

2/2026

ПОЛИТРАВМА/ POLYTRAUMA

Журнал основан в 2006 году профессор Агаджанян В.В.

Редакционная коллегия

Главный редактор

Зам. главного редактора

д.м.н., профессор
д.б.н., профессор
д.м.н.
к.м.н.

В. В. Агаджанян
И. М. Устьянцева
А. Х. Агаларян
А. А. Корыткин

Новосибирск
Кемерово
Кемерово
Новосибирск

Научные редакторы

д.м.н., профессор, чл.-кор. РАН
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н., профессор

Н. В. Загородний
К. А. Егиазарян
А. А. Завражнов
В. В. Хоминец
И. Н. Лейдерман
И. Ф. Ахтямов
А. О. Гирш
М. М. Стуканов
С. А. Кравцов
А. Ю. Милюков
А. В. Новокшенов
А. А. Пронских
О. И. Хохлова
Д. Г. Данцигер

Москва
Москва
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Казань
Омск
Омск
Ленинск-Кузнецкий
Ленинск-Кузнецкий
Ленинск-Кузнецкий
Кемерово
Новокузнецк
Новокузнецк

Редакционный совет

д.м.н., профессор, академик РАН
д.м.н., профессор, академик РАН
д.м.н.
д.м.н.
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор, чл.-кор. РАН
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор, академик РАН
д.м.н., профессор
д.б.н.
д.м.н.
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор, чл.-кор. РАН
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор
д.м.н., профессор, чл.-кор. РАН
д.м.н., профессор
MD, PhD
MD
MD
MD
MD
MD
MD, FRCS, FACS
MD, PhD

С. С. Петриков
С. Ф. Гончаров
А. И. Ярошецкий
Л. К. Брижань
Р. М. Тихилов
С. В. Виссарионов
И. М. Самохвалов
Е. К. Гуманенко
А. К. Дулаев
В. В. Ступак
В. А. Козлов
С. Г. Штофин
А. Н. Силков
С. Л. Кан
А. В. Бондаренко
В. А. Пелеганчук
Е. Г. Григорьев
К. А. Апарцин
В. А. Сорокиных
И. А. Норкин
В. И. Шевцов
М. Ю. Каримов
Г. К. Папе
Р. Пфайфер
А. Бляхер
Р. Ф. Видман
Д. Л. Хелфет
Р. М. Хайндс
Н. Вольфсон
А. Лернер

Москва
Москва
Москва
Москва
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Санкт-Петербург
Новосибирск
Новосибирск
Новосибирск
Кемерово
Барнаул
Барнаул
Иркутск
Иркутск
Иркутск
Саратов
Курган
Ташкент, Узбекистан
Цюрих, Швейцария
Цюрих, Швейцария
Нью-Йорк, США
Нью-Йорк, США
Нью-Йорк, США
Нью-Йорк, США
Сан-Франциско, США
Зефат, Израиль

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой
по надзору в сфере
связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-71530
от 01 ноября 2017 г.

Учредитель:
Благотворительный Фонд
центра охраны здоровья
шахтеров

Журнал реферируется
РЖ ВИНТИ

Индексация:
РИНЦ
SCOPUS
Ulrich's International
Periodicals Directory

Адрес редакции:
652509,
Кемеровская обл.,
г. Ленинск – Кузнецкий,
ул. Микрорайон 7, д. 9
E-mail: mail@poly-trauma.ru

WEB:
<http://poly-trauma.ru>

Периодичность выхода:
4 раза в год

**Распространяется
по подписке**
Подписной индекс:
ПН339 в каталоге
«Почта России»

Адрес издателя:
Благотворительный Фонд центра
охраны здоровья шахтеров,
652509, Кемеровская обл.,
г. Ленинск-Кузнецкий,
ул. Лесной городок, д. 52/2

Подготовка к печати:
ИД «Медицина
и Просвещение»
650066, г. Кемерово,
пр. Октябрьский, 22
www.mednauki.ru

Шеф-редактор:
А. А. Коваленко
Редактор:
Н. С. Черных
Макетирование:
И. А. Коваленко
Отв. редактор:
А. В. Лазурин
Перевод:
Д. А. Шавлов

Подписано в печать:
29.06.2026
Дата выхода в свет:
30.06.2026

Тираж: 1000 экз.
Цена свободная

Отпечатано в типографии
ООО «Векторпринт»,
650004, г. Кемерово,
ул. Стахановская 1-я,
дом 39-А, оф. 21

Решением ВАК Министерства образования и науки РФ журнал «Политравма» 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»

[СОДЕРЖАНИЕ]

6 ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ИНТЕГРАЦИЯ НОВЫХ БИОМАРКЕРОВ MR-proADM, PSP, sTREM-1 В ПРОГНОСТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ВОСПАЛЕНИЯ И ЛЕТАЛЬНОСТИ ПРИ СЕПСИСЕ С УЧЕТОМ СУБФЕНОТИПОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАСШИРЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОСПАЛЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЭТИОЛОГИИ ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Устьянцева И.М., Агаджанян В.В., Осяев Н. Ю.,
Каменева Е.А., Песчанская Е.В., Пугачев С.В., Будаев А.В.,
Макшанова Г.П., Тарасова О.Л.

17 АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ И РЕАНИМАТОЛОГИЯ

ПЕРЕДОВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ С СЕПСИСОМ

Гирш А.О., Щетина А.В., Измайлова Н.А., Фролов Е.А.,
Степанов С.С., Клементьев А.В., Черненко С.В., Суздальцев А.М.

30 КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИРУРГИИ

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ДИСБИОЗА КИШЕЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ С ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ КОЛОСТОМОЙ ПОСЛЕ ПЕЛЬВИОАБДОМИНАЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РЕКОНСТРУКТИВНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Еселевич Р.В., Балюра О.В., Гирш А.О., Степанов С.С.,
Мельникова Е.В., Монгуш С.М.О., Левковский С.С., Суров Д.А.

43 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С ОЖОГАМИ КОЖИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ

Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Пятакова С.Н., Кудрявцева И.А.

48 КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕЙРОХИРУРГИИ

ТАКТИКА «КОНТРОЛЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ» ПРИ ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЕ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА

Агаджанян В.В., Устьянцева И.М., Новокшонов А.В., Агаларян А.Х.

54 КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОКТЕВОГО НЕРВА В ОБЛАСТИ КУБИТАЛЬНОГО КАНАЛА

Петренко Е.А., Гайворонский А.И., Алексеев Д.Е.,
Исенгалиев И.Н., Чуриков Л.И.

66 КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ПЕРЕХОДА ОТ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ К ПОГРУЖНОМУ ОСТЕОСИНТЕЗУ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА

Муханов М.Л., Дубров В.Э., Блаженко А.Н., Сеумян Э.В.,
Куриный С.Н., Данилов К.В.

74 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ, ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ЗАМЕДЛЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ И ГЕНОВ ЦИТОКИНОВ

Мироманов А.М., Гусев К.А., Старосельников А.Н.

82 СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО КОСТНО-ХРЯЩЕВОГО ДЕФЕКТА КОЛЕННОГО СУСТАВА

Егиазарян К.А., Лазишвили Г.Д., Бадриев Д.А.,
Тамазян В.О., Колодин К.С.

89 ПЕРЕЛОМ КРЫЛА ПОДВЗДОШНОЙ КОСТИ, БЕДРЕННОЙ КОСТИ С МНОГОУРОВНЕВЫМ РАЗРЫВОМ БЕДРЕННЫХ АРТЕРИЙ: ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ВОЕННО-ПОЛЕВОГО ГОСПИТАЛЯ

Казанцев А.Н., Бушланов П.С., Чаава А.И., Шенгелия Н.Г.,
Эмбрехт Д.Ю.

99 ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЯЗАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗА ПРИ ПОСЛЕДСТВИЯХ МИННО-ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Яковчук Д.Е., Ахтямов И.Ф., Ардашев С.А.,
Гильмутдинов И.Ш., Загидуллин М.В., Паназдырь В.Н.

106 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПЕННОГО БАРБОТАЖНО-ФЛОТАЦИОННОГО ДЕБРИДМЕНТА В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Остроушко А.П., Глухов А.А., Андреев А.А.,
Лаптиёва А.Ю., Земсков А.М., Подвигина В.С.

116 ОБЗОРЫ

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВА АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ

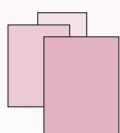
Турлыбеков Б.С., Ахтямов И.Ф., Казбеков А.Б.,
Немальцев И.Ю.

124 РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКАЦИЙ

129 БИБЛИОГРАФИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЛИТРАВМЫ

134 ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

139 ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ



2/2026

ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA

The journal is registered
in the Federal Service
for Control of Communication,
Information Technologies
and Mass Communications.
The certificate of registration
PI # FS77-71530,
November, 01, 2017

Institutor:
Charity fund of the Federal
Scientific Clinical Center
of the Miners Health Protection

Indexation:
Russian Science Citation Index (RSCI),
SCOPUS,
Ulrich's International Periodicals
Directory

Editorial staff's address:
7th district, 9,
Leninsk-Kuznetsky,
Kemerovo region,
Russian Federation,
652509
E-mail: mail@poly-trauma.ru

WEB:
<http://poly-trauma.ru>

Publisher's address:
The Charity Fund of Clinical Center
of Miners' Health Protection,
Lesnoy Gorodok St., 52/2,
Leninsk-Kuznetsky, Kemerovo region,
Russia, 652509

Publication frequency:
4 times a year

Subscription:
Open Access for all users on website
Print version is available
via "Russian Post" service
with index ПН339

Prepress:
"Medicine and Enlightenment"
Publishing House
Oktyabrsky prospect, 22,
Kemerovo, 650066,
www.mednauki.ru

Editor-in-Chief:
Kovalenko A. A.
Editor: Chernykh N. S.
Imposition planning:
Kovalenko I. A.
Executive editor:
Lazurina A. V.
Translating:
Shavlov D. A.

Passed for printing 29.06.2026
Date of publishing: 30.06.2026
Circulation: 1000 exemplars
Free price

Printed in the letterpress plant
closed corporation "Vectorprint",
Stakhanovskaya St., 39A, 21,
Kemerovo, Russia, 650004

Chief editor MD, PhD, professor
Deputy chief editor PhD in Biology, professor
MD, PhD
MD

MD, PhD, professor, corresponding member of RAS
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD
MD, PhD
MD, PhD
MD, PhD
MD, PhD
MD, PhD, professor

MD, PhD, professor, academician of RAS
MD, PhD, professor, academician of RAS
MD, PhD
MD, PhD
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor, corresponding member of RAS
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor, academician of RAS
MD, PhD, professor
MD, PhD
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor, corresponding member of RAS
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor
MD, PhD, professor, corresponding member of RAS
MD, PhD, professor
MD, PhD
MD
MD
MD
MD
MD
MD, FRCS, FACS
MD, PhD

Editorial staff

Agadzhanian V. V.
Ustyantseva I. M.
Agalaryan A. Kh.
Korytkin A. A.

Novosibirsk
Kemerovo
Kemerovo
Novosibirsk

Science editors

Zagorodniy N. V.
Egiazaryan K. A.
Zavrazhnov A. A.
Khomnits V. V.
Leyderman I. N.
Akhtyamov I. F.
Girsh A. O.
Stukanov M. M.
Kravtsov S. A.
Milyukov A. Yu.
Novokshonov A. V.
Pronskikh A. A.
Khokhlova O. I.
Dantsiger D. G.

Moscow
Moscow
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Kazan
Omsk
Omsk
Leninsk-Kuznetsky
Leninsk-Kuznetsky
Leninsk-Kuznetsky
Kemerovo
Novokuznetsk
Novokuznetsk

Editorial board

Petrikov S. S.
Goncharov S. F.
Yaroshetskiy A. I.
Brizhan L. K.
Tikhilov R. M.
Vissarionov S. V.
Samokhvalov I. M.
Gumanenko E. K.
Dulaev A. K.
Stupak V. V.
Kozlov A. V.
Shtofin S. G.
Silkov A.N.
Kan S. L.
Bondarenko A. V.
Peleganchuk V. A.
Grigoryev E. G.
Apartsin K. A.
Sorokovikov V. A.
Norkin I. A.
Shevtsov V. I.
Karimov M. Yu.
Pape H. C.
Pfeifer R.
Blyakher A.
Widmann R. F.
Helfet D. L.
Hinds R. M.
Wolfson N.
Lerner A.

Moscow
Moscow
Moscow
Moscow
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Saint Petersburg
Novosibirsk
Novosibirsk
Novosibirsk
Kemerovo
Barnaul
Barnaul
Irkutsk
Irkutsk
Irkutsk
Saratov
Kurgan
Tashkent, Uzbekistan
Zurich Switzerland
Zurich Switzerland
New-York, USA
New-York, USA
New-York, USA
New-York, USA
San Francisco, USA
Zefat, Israel

According to the decision by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation the journal Polytrauma has been included into "The List of reviewed scientific publications, which should publish main scientific results of dissertations for candidate of sciences and PhD in medicine"

[CONTENTS]

6 ORIGINAL RESEARCHES

INTEGRATION OF NEW BIOMARKERS MR-proADM, PSP, sTREM-1 INTO A PROGNOSTIC MODEL OF GENERALIZED INFLAMMATION AND MORTALITY IN SEPSIS, TAKING INTO ACCOUNT TEMPERATURE SUBPHENOTYPES, EXTENDED INFLAMMATION PARAMETERS OF HEMATOLOGICAL ANALYSIS AND THE ETIOLOGY OF THE INFECTIOUS PROCESS

Ustyantseva I.M., Agadzhanian V.V., Osyayev N.Yu., Kameneva E.A., Peschanskaya E.V., Pugachev S.V., Budaev A.V., Makshanova G.P., Tarasova O.L.

17 ANESTHESIOLOGY AND CRITICAL CARE MEDICINE

ADVANCED DIAGNOSIS AND THERAPY OF METABOLIC DYSFUNCTION IN PATIENTS WITH SEPSIS

Girsh A.O., Shchetina A.V., Izmaylova N.A., Frolov E.A., Stepanov S.S., Klementyev A.V., Chernenko S.V., Suzdaltsev A.M.

30 CLINICAL ASPECTS OF SURGERY

PREDICTION MODELS OF THE SEVERITY OF INTESTINAL DYSBIOSIS IN PATIENTS WITH FUNCTIONING COLOSTOMY AFTER PELVIOABDOMINAL WOUNDS BEFORE PERFORMING RECONSTRUCTIVE SURGICAL TREATMENT

Eselevich R.V., Balyura O.V., Girsh A.O., Stepanov S.S., Melnikova E.V., Levkovskiy S.S., Mongush S.M.O., Surov D.A.

43 OUTCOMES OF SURGICAL TREATMENT IN PATIENTS WITH SKIN

BURNS USING LOW-TEMPERATURE ARGON PLASMA

Zinoviev E.V., Soloshchenko V.V., Pyatakova S.N., Kudryavtseva I.A.

48 CLINICAL ASPECTS OF NEURO-SURGERY

DAMAGE CONTROL STRATEGY FOR SPINAL CORD INJURY IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA: CLINICAL SIGNIFICANCE OF TIME FACTOR AND PHYSIOLOGICAL STATUS

Agadzhanian V.V., Ustyantseva I.M., Novokshonov A.V., Agalaryan A.Kh.

54 A COMPREHENSIVE TECHNIQUE FOR SURGICAL TREATMENT OF COMBAT INJURIES OF THE ULNAR NERVE IN THE CUBITAL CANAL AREA

Petrenko E.A., Gaivoronsky A.I., Alekseev D.E., Isengaliev I.N., Churikov L.I.

66 CLINICAL ASPECTS OF TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

DETERMINING THE TIMING OF TRANSITION FROM EXTERNAL FIXATION TO INTERNAL OSTEOSYNTHESIS IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA BASED ON ASSESSMENT OF THE RISK OF DEATH

Mukhanov M.L., Dubrov V.E., Blazhenko A.N., Seumyan E.V., Kurinny S.N., Danilov K.V.

74 FUNCTIONAL, INSTRUMENTAL AND LABORATORY DIAGNOSTICS

ASSESSMENT OF THE RISK OF DELAYED FRACTURE CONSOLIDATION USING POLYMORPHISM OF BONE METABOLISM AND CYTOKINE GENES

Miromanov A.M., Gusev K.A., Staroselnikov A.N.

82 CASE HISTORY

SURGICAL TREATMENT OF A LOCAL OSTEOCARTILAGINOUS DEFECT OF THE KNEE JOINT

Egiazaryan K.A., Lazishvili G.D., Badriev D.A., Tamazyan V.O., Kolodin K.S.

89 FRACTURE OF THE ILIAC WING AND FEMUR WITH MULTILEVEL RUPTURE OF THE FEMORAL ARTERIES: SURGICAL TREATMENT

IN CONDITIONS OF MILITARY FIELD HOSPITAL

Kazantsev A.N., Bushlanov P.S., Chaava A.I., Shengelia N.G., Embrekht D.Yu.

99 POSSIBILITIES OF USING A CONNECTED TOTAL ENDOPROSTHESIS IN THE CONSEQUENCES OF MINE-BLAST INJURY TO THE KNEE JOINT

Yakovchuk D.E., Akhtyamov I.F., Ardashev S.A., Gilmudinov I.Sh., Zagidullin M.V., Panazdyr V.N.

106 EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

EFFECTIVENESS OF FOAM BUBBLE-FLOTATION DEBRIDMENT TECHNOLOGY IN THE TREATMENT OF PURULENT WOUNDS OF SOFT TISSUE

Ostroushko A.P., Glukhov A.A., Andreev A.A., Laptiyova A.Yu., Zemskov A.M., Podvigina V.S.

116 REVIEWS

THE PROBLEM OF CHOOSING TREATMENT FOR ACHILLES TENDON RUPTURE

Turlybekov B.S., Akhtyamov I.F., Kazbekov A.B., Nemaltsev I.Yu.

124 REPORTS OF PUBLICATIONS

129 BIBLIOGRAPHY OF POLYTRAUMA PROBLEMS

134 INFORMATION FOR AUTHORS

139 INFORMATION FOR ADVERTISERS



20 лет
журналу
«Политравма/Polytrauma»

**Номер выпущен
при финансовой поддержке
благотворителя
(г. Новокузнецк)**

Уважаемые коллеги!

Сегодняшний номер открывает оригинальное исследование, результаты которого расширяют возможности для персонализированного подхода к ведению пациентов с сепсисом. Авторы предлагают многофакторную прогностическую модель летальности при сепсисе, интегрирующую биомаркеры MR-proADM, PSP, sTREM-1, субфенотипы температурных реакций, расширенные гематологические параметры воспаления, а также клинические и этиологические факторы. В продолжение этой темы в другой работе анализируется применение современных методов диагностики и терапии метаболической дисфункции у данной категории больных.

Значительное место в выпуске отведено хирургии повреждений. Проблема сочетанной травмы с поражением позвоночника и спинного мозга по-прежнему занимает особое место в нейрохирургии. На страницах журнала рассматривается дифференцированный подход к выбору сроков и объема хирургического вмешательства на позвоночнике у пациентов с политравмой в рамках концепции «контроля повреждений» (Damage Control Orthopaedics). Несмотря на то, что данная концепция широко применима в современной травматологии, нерешенным остается вопрос определения оптимальных сроков перехода от временной наружной фиксации к окончательному погружному остеосинтезу. Авторами предложена шкала, позволяющая на основании объективной оценки тяжести повреждений и общего состояния пострадавшего точно определить наиболее благоприятный период для выполнения второго этапа хирургического лечения.

Несколько работ номера посвящены диагностике и лечению боевой травмы, которая отличается тяжестью, обширностью повреждений и высокой частотой осложнений. Так, представлены результаты комплексной методики хирургического лечения боевых повреждений локтевого нерва в области кубитального канала; описано клиническое наблюдение успешного лечения пациента с сочетанными травмами магистральных сосудов и костей таза в условиях военно-полевого госпиталя; продемонстрирована возможность восстановления функции коленного сустава с использованием связанного (шарнирного) эндопротеза при последствиях тяжелой минно-взрывной травмы.

Заслуживают внимания и представленные данные о прогностическом влиянии микробиологических предикторов дисбиоза кишечника на степень его тяжести и исходы предстоящего реконструктивно-восстановительного лечения. Исследование проведено среди пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений. Авторы отмечают, что улучшение исходов хирургического вмешательства у таких больных возможно только при нивелировании дисбиоза.

Плазменные технологии активно применяются в лечении пациентов с глубокими ожогами. Эффективность данного подхода подтверждают результаты аутодермотрансплантации на ожоговые раны после обработки кожного трансплантата потоком низкотемпературной аргонной плазмы.

В современной травматологии и ортопедии проблема своевременной диагностики нарушений консолидации переломов сохраняет высокую актуальность. Одна из представленных работ посвящена разработке способа оценки риска замедленной консолидации переломов длинных костей на основе определения полиморфизмов генов метаболизма костной ткани и цитокинов. Выявление данных молекулярно-генетических маркеров способствует более обоснованному выбору терапевтических мероприятий, что в конечном счете повышает эффективность лечения.

В экспериментальном разделе номера изучается эффективность технологии пенного барботажно-флотационного дебридмента в лечении гнойных ран мягких тканей. В обзорной статье освещается проблема выбора метода лечения разрыва ахиллова сухожилия.

Надеюсь, на страницах сегодняшнего номера вы сможете найти ответы на многие важные и актуальные вопросы. По наиболее интересным из них приглашаем продолжить дискуссию на страницах нашего журнала.

С наилучшими пожеланиями,
Главный редактор, Заслуженный врач РФ,
д.м.н., профессор, академик РАЕН В. В. Агаджанян

ИНТЕГРАЦИЯ НОВЫХ БИОМАРКЕРОВ MR-PROADM, PSP, STREM-1 В ПРОГНОСТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ВОСПАЛЕНИЯ И ЛЕТАЛЬНОСТИ ПРИ СЕПСИСЕ С УЧЕТОМ СУБФЕНОТИПОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАСШИРЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОСПАЛЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЭТИОЛОГИИ ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

INTEGRATION OF NEW BIOMARKERS MR-PROADM, PSP, STREM-1 INTO A PROGNOSTIC MODEL OF GENERALIZED INFLAMMATION AND MORTALITY IN SEPSIS, TAKING INTO ACCOUNT TEMPERATURE SUBPHENOTYPES, EXTENDED INFLAMMATION PARAMETERS OF HEMATOLOGICAL ANALYSIS AND THE ETIOLOGY OF THE INFECTIOUS PROCESS

Устьянцева И.М. Ustyantseva I.M.
Агаджанян В.В. Agadzhanian V.V.
Осяев Н. Ю. Osyayev N.Yu.
Каменева Е.А. Kameneva E.A.
Песчанская Е.В. Peschanskaya E.V.
Пугачев С.В. Pugachev S.V.
Будаев А.В. Budaev A.V.
Макшанова Г.П. Makshanova G.P.
Тарасова О.Л. Tarasova O.L.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
г. Кемерово, Россия,

Kemerovo State Medical University,
Kemerovo, Russia,

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский
институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия,

Novosibirsk Research Institute
of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan,
Novosibirsk, Russia,

ГАУЗ «Кузбасская больница скорой медицинской
помощи имени М.А. Подгорбунского»,
г. Кемерово, Россия

Kuzbass Clinical Hospital
of Emergency Medical Care named after M.A. Podgorbunsky,
Kemerovo, Russia

Гетерогенность иммунного ответа при сепсисе диктует необходимость поиска новых подходов к фенотипированию и прогнозированию летальности. Температурные субфенотипы отражают фундаментальные различия в иммунной реактивности хозяина. Инновационные гематологические параметры воспаления (NEUT-RI, NEUT-GI, IG) и новые биомаркеры эндотелиальной дисфункции и иммунной активации (MR-proADM, PSP, sTREM-1) могут существенно повысить точность прогностических моделей.

Цель исследования — разработать и валидировать многофакторную прогностическую модель летальности при сепсисе, интегрирующую био-

The heterogeneity of the immune response in sepsis necessitates new approaches to phenotyping and mortality prediction. Temperature subphenotypes reflect fundamental differences in host immune reactivity. Innovative hematological inflammation parameters (NEUT-RI, NEUT-GI, IG) and new biomarkers of endothelial dysfunction and immune activation (MR-proADM, PSP, sTREM-1) can significantly improve the accuracy of prognostic models.

Objective — to develop and validate a multifactorial prognostic model of mortality in sepsis integrating biomarkers MR-proADM, PSP,

Для цитирования: Устьянцева И.М., Агаджанян В.В., Осяев Н. Ю., Каменева Е.А., Песчанская Е.В., Пугачев С.В., Будаев А.В., Макшанова Г.П., Тарасова О.Л. ИНТЕГРАЦИЯ НОВЫХ БИОМАРКЕРОВ MR-proADM, PSP, sTREM-1 В ПРОГНОСТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ВОСПАЛЕНИЯ И ЛЕТАЛЬНОСТИ ПРИ СЕПСИСЕ С УЧЕТОМ СУБФЕНОТИПОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, РАСШИРЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОСПАЛЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЭТИОЛОГИИ ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 6-16.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/684>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-6-16

маркеры MR-proADM, PSP, sTREM-1, субфенотипы температурных реакций, расширенные гематологические параметры воспаления, клинические и этиологические факторы.

Материалы и методы. В проспективное многоцентровое когортное исследование включено 450 пациентов с сепсисом (критерии Sepsis-3), госпитализированных в отделения реанимации и интенсивной терапии ГБУЗ «Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары» (г. Ленинск-Кузнецкий), ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России и ГАУЗ «Кузбасская больница скорой медицинской помощи имени М.А. Подгорбунского» (г. Кемерово) в период с 2021 по 2026 г. Проведена классификация пациентов по температурным субфенотипам («гипертермический», «нормотермический», «гипотермический») на основе траекторного анализа температуры тела за первые 72 часа. Определяли расширенные параметры воспаления (NEUT-RI, NEUT-GI, IG) на анализаторе Sysmex XN-1000, уровни MR-proADM, PSP, sTREM-1, а также стандартные маркеры (С-реактивный белок, прокальцитонин, лактат, интерлейкины — ИЛ-6 и ИЛ-10). Первичная конечная точка — 28-дневная летальность. Для построения прогностической модели использовали многофакторный регрессионный анализ Кокса и метод случайного леса (Random Forest).

Результаты. Показатель 28-дневной летальности составил 26,7 % (120/450). Распределение температурных субфенотипов было следующим: гипертермический — 35,1 % (n = 158), нормотермический — 41,8 % (n = 188), гипотермический — 23,1 % (n = 104). Наиболее высокая летальность зарегистрирована при гипотермическом субфенотипе (42,3 % против 18,4 % в гипертермическом, $p < 0,001$). Установлены сильные корреляционные связи между температурными субфенотипами и уровнями NEUT-RI, NEUT-GI, IG ($p = 0,71-0,82$, $p < 0,001$). В многофакторном анализе независимыми предикторами летальности стали: гипотермический субфенотип (отношение шансов (ОШ) = 3,42; 95% доверительный интервал (ДИ): 2,18–5,36), NEUT-RI > 75 FI (ОШ = 2,54; 95% ДИ: 1,72–3,75), MR-proADM > 2,1 нмоль/л (ОШ = 4,21; 95% ДИ: 2,65–6,68), PSP > 120 нг/мл (ОШ = 2,89; 95% ДИ: 1,94–4,31), sTREM-1 > 850 пг/мл (ОШ 3,15; 95% ДИ: 2,08–4,77), грамотрицательная этиология (ОШ = 2,23; 95% ДИ: 1,48–3,36), возраст > 65 лет (ОШ = 1,89; 95% ДИ: 1,34–2,67) и лактат > 2,5 ммоль/л (ОШ = 2,12; 95% ДИ: 1,45–3,10). Разработанная интегральная прогностическая модель показала высокую дискриминационную способность: AUC = 0,89 (95% ДИ: 0,85–0,93), что достоверно превосходит шкалы SOFA (AUC = 0,76) и APACHE II (AUC = 0,74); $p < 0,001$ для обоих сравнений. Валидация модели на независимой выборке (n = 150) подтвердила ее высокую прогностическую точность (AUC = 0,87; 95% ДИ: 0,82–0,92).

Заключение. Интеграция температурных субфенотипов, расширенных гематологических параметров воспаления и биомаркеров MR-proADM, PSP, sTREM-1 позволяет создать высокоточную прогностическую модель летальности при сепсисе, значительно превосходящую традиционные шкалы тяжести. Полученные результаты открывают возможности для персонализированного подхода к ведению пациентов с сепсисом на основе комбинированного фенотипирования.

Ключевые слова: сепсис; MR-proADM; PSP; sTREM-1; субфенотипы температуры; NEUT-RI; NEUT-GI; незрелые гранулоциты; прогностическая модель; летальность

sTREM-1, subphenotypes of temperature reactions, extended hematological parameters of inflammation, clinical and etiological factors.

Materials and methods. The prospective multicenter cohort study included 450 patients with sepsis (Sepsis-3 criteria) hospitalized in the intensive care units of the Kuzbass Clinical Center for Miners' Health Protection named after the Holy Great Martyr Barbara (Leninsk-Kuznetsky), the Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after Ya.L. Tsivyan of the Ministry of Health of the Russian Federation, and the Kuzbass Emergency Hospital named after M.A. Podgorbunsky (Kemerovo) from 2021 to 2026. The patients were classified by temperature subphenotypes ("hyperthermic," "normothermic," and "hypothermic") based on a trajectory analysis of body temperature over the first 72 hours. Advanced inflammation parameters (NEUT-RI, NEUT-GI, IG) were determined using Sysmex XN-1000 analyzer, as well as MR-proADM, PSP, and sTREM-1 levels, as well as standard markers (CRP, PCT, lactate, IL-6, and IL-10). The primary endpoint was 28-day mortality. Multivariate Cox regression analysis and the random forest method were used to construct the prognostic model.

Results. The 28-day mortality rate was 26.7 % (120/450). Distribution of temperature subphenotypes: hyperthermic — 35.1 % (n = 158), normothermic — 41.8 % (n = 188), hypothermic — 23.1 % (n = 104). The highest mortality was recorded with the hypothermic subphenotype (42.3 % versus 18.4 % in the hyperthermic subphenotype, $p < 0.001$). Strong correlations were established between temperature subphenotypes and the levels of NEUT-RI, NEUT-GI, IG ($p = 0.71-0.82$, $p < 0.001$). In multivariate analysis, independent predictors of mortality were: hypothermic subphenotype (odds ratio (OR) = 3.42; 95% confidence interval (CI): 2.18–5.36), NEUT-RI > 75 FI (OR = 2.54; 95% CI: 1.72–3.75), MR-proADM > 2.1 nmol/L (OR = 4.21; 95% CI: 2.65–6.68), PSP > 120 ng/mL (OR = 2.89; 95% CI: 1.94–4.31), sTREM-1 > 850 pg/mL (OR 3.15; 95% CI: 2.08–4.77), gram-negative etiology (OR = 2.23; 95% CI: 1.48–3.36), age > 65 years (OR = 1.89; 95% CI: 1.34–2.67) and lactate > 2.5 mmol/L (OR = 2.12; 95% CI: 1.45–3.10). The developed integrated predictive model showed high discriminatory ability: AUC = 0.89 (95% CI: 0.85–0.93), which is significantly superior to SOFA (AUC = 0.76) and APACHE II (AUC = 0.74) scales; $p < 0.001$ for both comparisons. Validation of the model on the independent sample (n = 150) confirmed its high predictive accuracy (AUC = 0.87; 95% CI: 0.82–0.92).

Conclusion. The integration of temperature subphenotypes, expanded hematological inflammatory parameters, and MR-proADM, PSP, and sTREM-1 biomarkers enables the creation of a highly accurate prognostic model for sepsis mortality that significantly outperforms traditional severity scales. These results open the door to a personalized approach to sepsis patient care based on combined phenotyping.

Keywords: sepsis; MR-proADM; PSP; sTREM-1; temperature subphenotypes; NEUT-RI; NEUT-GI; immature granulocytes; prognostic model; mortality

Сепсис остается одной из ведущих причин госпитальной летальности в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), несмотря на значительные успехи в понимании патогенеза и совершенствовании лечебных подходов [1]. Гетерогенность иммунно-

го ответа пациентов с сепсисом является ключевым фактором, ограничивающим эффективность унифицированных терапевтических стратегий и точность прогнозирования исходов [2, 3].

В последние годы концепция фенотипирования сепсиса приобрела

особую актуальность. Идентификация устойчивых субфенотипов, различающихся по клиническим, лабораторным и иммунологическим характеристикам, рассматривается как перспективный путь к персонализированной медицине в критических состояниях

[4, 5]. Среди множества потенциальных маркеров гетерогенности особое внимание привлекают температурные реакции организма, которые отражают фундаментальные особенности терморегуляторного и иммунного ответа хозяина на инфекцию [6].

Исследования последних лет убедительно демонстрируют, что траектории температуры тела у пациентов с сепсисом ассоциированы с различными исходами. Гипертермические реакции, как правило, связаны с более благоприятным прогнозом, тогда как гипотермия является маркером дисфункционального иммунного ответа и высокой летальности [7, 8]. В крупном исследовании S.V. Bhavani и соавт. (2019, 2020) на основе анализа температурных траекторий были идентифицированы четыре субфенотипа сепсиса, различающиеся по иммунологическому профилю и исходам [9, 10]. Однако температурное фенотипирование редко рассматривается в комплексе с другими биомаркерами воспаления, что ограничивает его клиническую применимость.

Нашими предшественниками работами была показана высокая диагностическая и прогностическая ценность расширенных параметров гематологического анализа — активированных нейтрофилов (NEUT-RI — интенсивности реактивности нейтрофилов; NEUT-GI — интенсивности зернистости нейтрофилов) и незрелых гранулоцитов (IG) у пациентов с сепсисом и бактериемией [11–13]. Установлено, что уровни NEUT-RI > 75 FI и NEUT-GI > 170 SI являются независимыми предикторами летальности при генерализованном воспалении бактериальной этиологии [14]. Кроме того, показана зависимость активации различных субпопуляций лейкоцитов от этиологии инфекционного процесса (бактериальной или вирусной) [15].

Параллельно с развитием гематологических методов фенотипирования в клиническую практику внедряются новые биомаркеры, отражающие различные звенья патогенеза сепсиса. MR-proADM (mid-regional proadrenomedullin, средний фрагмент проадреномедулина) — биомаркер эндотелиальной дисфункции и вазоплегии — продемонстрировал высокую прогностическую точность в отношении летальности при сепсисе, превосходящую традиционные маркеры, такие как прокальцитонин (ПКТ)

и С-реактивный белок (СРБ) [16–18]. PSP (Pancreatic Stone Protein, каменный белок поджелудочной железы) рассматривается как ранний биомаркер органной дисфункции и сепсиса, показывающий высокую чувствительность при прогнозировании неблагоприятных исходов [19, 20]. sTREM-1 (soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid cells-1, растворимый триггерный рецептор экспрессированный на миелоидных клетках 1) является маркером гиперактивации врожденного иммунитета и ассоциирован с тяжестью и прогнозом при сепсисе [21, 22].

Несмотря на обилие публикаций, посвященных отдельным биомаркерам, комплексный подход, интегрирующий температурные субфенотипы, расширенные гематологические параметры и новые биомаркеры в единую прогностическую модель, до настоящего времени не разработан. Отсутствуют данные о сравнительной ценности этих маркеров и их синергическом вкладе в прогнозирование летальности при сепсисе.

Цель исследования — разработать и валидировать многофакторную прогностическую модель летальности при сепсисе, интегрирующую биомаркеры MR-proADM, PSP, sTREM-1, субфенотипы температурных реакций, расширенные гематологические параметры воспаления (NEUT-RI, NEUT-GI, IG), а также клинические и этиологические факторы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено проспективное многоцентровое когортное исследование. Период включения пациентов: январь 2021 г. — декабрь 2024 г. (с последующим наблюдением до января 2026 г.). Исследование одобрено этическими комитетами всех участвующих центров. Информированное согласие получено от всех пациентов или их законных представителей.

Участники исследования

Критерии включения:

- возраст ≥ 18 лет;
- наличие сепсиса в соответствии с критериями Sepsis-3 (подтвержденная или предполагаемая инфекция в сочетании с повышением SOFA ≥ 2 баллов) [1];
- госпитализация в ОРИТ;
- продолжительность пребывания в ОРИТ не менее 24 часов.

Критерии исключения:

- возраст < 18 лет;
- терминальные стадии онкологических заболеваний;
- ВИЧ-инфекция в стадии СПИДа;
- хроническая иммуносупрессивная терапия (в том числе глюкокортикостероиды в дозе > 20 мг/сут по преднизолону);
- агранулоцитоз и другие тяжелые нарушения гемопоэза;
- беременность и лактация;
- отказ от участия в исследовании.

Набор пациентов и клинические центры

В исследование включено 450 пациентов из трех клинических центров:

- ГБУЗ «Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары», г. Ленинск-Кузнецкий (n = 210);
- ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск (n = 140);
- ГАУЗ «Кузбасская больница скорой медицинской помощи имени М.А. Подгорбунского», г. Кемерово (n = 100).

Для валидации прогностической модели использована независимая когорта пациентов с сепсисом, госпитализированных в 2025 г. (n = 150), из тех же центров.

Сбор клинических данных

Для каждого пациента регистрировали:

- демографические данные (возраст, пол);
- коморбидный статус (индекс коморбидности Чарлсона);
- очаг инфекции и его микробиологическое подтверждение;
- физиологические параметры в первые 24 часа: систолическое артериальное давление, частоту сердечных сокращений, частоту дыхания, сатурацию (SpO₂);
- тяжесть состояния по шкалам SOFA, APACHE II, qSOFA;
- длительность искусственной вентиляции легких, вазопрессорной поддержки, RRT;
- длительность пребывания в ОРИТ и госпитальную летальность;
- 28-дневную летальность (первичная конечная точка).

Температурное фенотипирование

Температуру тела измеряли в подмышечной впадине каждые 4 часа в течение первых 72 часов пребывания в ОРИТ. Для идентификации темпе-

ратурных субфенотипов использовали метод группового траекторного моделирования (group-based trajectory modeling) в программном пакете PROC TRAJ (SAS Institute). Выбор оптимального числа траекторий осуществляли на основе байесовского информационного критерия (BIC). На основе анализа траекторий температуры выделены три субфенотипа:

- «**гипертермический**» — максимальная температура $\geq 38,3$ °C с последующим снижением;

- «**нормотермический**» — температура в пределах 36,0–38,0 °C на протяжении всего периода наблюдения;

- «**гипотермический**» — минимальная температура $\leq 36,0$ °C с последующим повышением.

Пациенты, умершие в течение первых 24 часов, исключены из траекторного анализа.

Лабораторные методы исследования

Забор крови осуществляли в первые 12 часов после постановки диагноза сепсиса. Для каждого пациента проводили следующие исследования:

1. Расширенный гематологический анализ (Sysmex XN-1000, Sysmex Co., Япония):

- NEUT-RI (нейтрофилы, интенсивность реактивности) — отражает степень активации нейтрофилов;

- NEUT-GI (нейтрофилы, интенсивность зернистости) — характеризует дегрануляцию нейтрофилов;

- IG (незрелые гранулоциты, %);

- RE-LYMP (реактивные лимфоциты, %);

- AS-LYMP (лимфоциты, синтезирующие антитела, %);

- стандартные показатели: лейкоциты, нейтрофилы, лимфоциты, тромбоциты.

2. Биохимические и воспалительные маркеры:

- СРБ — анализатор Cobas 6000 SWA (Roche, Швейцария);

- ПКТ — анализатор VIDAS (bioMérieux, Франция);

- лактат в цельной крови — анализатор критических состояний Cobas b 221 (Roche, Германия);

- ИЛ-6 и ИЛ-10 — методом ИФА (Immulite, США).

3. Новые биомаркеры:

- MR-proADM (mid-regional proadrenomedullin) — методом иммунофлуоресценции (BRAHMS, Германия). Пороговое значение $> 2,1$ нмоль/л вы-

брано на основании данных литературы [18];

- PSP (Pancreatic Stone Protein) — методом ИФА (Abcam, Великобритания). Пороговое значение > 120 нг/мл [20];

- sTREM-1 (soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid cells-1) — методом ИФА (R&D Systems, США). Пороговое значение > 850 пг/мл на основании предшествующих исследований [22].

Микробиологическое исследование

Проводили посевы крови, мочи, мокроты, раневого отделяемого, ликвора и другого биологического материала в зависимости от очага инфекции. Идентификацию микроорганизмов и определение чувствительности к антибиотикам осуществляли на бактериологическом анализаторе Vitek 2 (BioMérieux, Франция). Пациенты стратифицированы по этиологии: грамположительная, грамотрицательная, грибковая, микст-инфекция.

Статистический анализ

Статистическую обработку проводили с использованием программ IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp., США), R Studio 4.2.1 (R Foundation for Statistical Computing, Австрия) и SAS 9.4 (SAS Institute, США).

Характеристика переменных. Количественные переменные представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (IQR) при распределении, отличном от нормального, или среднего арифметического (M) и стандартного отклонения (SD) при нормальном распределении (проверка по критерию Колмогорова — Смирнова). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных частот (n) и процентов (%).

Сравнение групп. Для сравнения трех групп пациентов (субфенотипы температуры) использовали: однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) — для нормально распределенных переменных, критерий Краскала — Уоллиса — для ненормально распределенных переменных и критерий χ^2 — для категориальных переменных. Post-hoc сравнения выполняли с поправкой Бонферрони.

Корреляционный анализ. Для оценки взаимосвязи между количественными переменными использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ).

Анализ выживаемости. Оценку 28-дневной летальности проводили методом Каплана — Мейера с постро-

ением кривых выживаемости. Сравнение кривых выживаемости между группами выполняли с помощью log-rank теста.

Построение прогностической модели. Для выявления независимых предикторов летальности использовали многофакторный регрессионный анализ Кокса (пропорциональные риски). Переменные с $p < 0,10$ в однофакторном анализе включали в многофакторную модель. Результаты представлены в виде отношения шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (ДИ).

Дополнительно для построения прогностической модели применен алгоритм машинного обучения — метод случайного леса (random forest) с использованием пакета random Forest в R. Переменные ранжированы по вкладу в прогноз (Mean Decrease Gini).

Оценка прогностической точности. Дискриминационную способность моделей оценивали с помощью площади под ROC-кривой (AUC ROC). Сравнение AUC проводили методом DeLong. Калибровку модели оценивали с помощью теста Хосмера — Лемешоу и калибровочных графиков.

Валидация модели. Проведена внутренняя валидация методом перекрестной проверки (10-fold cross-validation) и внешняя валидация на независимой когорте ($n = 150$).

Размер выборки. Расчет размера выборки выполнен на основе предполагаемой AUC прогностической модели 0,85 (альтернативная гипотеза) по сравнению с нулевой гипотезой AUC = 0,70. При мощности 80 % и уровне значимости 0,05 необходимый размер выборки составил 210 пациентов. С учетом возможного выбывания и множественного тестирования включено 450 пациентов.

Уровень значимости (α) принят равным 0,05. При $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика когорты пациентов

В исследование включено 450 пациентов с сепсисом (медиана возраста — 63 года [IQR 52–71]; мужчин — 57,8 %). Демографические и клинические характеристики представлены в таблице 1.

Температурные субфенотипы

На основе анализа температурных траекторий за первые 72 часа выделе-

Таблица 1
Демографическая и клиническая характеристика пациентов (n = 450)
Table 1
Demographic and clinical characteristics of patients (n = 450)

Показатель / Index		Значение / Value
Возраст, годы, Me (IQR) / Age, years, Me (IQR)		63 (52–71)
Мужской пол, n (%) / Male gender, n (%)		260 (57.8)
Индекс коморбидности Чарлсона, Me (IQR) / Charlson comorbidity index, Me (IQR)		3 (2–5)
SOFA, баллы, Me (IQR) / SOFA, points, Me (IQR)		8 (6–11)
APACHE II, баллы, Me (IQR) / APACHE II, points, Me (IQR)		19 (15–24)
Очаг инфекции Infection focus, n (%):	— легкие / lungs	198 (44.0)
	— брюшная полость / abdominal cavity	117 (26.0)
	— мочевыводящие пути / urinary tract	54 (12.0)
	— кровоток (первичная бактериемия) blood flow (primary bacteremia)	36 (8.0)
	— кожа и мягкие ткани / skin and soft tissues	27 (6.0)
	— другие/неизвестный / others/unknown	18 (4.0)
Микробиологическое подтверждение, n (%) / Microbiological confirmation, n (%)		387 (86.0)
Грамположительные микроорганизмы, n (%) / Gram-positive microorganisms, n (%)		189 (48.8)
Грамотрицательные микроорганизмы, n (%) / Gram-negative microorganisms, n (%)		174 (45.0)
Грибковая инфекция, n (%) / Fungal infection, n (%)		24 (6.2)
Искусственная вентиляция легких, n (%) / Artificial ventilation, n (%)		243 (54.0)
Вазопрессорная поддержка, n (%) / Vasopressor support, n (%)		198 (44.0)
RRT, n (%)		72 (16.0)
Длительность пребывания в ОРИТ, дни, Me (IQR) / Duration of intensive care unit, days, Me (IQR)		12 (7–21)
28-дневная летальность, n (%) / 28-day mortality, n (%)		120 (26.7)

Примечание: Me – медиана, (IQR) – интерквартильный разброс.

Note: Me – median, (IQR) – interquartile range.

ны три стабильных субфенотипа: гипертермический (n = 158, 35,1%), нормотермический (n = 188, 41,8%) и гипотермический (n = 104, 23,1%).

Распределение пациентов по температурным субфенотипам и их клинико-лабораторная характеристика представлены в таблице 2.

Наиболее выраженные различия между субфенотипами выявлены по уровням NEUT-RI, NEUT-GI, IG, MR-proADM, PSP, sTREM-1 и цитокиновому профилю. Гипертермический субфенотип характеризовался максимальной активацией нейтрофилов и провоспалительным цитокиновым профилем (высокое соотношение ИЛ-6/ИЛ-10). Гипотермический субфенотип, напротив, ассоциировался с наименьшей активацией нейтрофилов, наиболее высокими уровнями маркеров эндотелиальной дисфункции (MR-proADM) и иммунопаралича (низкое соотношение ИЛ-6/ИЛ-10, высокий ИЛ-10).

Установлены сильные корреляционные связи между температурными субфенотипами и уровнями NEUT-RI, NEUT-GI, IG. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена составили для NEUT-RI $\rho = 0,82$ ($p < 0,001$), NEUT-GI –

$\rho = 0,78$ ($p < 0,001$), IG – $\rho = 0,71$ ($p < 0,001$). Менее выраженные, но статистически значимые корреляции выявлены с MR-proADM ($\rho = 0,65$, $p < 0,001$), PSP ($\rho = 0,59$, $p < 0,001$) и sTREM-1 ($\rho = 0,61$, $p < 0,001$).

Анализ выживаемости

28-дневная летальность в общей когорте составила 26,7 % (120/450). Летальность достоверно различалась между температурными субфенотипами ($p < 0,001$ по log-rank тесту): гипертермический – 18,4 % (29/158), нормотермический – 23,9 % (45/188), гипотермический – 42,3 % (44/104). Относительный риск смерти в гипотермическом субфенотипе составил 2,30 (95% ДИ: 1,62–3,27) по сравнению с гипертермическим. Медиана выживаемости составила: для гипертермического субфенотипа – 28 дней, для нормотермического – 26 дней, для гипотермического – 18 дней, $p < 0,001$).

Предикторы летальности

Результаты однофакторного и многофакторного регрессионного анализа Кокса представлены в таблице 3.

Наиболее сильными независимыми предикторами летальности явились MR-proADM $> 2,1$ нмоль/л (ОШ = 4,21),

гипотермический субфенотип (ОШ = 3,42), sTREM-1 > 850 пг/мл (ОШ = 3,15), PSP > 120 нг/мл (ОШ = 2,89), NEUT-RI > 75 FI (ОШ = 2,54), грамотрицательная этиология (ОШ = 2,23), лактат $> 2,5$ ммоль/л (ОШ = 2,12), возраст > 65 лет (ОШ = 1,89) и низкое соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 (ОШ = 2,05).

Построение прогностической модели

На основе выявленных независимых предикторов разработана интегральная прогностическая модель летальности (ИПМ-сепсис). В окончательную модель включены 9 переменных: температурный субфенотип, возраст > 65 лет, грамотрицательная этиология, NEUT-RI > 75 FI, MR-proADM $> 2,1$ нмоль/л, PSP > 120 нг/мл, sTREM-1 > 850 пг/мл, лактат $> 2,5$ ммоль/л, соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 $< 1,5$.

Прогностический индекс (ПИ) рассчитан по формуле:

$$\text{ПИ} = 1,23 \times (\text{гипотермический субфенотип}) + 0,64 \times (\text{возраст} > 65 \text{ лет}) + 0,80 \times (\text{грамотрицательная этиология}) + 0,93 \times (\text{NEUT-RI} > 75 \text{ FI}) + 1,44 \times (\text{MR-proADM} > 2,1) + 1,06 \times (\text{PSP} > 120) + 1,15 \times (\text{sTREM-1} > 850) + 0,75 \times (\text{лактат} > 2,5) + 0,72 \times (\text{ИЛ-6/ИЛ-10} < 1,5).$$

Таблица 2
Клинико-лабораторная характеристика температурных субфенотипов
Table 2
Clinical and laboratory characteristics of temperature subphenotypes

Показатель / Index	Гипертермический Hyperthermic (n = 158)	Нормотермический Normothermic (n = 188)	Гипотермический Hypothermic (n = 104)	p*
Возраст, годы, Me (IQR) / Age, years, Me (IQR)	58 (46–68)	64 (54–72)	68 (60–75)	< 0.001
SOFA, баллы, Me (IQR) / SOFA, points, Me (IQR)	7 (5–9)	8 (6–10)	11 (9–13)	< 0.001
APACHE II, баллы, Me (IQR) APACHE II, points, Me (IQR)	17 (14–21)	19 (15–23)	24 (20–28)	< 0.001
Коморбидность (индекс ≥ 3), % Comorbidity (index ≥ 3), %	38.6	54.3	76.0	< 0.001
Грамотрицательная этиология, % Gram-negative etiology, %	38.0	46.8	55.8	0.018
NEUT-RI, FI, Me (IQR)	84 (65–115)	52 (38–62)	48 (42–56)	< 0.001
NEUT-GI, SI, Me (IQR)	172 (165–181)	142 (136–158)	128 (118–145)	< 0.001
IG, %, Me (IQR)	16.2 (8.5–29.4)	1.4 (0.5–3.2)	1.0 (0.2–2.8)	< 0.001
MR-proADM, нмоль/л, Me (IQR) MR-proADM, nmol/L, Me (IQR)	1.8 (1.2–2.6)	2.4 (1.6–3.5)	4.2 (2.8–6.8)	< 0.001
PSP, нг/мл, Me (IQR) / PSP, ng/ml, Me (IQR)	95 (62–138)	118 (78–165)	168 (122–245)	< 0.001
sTREM-1, пг/мл / sTREM-1, pg/ml, Me (IQR)	720 (540–920)	780 (610–1050)	1120 (850–1580)	< 0.001
СРБ, мг/л, Me (IQR) / CRP, mg/L, Me (IQR)	165 (130–210)	108 (85–145)	89 (68–128)	< 0.001
ПКТ, нг/мл, Me (IQR) / PCT, ng/ml, Me (IQR)	3.8 (1.5–8.2)	2.9 (1.1–6.5)	2.1 (0.8–5.0)	0.021
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/L, Me (IQR)	2.1 (1.5–3.2)	2.6 (1.8–4.0)	3.9 (2.5–6.2)	< 0.001
ИЛ-6, пг/мл, Me (IQR) / IL-6, pg/ml, Me (IQR)	265 (180–410)	135 (95–210)	85 (48–145)	< 0.001
ИЛ-10, пг/мл, Me (IQR) / IL-10, pg/ml, Me (IQR)	35 (22–58)	48 (30–75)	85 (52–135)	< 0.001
Соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 / IL-6/IL-10 ratio	7.6 (4.2–12.5)	2.8 (1.6–4.8)	1.0 (0.5–1.8)	< 0.001

Примечание: Me – медиана, (IQR) – интерквартильный разброс; * точный критерий Фишера и χ^2 -тест.

Note: Me – median, (IQR) – interquartile range; * Fisher's exact test and χ^2 -test.

Таблица 3
Предикторы 28-дневной летальности (многофакторный анализ Кокса)
Table 3
Predictors of 28-day mortality (multivariate Cox analysis)

Предиктор / Predictor	Однофакторный анализ Univariate analysis	Многофакторный анализ Multivariate analysis		
	ОШ (95% ДИ) OR (95% CI)	p	ОШ (95% ДИ) OR (95% CI)	p
Гипотермический субфенотип (vs гипертермический) Hypothermic subphenotype (vs hyperthermic)	3.15 (2.10–4.72)	< 0.001	3.42 (2.18–5.36)	< 0.001
Нормотермический субфенотип (vs гипертермический) Normothermic subphenotype (vs hyperthermic)	1.42 (0.95–2.12)	0.086	1.28 (0.84–1.95)	0.248
Возраст > 65 лет / Age > 65 years	2.15 (1.56–2.96)	< 0.001	1.89 (1.34–2.67)	< 0.001
SOFA (каждый балл) / SOFA (each point)	1.18 (1.12–1.24)	< 0.001	1.08 (1.01–1.15)	0.032
Грамотрицательная этиология / Gram-negative etiology	2.34 (1.58–3.46)	< 0.001	2.23 (1.48–3.36)	< 0.001
NEUT-RI > 75 FI	3.42 (2.38–4.92)	< 0.001	2.54 (1.72–3.75)	< 0.001
NEUT-GI > 170 SI	2.86 (1.98–4.13)	< 0.001	1.68 (1.12–2.52)	0.012
IG > 10 %	2.65 (1.82–3.86)	< 0.001	1.72 (1.14–2.59)	0.009
MR-proADM > 2,1 нмоль/л / MR-proADM > 2.1 nmol/L	5.42 (3.62–8.11)	< 0.001	4.21 (2.65–6.68)	< 0.001
PSP > 120 нг/мл / PSP > 120 ng/ml	3.85 (2.68–5.53)	< 0.001	2.89 (1.94–4.31)	< 0.001
sTREM-1 > 850 пг/мл / sTREM-1 > 850 pg/ml	4.18 (2.91–6.00)	< 0.001	3.15 (2.08–4.77)	< 0.001
Лактат > 2,5 ммоль/л / Lactate > 2.5 mmol/L	3.08 (2.12–4.47)	< 0.001	2.12 (1.45–3.10)	< 0.001
Соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 < 1,5 / IL-6/IL-10 ratio < 1.5	3.45 (2.38–5.00)	< 0.001	2.05 (1.38–3.04)	< 0.001

Примечание: ОШ (ДИ) – отношение шансов (доверительный интервал).

Note: OR (CI) – odds ratio (confidence interval).

Для упрощения клинического использования разработана балльная шкала (табл. 4).

Прогностическая точность модели

ROC-анализ продемонстрировал высокую дискриминационную способность разработанной модели (ИПМ-сепсис). AUC для предсказания 28-дневной летальности составила 0,89 (95% ДИ: 0,85–0,93), что достоверно превосходит традиционные шкалы SOFA (AUC = 0,76; 95% ДИ: 0,71–0,81; $p < 0,001$) и APACHE II (AUC = 0,74; 95% ДИ 0,69–0,79; $p < 0,001$).

Чувствительность модели при оптимальном пороговом значении (Youden index) составила 84,2 %, специфичность — 81,5 %, положительная прогностическая ценность — 63,8 %, отрицательная прогностическая ценность — 93,1 %.

Калибровка модели оценена с помощью теста Хосмера — Лемешоу ($\chi^2 = 8,42$, $p = 0,39$) и калибровочного графика, что свидетельствует о хорошем соответствии предсказанных и наблюдаемых рисков.

Валидация модели

Внутренняя валидация методом перекрестной проверки (10-fold cross-validation) подтвердила стабильность модели: средняя AUC составила 0,88 (95% ДИ: 0,84–0,92). Внешняя валидация на независимой когорте ($n = 150$) показала AUC = 0,87 (95% ДИ: 0,82–0,92), чувствительность — 82,5 %, специфичность — 79,8 %, что подтверждает хорошую генерализуемость модели.

Сравнение прогностической точности ИПМ-сепсис с отдельными биомаркерами и шкалами представлено в таблице 5.

Анализ подгрупп

Проведен анализ прогностической точности модели в различных подгруппах пациентов. AUC модели была сопоставима у пациентов с разными очагами инфекции (легочный — 0,88; абдоминальный — 0,90; мочевого — 0,87), разной степенью тяжести (SOFA ≤ 6 — 0,86; SOFA 7–12 — 0,89; SOFA ≥ 13 — 0,85) и возрастом (< 65 лет — 0,90; ≥ 65 лет — 0,87), что свидетельствует о робастности модели.

Особый интерес представляет анализ прогностической ценности модели в зависимости от этиологии. В подгруппе пациентов с грамотрицательной инфекцией AUC составила 0,91, с грамположительной — 0,88 ($p = 0,21$). В подгруппе с подтвержденной бактериемией ($n = 198$) AUC модели достигла 0,92.

ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование представляет первый опыт создания комплексной прогностической модели летальности при сепсисе, интегрирующей субфенотипы температуры, расширенные гематологические параметры воспаления и новые биомаркеры (MR-proADM, PSP, sTREM-1).

Полученные результаты имеют фундаментальное и прикладное значение для персонализированной медицины критических состояний.

Температурное фенотипирование как основа стратификации риска

Проведенное исследование подтверждает и расширяет данные о прогностической значимости температурных субфенотипов при сепсисе. Нами идентифицированы три стабильных субфенотипа температурных реакций, ассоциированных с различной летальностью. Наиболее высокая летальность (42,3 %) зарегистрирована в гипотермическом субфенотипе, что согласуется с

Таблица 4
Балльная шкала прогноза летальности при сепсисе (интегральная прогностическая модель летальности — ИПМ-сепсис)
Table 4
Sepsis Mortality Prognosis Score (integrated predictive model of mortality — IPM-sepsis)

Фактор риска / Risk factor	Баллы / Points*
Гипотермический субфенотип / Hypothermic subphenotype	4
Возраст > 65 лет / Age > 65 years	2
Грамотрицательная этиология / Gram-negative etiology	2
NEUT-RI > 75 FI	3
MR-proADM $> 2,1$ нмоль/л / MR-proADM > 2.1 nmol/L	5
PSP > 120 нг/мл / PSP > 120 ng/ml	3
sTREM-1 > 850 пг/мл / sTREM-1 > 850 pg/ml	4
Лактат $> 2,5$ ммоль/л / Lactate > 2.5 mmol/L	2
ИЛ-6/ИЛ-10 $< 1,5$ / IL-6/IL-10 < 1.5	2

*Интерпретация баллов:

- 0–8 баллов: низкий риск летальности (< 10 %);
- 9–16 баллов: средний риск летальности (10–30 %);
- 17–24 баллов: высокий риск летальности (30–50 %);
- ≥ 25 баллов: очень высокий риск летальности (> 50 %).

* Scoring Interpretation:

- 0–8 points: low mortality risk (< 10 %);
- 9–16 points: moderate mortality risk (10–30 %);
- 17–24 points: high mortality risk (30–50 %);
- ≥ 25 points: very high mortality risk (> 50 %).

Таблица 5
Сравнение прогностической точности (AUC) для предсказания 28-дневной летальности
Table 5
Comparison of predictive accuracy (AUC) for predicting 28-day mortality

Модель/биомаркер Model/biomarker	AUC (95% ДИ) AUC (95% CI)	p (vs ИПМ-сепсис) p (vs IPM-sepsis)
ИПМ-сепсис / IPM-sepsis	0.89 (0.85–0.93)	—
SOFA	0.76 (0.71–0.81)	< 0.001
APACHE II	0.74 (0.69–0.79)	< 0.001
MR-proADM (alone)	0.79 (0.74–0.84)	< 0.001
PSP (alone)	0.74 (0.68–0.80)	< 0.001
sTREM-1 (alone)	0.75 (0.69–0.81)	< 0.001
NEUT-RI (alone)	0.73 (0.67–0.79)	< 0.001
Лактат / Lactate (alone)	0.70 (0.64–0.76)	< 0.001

Примечание: ИПМ-сепсис — интегральная прогностическая модель.

Note: IPM-sepsis is an integrated prognostic model.

результатами S.V. Bhavani и соавт. (2019, 2020), показавшими, что гипотермические траектории связаны с максимальной летальностью [9, 10]. В недавнем исследовании N. Kijraisaalratana и соавт. (2025) также продемонстрировано, что гипотермическая группа имеет самый высокий уровень смертности (37,5 %) среди всех температурных траекторий у пациентов с сепсисом в отделении неотложной помощи [8].

Важно отметить, что в нашем исследовании гипотермический субфенотип ассоциировался не только с наиболее высокими значениями шкал тяжести (SOFA, APACHE II), но и с характерными лабораторными изменениями: наименьшими уровнями NEUT-RI, NEUT-GI, IG, высокими концентрациями MR-proADM, PSP, sTREM-1 и иммунопаралитическим цитокиновым профилем (низкое соотношение ИЛ-6/ИЛ-10). Эти данные свидетельствуют о том, что гипотермия при сепсисе отражает не просто тяжесть состояния, а качественно иной фенотип иммунного ответа — гиповоспалительный/иммунопаралитический, ассоциированный с эндотелиальной дисфункцией.

В противоположность этому, гипотермический субфенотип характеризовался максимальной активацией нейтрофилов и провоспалительным цитокиновым профилем, что интерпретируется как адекватный иммунный ответ, ассоциированный с более благоприятным прогнозом (летальность — 18,4 %). Полученные данные подтверждают концепцию о том, что лихорадка является эволюционно закрепленным защитным механизмом, а ее отсутствие или подавление — маркером иммунной дисфункции [7, 10].

Расширенные гематологические параметры воспаления

Впервые показана устойчивая взаимосвязь между температурными субфенотипами и уровнями NEUT-RI, NEUT-GI, IG. Коэффициенты корреляции ($\rho = 0,71-0,82$) свидетельствуют о тесной связи между функциональной активностью нейтрофилов и температурным ответом. Это открытие имеет важное патофизиологическое значение: нейтрофилы как ключевые эффекторы врожденного иммунитета не только участвуют в элиминации патогена, но и продуцируют пирогенные цитокины (ИЛ-1, ИЛ-6, ФНО- α), определяющие температурный ответ [23].

Наши данные согласуются с результатами J. Lee и соавт. (2023), которые показали, что NEUT-RI является сильным предиктором летальности при сепсисе у детей (отношение рисков = 39,57) [24]. В нашем исследовании NEUT-RI > 75 FI был независимым предиктором летальности с ОШ = 2,54, что подтверждает прогностическую ценность этого параметра у взрослых пациентов. Важно подчеркнуть, что NEUT-RI отражает не просто количество нейтрофилов, а их функциональный статус (реактивность), что делает этот маркер более информативным, чем стандартный лейкоцитоз.

IG (незрелые гранулоциты) также продемонстрировал независимую прогностическую значимость (ОШ = 1,72). Рост IG является маркером усиленного гранулопоза в ответ на инфекцию и коррелирует с тяжестью сепсиса [25]. Наибольшие уровни IG зарегистрированы в гипотермическом субфенотипе, что отражает адекватную мобилизацию костномозгового резерва.

Новые биомаркеры: MR-proADM, PSP, sTREM-1

MR-proADM продемонстрировал наивысшую прогностическую ценность среди всех изученных биомаркеров (ОШ = 4,21; AUC = 0,79 в моно-модели). Эти данные согласуются с результатами D. Andaluz-Ojeda и соавт. (2024), показавших, что MR-proADM является лучшим предиктором летальности при сепсисе, независимо от тяжести органной дисфункции (AUC = 0,79 для всей когорты) [16]. В недавнем проспективном исследовании (2025) MR-proADM продемонстрировал AUC = 0,92 для предсказания неблагоприятного исхода у пациентов с подозрением на инфекцию в отделении неотложной помощи [18].

MR-proADM является стабильным фрагментом прогормона адреномедуллина, секретируемого эндотелиальными клетками и гладкомышечными клетками сосудов в ответ на гипоксию, ишемию и эндотоксин [26]. Высокие уровни MR-proADM отражают тяжесть эндотелиальной дисфункции и вазоплегии, что объясняет его высокую прогностическую ценность, особенно у пациентов с септическим шоком. В нашем исследовании наиболее высокие уровни MR-proADM зарегистрированы в гипотермическом субфенотипе (медиана — 4,2 нмоль/л), что указывает

на выраженную эндотелиальную дисфункцию у этих пациентов.

PSP (Pancreatic Stone Protein) — относительно новый биомаркер, который привлек внимание исследователей благодаря своей способности раннего выявления сепсиса и прогнозирования органной дисфункции [19, 20]. PSP продуцируется поджелудочной железой и лейкоцитами в ответ на системное воспаление; его преимуществом является очень быстрое повышение (в течение 1–2 часов) после начала инфекции [27]. В нашем исследовании PSP > 120 нг/мл был независимым предиктором летальности с ОШ = 2,89. Интересно, что уровни PSP были максимальны в гипотермическом субфенотипе (медиана 168 нг/мл). В недавнем пилотном исследовании у пациентов с печеночной недостаточностью показано, что уровни PSP были выше у невыживших, чем у выживших ($p < 0,05$), что подтверждает его прогностическую ценность [20].

sTREM-1 является растворимой формой рецептора, экспрессируемого на миелоидных клетках, и отражает гиперактивацию врожденного иммунитета. В нашем исследовании sTREM-1 > 850 пг/мл был независимым предиктором летальности с ОШ = 3,15. Эти данные согласуются с результатами недавнего многостратного проспективного исследования Spot Sepsis (2025), в котором sTREM-1 продемонстрировал наивысшую прогностическую точность (AUC = 0,86) среди всех изученных биомаркеров у детей с острыми лихорадочными заболеваниями [22]. В другом исследовании у взрослых пациентов с сепсисом sTREM-1 коррелировал с тяжестью заболевания и был достоверно выше у невыживших ($p < 0,05$) [21].

Важно отметить, что в нашей работе sTREM-1 показал максимальные значения в гипотермическом субфенотипе, что может показаться парадоксальным, поскольку гипотермия ассоциируется с гиповоспалительным фенотипом. Однако высокие уровни sTREM-1 при гипотермии могут отражать не столько активацию, сколько дисрегуляцию иммунного ответа, когда гиперактивация на локальном уровне сочетается с системным иммунопараличом [28].

Цитокиновый профиль и соотношение ИЛ-6/ИЛ-10

Впервые продемонстрировано, что соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 является не-

зависимым предиктором летальности при сепсисе (ОШ = 2,05 для соотношения < 1,5). Это соотношение отражает баланс между провоспалительными (ИЛ-6) и противовоспалительными (ИЛ-10) механизмами. В гипертермическом субфенотипе соотношение было максимальным (7,6), что указывает на преобладание провоспалительного ответа; в гипотермическом субфенотипе соотношение было минимальным (1,0), что свидетельствует об иммунопараличе. Полученные данные согласуются с концепцией «цитокинового шторма» при гипертрофическом воспалительном фенотипе и «иммунопаралича» при гиповоспалительном фенотипе сепсиса [29, 30].

Интегральная прогностическая модель

Ключевым результатом исследования является разработка и валидация интегральной прогностической модели ИПМ-сепсис. Модель продемонстрировала высокую дискриминационную способность (AUC = 0,89), достоверно превосходящую традиционные шкалы SOFA (AUC = 0,76) и APACHE II (AUC = 0,74). Важно подчеркнуть, что AUC модели была стабильна в различных подгруппах и при внешней валидации (AUC = 0,87).

Преимущества разработанной модели:

- **Мультипараметрический подход** — интеграция четырех классов параметров: температурное фенотипирование, гематологические параметры, биомаркеры эндотелиальной дисфункции и иммунной активации, цитокиновый профиль.

- **Патофизиологическая обоснованность** — каждый включенный в модель параметр отражает определенное звено патогенеза сепсиса.

- **Клиническая доступность** — большинство параметров (температура, NEUT-RI, лактат) широкодоступны; MR-proADM, PSP и sTREM-1 все чаще внедряются в клиническую практику.

- **Высокая отрицательная прогностическая ценность (93,1%)** — модель позволяет надежно исключать низкий риск летальности, что критически важно для триажа пациентов.

Сравнение с существующими прогностическими моделями показывает преимущества нашего подхода. Традиционные шкалы (SOFA, APACHE II)

основаны преимущественно на физиологических параметрах и не учитывают молекулярные механизмы воспаления. Модели, основанные на одном биомаркере (например, только MR-proADM или только ПКТ), имеют более низкую прогностическую точность [16, 18]. Наша модель, интегрирующая различные классы биомаркеров, позволяет достичь синергического эффекта и максимальной точности.

Клиническое значение

Разработанная модель может быть использована для:

- **ранней стратификации пациентов по риску летальности**, что позволяет оптимизировать интенсивность терапии и распределение ресурсов ОРИТ;

- **персонализации противовоспалительной и иммуномодулирующей терапии**: пациенты с гипертермическим фенотипом (провоспалительным) могут быть кандидатами на противовоспалительную терапию, тогда как пациенты с гипотермическим фенотипом (иммунопаралитическим) — на иммуностимулирующую;

- **мониторинга эффективности лечения**: динамика включенных в модель параметров может использоваться для оценки ответа на терапию.

Ограничения исследования

Необходимо отметить ряд ограничений:

- **Многоцентровый, но региональный характер**: все три центра расположены в Сибирском регионе России, что может ограничивать генерализуемость результатов на другие популяции.

- **Отсутствие валидации в международных когортах**: требуется внешняя валидация в базах данных MIMIC, eICU и других.

- **Относительно небольшой размер выборки для машинного обучения**: хотя 450 пациентов достаточно для регрессионного анализа, для алгоритмов глубокого обучения требуется больше данных.

- **Трудоемкость измерения некоторых биомаркеров**: MR-proADM, PSP и sTREM-1 не входят в стандартные лабораторные панели и требуют специального оборудования.

- **Отсутствие динамической оценки**: модель основана на однократном измерении биомаркеров; включение

динамических изменений может повысить точность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование показало, что температурные субфенотипы («гипертермический», «нормотермический», «гипотермический») являются независимыми предикторами летальности при сепсисе и тесно коррелируют с расширенными гематологическими параметрами воспаления (NEUT-RI, NEUT-GI, IG), новыми биомаркерами эндотелиальной дисфункции и иммунной активации (MR-proADM, PSP, sTREM-1), а также с цитокиновым профилем (соотношение ИЛ-6/ИЛ-10).

Разработанная интегральная прогностическая модель (ИПМ-сепсис), включающая температурный субфенотип, возраст > 65 лет, гематрицательную этиологию, NEUT-RI > 75 FI, MR-proADM > 2,1 нмоль/л, PSP > 120 нг/мл, sTREM-1 > 850 пг/мл, лактат > 2,5 ммоль/л и соотношение ИЛ-6/ИЛ-10 < 1,5, продемонстрировала высокую дискриминационную способность (AUC = 0,89) и калибровку, достоверно превосходящую традиционные шкалы SOFA и APACHE II. Модель валидирована на независимой когорте и может быть рекомендована для клинического использования с целью ранней стратификации пациентов с сепсисом по риску летальности и персонализации терапевтической тактики.

Перспективы дальнейших исследований. Необходимо проведение международной мультицентровой валидации модели, изучение динамики включенных параметров в процессе лечения, а также проспективные исследования по оценке влияния использования модели на исходы пациентов (клиническая эффективность). Кроме того, перспективным направлением является разработка упрощенной версии модели для использования в отделениях неотложной помощи и на догоспитальном этапе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам клиническо-диагностических лабораторий всех участвующих центров за техническую поддержку и помощь в проведении лабораторных исследований.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The Third International Consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801-810.
- Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Crit Care Med*. 2021;49(11):e1063-e1143.
- De Backer D, Deutschman CS, Hellman J, Myatra SN, Ostermann M, Prescott HC, et al. Surviving sepsis campaign research priorities 2023. *Crit Care Med*. 2024;52(2):268-296.
- Ustyantseva IM, Agadzhanian VV, Budaev AV, Makshanova GP, Tarasova OL. Hematological parameters of inflammation and subphenotypes of temperature reactions in patients with sepsis. *Polytrauma*. 2025; (3):6-13. Russian (Устьянцева И. М., Агаджанян В. В., Будаев А. В., Махшанова Г. П., Тарасова О. Л. Гематологические параметры воспаления и субфенотипы температурных реакций у пациентов с сепсисом // Политравма. 2025. № 3. С. 6-13.)
- Maslove DM, Tang B, Shankar-Hari M, Lawler PR, Angus DC, Baillie JK, et al. Redefining critical illness. *Nat Rev Dis Primers*. 2023;9(1):38.
- Drewry AM, Fuller BM, Skrupky LP, Hotchkiss RS. The presence of hypothermia within 24 hours of sepsis diagnosis: a prospective cohort study. *J Crit Care*. 2015;30(5):1053-8.
- Bhavani SV, Carey KA, Gilbert ER, Afshar M, Verhoef PA, Churpek MM. Identifying novel sepsis subphenotypes using temperature trajectories. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(3):327-335.
- Kijpaisalratana N, Hassan A, Peng B, el Ariss AB, Samadian K, Mitragotri S, et al. Exploring temperature trajectories in emergency department sepsis patients. *Am J Emerg Med*. 2025; 95:235-242. DOI: 10.1016/j.ajem.2025.07.001.
- Bhavani SV, Wolfe KS, Hrusch CL, Greenberg JA, Krishack PA, Lin J, et al. Temperature trajectory subphenotypes correlate with immune responses in patients with sepsis. *Crit Care Med*. 2020;48(11):1645-1653.
- Bhavani SV, Semler M, Qian ET, Verhoef PA, Robichaux C, Churpek MM, et al. Development and validation of machine learning models to predict temperature trajectory subphenotypes in sepsis. *Crit Care Explor*. 2022;4(3):e0651.
- Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Golosheumov NP, Agadzhanian VV. Innovative laboratory technologies in the diagnosis of sepsis. *Polytrauma*. 2018; 1:52-59. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Голошумов Н. П., Агаджанян В. В. Инновационные лабораторные технологии в диагностике сепсиса // Политравма. 2018. № 1. С. 52-59.)
- Ustyantseva IM, Kulagina EA, Aliev AR, Agadzhanian VV. Relationship between extended inflammation parameters of hematological analysis (NEUT-RI, NEUT-GI, RE-LYMP, AS-LYMP) and the risk of infection in polytrauma. *Polytrauma*. 2019; (3):6-15. Russian (Устьянцева И. М., Кулагина Е. А., Алиев А. Р., Агаджанян В. В. Взаимосвязь расширенных параметров воспаления гематологического анализа (NEUT-RI, NEUT-GI, RE-LYMP, AS-LYMP) с риском развития инфекции при политравме // Политравма. 2019. № 3. С. 6-15.)
- Ustyantseva IM, Agadzhanian VV. Comments on the new international guidelines for the treatment of sepsis and septic shock SSC 2021: what has changed in clinical and laboratory diagnostics. *Polytrauma*. 2022; (2):6-17. Russian (Устьянцева И. М., Агаджанян В. В. Комментарии к новым международным рекомендациям по лечению сепсиса и септического шока SSC 2021: что изменилось в клинической и лабораторной диагностике // Политравма. 2022. № 2. С. 6-17.)
- Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Kulagina EA, Agadzhanian VV. Prognostic factors of mortality in generalized inflammation taking into account the etiology of the infectious process. *Polytrauma*. 2023; (1):51-60. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Кулагина Е. А., Агаджанян В. В. Прогностические факторы летальности при генерализованном воспалении с учетом этиологии инфекционного процесса // Политравма. 2023. № 1. С. 51-60.)
- Ustyantseva IM, Zinchenko MA, Kulagina EA, Aliyev AR, Agadzhanian VV. Clinical and laboratory features of systemic inflammation syndrome, taking into account the etiology of the infectious process (viral and bacterial). *Polytrauma*. 2021; (3):17-27. Russian (Устьянцева И. М., Зинченко М. А., Кулагина Е. А., Алиев А. Р., Агаджанян В. В. Клинико-лабораторные особенности синдрома системного воспаления с учетом этиологии инфекционного процесса (вирусной и бактериальной) // Политравма. 2021. № 3. С. 17-27.)
- Andaluz-Ojeda D, Nguyen HB, Meunier-Beillard N, Cicuéndez R, Quenot JP, Calvo D, et al. Superior accuracy of mid-regional proadrenomedullin for mortality prediction in sepsis with varying levels of illness severity. *Ann Intensive Care*. 2024;14(1):32.
- Charles PE, Peju E, Dargent A, Prin S, Quenot JP. MR-proADM for prognostication in sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27(1):125.
- Andaluz-Ojeda D, Cicuéndez R, Calvo D, Andrés C, Nogales L, Eiros JM, et al. Ability of midregional proadrenomedullin (MR-proADM) to predict poor clinical outcome and stratify prognosis in adult patients seen for suspected infection in the Emergency Department. *Rev Esp Quimioter*. 2025;38(4):319-334.
- García de Guadiana-Romualdo L, Alquézar-Arbé A, Piñera P. Pancreatic stone protein: a new biomarker for sepsis in the emergency department. *Emergencias*. 2021;33(2):85-87.
- Queirós C, Gonçalves-Pereira J, Póvoa P. Pancreatic Stone Protein in patients with liver failure: a prospective pilot cohort study. *J Crit Care*. 2025; (in press). DOI: 10.1016/j.jcrrc.2025.154889
- Liu D, Huang SY, Sun JH, Zhang HC, Cai QL, Gao C, et al. Correlation of serum H-FABP, sTREM-1, and HMGB1 levels with severity and prognosis of sepsis. *J Transl Res*. 2024;16(10):5846-5855.
- Bramer S, Hynson R, Maude RR, et al. Risk stratification of childhood infection using host markers of immune and endothelial activation: A multi-country prospective cohort study in Asia (Spot Sepsis). *medRxiv*. 2025; DOI: 10.1101/2025.02.04.25321563
- Henson PM, Bratton DL. Antiinflammatory effects of apoptotic cells. *J Clin Invest*. 2013;123(7):2773-2775.
- Lee J, Gu J, Seo JE, Kim JW, Kim HK. Diagnostic and prognostic values of neutrophil reactivity intensity (NEUT-RI) in pediatric systemic inflammatory response syndrome and sepsis. *Ann Clin Lab Sci*. 2023;53(2):173-180.
- Park BH, Kang YA, Park MS, Jung WJ, Lee SH, Lee SK, et al. Delta neutrophil index as an early marker of disease severity in critically ill patients with sepsis. *BMC Infect Dis*. 2022;22(1):345.
- Valenzuela-Sánchez F, Valenzuela-Méndez B, Rodríguez-Gutiérrez JF, Estella-García Á, Rojas-Ávila MÁ, Fernández-Moyano A, et al. Mid-regional pro-adrenomedullin as a prognostic biomarker in sepsis. *Med Intensiva*. 2020;44(6):362-370.

27. Póvoa P, Salluh JIF. Pancreatic stone protein as a biomarker of sepsis: a promising start. *Crit Care*. 2021;25(1):215.
28. Hotchkiss RS, Monneret G, Payen D. Sepsis-induced immunosuppression: from cellular dysfunctions to immunotherapy. *Nat Rev Immunol*. 2013;13(12):862-874.
29. van der Poll T, Shankar-Hari M, Wiersinga WJ. The immunology of sepsis. *Immunity*. 2021;54(11):2450-2464.
30. Delano MJ, Ward PA. The immune system's role in sepsis progression, resolution, and long-term outcome. *Immunol Rev*. 2016;274(1):330-353.

Сведения об авторах:

Устьянцева Ирина Марковна (автор для переписки) — д.б.н., профессор, член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры патологической физиологии, кафедры медицинской биохимии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029. <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>. E-mail: irmaust@mail.ru; kemsma@kemsma.ru

Агаджанян Ваграм Ваганович — д.м.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России; ул. Фрунзе, д. 17, г. Новосибирск, 630091. <https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Осяев Николай Юрьевич — заведующий клинико-диагностической лабораторией № 1 ГАУЗ ККБСМП; ул. Николая Островского, д. 22, г. Кемерово, Россия, 650000. E-mail: osyaev.nikolai@mail.ru

Каменева Евгения Александровна — д.м.н., профессор, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029; главный врач ГАУЗ ККБСМП; ул. Николая Островского, д. 22, г. Кемерово, Россия, 650000. E-mail: evg-kameneva@yandex.ru, kmr-kkbsmp@kuzdrav.ru

Песчанская Елена Валерьевна — заведующая отделением анестезиологии и реанимации № 1 ГАУЗ ККБСМП; ул. Николая Островского, д. 22, г. Кемерово, Россия, 650000. E-mail: peschanskaya.ev@kkbsmp.ru

Пугачев Станислав Валерьевич — к.м.н., ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029; врач анестезиолог-реаниматолог ГАУЗ ККБСМП; ул. Николая Островского, д. 22, г. Кемерово, Россия, 650000. E-mail: sv.pugachev@mail.ru

Будаев Алексей Владимирович — д.м.н., доцент, профессор кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029. E-mail: budaev-1965@mail.ru

Макшанова Галина Парфиловна — д.м.н., доцент, профессор кафедры патологической физиологии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029. E-mail: galya.makshanova.58@mail.ru

Тарасова Ольга Леонидовна — к.м.н., доцент, заведующая кафедрой патологической физиологии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029. E-mail: tarasova.ol@kemsma.ru

Information about authors:

Ustyantseva Irina Markovna (author for correspondence) — PhD in biological sciences, professor, corresponding member of RANS, department of abnormal physiology, department of medical biochemistry, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029. <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>. E-mail: irmaust@mail.ru; kemsma@kemsma.ru

Agadzhanian Vagram Vaganovich — MD, PhD, professor, chief researcher, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan; Frunze St., 17, Novosibirsk, 630091. <https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Osyaev Nikolai Yuryevich — head of clinical diagnostic laboratory No. 1, Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care; Nikolaya Ostrovskogo St., 22, Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: osyaev.nikolai@mail.ru

Kameneva Evgeniya Aleksandrovna — MD, PhD, professor, professor of department of anesthesiology and resuscitation, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029; chief physician of Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care; Nikolaya Ostrovskogo St., 22, Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: evg-kameneva@yandex.ru, kmr-kkbsmp@kuzdrav.ru

Peschanskaya Elena Valerievna — head of anesthesiology and resuscitation department No. 1, Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care; Nikolaya Ostrovskogo St., 22, Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: evg-kameneva@yandex.ru, kmr-kkbsmp@kuzdrav.ru

Pugachev Stanislav Valerievich, candidate of medical sciences, assistant of department of anesthesiology and resuscitation, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia 650029; anesthesiologist-resuscitator, Kuzbass Clinical Hospital of Emergency Medical Care, Nikolaya Ostrovskogo St., 22, Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: sv.pugachev@mail.ru

Budaev Aleksey Vladimirovich — MD, PhD, associate professor, professor of department of pathological physiology, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029. E-mail: budaev-1965@mail.ru

Makshanova Galina Parfilovna — MD, PhD, associate professor, professor of department of pathological physiology, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029. E-mail: galya.makshanova.58@mail.ru

Tarasova Olga Leonidovna — candidate of medical sciences, associate professor, head of department of pathological physiology, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029. E-mail: tarasova.ol@kemsma.ru

Статья поступила в редакцию 07.05.2026

Рецензирование пройдено 18.05.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Received 07.05.2026

Review completed 18.05.2026

Passed for printing 30.05.2026

ПЕРЕДОВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ С СЕПСИСОМ

ADVANCED DIAGNOSIS AND THERAPY OF METABOLIC DYSFUNCTION IN PATIENTS WITH SEPSIS

Гирш А.О. Girsh A.O.
Щетина А.В. Shchetina A.V.
Измайлова Н.А. Izmaylova N.A.
Фролов Е.А. Frolov E.A.
Степанов С.С. Stepanov S.S.
Клементьев А.В. Klementyev A.V.
Черненко С.В. Chernenko S.V.
Суздальцев А.М. Suzdaltsev A.M.

ФГБОУ ВО «Омский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
БУЗОО Городская клиническая больница № 1
имени Кабанова А.Н.
г. Омск, Россия

Omsk State Medical University,
City Clinical Hospital № 1
named after Kabanov A.N.
Omsk, Russia

Цель исследования — применение современных методов диагностики и терапии метаболической дисфункции у больных с сепсисом для рационализации лечения и улучшения его исходов.

Материалы и методы. Обследованы 11 больных с сепсисом, получавших в послеоперационном периоде лечебное питание смесью «Нутризет Д», содержащей многокомпонентный метабиотический комплекс и β -глюканы. Оценка метаболизма осуществлялась с помощью специализированной диагностической системы.

Результаты. У пациентов регистрировалось уменьшение проявлений полиорганного синдрома, воспаления, питательной недостаточности, энергопотребности и дисбиоза, а также улучшение гуморального иммунитета и дыхательного коэффициента (RQ), указывающего на метаболизм основных макронутриентов, во все сроки исследования. Корреляционный анализ обнаружил ассоциации шкалы SOFA с прокальцитонином. Фиксированы связи прокальцитонина и С-реактивного белка, а также альбумина с трансферрином. Идентифицированы ассоциации IgG с лактобактериями, IgM с бифидобактериями, альбумина с лактобактериями и IgA с бифидобактериями.

Заключение. У больных с сепсисом, находящихся на искусственной вентиляции легких, оправдано осуществление метода непрямой калориметрии для мониторинга расхода калорий и RQ, определяющих адресность назначенного лечебного питания как с позиций его качественного и количественного состава, так и с позиций объема и скорости вводимой питательной смеси.

Мониторинг расхода калорий и RQ позволяет оценить метаболизм макронутриентов, поступающих в организм больного при реализации конкретного лечебного питания, которые используются им для получения энергии.

Анализ вариативности расхода калорий и типа метаболизма вводимых питательных субстратов необходим для аттестации продуктивности их утилизации и подтверждения правильности выбора используемой пита-

Objective — implementation of advanced diagnosis and therapy of metabolic dysfunction in patients with sepsis to rationalize treatment and outcomes.

Materials and methods. 11 patients with sepsis receiving postoperative medical nutrition with Nutriset D mixture containing multicomponent metabiotic complex and β -glucans were analyzed by a diagnostic metabolic assessment system.

Results. In patients, a decrease in the manifestations of multiple organ syndrome and inflammation, nutritional deficiency and its constituent criteria, energy consumption and dysbiosis, as well as an improvement in humoral immunity and RQ were recorded at all study periods. Correlation analysis found associations of SOFA score with procalcitonin. The associations of procalcitonin and CRP, as well as albumin with transferrin were fixed. Associations of IgG with lactobacteria have been identified, as well as IgM with bifidobacteria, albumin with lactobacteria, and IgA with bifidobacteria.

Conclusion. In patients with sepsis who are on mechanical ventilation, the implementation of the indirect calorimetry method for monitoring calorie consumption and RQ is justified, which determine the targeting of the prescribed therapeutic nutrition both from the standpoint of its qualitative and quantitative composition, and from the standpoint of the volume and speed of the nutrient mixture administered.

Monitoring of calorie expenditure and RQ allows to assess the metabolism of macronutrients entering the patient's body during the implementation of the specific therapeutic diet, which are used by him to obtain energy.

Analysis of the variability of calorie consumption and the type of metabolism of the injected nutrient substrates is necessary to certify the productivity of their disposal and confirm the correct selection of the

Для цитирования: Гирш А.О., Щетина А.В., Измайлова Н.А., Фролов Е.А., Степанов С.С., Клементьев А.В., Черненко С.В., Суздальцев А.М.
ПЕРЕДОВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ С СЕПСИСОМ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026.
№ 2. С. 17-29.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/685>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-17-29

тельной смеси.

Мониторинг затрат энергии и RQ служит ключевой информацией для адресной рационализации лечебного питания.

У пациентов с сепсисом целесообразно использование лечебного питания, содержащего в своем составе многокомпонентный метаболитический комплекс и β -глюканы, для устранения дефицита нутриентов и микробиоты кишечника, метаболической и системных дисфункций, а также модуляции иммунного ответа.

Ключевые слова: метаболическая и микробиомная дисфункция; сепсис

nutrient mixture used.

Monitoring energy costs and RQ serves as key information for targeted rationalization of therapeutic nutrition

In patients with sepsis, it is advisable to use therapeutic nutrition containing a multicomponent metabiotic complex and β -glucans to eliminate nutritional deficiencies and gut microbiota, metabolic and systemic dysfunctions, as well as modulate the immune response.

Keywords: metabolic and microbiome dysfunction; sepsis

Факторы, лежащие в основе патогенеза сепсиса, содействуют развитию у больных патологического метаболизма и пикового расхода энергии [1], что обуславливает снижение мышечной массы [2, 3] и значимо влияет на краткосрочные и долгосрочные исходы заболевания [4–9]. При сепсисе глубокие нарушения метаболизма вызывают митохондриальную дисфункцию клеток, способствующую апоптозу и прогрессированию полиорганного синдрома [10, 11].

Вариабельность расхода калорий у пациентов с сепсисом имеет существенные различия как в динамике у конкретного больного, так и между различными пациентами, особенно при смене метаболических фаз и на фоне выраженных гормонально-обменных изменений [4–8, 12–14].

Именно поэтому в настоящее время ведущим методом нутритивного лечения больных с сепсисом является энтеральное питание, которое в большей степени, чем парентеральное, способствует уменьшению числа осложнений и благоприятному изменению исходов [4, 6, 7, 9, 15–22].

Лечебное питание у больных сепсисом должно реализовываться индивидуально [23–26] — не только с учетом нюансов патогенеза, но и с оглядкой на проведение искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и составляющих ее режимов [27–30], специфичность белкового, жирового и углеводного обменов [31, 32], степень дисбиоза кишечника [33–35], а также на основе адресной оценки расхода калорий в реальном времени [13, 14, 28, 36, 37].

К сожалению, у больных с сепсисом точно не определены персонализированные как стартовые, так и итоговые объемы реализуемого энтерального питания, а также темпы их ежедневного динамического увеличения и скорость введения питательной смеси [4–7, 9, 16–22] с учетом антропометрических и патогенетических особенностей. Кроме того, отсутствуют убе-

дительные рекомендации о качественном и количественном составе конкретной питательной смеси, с которой разумно начинать нутритивное лечение у определенного больного с сепсисом [4–7, 9, 16–22].

Хотя в литературе применительно к больным с сепсисом и освещены проблемы дисбиоза [9], которые значимо влияют на утилизацию нутриентов в кишечнике [38–40], дисфункцию иммунитета [41–43] и результаты лечения [44–46], до сих пор отсутствует внятная стратегия его коррекции с учетом имеющихся актуальных знаний [47–49].

Использование у пациентов с сепсисом как недостаточного (отрицательный энергетический баланс), так и избыточного (положительный энергетический баланс) лечебного питания не способствует улучшению исходов [11, 22, 23, 26, 50].

Ввиду этого пациенту с сепсисом во время лечения в отделении реанимации необходимо назначение не только объективного и персонального объема лечебного питания [6, 7, 23–25], ориентированного на рациональное устранение энергетического кризиса [12–14, 28, 51], питательной недостаточности [16, 18, 22, 29, 37, 52, 53], нарушений обмена [31, 32] и дисбиоза кишечника [33–35], но и смеси, обладающей действенным иммуномодулирующим эффектом [20, 21, 49]. Поэтому при осуществлении лечебного питания у больных с сепсисом необходимо учитывать, что оно должно являться не только пластическим и энергетическим субстратом, источником витаминов и минералов [9], но и ресурсом других важных составляющих, в частности многокомпонентного метаболитического комплекса и β -глюканов [33–35], способствующих устранению дисбиоза и иммуносупрессии [49].

По этим причинам у больных с сепсисом целесообразна реализация индивидуального лечебного питания [24, 25] с мониторингом расхода калорий в реальном времени, который

служит важным диагностическим критерием метаболической дисфункции [12–14, 26, 28, 29, 54–59].

Назначение конкретному больному персонального количества калорий, определенных в соответствии с расходом энергии методом непрямой калориметрии, напрямую связано с улучшением результатов лечения [12–14, 20, 29, 60, 61]. Важно, что при осуществлении метода непрямой калориметрии у больного возможно определение дыхательного коэффициента (RQ) для объективного понимания того, метаболизм каких макронутриентов является ключевым в конкретном случае в реальном времени. Это позволяет оперативно проводить адресную коррекцию реализуемого питания [12–14]. RQ также может использоваться как прогностический маркер оценки избыточного или недостаточного питания [62] и его исходов [63].

Использование прогностических уравнений, позволяющих оценить энергопотребление у пациента с сепсисом с помощью антропометрии и других показателей, является сегодня ненадежным инструментом [64, 65], так как на расход энергии влияет множество индивидуальных факторов [28, 66, 67], не учтенных в данных формулах. Сравнительный анализ расчетных данных, определенных на основании уравнений, с показателями, полученными методом непрямой калориметрии, выявил значимые расхождения результатов [14]. В этой связи применение уравнений для определения калорических потребностей пациентов может содействовать неадекватному питанию, способствующему негативным исходам [12–14]. Поэтому существующие рекомендации по клиническому питанию не поддерживают применение уравнений для определения энергетических затрат у больных в критических состояниях. Это обусловлено тем, что точный объем лечебного питания должен определяться истинным энергопотреблением при

использовании метода непрямой калориметрии, а не с помощью расчетных формул [6, 7, 14, 16]. По этой причине только применение непрямой калориметрии, необходимой для определения безошибочной дозы лечебного питания и оценки его соответствия конкретной патологии, позволит предельно индивидуализировать подход к пациенту и увеличить частоту положительных исходов [12, 13]. Кроме того, концепт реализации метаболического мониторинга у пациентов в критических состояниях клинически полностью обоснован [12–14].

Цель исследования — применение современных методов диагностики и терапии метаболической дисфункции у больных с сепсисом для рационализации лечения и улучшения его исходов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Участниками работы, имевшей характер открытого клинического проспективного исследования, были 11 больных (средний возраст — 46,8 (31; 58) года) с сепсисом (табл. 1), находившихся в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) БУЗОО ГКБ № 1 имени А.Н. Кабанова с 01.07.2025 г. по 01.09.2025 г.

Критерии включения в исследование: сепсис, диагностированный в соответствии с действующими клиническими рекомендациями; лечение сепсиса в соответствии с действующими клиническими рекомендациями. Критерии невключения: возраст менее 18 и более 60 лет; абсолютные противопоказания к проведению лечебного питания.

Сепсис у пациентов идентифицировали в соответствии с утвержденными клиническими рекомендациями [68] и подтверждали критериями его расширенной диагностики: уровнями прокальцитонина (нг/мл) и С-реактивного белка (СРБ; мг/л). В послеоперационном периоде у больных регистрировался острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) средней степени тяжести, вследствие чего им проводилась ИВЛ в режимах PS и VIPAP согласно действующим клиническим рекомендациям. Наличие и выраженность ОРДС устанавливали с помощью индекса оксигенации ($IO = PaO_2/FiO_2$, у. е.). Для определения парциального давления кислорода (PaO_2) газоанализатором Easy Blood Gas (Medica, США) пунктировали лучевую или бедренную

артерию. Всем пациентам, с учетом действующих рекомендаций, на 4-е сутки выполняли трахеостомию.

Больным после прекращения ИВЛ (продолжительность вентилиции составила 181,7 (169–190) часов) в срок 23 ± 3 часа проводили ингаляцию увлажненного O_2 (30%) через трахеостому с определением ИО (у. е.), частоты дыхательных движений (в минуту), насыщения артериальной крови кислородом (SpO_2 , %), оцениваемого методом пульсоксиметрии аппаратом МПП 6-03 («Тритон Электроникс», Россия), а также с оценкой уровня сознания по шкале комы Глазго для целенаправленного предотвращения газообменных нарушений [69–72]. В последующие сутки ингаляцию кислорода приостанавливали, и вентилиция осуществлялась атмосферным воздухом через трахеостому с учетом частоты дыхания, SpO_2 и уровня сознания [69–72].

Через 72 часа после прекращения ИВЛ пациентам осуществляли деканюляцию трахеи с последующей оценкой уровня сознания, частоты дыхания и SpO_2 . Лечебное питание у пациентов реализовывали с использованием жидкой диабетической смеси «Нутризет Д» с метабиотическим комплексом и β -глюканами (табл. 1) [33–35]. Органно-системную недостаточность оценивали по шкале SOFA (баллы), а трофологический статус — с помощью упрощенной шкалы оценки недостаточности питания (НП, баллы).

Концентрацию альбумина (г/л), трансферрина (г/л) и глюкозы (ммоль/л), а также уровни креатинина (мкмоль/л) и билирубина (мкмоль/л) в плазме крови определяли на автоматическом анализаторе Hitachi 902 (Roche Diagnostics, Швейцария). Абсолютное количество лимфоцитов (тыс. в 1 мкл), лейкоцитов ($10^9/л$) и тромбоцитов ($10^9/л$) подсчитывали на гематологическом анализаторе Sysmex XT 4000i («Sysmex», США). Дополнительно мониторировали параметры гуморального звена иммунитета: уровни IgG (г/л), IgM (г/л) и IgA (г/л).

С помощью диагностической системы оценки метаболизма Q-NRG (Cosmed, Италия) определяли EE (текущий расход калорий, ккал/сутки), RQ (дыхательный коэффициент, указывающий на тип окисляемых макронутриентов у больных) и REE (расход энергии в покое, ккал/сутки) на фактическую массу тела. Определение степени тяже-

сти дисбиоза [73] осуществляли на основании мониторинга содержания бифидобактерий (нормальные референтные значения — $10^9/л$ – $10^{10}/л$ КОЕ/г) и лактобактерий (нормальные референтные значения — $10^7/л$ – 10^8 КОЕ/г) в кале культуральным методом [74].

Данные представлены в виде последовательных измерений параметров у 11 пациентов в динамике с 7-х по 9-е сутки. Учитывая, что распределение показателей отличалось от нормального, для анализа использовали непараметрические методы [75]. Для оценки статистически значимых изменений показателей во времени в группе использовали критерий Фридмана (непараметрический аналог ANOVA с повторными измерениями). В случае обнаружения значимых различий проводился парный критерий Вилкоксона с поправкой Бонферрони для сопоставления зависимых временных точек. Для оценки связи между показателями применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) с последующим анализом только статистически значимых и сильных связей ($p < 0,05$).

Осуществленный апостериорный анализ мощности показал, что при объеме выборки $n = 11$ исследование обладало исключительно высокой мощностью ($> 99,9\%$) для обнаружения значимой динамики ключевых показателей (критерий Фридмана), что обусловлено очень большим размером эффекта ($W > 1,0$). Мощность для выявления сильных корреляционных связей ($\rho \geq 0,78$) являлась достаточной ($\sim 87\%$), то время как для обнаружения связей средней и слабой силы мощность была недостаточной. Это свидетельствует о том, что полученные результаты позволяют с высокой степенью достоверности утверждать наличие выявленной динамики и корреляций относительно изучаемых критериев.

Работа осуществлялась после одобрения локального этического комитета БУЗОО «Городская клиническая больница № 1 им. А. Н. Кабанова» (протокол № 23 от 03.05.2025 г., утвержденный на заседании комиссии по экспертизе исследований) и получения добровольного информированного согласия всех участников. Протокол исследования отвечал этическим принципам, сформулированным в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации («Этические принципы проведения научных медицинских ис-

Таблица 1
Характеристика исследуемых пациентов (n = 11)
Table 1
Characteristics of the study patients (n = 11)

Характеристика / Characteristic	Показатель / Value
Причины сепсиса у больных / Causes of sepsis in patients	Деструктивный панкреатит (7, 63,6 %) / кишечная непроходимость (4, 36,4 %) / Destructive pancreatitis (7, 63.6%) / intestinal obstruction (4, 36.4%)
Средний возраст, годы / Average age, years	46.8 (31; 58)
Оперативное лечение / Surgical treatment	Эндоскопические дренирование брюшной полости и сальниковой сумки. Холецистостомия / Устранение кишечной непроходимости. Дренирование / Endoscopic drainage of the abdominal cavity and omental bursa. Cholecystostomy / Elimination of intestinal obstruction. Drainage
Инициация лечебного питания в послеоперационном периоде через зонд инсталлированный за связку Трейца в тонком кишечнике, часы / Initiation of therapeutic nutrition in the postoperative period through a tube installed behind the Treitz ligament in the small intestine, hours	22 (20; 24)
Извлечение зонда из кишечника, с последующей инсталляцией назогастрального зонда для продолжения лечебного питания, часы / Removal of the tube from the intestine, followed by installation of a nasogastric tube to continue therapeutic nutrition, hours	71 (69; 73)
Протяженность инфузионной терапии, часы / Duration of infusion therapy, hours	192 (188; 196)
Протяженность ИВЛ, часы / Duration of ALV, hours	181.7 (169; 190)
Протяженность лечебного питания, сутки / Duration of therapeutic nutrition, days	9
Изначальное количество лечебного диабетического питания, мл / установленный темп доставки лечебного питания дозатором, мл/час в сутки / Initial amount of therapeutic diabetic nutrition, ml / established rate of delivery of therapeutic nutrition by the dispenser, ml/hour per day	500 (400; 700) / 20.8 (16.7; 29.2)
Изначальное количество многокомпонентного метабиотика и β-глюканов в вводимой питательной диабетической смеси, мг / The initial amount of multicomponent metabiotic and β-glucans in the administered diabetic nutritional mixture, mg	500 / 225
Количество лечебного диабетического питания на 2-е сутки, мл / установленный темп доставки лечебного питания дозатором, мл/час в сутки / Amount of therapeutic diabetic nutrition on the 2nd day, ml / established rate of delivery of therapeutic nutrition by the dispenser, ml/hour per day	1100 (900; 1300) / 45.8 (37.5; 54.2)
Количество многокомпонентного метабиотика и β-глюканов в вводимой питательной диабетической смеси на 2-е сутки, мг / The amount of multicomponent metabiotic and β-glucans in the administered diabetic nutritional mixture on the 2nd day, mg	1100 / 495
Количество лечебного диабетического питания с 3-х по 9-е сутки, мл / установленный темп доставки лечебного питания дозатором, мл/час в сутки / Amount of multicomponent metabiotic and β-glucans in the administered diabetic nutritional mixture on the 2nd day, mg / established rate of delivery of therapeutic nutrition by the dispenser, ml/hour per day	2300 (2000; 2500) / 95.8 (83.3; 104.2)
Количество многокомпонентного метабиотика и β-глюканов в вводимой питательной диабетической смеси с 3-х по 9-е сутки, мг / Amount of multicomponent metabiotic and β-glucans in the administered nutritional diabetic mixture from the 3rd to the 9th day, mg	2300 / 1035
Степень тяжести дисбиоза кишечника на 1-е сутки / Severity of intestinal dysbiosis on the 1st day	Тяжелая / Severe
Степень тяжести дисбиоза кишечника на 5-е сутки / Severity of intestinal dysbiosis on the 5th day	Средняя / Average
Степень тяжести дисбиоза кишечника на 9-е сутки / Severity of intestinal dysbiosis on the 9th day	Легкая / Mild



следований с участием человека» с поправками 2013 г.), и «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утвержденным распоряжением МЗ РФ от 19.06.2003 № 266.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Групповой сопоставительный анализ зафиксировал у больных уменьшение проявлений полиорганного синдрома, системного воспаления, питательной недостаточности, энергопотребности и дисбиоза кишечника, а также улучшение гуморального иммунитета и RQ (рис. 1–4). Это подкреплялось и осуществленным парным сравнением, которое идентифицировало

значимую положительную динамику указанных параметров (рис. 1–4). Применение критерия Данна с поправкой Бонферрони позволило верифицировать конкретные временные точки, между которыми происходили достоверные изменения (рис. 1–4).

Однонаправленную поступательную динамику демонстрировали маркеры воспаления и шкала SOFA, весомый регресс которых фиксировался на 3-и и 5-е сутки (рис. 1). Уменьшение гуморальной иммуносупрессии (рис. 1), выраженности составляющих дисбиоза (табл. 3), проявлений питательной недостаточности и составляющих ее критериев (рис. 2), а также показателей RQ и EE (рис. 3, 4) регистрировалось

начиная с 3-х суток с достижением статистически значимых результатов на 5-е, 7-е и 9-е сутки. Критерий REE демонстрировал значимое снижение на протяжении всего срока исследования, что подтверждалось множественным и парным сравнением (рис. 3). При этом значения REE и EE имели статистически значимые различия на идентичных сроках в отношении друг друга (рис. 3, 4).

Осуществленный корреляционный анализ обнаружил на протяжении первых пяти суток статистически значимые сильные прямые ассоциации шкалы SOFA с прокальцитонином и СРБ (табл. 2). Примечательно, что сильные прямые взаимодействия

Рисунок 1

Динамика шкалы SOFA, прокальцитонина, СРБ и иммуноглобулинов у пациентов на различных этапах лечения. Различия с предыдущей группой по этапу лечения статистически значимы (критерий Манна – Уитни с поправкой Бонферрони). В динамике наблюдения показатель статистически значимо изменялся (ANOVA Фридмана) начиная с этапа «поступление» (критерий Вилкоксона). Материал представлен как линия (жирная), соединяющая средние значения по срокам, и линиями для значений каждого пациента

Figure 1

Changes in SOFA score, procalcitonin, CRP, and immunoglobulins in patients at different stages of treatment. Differences from the previous group by treatment stage are statistically significant (Mann-Whitney test with Bonferroni correction). Over the course of follow-up, the indicator showed statistically significant changes (Friedman ANOVA) starting from the admission stage (Wilcoxon test). The data is presented as a line (bold) connecting the mean values by treatment stage, and lines for each patient's values

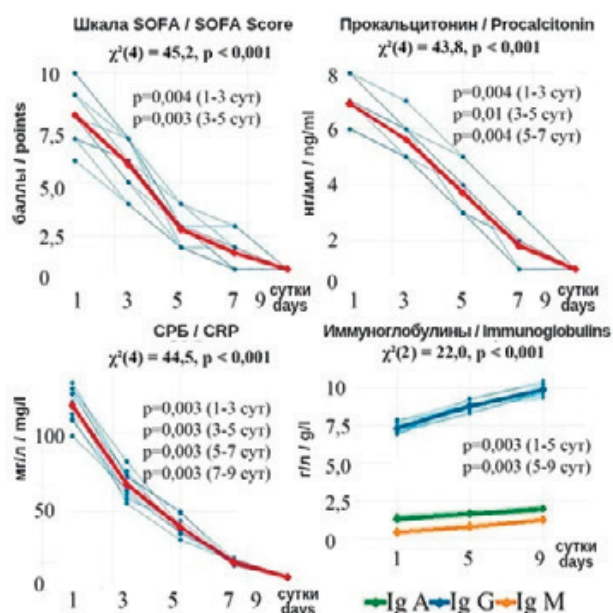


Рисунок 2

Динамика недостаточности питания, альбумина, трансферрина и абсолютного количества лимфоцитов у пациентов на различных этапах лечения. * – различия с предыдущей группой по этапу лечения статистически значимы (критерий Манна – Уитни). В динамике наблюдения показатель статистически значимо изменялся (ANOVA Фридмана) начиная с этапа «Поступление» (критерий Вилкоксона)

Figure 2

Dynamics of malnutrition, albumin, transferrin, and absolute lymphocyte count in patients at different stages of treatment. * – differences from the previous group by treatment stage are statistically significant (Mann-Whitney test). The indicator showed statistically significant changes over the course of observation (Friedman ANOVA) starting from the "Admission" stage (Wilcoxon test)

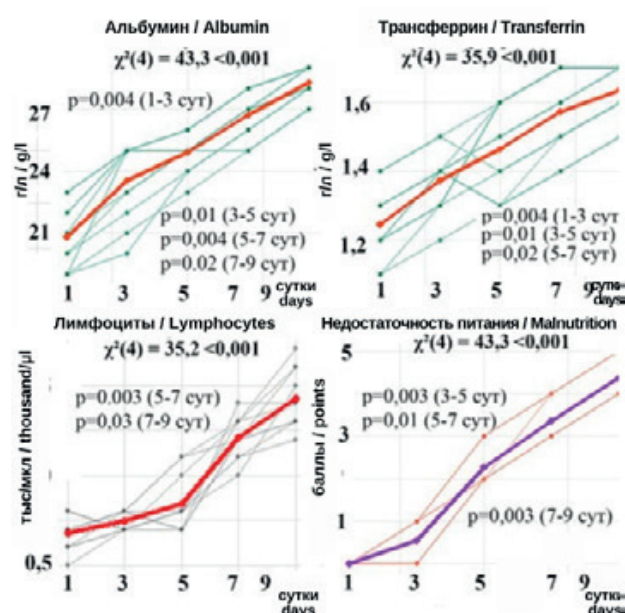


Таблица 2
Соотнесенность показателей по срокам
Table 2
Correlation of indicators by timeframe

Показатель / Value	Показатель / Value	P	p-value
1-е сутки / day 1			
Шкала SOFA / SOFA Score	Прокальцитонин / Procalcitonin	0.92	0.001
Шкала SOFA / SOFA Score	C-реактивный белок (СРБ) / C-reactive protein (CRP)	0.83	0.002
Прокальцитонин / Procalcitonin	СРБ / CRP	0.81	0.005
Альбумин / Albumin	Трансферрин / Transferrin	0.75	0.01
Шкала SOFA / SOFA Score	Альбумин / Albumin	-0.68	0.02
3-и сутки / day 3			
Шкала SOFA / SOFA Score	Прокальцитонин / Procalcitonin	0.88	0.002
Шкала SOFA / SOFA Score	СРБ / CRP	0.83	0.002
Прокальцитонин / Procalcitonin	СРБ / CRP	0.81	0.005
Альбумин / Albumin	Трансферрин / Transferrin	0.75	0.01
Шкала SOFA / SOFA Score	Альбумин / Albumin	-0.68	0,002
5-е сутки / day 5			
Шкала SOFA / SOFA Score	Прокальцитонин / Procalcitonin	0.85	0.002
IgG	Лактобактерии / Lactobacilli	0.82	0.002
Шкала SOFA / SOFA Score	СРБ / CRP	0.82	0.002
IgM	Бифидобактерии / Bifidobacteria	0.79	0.01
Шкала SOFA / SOFA Score	Альбумин / Albumin	-0.76	0.01
7-е сутки / day 7			
Альбумин / Albumin	Трансферрин / Transferrin	0.81	0.002
Недостаточность питания / Malnutrition	Альбумин / Albumin	0.74	0.01
Прокальцитонин / Procalcitonin	СРБ / CRP	0.71	0.01
Шкала SOFA / SOFA Score	Альбумин / Albumin	-0.65	0.02
9-е сутки / day 9			
IgG	Лактобактерии / Lactobacilli	0.84	0.002
Альбумин / Albumin	Лактобактерии / Lactobacilli	0.82	0.002
IgM	Бифидобактерии / Bifidobacteria	0.79	0.01
Недостаточность питания / Malnutrition	Альбумин / Albumin	0.72	0.01
IgA	Бифидобактерии / Bifidobacteria	0.68	0.02

Рисунок 3

Динамика усредненного расхода калорий от начала усреднения до текущего времени (REE), дыхательного коэффициента, указывающего на метаболизм предметных макронутриентов у больных (RQ), содержания бифидобактерий и лактобактерий у пациентов на различных этапах лечения. * — различия с предыдущей группой по этапу лечения статистически значимы (критерий Манна — Уитни). В динамике наблюдения показатель статистически значимо изменялся (ANOVA Фридмана) начиная с этапа «поступление» (критерий Вилкоксона)

Figure 3

Dynamics of average calorie expenditure from the start of averaging to the current time (REE), respiratory quotient (RQ), indicating the metabolism of specific macronutrients in patients, and bifidobacteria and lactobacilli levels in patients at various stages of treatment. * — differences from the previous group by treatment stage are statistically significant (Mann-Whitney test). Over the course of observation, the indicator showed statistically significant changes (Friedman ANOVA) beginning with the "intake" stage (Wilcoxon test)

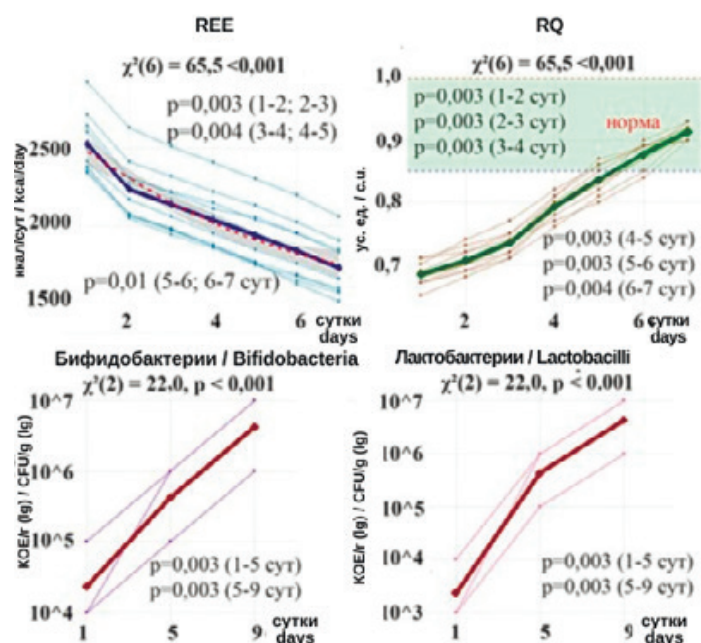
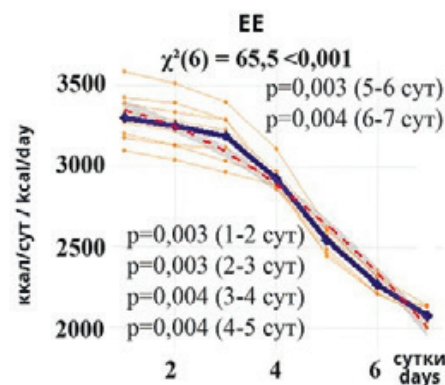


Рисунок 4

Динамика расхода калорий (ЕЕ) у пациентов на различных этапах лечения. * — различия с предыдущей группой по этапу лечения статистически значимы (критерий Манна — Уитни). В динамике наблюдения показатель статистически значимо изменялся (ANOVA Фридмана) начиная с этапа «поступление» (критерий Вилкоксона)

Figure 4

Calorie expenditure (EE) dynamics in patients at different stages of treatment. * — differences from the previous group by treatment stage are statistically significant (Mann-Whitney test). Over the course of observation, the indicator changed statistically significantly (Friedman ANOVA) starting from the "entry" stage (Wilcoxon test)



фиксировались в течение 7 суток между прокальцитонином и СРБ, а также альбумином и трансферрином (табл. 2). Кроме этого, были обнаружены статистически значимые сильные обратные связи шкалы SOFA с альбумином продолжительностью до 5 суток (табл. 2). Начиная с 5-х суток идентифицировали новые сильные прямые ассоциации IgG с лактобактериями, а также IgM с бифидобактериями, сохраняющиеся и на 9-е сутки (табл. 2). На 7-е сутки дифференцировалась сильная прямая связь показателей НП и альбумина, сохраняющаяся на 9-е сутки (табл. 2). На 9-е сутки также обнаруживались ранее не регистрировавшиеся сильные прямые ассоциации альбумина с лактобактериями и IgA с бифидобактериями (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Специфичностью сепсиса является инверсия утилизации поступающих в организм субстратов [12–14, 38–40, 62], а также всех видов обмена веществ, происходящих на фоне системного воспаления и полиорганного синдрома [2, 3, 6, 7, 9, 31, 32]. Кроме того, уже на ранней стадии сепсиса происходит существенное снижение содержания инсулина при параллельно повышенной концентрации контринсулярных гормонов. Это содействует активации липолиза, продукты которого в данный момент служат доминирующим энергетическим субстратом [12–14, 56, 57, 60–63], который не только поддерживает, но и активирует митохондриальную дисфункцию [10]. В этой связи у больных с сепсисом в начале болезни регистрировался не только сниженный RQ, который свидетельствовал о преимущественном использовании липидов в качестве источников энергии [56, 57, 61–64], но и пиковый расход кало-

рий [1, 6, 7, 9]. Последнее прямо указывало на метаболическую дисфункцию, значимоотягощающую системные нарушения [52].

Интенсивный метаболизм, детерминированный системным воспалением, содействовал и деградации белкового обмена [4–9], при котором аминокислоты расходуются как на производство энергии, так и на синтез белков острой фазы в печени, а также субстратов иммунного ответа [11–16, 21–23, 26, 28, 29, 44, 50, 67]. Поэтому у пациентов отмечалось снижение содержания альбумина в крови, обратное связанное с максимальными проявлениями полиорганного синдрома и ассоциированное с критериями системного воспаления. Истощение белкового пула подтверждалось и уменьшением уровня трансферрина, которое было прямо взаимосвязано со снижением альбумина и свидетельствовало — в сочетании с повышенным расходом калорий — о наличии белково-энергетического кризиса и формировании критической питательной недостаточности [52, 53].

Одновременно у больных отмечалось наличие дисбиоза кишечника, связанного как непосредственно с сепсисом [40, 47], так и с проведением антибактериальной терапии, содействующей негативной перестройке качественного и количественного состава микробиоты [45, 45, 76], что способствовало развитию осложнений [38, 39]. Дисбиоз кишечника отрицательно менял концентрацию в крови больных фенолкарбоновых кислот, повышенный уровень которых [77] поддерживал органные нарушения [78]. Наряду с этим дисбиоз способствовал не только активации измененных метаболических процессов, но и поражению слизистой оболочки кишечника. Это усиливало воспаление и служило осно-

вой для мальабсорбции, усугубляющей ишемию в подслизистом и мышечном слоях, что приводило к нарушению иннервации кишечника и расстройствам его гомеостаза [76, 78]. Дисбиоз также являлся ответственным как за нарушения всех функций кишечника, так и за развитие тяжелых дефицитных состояний в отношении макро- и микронутриентов, что содействовало формированию критического дисбаланса нутритивного статуса [9, 44].

Регистрируемая у пациентов гуморальная иммуносупрессия была связана не только с системным воспалением, но и с возникшим на его фоне дисбиозом, поскольку кишечник служит основным иммунным органом человека, в котором сосредоточено от 70 до 80 % всех иммунокомпетентных клеток [79]. Ввиду этого дисбиоз дезорганизовывал иммунный ответ [43–46] и поддерживал системное воспаление [38–41] у больных. Это обусловлено и тем, что иммунный гомеостаз достигается и поддерживается благодаря тесному взаимодействию микробиоты кишечника и локальных иммунных механизмов [42]. Обнаруженная у пациентов взаимосвязь между критериями гуморального иммунитета и показателями микробиоты кишечника дополнительно подтверждала ее важную роль в иммуногенезе [43–46].

Назначенное лечебное питание в программе стандартной интенсивной терапии обеспечивало на 3-и и 5-е сутки возрастание у пациентов уровней альбумина и трансферрина параллельно редукции системного воспаления. Значимость применения специализированного метабиотического питания с β-глюканами в программе интенсивной терапии у больных обосновывалась и эффективной коррекцией метаболических и системных нарушений

[33–35], имеющих между собой достоверную соотношенность [51].

Примечательно, что в данные сроки, несмотря на регресс расхода калорий и благоприятную динамику альбумина и трансферрина, у больных фиксировался еще пониженный (хотя и демонстрирующий значимый рост) показатель RQ. Это свидетельствовало о том, что липиды по-прежнему оставались у пациентов преобладающим энергетическим субстратом [12–14], а проявления интенсивного метаболизма сохранялись [62]. Учитывая, что у больных продолжал регистрироваться ОРДС, форсированное увеличение RQ за счет углеводов как ведущего энергетического субстрата в данный момент времени было нецелесообразным и сопряженным с риском осложнений [12–14, 63–67]. У больных в критических состояниях, особенно при наличии ОРДС, даже при регулировании метаболической дисфункции лечебным питанием регистрируется увеличение содержания глюкозы и триглицеридов, которые ассоциированы между собой [31, 32]. Поскольку максимальная коррекция липидного и углеводного обменов осуществляется с помощью диabetического питания [31, 32], реализуемая стратегия нутритивной поддержки у больных была продолжена.

Примечательно, что калорическая ценность лечебного питания даже на 3-и сутки была меньше существующего в реальном времени расхода калорий у больных. Именно особенности состава используемого диabetического питания [33–35] оказывали прямое действие на величину RQ и сохранение липидов в качестве преобладающего энергетического субстрата [12–14]. В этой ситуации необходимо помнить и о том, что как чрезмерное, так и ограниченное питание содействует развитию осложнений [11, 22, 23, 26, 50]. Так как мониторинг расхода калорий фиксировал их достоверное уменьшение на фоне вводимого объема питания, было очевидно, что осуществляемая стратегия является правильной [12–14]. Только на 5-е сутки регистрировалось примерное равенство калорической ценности реализуемого питания и существующего расхода калорий. Поэтому актуальные рекомендации по питанию предусматривают постепенное увеличение калорийности рациона в течение первых 3–5 суток после поступления в отделение интенсивной тера-

пии [4, 6, 7, 9, 15, 16, 19–22]. Поскольку у больных отмечалось снижение выраженности недостаточности питания и увеличение содержания альбумина и трансферрина, реализуемая стратегия лечебного питания признана успешной.

В эти сроки у больных регистрировалось синхронное уменьшение супрессии гуморального иммунитета и восстановление качественного состава микробиоты кишечника, а также их значимая соотношенность, которая сохранялась и на 9-е сутки.

Уменьшение выраженности дисбиоза за счет восстановления пула бифидобактерий и лактобактерий [49, 73] предотвращало бактериальную транслокацию из кишечника и способствовало ослаблению системного воспаления [80], что подтверждалось регрессом его критериев и проявлений полиорганного синдрома. Имело большое значение и то, что восстановленная микробиота кишечника продуцировала индол-3-пропионовую кислоту, содействующую активации фагоцитоза и редукции воспалительного ответа [81].

Восстановление микрофлоры с помощью многокомпонентного метабиотического комплекса, содержащегося в составе лечебного питания [33–35, 49, 73], благоприятствовало деятельности иммунной системы [43–46], поскольку большинство клеток этой системы находится в слизистой оболочке кишечника, являющегося основным иммунным органом [79].

Учитывая благоприятную коррекцию гуморальной иммуносупрессии, а также увеличение абсолютного количества лимфоцитов, уменьшение выраженности воспаления и дисбиоза, опосредованно можно было предположить, что у больных также происходила позитивная реорганизация фагоцитоза, клеточного иммунитета и системы комплемента. Именно IgM, закрепляясь на мембранах лимфоцитов и макрофагов, способствовал распознаванию бактериальных антигенов в реакциях клеточного иммунитета. В свою очередь, IgG, опсонизируя поверхность патогенов, содействовал их распознаванию, поглощению и уничтожению фагоцитами [82]. Важным являлось и то, что, достигая своих максимальных значений, IgA содействовал усилению местного иммунитета слизистых оболочек дыхательных путей и кишечника вследствие пре-

дотвращения адгезии к ним микроорганизмов, без которой повреждение клеток становится невозможным. Это подтверждалось как редуцированием полиорганного синдрома, так и разрешением дисфункции легких и кишечника [82]. Достойно внимания было и зарегистрированное наличие ассоциации IgA с лактобактериями, которая свидетельствовала о роли дисбиоза кишечника и легких в поражении их слизистых оболочек, способствующем транслокации патогенной микрофлоры [82].

Более того, содержащийся в лечебном питании многокомпонентный метабиотический комплекс с β -глюканами [33–35, 49, 73], помимо коррекции гуморальной иммуносупрессии (возрастание количества иммуноглобулинов M, G и A) и дисбиоза (увеличение числа бифидобактерий и лактобактерий), содействовал максимальной утилизации в кишечнике вводимых макро- и микронутриентов вследствие улучшения его функций. Об этом свидетельствовали целенаправленное уменьшение расхода калорий и упорядочение показателей RQ. Принципиальным было и то, что используемое лечебное питание одновременно содействовало редукции метаболической и системной дисфункций.

Существенное редуцирование показателей НП у больных на 7-е сутки было связано с возрастанием уровней альбумина, трансферрина и количества лимфоцитов в крови на фоне реализуемого лечебного питания. Соотношенность НП с ее составляющими прямо подтверждала обнаруженная на 7-е и 9-е сутки связь НП с альбумином, а косвенно — ассоциация альбумина с трансферрином. Кроме того, идентифицированная на 9-е сутки связь альбумина с лактобактериями предполагала благоприятное влияние конкретного пула микробиоты кишечника на рационализацию белкового обмена.

Параллельно редуцированию НП регистрировался регресс метаболической дисфункции, подтверждающийся минимальным расходом калорий. Это доказывалось и показателями REE, имевшими в аналогичный момент также наименьшие значения. Примечательно, что с 6-х суток критерий RQ, находившийся в физиологическом диапазоне, указывал на рационализацию метаболизма макронутриентов, а именно на оптимальное соотношение

липидов и углеводов как донаторов энергии [12–14, 62] при осуществляемой стратегии питания, что также подтверждало ее правильность и соответствие потребностям данных больных [64]. Кроме того, выявленные корреляции между RQ и исходом делают возможным его потенциальное прогностическое использование у пациентов в критических состояниях [64, 65].

С учетом выраженной вариабельности расхода калорий у пациентов с сепсисом, а также других значимых факторов (в частности, проведения ИВЛ [27, 28, 66]) в эру персонализированной медицины необходимо проводить действенный мониторинг расхода калорий. Для адресного назначения лечебного питания — как с позиций его качественного и количественного состава, так и с позиций объема и скорости вводимой смеси — нужна объективная оценка метаболизма макронутриентов, поступающих в организм больного и используемых им для получения энергии [23–26, 28]. Это требуется не только для анализа вариабельности энергопотребности и типа метаболизма вводимых субстратов [54–58, 60, 61, 64, 65], а также оценки эффективности их утилизации, но и для подтверждения правильности выбора используемой питательной смеси. Такой подход необходим для действенного купирования недостаточности питания у больных с сепсисом с обязательным учетом его патогенетических вариантов [52, 53].

Именно обеспечение рациональной стратегии нутритивной поддержки больных в критических состояниях с учетом персональных особенностей патологического процесса представляет собой значимое направление интенсивной терапии, способствующее разрешению патологического процесса и снижению летальности [23–26, 28]. В настоящее время практически невозможно без использования метода непрямой калориметрии объективно судить о недостаточности или избыточности реализуемого лечебного питания у пациентов в критических состояниях [12–14].

Адресно ориентированное лечебное питание как по объему, так и по скорости введения у пациентов отделений реанимации возможно только на основании мониторингирования расхода калорий и RQ. Это обусловлено тем, что выбор целевой дозы белка, отражающей его реальную потребность у конкретного больного с определенной патологией, крайне сложен по причине отсутствия объективных методов ее прямой оценки [12–14, 54–58, 60, 61, 64, 65]. Поэтому мониторинг затрат энергии, как и определение RQ, служит ключевой информацией для адресной рационализации лечебного питания у пациентов в критических состояниях, особенно находящихся на ИВЛ [27, 28, 50, 51, 66]. На сегодняшний день имеются убедительные подтверждения того, что если при осуществлении лечебного питания оперировать данными затрат энергии и RQ, то исходы у больных значимо улучшаются [12–14, 54–58, 60, 61, 64, 65].

В этой связи трудно согласиться с мнением, что для пациентов, находящихся в критических состояниях в отделениях реанимации (в частности, с сепсисом), может точно и достоверно осуществляться определение расхода калорий согласно расчетным формулам [83]. Данные формулы могут использоваться только тогда, когда нет возможности применения метода непрямой калориметрии [13, 84]. На современном этапе развития медицины критических состояний метод непрямой калориметрии не имеет альтернативы по точности определения расхода калорий и информационной значимости, что небезосновательно позволяет считать его единственным стандартом для оценки энергопотребления у больных [12–14, 59].

Учитывая существование у больных с сепсисом системного воспаления, иммуносупрессии и интенсивного метаболизма, содействующих развитию недостаточности питания и дисбиоза, а также прогрессированию потери мышечной массы и митохондриальной недостаточности, необходимо использование ориентированного лечеб-

ного питания, содержащего в своем составе многокомпонентный метабиотический комплекс и β -глюканы. Такой подход позволяет не только устранять дефицит нутриентов и микробиоты кишечника, метаболическую и системную дисфункции, но и эффективно модулировать иммунный ответ [33–35, 49].

ВЫВОДЫ

У больных с сепсисом, находящихся на ИВЛ, оправдано осуществление метода непрямой калориметрии для мониторинга расхода калорий и RQ, определяющих адресность назначенного лечебного питания как с позиций его качественного и количественного состава, так и с позиций объема и скорости вводимой питательной смеси.

Мониторинг расхода калорий и RQ позволяет оценить метаболизм макронутриентов, поступающих в организм больного при реализации конкретного лечебного питания, которые используются им для получения энергии.

Анализ вариабельности расхода калорий и типа метаболизма вводимых питательных субстратов необходим для оценки эффективности их утилизации и подтверждения правильности выбора используемой питательной смеси.

Мониторинг затрат энергии и RQ служит ключевой информацией для адресной рационализации лечебного питания.

У пациентов с сепсисом целесообразно использование лечебного питания, содержащего в своем составе многокомпонентный метабиотический комплекс и β -глюканы, для устранения дефицита нутриентов и микробиоты кишечника, метаболической и системной дисфункций, а также для модуляции иммунного ответа.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wu C, Wang X, Yu W, Tian F, Liu S, Li P, et al. Hypermetabolism in the initial phase of intensive care is related to a poor outcome in severe sepsis patients. *Ann Nutr Metab.* 2015;66(4):188-195. DOI: 10.1159/000430848.
2. van Gassel RJJ, Baggerman MR, van de Poll MCG. Metabolic aspects of muscle wasting during critical illness. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2020; 23 (2): 96-101.
3. Chapple LS, Kouw IWK, Summers MJ, Weinel LM, Gluck S, Raith E, et al. Muscle protein synthesis after protein administration in critical

- illness. *Am J Respir Crit Care Med*. 2022;206(6):740-749. DOI: 10.1164/rccm.202112-2780OC.
4. Wischmeyer PE. Nutrition therapy in sepsis. *Crit Care Clin*. 2018; 34 (1): 107-25.
 5. Singer M. Critical illness and flat batteries. *Crit Care*. 2017; 21 (Suppl 3): 309.
 6. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr*. 2019;38(1):48-79. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
 7. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Calder PC, Casaer M, Hiesmayr M, et al. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr*. 2023;42(9):1671-1689. DOI: 10.1016/j.clnu.2023.07.011.
 8. Viana MV, Pantet O, Bagnoud G, Martinez A, Favre E, Charrière M, et al. Metabolic and nutritional characteristics of long-stay critically ill patients. *J Clin Med*. 2019;8(7):985. DOI: 10.3390/jcm8070985.
 9. Petrikov SS, Khubutia MSh, Popova TS, Sviridov SV, Shestopalov AE, Luft VM, et al. Parenteral and enteral nutrition: national guidelines. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media, 2023. 1168 p. ISBN 978-5-9704-7277-4. DOI 10.33029/9704-7277-4-PAR-2023-1-1168. Russian (Петриков С. С., Хубутя М. Ш., Попова Т. С., Свиридов С. В., Шестопалов А. Е., Луфт В. М. и др. Парентеральное и энтеральное питание : национальное руководство. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2023. 1168 с. ISBN 978-5-9704-7277-4. DOI 10.33029/9704-7277-4-PAR-2023-1-1168.)
 10. Moonen HPFX, van Zanten ARH. Mitochondrial dysfunction in critical illness during acute metabolic stress and convalescence: consequences for nutrition therapy. *Curr Opin Crit Care*. 2020; 74 (2): 265-270.
 11. Rosenthal M, Gabrielli A, Moore F. The evolution of nutritional support in long term ICU patients: from multisystem organ failure to persistent inflammation immunosuppression catabolism syndrome. *Minerva Anestesiol*. 2016; 82 (1): 84-96.
 12. Lakenman PLM, van der Hoven B, van Bommel J, Olieman JF, Joosten KFM. The usefulness of a new indirect calorimeter in critically ill adult patients. *Clin Nutr*. 2024;43(10):2267-2272. DOI: 10.1016/j.clnu.2024.07.048.
 13. Moonen HPFX, Beckers KJH, van Zanten ARH. Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations. *J intensive care*. 2021; 9 (8): 1467-1472.
 14. Ndahimana D, Kim EK. Energy requirements in critically ill patients. *Clin Nutr Res*. 2018; 7 (2):81-90.
 15. Singer P. Preserving the quality of life: nutrition in the ICU. *Crit Care*. 2019; 23 (1): 139.
 16. Nakamura K, Yamamoto R, Higashibepu N, Yoshida M, Tatsumi H, Shimizu Y, et al. The Japanese Critical Care Nutrition Guideline 2024. *J Intensive Care*. 2025;13(1):18. DOI: 10.1186/s40560-025-00785-z.
 17. Arvanitakis M, Ockenga J, Bezmarevic M, Gianotti L, Krznarić Ž, Lobo DN, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in acute and chronic pancreatitis. *Clin Nutr*. 2020;39(3):612-631. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.01.004.
 18. Preiser JC, Arabi YM, Berger MM, Casaer M, McClave S, Montejó-González JC, et al. A guide to enteral nutrition in intensive care units: 10 expert tips for the daily practice. *Crit Care*. 2021;25(1):424. DOI: 10.1186/s13054-021-03847-4.
 19. O'Keefe SJD, Graham T, Cote GA, Whitcomb DC, Evans A, Soni D. Early enteral feeding in severe acute pancreatitis: a randomized clinical trial between gastric vs distal jejunal feeding. *Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy*. 2023; 25 (4): 337-346.
 20. de Waele E, Malbrain MLNG, Spapen H. Nutrition in sepsis: a bench-to-bedside review. *Nutrients*. 2020; 12 (2): 395.
 21. Lambell KJ, Tatucu-Babet OA, Chapple LA, Gantner D, Ridley EJ. Nutrition therapy in critical illness: a review of the literature for clinicians. *Crit Care*. 2020;24(1):35. DOI: 10.1186/s13054-020-2739-4.
 22. Wischmeyer PE. Nutrition therapy in sepsis. *Crit Care Clin*. 2018; 34 (1): 107-125.
 23. Wischmeyer PE, Bear DE, Berger MM, De Waele E, Gunst J, McClave SA, et al. Personalized nutrition therapy in critical care: 10 expert recommendations. *Crit Care*. 2023;27(1):261. DOI: 10.1186/s13054-023-04539-x.
 24. Schuetz P, Fehr R, Baechli V, Geiser M, Deiss M, Gomes F, et al. Individualised nutritional support in medical inpatients at nutritional risk: a randomised clinical trial. *Lancet*. 2019;393(10188):2312-2321. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32776-4.
 25. Berger MM, Pichard C. Feeding should be individualized in the critically ill patients. *Curr Opin Crit Care*. 2019; 25 (4): 307-313.
 26. Mtaweh H, Soto Agüero MJ, Campbell M, Allard JP, Pencharz P, Pullenayegum E, et al. Systematic review of factors associated with energy expenditure in the critically ill. *Clin Nutr ESPEN*. 2019; 33:111-124. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.06.009.
 27. Chen YH, Hsiao HF, Hsu HW, Cho HY, Huang CC. Comparisons of metabolic load between adaptive support ventilation and pressure support ventilation in mechanically ventilated ICU patients. *Can Respir J*. 2020; 20: 2092879. DOI: 10.1155/2020/2092879.
 28. Gonzalez-Granda A, Schollenberger A, Haap M, Riessen R, Bischoff SC. Optimization of nutrition therapy with the use of calorimetry to determine and control energy needs in mechanically ventilated critically ill patients: the ONCA study, a randomized, prospective pilot study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2019; 43 (4): 481-489. DOI: 10.1002/jpen.1450.
 29. de Koning MLY, Koekkoek WACK, Kars JCNH. Association of PROtein and CALoric intake and clinical outcomes in adult SEPTic and non-septic ICU patients on prolonged mechanical ventilation: the PROCASEPT retrospective study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2020; 44(3):434-443. DOI: 10.1002/jpen.1663.
 30. Klementyev AV, Girsh AO, Stepanov SS, Mishchenko SV, Shchetina AV, Izmailova NA, et al. Duration of mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome with different nutritional strategies (Report 1). *Polytrauma*. 2025; (3):23-33. Russian (Клементьев А. В., Гирш А. О., Степанов С. С., Мищенко С. В., Щетина А. В., Измайлова Н. А. и др. Длительность искусственной вентиляции легких у больных с острым респираторным дистресс-синдромом при разнотипных стратегиях питания (Сообщение 1) // Политравма. 2025. № 3. С. 23-33.)
 31. Girsch AO, Mishchenko SV, Stepanov SS, Klementyev AV, Chernenko SV, Malyuk AI, et al. Evolution of glycemia and triglyceridemia in patients with acute respiratory distress syndrome with diverse nutritional therapy (Report 1). *Polytrauma*. 2023; (2): 16-28. Russian (Гирш А. О., Мищенко С. В., Степанов С. С., Клементьев А. В., Черненко С. В., Мalyuk А. И. и др. Эволюция гликемии и триглицеридемии у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом при разноплановой нутритивной терапии (Сообщение 1) // Политравма. 2023. № 2. С. 16-28.)
 32. Girsch AO, Mishchenko SV, Stepanov SS, Klementyev AV, Chernenko SV, Malyuk AI, et al. Evolution of glycemia and triglyceridemia in patients with acute respiratory distress syndrome on diverse nutritional therapy (Report 2). *Polytrauma*. 2023; (3):24-32. Russian (Гирш А. О., Мищенко С. В., Степанов С. С., Клементьев А. В., Черненко С. В., Мalyuk А. И. и др. Эволюция гликемии и триглицеридемии у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом на разнообразной нутритивной терапии (Сообщение 2) // Политравма. 2023. № 3. С. 24-32.)

- демии у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом при разноплановой нутритивной терапии (Сообщение 2) // Политравма. 2023. № 3. С. 24-32.)
33. Girsch AO, Malyuk AI, Shchetina AV, Izmailova NA, Bystritsky SL, Stepanov SS. Efficacy and safety rating of enteral nutriset mixture containing metabiotic complex and β -glucans when used in nutritional support program in patients with closed craniocerebral injury based on homeostasis parameter monitoring (Report 1). *Polytrauma*. 2024; (3):6-18. Russian (Гирш А. О., Малюк А. И., Щетина А. В., Измайлова Н. А., Быстрицкий С. Л., Степанов С. С. Рейтинг эффективности и безопасности энтеральной смеси нутризет, содержащей метабиотический комплекс и β -глюканы, при ее использовании в программе питательной поддержки у больных с закрытой черепно-мозговой травмой на основании мониторинга параметров гомеостаза (Сообщение 1) // Политравма. 2024. № 3. С. 6-18.)
 34. Girsch AO, Malyuk AI, Shchetina AV, Izmailova NA, Bystritsky SL, Stepanov SS. Efficacy and safety rating of enteral diabetic nutriset d mixture containing metabiotic complex and β -glucans when used in the nutritional support program in patients with sepsis based on monitoring of homeostasis parameters (Report 2). *Polytrauma*. 2024; (4):6-18. Russian (Гирш А. О., Малюк А. И., Щетина А. В., Измайлова Н. А., Быстрицкий С. Л., Степанов С. С. Рейтинг эффективности и безопасности энтеральной диабетической смеси нутризет д, содержащей метабиотический комплекс и β -глюканы, при ее использовании в программе питательной поддержки у больных с сепсисом на основании мониторинга параметров гомеостаза (сообщение 2) // Политравма. 2024. № 4. – С. 6-18.)
 35. Malyuk AI, Girsh AO, Stepanov SS. Assessment of the use of the innovative nutrient mixture Nutriset D in the nutritional support program in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emergency medical care. Journal named after N.V. Sklifosovsky*. 2025; (2): 370-377. Russian (Малюк А. И., Гирш А. О., Степанов С. С. Оценка использования инновационной питательной смеси Нутризет Д в программе нутритивной поддержки у больных с острым респираторным дистресс-синдромом // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. 2025. № 2. С. 370-377.)
 36. Allingstrup MJ, Kondrup J, Wiis J, Claudius C, Pedersen UG, Hein-Rasmussen R, et al. Early goal-directed nutrition versus standard of care in adult intensive care patients: the single-centre, randomised, outcome assessor-blinded EAT-ICU trial. *Intensive Care Med*. 2017;43(11):1637-1647. DOI: 10.1007/s00134-017-4880-3.
 37. Lambell KJ, Tatu-Babet OA, Chapple LA, Gantner D, Ridley EJ. Nutrition therapy in critical illness: a review of the literature for clinicians. *Crit Care*. 2020;24(1):35. DOI: 10.1186/s13054-020-2739-4.
 38. Zhang DW, Lu JL, Dong BY, Fang MY, Xiong X, Qin XJ, et al. Gut microbiota and its metabolic products in acute respiratory distress syndrome. *Front Immunol*. 2024;15:1330021. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1330021.
 39. Liu Y, Guo Y, Hu S, Wang Y, Zhang L, Yu L, et al. Analysis of the dynamic changes in gut microbiota in patients with different severity in sepsis. *BMC Infect Dis*. 2023;23(1):614. DOI: 10.1186/s12879-023-08608-y.
 40. Tourelle KM, Boutin S, Weigand MA, Schmitt FCF. Sepsis and the human microbiome. Just another kind of organ failure? A review. *J Clin Med*. 2021;10(21):4831. DOI: 10.3390/jcm10214831.
 41. Berbers RM, Paganelli FL, van Montfrans JM, Ellerbroek PM, Viveen MC, Rogers MRC, et al. Gut microbial dysbiosis, IgA, and Enterococcus in common variable immunodeficiency with immune dysregulation. *Microbiome*. 2025;13(1):12. DOI: 10.1186/s40168-024-01982-y.
 42. Skopovets EY, Belevtsev MV. Changes in the gut microbiome in primary immunodeficiencies: a review of current data. *Laboratory diagnostics. Eastern Europe*. 2022; 11(3): 349-362. Russian (Скоповец Е. Я., Белевцев М. В. Изменения микробиома кишечника при первичных иммунодефицитах: обзор современных данных // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2022. Т.11, № 3. С. 349-362.)
 43. Gao H, Nepovimova E, Adam V, Heger Z, Valko M, Wu Q, et al. Age-associated changes in innate and adaptive immunity: role of the gut microbiota. *Front Immunol*. 2024; 15:1421062. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1421062.
 44. Sekino N, Selim M, Shehadah A. Sepsis-associated brain injury: underlying mechanisms and potential therapeutic strategies for acute and long-term cognitive impairments. *J. Neuroinflammation*. 2022; 19: 101.
 45. Guo X, Huang C, Xu J, Xu H, Liu L, Zhao H, et al. Gut microbiota is a potential biomarker in inflammatory bowel disease. *Front Nutr*. 2022; 8:818902. DOI: 10.3389/fnut.2021.818902.
 46. Evans T, Ali U, Anderton R, Raby E, Manning L, Litton E. Lower gut dysbiosis and mortality in acute critical illness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med Exp*. 2023;11(1):6. DOI: 10.1186/s40635-022-00486-z.
 47. Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EMM, et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2021;18(9):649-667. DOI: 10.1038/s41575-021-00440-6.
 48. Vinderola G, Sanders ME, Salminen S. The concept of postbiotics. *Foods*. 2022; 11 (8): 1077.
 49. Eselevich RV, Surov DA, Gerasimov DG, Balyura OV, Rumyantsev VN, Mongush SM, et al. Comparative evaluation of metabiotic formulations and their indications for use in patients in acute and chronic critical conditions. *Polytrauma*. 2024; (4):75-84. Russian (Еселевич Р. В., Суров Д. А., Герасимов Д. Г., Балюра О. В., Румянцев В. Н., Монгуш С. М. и др. Сравнительная оценка составов метабиотиков и их показаний к применению у пациентов в острых и хронических критических состояниях // Политравма. 2024. № 4. С. 75-84.)
 50. Tatu-Babet OA, Ridley EJ, Tierney AC. Prevalence of underprescription or overprescription of energy needs in critically ill mechanically ventilated adults as determined by indirect calorimetry: a systematic literature review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2016; 40 (2): 212-225.
 51. Girsch AO, Mishchenko SV, Stepanov SS, Klementyev AV, Leiderman IN, Stukanov MM, et al. Correlation of multiple organ dysfunction syndromes and hypermetabolism in patients with acute respiratory distress syndrome of varying severity with the implementation of diverse nutritional support. *Polytrauma*. 2022; (3):6-15. Russian (Гирш А. О., Мищенко С. В., Степанов С. С., Кlementьев А. В., Leiderman И. Н., Стуканов М. М. и др. Соотнесенность синдромов полиорганной недостаточности и гиперметаболизма у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом различной степени тяжести при реализации разноплановой питательной поддержки // Политравма. 2022. № 3. С. 6-15.)
 52. Girsch AO, Mishchenko SV, Stepanov SS, Klementyev A.V. Nutritional failure variability in patients with acute respiratory distress syndrome of varying severity (Report 1). *Polytrauma*. 2022; (4):6-14. Russian (Гирш А. О., Мищенко С. В., Степанов С. С., Кlementьев А. В. Вариабельность питательной недостаточности у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом различной степени тяжести (Сообщение 1) // Политравма. 2022. № 4. С. 6-14.)

53. Girsch AO, Mishchenko SV, Stepanov SS, Klementyev AV, Chernenko SV. Nutritional failure variability in patients with acute respiratory distress syndrome of varying severity (Report 2). *Polytrauma*. 2023; (1):17-24. Russian (Гирш А. О., Мищенко С. В., Степанов С. С., Клементьев А. В., Черненко С. В. Вариабельность питательной недостаточности у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом различной степени тяжести (Сообщение 2) // Политравма. 2023. № 1. С. 17-24.)
54. Delsoglio M, Achamrah N, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry in clinical practice. *J Clin Med*. 2019;8(9):1387. DOI: 10.3390/jcm8091387.
55. Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry: the 6 main issues. *Clin Nutr*. 2021; 40(1):4-14. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.06.024.
56. Koekkoek WAC, Xiaochen G, van Zanten ARH. Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO(2) derived method in critically ill patients: the DREAM-VCO(2) prospective comparative study. *Clin Nutr ESPEN*. 2020; 39: 137-143.
57. Tatu-Babet OA, Fetterplace K, Lambell K, Miller E, Deane AM, Ridley EJ. Is energy delivery guided by indirect calorimetry associated with improved clinical outcomes in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Insights*. 2020; 13: 1178638820903295. DOI: 10.1177/1178638820903295.
58. Singer P, De Waele E, Sanchez C, Ruiz Santana S, Montejo JC, Laterre PF, et al. CN03: TICACOS international: a multi-center, randomized, prospective controlled study comparing tight calorie control versus liberal calorie administration study. *Clin Nutr*. 2020; 38: 32.
59. Girsch AO, Maksimishin SV. Diagnostic content of nutritional status data in patients with acute respiratory distress syndrome during nutritional support. *Polytrauma*. 2019; (2):11-18. Russian (Гирш А. О., Максимышин С. В. Диагностическая содержательность данных нутритивного статуса у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом при проведении питательной поддержки // Политравма. 2019. № 2. С. 11-18.)
60. De WE, Honore PM, Malbrain MLNG. Does the use of indirect calorimetry affect treatment outcomes in the ICU? Yes, affects. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018; 21(2): 126-129.
61. Rattanachaiwong S, Singer P. Indirect calorimetry as point of care testing. *Clin Nutr*. 2019; 38 (6): P. 2531-2544.
62. Li A, Mukhopadhyay A. Substrate utilization and energy expenditure pattern in sepsis by indirect calorimetry. *Crit Care*. 2020; 24 (1): 535.
63. Patkova A, Joskova V, Havel E, Najpaveroва S, Uramova D, Kovarik M, et al. Prognostic value of respiratory quotients in severe polytrauma patients with nutritional support. *Nutrition*. 2018; 49:90-95. DOI: 10.1016/j.nut.2017.10.013.
64. Tah PC, Lee ZY, Poh BK, Abdul Majid H, Hakumat-Rai VR, Mat Nor MB, et al. A single-center prospective observational study comparing resting energy expenditure in different phases of critical illness: indirect calorimetry versus predictive equations. *Crit Care Med*. 2020; 48 (5): 380-390.
65. Vasileiou G, Qian S, Iyengar R, Mulder MB, Gass LM, Parks J, et al. Use of predictive equations for energy prescription results in inaccurate estimation in trauma patients. *Nutr Clin Pract*. 2019; 27 (7): 1295-1302.
66. Chen YH, Hsiao HF, Hsu HW, Cho HY, Huang CC. Comparisons of metabolic load between adaptive support ventilation and pressure support ventilation in mechanically ventilated ICU patients. *Can Respir J*. 2020; 20: 2092879. DOI: 10.1155/2020/2092879.
67. Moore FA, Phillips SM, McClain CJ, Patel JJ, Martindale RG. Nutrition support for persistent inflammation, immunosuppression, and catabolism syndrome. *Nutr Clin Pract*. 2017; 32(1_suppl):121S-127S. DOI: 10.1177/0884533616687502.
68. Kirov MY, Kuzkov VV, Protsenko DN, Shchegolev AV, Babaev MA, Belotserkovsky BZ, et al. Septic shock in adults: clinical recommendations of the All-Russian public organization "Federation of Anesthesiologists and Resuscitators" *Bulletin of Intensive Care named after A.I. Saltanov*. 2023;(4):7-42. Russian (Киров М. Ю., Кузьков В. В., Проценко Д. Н., Щеголев А. В., Бабаев М. А., Белоцерковский Б. З. и др. Септический шок у взрослых: клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2023. № 4. С. 7-42.)
69. Yaroshetsky AI, Gritsan AI, Avdeev SN, Vlasenko AV, Eremenko AA, Zabolotsky IB, et al. Diagnosis and intensive care of acute respiratory distress syndrome. Clinical guidelines of the All-Russian public organization Federation of Anesthesiologists and Resuscitators. 2023. Electronic document: <http://far.org.ru/recommendation>. Russian (Ярошецкий А. И., Грицан А. И., Авдеев С. Н., Власенко А. В., Еременко А. А., Заболотских И. Б., и др. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации Федерация анестезиологов и реаниматологов. 2023. Электронный документ: <http://far.org.ru/recommendation>).
70. Carvalho EB, Leite TRS, Sacramento RFM, Nascimento PRLD, Samary CDS, Rocco PRM, et al. Rationale and limitations of the SpO₂/FiO₂ as a possible substitute for PaO₂/FiO₂ in different preclinical and clinical scenarios. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2022;34(1):185-196. DOI: 10.5935/0103-507X.20220013-pt.
71. Wick KD, Matthay MA, Ware LB. Pulse oximetry for the diagnosis and management of acute respiratory distress syndrome. *Lancet Respir Med*. 2022; 10 (11): 1086-1098.
72. Singh RK, Saran S, Baronia AK. The practice of tracheostomy decannulation-a systematic review. *J. intensive care*. 2017; 5: 38.
73. Eselevich RV, Balyura OV, Melnikova EV, Zotov KYu, Mongush S. MO, Surov DA. Modern approaches to the diagnosis and correction of intestinal dysbiosis in order to prevent surgical complications. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2025; 27(3): 397-406. Russian (Еселевич Р. В., Балюра О. В., Мельникова Е. В., Зотов К. Ю., Монгуш С. М. О., Суров Д. А. Современные подходы к диагностике и коррекции дисбиоза кишечника с целью профилактики хирургических осложнений // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2025. Т.27, № 3. С. 397-406.)
74. Еселевич Р. В., Балюра О. В., Мельникова Е. В., Зотов К. Ю., Монгуш С. М. О., Суров Д. А.
75. Human microbiome : techniques, strategies, and therapeutic potential /edited by Mohsin Khurshid, Muhammad Sajid Hamid Akash. Springer Nature Singapore, 2024. 712 p. ISBN: 9789819737901.
76. Borovikov VP. Popular introduction to modern data analysis in the STATISTICS system. Moscow: Hotline - Telecom, 2013. 288 p. Russian (Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. Москва.: Горячая линия - Телеком, 2013. 288 с.)
77. Beloborodova NV. Microbiota metabolism under critical conditions (review and postulates). *General resuscitation*. 2019; 15 (6): 62-79. Russian (Белобородова Н. В. Метаболизм микробиоты при критических состояниях (обзор и постулаты) // Общая реаниматология. 2019. Т. 15, № 6. С. 62-79.)
78. Beloborodova NV, Moroz VV, Bedova AY, Osipov AA, Sarshor YuN, Chernevskaya EA. Participation of aromatic microbial metabolites in

- the development of severe infection and sepsis. *Anesthesiology and resuscitation*. 2016; 61(3):202–208. Russian (Белобородова Н. В., Мороз В. В., Бедова А. Ю., Осипов А. А., Саршор Ю. Н., Черневская Е. А. Участие ароматических микробных метаболитов в развитии тяжелой инфекции и сепсиса // Анестезиология и реаниматология. 2016. Т.61, № 3. С. 202–208.)
79. Beloborodova NV, Ostrov IV. Sepsis-associated encephalopathy (review). *General resuscitation*. 2017;13(5):121–139. Russian (Белобородова Н. В., Острова И. В. Сепсис-ассоциированная энцефалопатия (обзор) // *Общая реаниматология*. 2017. Т. 13, № 5. С. 121–139.)
 80. Wang Y, Li Y, Li N, Li Y, Li H, Zhang D. Protective nutrition strategy in the acute phase of critical illness: why, what and how to protect. *Front Nutr*. 2025;12:1555311. DOI: 10.3389/fnut.2025.1555311.
 81. Agudelo-Ochoa GM, Valdés-Duque BE, Giraldo-Giraldo NA, Jaillier-Ramírez AM, Giraldo-Villa A, Acevedo-Castaño I, et al. Gut microbiota profiles in critically ill patients, potential biomarkers and risk variables for sepsis. *Gut Microbes*. 2020;12(1):1707610. DOI: 10.1080/19490976.2019.1707610.
 82. Huang ZB, Hu Z, Lu CX, Luo SD, Chen Y, Zhou ZP, et al. Gut microbiota-derived indole 3-propionic acid partially activates aryl hydrocarbon receptor to promote macrophage phagocytosis and attenuate septic injury. *Front Cell Infect Microbiol*. 2022;12:1015386. DOI: 10.3389/fcimb.2022.1015386.
 83. Allergology and immunology : National Guide /edited by RM. Khatov, NI. Ilyina. Moscow: GEOTAR-Media. 2009. 656 p. Russian (Аллергология и иммунология : национальное руководство / под редакцией Р. М. Хаитова, И. Ильиной. Москва : ГЭОТАР-Медиа. 2009. 656 с.)
 84. Zhukov AV, Gritsan AI, Belyaev KYu, Belyaeva IP. Comparative analysis of methods for assessing the energy demand of patients with pancreatogenic sepsis. *Anesthesiology and resuscitation*. 2025; (3): 26–33. Russian (Жуков А. В., Грицан А. И., Беляев К. Ю., Беляева И. П. Сравнительный анализ методов оценки энергетической потребности пациентов с панкреатогенным сепсисом // Анестезиология и реаниматология. 2025. № 3. С. 26–33.)
 85. Kansaov NZ, Leiderman IN, Marichev AO. Assessment of the real energy demand in patients on extracorporeal membrane oxygenation: comparison of the modified indirect calorimetry method with traditional approaches. *Anesthesiology and resuscitation*. 2025; (4): 6–12. Russian (Каншаов Н. З., Лейдерман И. Н., Маричев А. О. Оценка реальной энергетической потребности у пациентов на экстракорпоральной мембранной оксигенации: сравнение модифицированного метода непрямой калориметрии с традиционными подходами // *Анестезиология и реаниматология*. 2025. № 4. С. 6–12.)

Сведения об авторах:

Гирш Андрей Оттович (автор для переписки) — д.м.н., профессор, профессор кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099. E-mail: agirsh@mail.ru

Щетина Александр Владимирович — заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии № 2 БУЗОО ГКБ № 1 имени Кабанова А.Н., г. Омск, Россия; ул. Перелёта, д. 7, г. Омск, Россия, 644092.

Измайлова Наталья Александровна — заведующая отделением реанимации и интенсивной терапии № 1 БУЗОО ГКБ № 1 имени Кабанова А.Н.; ул. Перелёта, д. 7, г. Омск, Россия, 644092.

Фролов Евгений Александрович — заведующий отделением анестезиологии БУЗОО ГКБ № 1 имени Кабанова А.Н.; ул. Перелёта, д. 7, г. Омск, Россия, 644092.

Степанов Сергей Степанович — д.м.н., профессор кафедры гистологии и цитологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099.

Клементьев Алексей Владимирович — к.м.н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099.

Черненко Сергей Владимирович — к.м.н., доцент, заведующий кафедрой общей хирургии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099.

Суздальцев Андрей Муратович — к.м.н., доцент кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099; заведующий отделением торакальной хирургии БУЗОО ГКБ № 1 имени Кабанова А.Н.; ул. Перелёта, д. 7, г. Омск, Россия, 644092.

Статья поступила в редакцию 24.11.2025

Рецензирование пройдено 18.12.2025

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Girsh Andrey Ottovich (author for correspondence) — MD, PhD, professor, professor of general surgery department, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099. E-mail: agirsh@mail.ru

Shchetina Aleksandr Vladimirovich — chief of intensive care unit No. 2, City Clinical Hospital No. 1 n.a. Kabanov A.N., Omsk, Russia; Pereleta st., 7, Omsk, Russia, 644092.

Izmaylova Natalya Aleksandrovna — chief of intensive care unit No. 1, City Clinical Hospital No. 1 n.a. Kabanov A.N.; Pereleta st., 7, Omsk, Russia, 644092.

Frolov Yevgeny Aleksandrovich — chief of anesthesiology unit, City Clinical Hospital No. 1 n.a. Kabanov A.N.; Pereleta st., 7, Omsk, Russia, 644092.

Stepanov Sergey Stepanovich — MD, PhD, professor of department of histology and cytology, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099.

KlementyevAleksy Vladimirovich — candidate of medical sciences, associate professor of department of anesthesiology and critical care medicine, Omsk State Medical University; Omsk, Russia, 644099.

Chernenko Sergey Vladimirovich — candidate of medical sciences, associate professor, chief of general surgery department, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099.

Suzdaltsev Andrey Muratovich — candidate of medical sciences, associate professor of general surgery department, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099; chief of thoracic surgery unit, City Clinical Hospital No. 1 n.a. Kabanov A.N.; Pereleta st., 7, Omsk, Russia, 644092.

Received 24.11.2025

Review completed 18.12.2025

Passed for printing 30.05.2026

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ДИСБИОЗА КИШЕЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ С ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ КОЛОСТОМОЙ ПОСЛЕ ПЕЛЬВИОАБДОМИНАЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РЕКОНСТРУКТИВНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

PREDICTION MODELS OF THE SEVERITY OF INTESTINAL DYSBIOSIS IN PATIENTS WITH FUNCTIONING COLOSTOMY AFTER PELVIOABDOMINAL WOUNDS BEFORE PERFORMING RECONSTRUCTIVE SURGICAL TREATMENT

Еселевич Р.В. Eselevich R.V.
Балюра О.В. Balyura O.V.
Гирш А.О. Girsh A.O.
Степанов С.С. Stepanov S.S.
Мельникова Е.В. Melnikova E.V.
Монгуш С.М. Levkovskiy S.S.
Левковский С.С. Mongush S.M.
Суров Д.А. Surov D.A.

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
имени С.М. Кирова» Минобороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия,
ФГБОУ ВО «Омский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
г. Омск, Россия

Kirov Military Medical Academy,
St. Petersburg, Russia,
Omsk State Medical University,
Omsk, Russia

Цель исследования — определить прогностическое влияние вариаций статистически значимых микробиологических предикторов дисбиоза кишечника на степень его тяжести и исходы предстоящего реконструктивно-восстановительного оперативного лечения у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений, а также на основе регрессионного анализа обосновать тактику направленной коррекции микробиома.

Материалы и методы. Проведено проспективное когортное клиническое исследование с участием 35 пациентов (средний возраст — 38 (30; 44) лет) с функционирующей колостомой, поступивших в плановом режиме после стандартного предоперационного обследования в период с июля по ноябрь 2025 г. для реконструктивно-восстановительного оперативного лечения. Биологический материал (кишечное отделяемое из колостомы), собранный в стерильную емкость, доставлялся в бактериоло-

Objective — to determine the prognostic impact of variations in statistically significant microbiological predictors of intestinal dysbiosis on the severity of dysbiosis and the outcomes of upcoming reconstructive surgical treatment in patients with a functioning colostomy after pelvic-abdominal injuries, and to substantiate the tactics of targeted, favorable reformation of the microbiome based on regression analysis.

Materials and methods. A prospective cohort clinical study was conducted in 35 patients (average age — 38 (30; 44) years) with a functioning colostomy, admitted as planned, after a standard preoperative examination, from July to November 2025 for reconstructive surgical treatment. Biological material (intestinal discharge from the colostomy) collected in a sterile container was delivered to the bacteriological laboratory within two hours after sampling. The samples were exam-

Для цитирования: Еселевич Р.В., Балюра О.В., Гирш А.О., Степанов С.С., Мельникова Е.В., Монгуш С.М., Левковский С.С., Суров Д.А. МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ДИСБИОЗА КИШЕЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ С ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ КОЛОСТОМОЙ ПОСЛЕ ПЕЛЬВИОАБДОМИНАЛЬНЫХ РАНЕНИЙ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РЕКОНСТРУКТИВНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 30-42.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/687>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-30-42

гическую лабораторию в течение двух часов после забора. Исследование образцов проводилось культуральным методом. Определяли следующие составляющие микробиома: *Klebsiella spp.*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* и *Candida albicans* ($\log_{10}$ КОЕ/г). Осуществляли комплекс методов регрессионного статистического анализа.

Результаты. Увеличение содержания в микробиоте *Candida albicans* и *Klebsiella spp.*, а также уменьшение концентрации бифидо- и лактобактерий повышало риск развития тяжелого дисбиоза. Высокое качество и точность прогноза подтверждались информационной значимостью статистического моделирования: для бинарной модели площадь под ROC-кривой составила $AUC = 0,89$, по мультиномиальной — $McFadden's R^2 = 0,52$. Согласно бинарной модели, увеличение содержания в микробиоте *Klebsiella spp.* $\geq 10^6$ КОЕ/г повышает риск развития тяжелого дисбиоза в 8,2 раза, а грибов *Candida albicans* $\geq 10^4$ КОЕ/г — в 4,3 раза. Примечательно, что синергизм *Klebsiella spp.* ($\geq 10^6$ КОЕ/г) и грибов *Candida albicans* ($\geq 10^4$ КОЕ/г) содействует 14-кратному повышению риска развития дисбиоза 3–4-й степени ($OR = 14,1$, 95% CI: 3,5–56,8, $p < 0,001$). Снижение в микробиоме бифидобактерий $< 10^8$ КОЕ/г ассоциировано с увеличением риска дисбиоза 3–4-й степени в 6,5 раза. Мультиномиальный анализ выявил, что 10-кратное увеличение концентрации *Klebsiella spp.* в микробиоме и рост содержания в нем грибов *Candida albicans* ($\geq 10^4$ КОЕ/г) увеличивают вероятность прогрессирования тяжести дисбиоза. Уменьшение в микробиоте концентрации лактобактерий ($< 10^6$ КОЕ/г) ассоциировано с более тяжелой степенью дисбиоза, а 10-кратное снижение содержания бифидобактерий увеличивает вероятность тяжелого дисбиоза.

Выводы. Применение комбинации классических (бинарная логистика) и современных (порядковая регрессия) методов регрессионного анализа позволило определить влияние рисков на тяжесть дисбиоза у пациентов с функционирующей колостомой, после пельвиоабдоминальных ранений. Высокие значения $AUC (0,89)$ и $McFadden's R^2 (0,52)$ свидетельствуют о том, что выбранные микробиологические параметры являются мощными предикторами состояния микробиоты, а их эффекты (особенно синергизм *Klebsiella spp.* и *Candida albicans*) статистически значимы и клинически весомы. Снижение в микробиоме концентрации бифидо- и лактобактерий, параллельно увеличению *Klebsiella spp.* и *Candida albicans* не только повышает риск развития дисбиоза кишечника и усиливает степень его тяжести, но и увеличивает вероятность возникновения тяжелого дисбактериоза. Смешанная этиология дисбиоза (*Klebsiella spp.* и *Candida albicans*) кишечника является наиболее неблагоприятной в отношении как развития его тяжелой степени, так и рисков возникновения осложнений. Улучшение исходов предстоящего реконструктивно-восстановительного оперативного лечения у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений может осуществляться только при нивелировании дисбиоза кишечника. Лечение дисбиоза у таких пациентов необходимо реализовывать с учетом его существующих особенностей с помощью многокомпонентного метабиотика имеющего в составе структурные и клеточные компоненты, а также внутриклеточное содержимое не только бифидобактерий и лактобактерий, но и непатогенных бактерий (в частности термофильный стрептококк) в сочетании с органическими и короткоцепочными жирными кислотами, пептидами и β -глюканами.

Ключевые слова: дисбиоз; функционирующая колостома; регрессионный анализ

ined by the culture method. The following microbiome constituents were determined: *Klebsiella spp.*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* and *Candida albicans* ($\log_{10}$ cfu/g). A set of regression statistical analysis methods was performed.

Results. An increase in the microbiota of *Candida albicans* and *Klebsiella spp.*, as well as a decrease in the concentration of bifidobacteria and lactobacilli, increased the risk of severe dysbiosis. Compliance with the forecast was confirmed by the significant informational significance of the performed statistical modeling using a binary model ($AUC = 0.89$) and a multinomial model ($McFadden's R^2 = 0.52$). A binary prediction model of intestinal dysbiosis showed that an increase in the content of *Klebsiella spp.* $\geq 10^6$ cfu/g in the microbiota increased the risk of severe dysbiosis by 8.2 times, and *Candida albicans* $\geq 10^4$ cfu/g by 4.3 times. Significantly, the synergism of *Klebsiella spp.* ($\geq 10^6$ cfu/g) and *Candida albicans fungi* ($\geq 10^4$ cfu/g) contribute to a 14-fold increase risk of grade 3-4 dysbiosis ($OR = 14.1$, 95% CI 3.5-56.8, $p < 0.001$). A decrease in the microbiome of bifidobacteria $< 10^8$ cfu/g increased the risk of grade 3-4 dysbiosis by 6.5 times. A multinomial prediction model of intestinal dysbiosis revealed a 10-fold increase in *Klebsiella spp.* in the microbiome increases the likelihood of developing more severe dysbiosis, and an increase in *Candida albicans fungi* ($\geq 10^4$ cfu/g) increases the likelihood of progression of dysbiosis. A decrease in the microbiota concentration of lactobacilli ($< 10^6$ cfu/g) is associated with a more severe degree of dysbiosis, and a 10-fold decrease in the content of bifidobacteria increases the likelihood of severe dysbiosis.

Conclusion. Combination of classical (binary logistics) and modern (ordinal regression) regression analysis methods made it possible to determine the impact of risks on the severity of dysbiosis in patients with a functioning colostomy, after pelvioabdominal wounds. High AUC values (0.89) and $McFadden's R^2$ (0.52) suggest that the microbiological parameters chosen are powerful predictors of microbiota status and their effects (especially *Klebsiella spp.* and *Candida albicans*) are statistically significant and clinically weighty. Decrease in microbiome concentration of bifidobacteria and lactobacteria, parallel to increase in *Klebsiella spp.* and *Candida albicans* not only increases the risk of developing intestinal dysbiosis, as well as increasing its severity, but also increases the likelihood of severe dysbiosis. Mixed etiology of dysbiosis (*Klebsiella spp.* and *Candida albicans*) of the intestine is the most unfavorable with regard to both the development of its severe degree and the risks of complications.

Improving the outcomes of the upcoming reconstructive surgical treatment in patients with a functioning colostomy, after pelvioabdominal wounds, can be carried out only when leveling intestinal dysbiosis. Treatment of intestinal dysbiosis in patients with a functioning colostomy, after pelvioabdominal wounds, should be implemented taking into account its existing features using a multicomponent metabiotic containing structural and cellular components, as well as the intracellular contents of not only bifidobacteria and lactobacteria, but also non-pathogenic bacteria (in particular, thermophilic streptococcus) in combination with organic and short chain fatty acids, peptides and β -glucans.

Keywords: dysbiosis; functioning colostomy; regression analysis

За последние годы появилось немало сообщений, доказательных свидетельствующих о значимом влиянии микробиоты кишечника на послеоперационные исходы у пациентов с функционирующей колостомой, которым было осуществлено реконструктивно-восстановительное

хирургическое лечение [1–8]. Данное обстоятельство объясняется тем, что у больных с функционирующей колостомой, вне зависимости от ее этиологии, существует дисбиоз кишечника различной степени тяжести, который содействует значимым негативным изменениям его микробиома [1]. Поэ-

тому детальное исследование микробиома кишечника как в качественном, так и в количественном соотношении в предоперационном периоде для выявления ведущих микробиотических предикторов и прогнозирование их влияния на выраженность дисбиоза позволит определить обоснованную и

персонализированную стратегию его коррекции для снижения частоты неблагоприятных послеоперационных исходов [9].

Реализация целенаправленного и эффективного лечебного воздействия в отношении коррекции микробиоты кишечника для улучшения послеоперационных исходов должна осуществляться непосредственно в предоперационном периоде с помощью современных метабиотических препаратов [1, 10]. Причина в том, что метабиотики, по сравнению с пробиотиками, не только не являются антагонистами собственной флоры человека, но и, действуя физиологично и оперативно, создают максимально комфортные условия для оптимального взаимодействия эпителия кишечника с его микробиомом, в результате чего эффективно купируется дисбиоз [11, 12]. Кроме того, применение метабиотиков целесообразно для профилактики колонизации и лечения инфекций, обусловленных резистентными к антибиотикам микроорганизмами [13–25]. Это содействует не только уменьшению выраженности дисбиоза кишечника, но и улучшению исходов хирургического лечения и сокращению периода восстановления [2–8].

Поэтому определение ключевых предикторов дисбиоза кишечника у больных с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений перед выполнением реконструктивно-восстановительного оперативного лечения позволит создать модели прогнозирования степени его тяжести [26, 27]. Данная категория пациентов представляет собой группу повышенного риска развития указанной патологии, обусловленной множеством факторов [1]. Основными триггерами дисбиоза в данном случае выступают длительная, многократная и разнородная антибиотикотерапия, а также само оперативное вмешательство по формированию колостомы [1].

Несомненно, что назначение антибиотиков оправдано как для лечения острых бактериальных инфекций, так и для их профилактики [13, 28, 29]. В то же время избыточное или некорректное применение антимикробных препаратов может способствовать селекции резистентных микроорганизмов и развитию дисбиоза кишечника [30–33]. Это особенно актуально при исходно существующем дефиците или

избытке определенных бактерий, создающих благоприятные условия для активации условно-патогенной флоры. Данный процесс приводит к прогрессированию патологической проницаемости слизистой оболочки кишки и усугублению дисбиотических нарушений [13]. Поэтому клинические проявления, ассоциированные с ростом условно-патогенной флоры, тесно сопряжены с дисбиозом кишечника, обусловленным в том числе применением антибиотиков, особенно у пациентов группы повышенного риска [1, 34, 35].

Сегодня общепризнано, что наиболее опасны в отношении устойчивости к антибиотикам такие условные патогены как *Klebsiella*, *Escherichia coli* и *Enterobacter* [13]. Кроме того, назначение антибактериальной терапии в послеоперационном периоде способствует дальнейшему ухудшению качественного и количественного состава кишечной микробиоты. Это приводит к еще большему превалированию условно-патогенных бактерий над другими представителями микробиома и негативно изменяет его метаболический профиль, что оказывает дестабилизирующее действие на макроорганизм [18, 19, 22, 36, 37].

Важно и то, что после формирования колостомы в отключенном (дистальном) отделе толстой кишки всегда развивается диверсионный колит. Он не только усугубляет степень дисбиоза за счет воспалительного процесса [38–40], но и создает серьезную угрозу несостоятельности анастомоза в послеоперационном периоде [41]. Кроме того, наличие колостомы существенно изменяет анатомическое строение и физиологические функции кишечника. Это негативно влияет на состав и функциональную активность микробиоты, что отягощает течение послеоперационного периода и снижает качество жизни пациентов [1]. После выполнения реконструктивно-восстановительной операции и закрытия колостомы у больных сохраняется дисбиоз кишечника, обусловленный дисбалансом между резидентной и патогенной флорой [38–40]. Это связано с тем, что микробиота толстой кишки не только является самой многочисленной и разнообразной, но и выполняет ключевые метаболические и иммунорегуляторные функции в макроорганизме [42]. Поэтому дисбиоз у хирургических больных с функционирующей

щей колостомой, которым предстоит восстановительное лечение, значимо влияет на ранние и поздние исходы вмешательства, реабилитацию и качество жизни [1, 41, 43, 44].

На основании изложенного **целью настоящего исследования** заключалась в определении прогностического влияния вариаций статистически значимых микробиологических предикторов дисбиоза кишечника на степень его тяжести и исходы предстоящего реконструктивно-восстановительного оперативного лечения у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений, а также в обосновании на основе регрессионного анализа тактики направленной коррекции микробиома.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное когортное клиническое исследование с участием 35 пациентов мужского пола в возрасте 38 (30; 44) лет с функционирующей колостомой, сформированной в рамках тактики контроля повреждений (damage control) по поводу осколочных ранений живота и таза. Пациенты поступали в плановом порядке в период с июля по ноябрь 2025 г. для выполнения реконструктивно-восстановительного оперативного лечения после прохождения стандартного предоперационного обследования.

Критериями включения в исследование являлись: наличие в анамнезе осколочного ранения живота и/или таза с повреждением ободочной кишки, потребовавшим формирования диверсионной колостомы ее левой половины в рамках тактики многоэтапного хирургического лечения; отсутствие данных о приеме пробиотиков и метабиотиков после выведения стомы. В исследование не включались пациенты с тонкокишечными стомами, а также с колостомами правой половины толстой кишки (цеко-, асцендо-, трансверзостомами).

При поступлении в хирургическое отделение у каждого пациента производили забор кишечного отделяемого для последующего исследования на дисбактериоз и определения степени его тяжести с целью стратификации на четыре группы (табл. 1 и 2). Однако, поскольку между 1-й и 2-й, а также между 3-й и 4-й степенями тяжести дисбиоза не было выявлено статистически значимых различий, для увеличения

Таблица 1

Классификация и критерии степеней тяжести дисбиоза кишечника (на основании приказа Минздрава России № 231 от 9 июня 2003 г. Об утверждении отраслевого стандарта «Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника»)

Table 1

Classification and severity criteria for intestinal dysbiosis (based on Order No. 231 of the Russian Ministry of Health dated June 9, 2003, On Approval of the Industry Standard "Patient Management Protocol. Intestinal Dysbiosis")

Степени тяжести дисбиоза кишечника Severity of intestinal dysbiosis	Диапазоны критериев дисбиоза кишечника Ranges of criteria for intestinal dysbiosis
1-я степень (минимальная) Degree 1 (minimal)	Бифидобактерии от 10^7 до 10^8 КОЕ/г, лактобактерии от 10^5 до 10^6 КОЕ/г, типичные эшерихии от 10^5 до 10^6 КОЕ/г или повышение до 10^9 – 10^{10} КОЕ/г Bifidobacteria from 10^7 to 10^8 CFU/g, lactobacilli from 10^5 to 10^6 CFU/g, typical Escherichia from 10^5 to 10^6 CFU/g or an increase to 10^9 – 10^{10} CFU/g
2-я степень (умеренная) Degree 2 (moderate)	Бифидобактерии $\leq 10^7$ КОЕ/г, лактобактерии $\leq 10^5$ КОЕ/г, гемолитические эшерихии или другие условно-патогенные микроорганизмы от 10^5 до 10^7 КОЕ/г или ассоциации условно-патогенной микрофлоры от 10^4 до 10^5 КОЕ/г Bifidobacteria $\leq 10^7$ CFU/g, lactobacilli $\leq 10^5$ CFU/g, hemolytic Escherichia coli or other opportunistic microorganisms from 10^5 to 10^7 CFU/g or associations of opportunistic microflora from 10^4 to 10^5 CFU/g
3-я степень (выраженная) Degree 3 (intense)	Бифидобактерии $\leq 10^7$ КОЕ/г, лактобактерии $\leq 10^5$ КОЕ/г, ассоциации условно-патогенных микроорганизмов $\geq 10^6$ – 10^7 КОЕ/г Bifidobacteria $\leq 10^7$ CFU/g, lactobacilli $\leq 10^5$ CFU/g, associations of opportunistic microorganisms $\geq 10^6$ – 10^7 CFU/g
4-я степень (тяжелая) Degree 4 (severe)	Бифидобактерии $< 10^3$ КОЕ/г, лактобактерии $< 10^3$ КОЕ/г, кишечная палочка (<i>E. coli</i>) от $< 10^5$ до $> 10^8$ (при этом часто встречаются измененные формы — лактозонегативные, гемолитические и со сниженной ферментативной активностью), увеличение условно-патогенных микроорганизмов (облигатных, факультативных и нехарактерных для здорового человека видов отдельно и в ассоциациях) $\geq 10^7$ Bifidobacteria $< 10^3$ CFU/g, lactobacilli $< 10^3$ CFU/g, Escherichia coli (<i>E. coli</i>) from $< 10^5$ to $> 10^8$ (altered forms are often found — lactose-negative, hemolytic and with reduced enzymatic activity), an increase in opportunistic microorganisms (obligate, facultative and species atypical for healthy humans, separately and in associations) $\geq 10^7$

мощности исследования и удобства трактовки полученных результатов пациенты были распределены на две группы: легкий/умеренный (1–2-я степень) и выраженный/тяжелый (3–4-я степень) дисбиоз.

Биологический материал (кишечное отделяемое из колостомы), собранный в стерильную емкость, доставлялся в бактериологическую лабораторию в течение двух часов после забора. Исследование образцов проводилось культуральным методом. Процедура посева образцов соответствовала общепринятым стандартам (Приказ МЗ РФ № 231 от 9 июня 2003 г. Об утверждении отраслевого стандарта «Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника»). Определяли содержание следующих представителей микробиома: *Klebsiella spp.*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* и *Candida albicans* ($\log_{10}$ КОЕ/г). Принципом метода являлся подсчет бактерий в разведениях определенной массы субстрата (1 г). При посеве осуществлялся ряд последовательных

Таблица 2
Степени исходно имеющегося дисбиоза у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений перед выполнением реконструктивно-восстановительного оперативного лечения

Table 2

Degrees of initial dysbiosis in patients with a functioning colostomy, after pelvic abdominal injuries, before reconstructive surgery

Степень дисбиоза Degree of dysbiosis	Абс. число Abs. number	%
1-я (минимальная) / 1 (minimal)	5	14.3
2-я (умеренная) / 2 (moderate)	12	34.3
3-я (выраженная) / 3 (intense)	14	40.0
4-я (тяжелая) / 4 (severe)	4	11.4
Всего / Total	35	100.0

разведений с 1-го по 9-е, после чего производился высеив на специфические для определяемых микроорганизмов среды. Посев нативного материала осуществляли на среды Плоскирева, Эндо, Сабуро, висмут-сульфитный, кровяной и желточно-солевой агары, агар Шедлера, MRS-агар, селенитовый бульон, а также на специфичную среду для бифидобактерий. На плотных

средах проводили подсчет выросших колоний. Наличие бифидобактерий подтверждали микроскопией мазков. Идентификацию выросших колоний реализовывали методом масс-спектрометрии на аппарате VactoScreen (НПФ «Литех», Россия).

Для выявления микробиологических предикторов тяжести дисбиоза кишечника и оценки их влияния (табл. 3) был

применен комплекс методов регрессионного анализа [45]. Концентрации ключевых микроорганизмов (*Klebsiella spp.*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Candida albicans*) рассматривались в качестве независимых переменных. В анализе использовались два подхода к зависимой переменной. Во-первых, для оценки факторов риска развития выраженного/тяжелого дисбиоза (3–4-я степени) в сравнении с легким/умеренным (1–2-я степени) была построена бинарная логистическая регрессионная модель. Концентрации

микроорганизмов в этой модели были дихотомизированы на основе клинически значимых пороговых значений. Во-вторых, для анализа влияния предикторов на всю градацию степеней дисбиоза (от 1 до 4) как на упорядоченный исход была применена порядковая регрессия (мультиномиальная логистическая регрессия с пропорциональными шансами) (табл. 3). В данной модели для нормализации распределения концентрации микроорганизмов были выражены в виде десятичных логарифмов (lg KOE/r), что позволи-

ло оценивать шаг эффекта на каждое 10-кратное изменение их количества (табл. 3). Для исследования совместного эффекта *Klebsiella spp.* и *Candida albicans* в рамках бинарной модели был проведен анализ синергизма (табл. 3).

Статистическая значимость коэффициентов регрессии оценивалась с помощью критерия Вальда (Wald-критерия), результаты представлены в виде отношений шансов (OR) с соответствующими 95% доверительными интервалами (95% CI). Качество и информационная значимость построенных моделей бы-

Таблица 3

Сводная таблица используемых методов / показателей для выявления модели прогнозирования степени тяжести дисбиоза кишечника

Table 3

Summary table of methods/indicators used to identify a model for predicting the severity of intestinal dysbiosis

Метод / показатель Method / indicator	Применение в исследовании Application in research	Цель Objective	Ключевая интерпретация результата Key interpretation of the result
Дихотомизация Dichotomization	Бинарная модель Binary model	Упростить клиническую интерпретацию To simplify clinical interpretation	Фактор «есть/нет» при заданном пороге Yes/no factor at a given threshold
Логарифмирование (log10) Logarithm (log10)	Мультиномиальная модель, часть бинарной Multinomial model, part of binary one	Нормализация, биологически осмысленная интерпретация Normalization, biologically meaningful interpretation	Эффект на каждое 10-кратное изменение концентрации Effect for every 10-fold change in concentration
Бинарная логистическая регрессия Binary logistic regression	Анализ риска тяжелого дисбиоза (3–4 ст. vs 1–2 ст.) Risk analysis of severe dysbiosis (stages 3–4 vs. stage 1–2)	Оценка отношения шансов (OR) для отдельных факторов и их комбинаций Estimation of odds ratios (OR) for individual factors and their combinations	Во сколько раз наличие фактора увеличивает шансы на тяжелый исход How many times does the presence of a factor increase the chances of a severe outcome?
Анализ взаимодействия (синергизма) Analysis of interaction (synergy)	В бинарной модели для <i>Klebsiella spp.</i> + <i>Candida albicans</i> In the binary model for <i>Klebsiella spp.</i> + <i>Candida albicans</i>	Оценка совместного, неаддитивного эффекта двух факторов Estimation of the joint non-additive effect of two factors	Комбинированный эффект превышает сумму/произведение индивидуальных The combined effect exceeds the sum/product of the individual ones
Мультиномиальная (порядковая) логистическая регрессия Multinomial (ordinal) logistic regression	Анализ всей градации степеней (1–4) Analysis of the entire gradation of degrees (1–4)	Оценка влияния факторов на вероятность более высокой степени Assessing the influence of factors on the probability of a higher degree	Как изменение предиктора сдвигает вероятность в сторону большей тяжести How changing a predictor shifts the probability toward greater severity
AUC (ROC-анализ) AUC (ROC analysis)	Оценка качества бинарной модели Evaluation of the quality of a binary model	Измерение дискриминационной способности Measuring discriminatory ability	0,89 — модель обладает отличной способностью разделять группы 0.89 — the model has excellent ability to separate groups
Псевдо-R ² Макфаддена McFadden's pseudo-R ²	Оценка качества мультиномиальной модели Evaluation of the quality of the multinomial model	Измерение доли объясненной информации Measuring the proportion of information explained	0,52 — модель объясняет большую часть вариабельности исхода 0.52 — the model explains most of the variability in the outcome
Доверительные интервалы (95% CI) Confidence intervals (95% CI)	Для всех OR For all OR	Оценка точности и статистической устойчивости оценки эффекта Assessing the precision and statistical robustness of the effect estimate	Широкий интервал указывает на неопределенность, но, если он не включает 1, эффект значим A wide interval indicates uncertainty, but if it does not include 1, the effect is significant
p-value	Для всех коэффициентов For all coefficients	Проверка статистической значимости эффекта Testing the statistical significance of the effect	p < 0,05 — есть основания отвергнуть гипотезу об отсутствии эффекта p < 0,05 — there is reason to reject the hypothesis of no effect

ли верифицированы. Для бинарной логистической модели рассчитывалась площадь под ROC-кривой (AUC) как мера ее дискриминационной способности. Для оценки доли объясненной вариабельности в мультиномиальной модели использовался псевдо- R^2 Макфаддена (McFadden's R^2). Все анализы проводились с уровнем статистической значимости $p < 0,05$ [45]. Обработка данных выполнялась с использованием программного обеспечения R (версия 4.3.2).

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.) и Правилами надлежащей клинической практики, утвержденными Приказом Минздрава России от 01.04.2016 № 200н. Проведение работы одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России (протокол № 305 от 22.07.2025 г.). Все пациенты принимали участие в исследовании добровольно, подписав форму информированного согласия до начала любых процедур.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследуемые предикторы бинарной модели оказывали прямое влияние на прогрессирование тяжести дисбиоза кишечника (табл. 4). Увеличение содер-

жания в микробиоте *Candida albicans* и *Klebsiella spp.*, а также уменьшение концентрации бифидо- и лактобактерий повышало риск развития тяжелого дисбиоза. Данный тезис подтверждается результатами мультиномиального моделирования. Соответствие и точность прогноза обоснованы высокой информационной значимостью построенных статистических моделей: бинарной (AUC = 0,89) и мультиномиальной (McFadden's R^2 = 0,52).

Как видно из таблицы 5 бинарная модель прогнозирования дисбиоза кишечника свидетельствует о том, что увеличение содержания в микробиоте *Klebsiella spp.* $\geq 10^6$ КОЕ/г повышает риск развития тяжелого дисбиоза в 8,2 раза, а грибов *Candida albicans* $\geq 10^4$ КОЕ/г — в 4,3 раза. Значительно, что синергический эффект сочетанного присутствия *Klebsiella spp.* ($\geq 10^6$ КОЕ/г) и грибов *Candida albicans* ($\geq 10^4$ КОЕ/г) приводит к 14-кратному росту риска развития дисбиоза 3–4-й степени (OR = 14,1, 95% CI 3,5–56,8, $p < 0,001$) (табл. 5). В свою очередь, дефицит бифидобактерий $< 10^8$ КОЕ/г увеличивает риск манифестации тяжелых форм патологии в 6,5 раза (табл. 5).

Мультиномиальный регрессионный анализ позволил установить, что 10-кратное увеличение концентрации *Klebsiella spp.* в микробиоме повышает вероятность развития более тяжелой

степени дисбиоза, а повышение содержания в нем грибов *Candida albicans* ($\geq 10^4$ КОЕ/г) увеличивает вероятность прогрессирования патологии (табл. 5). В свою очередь, уменьшение в микробиоте концентрации лактобактерий ($< 10^6$ КОЕ/г) ассоциировано с более тяжелой степенью дисбиоза, а 10-кратное снижение содержания бифидобактерий увеличивает вероятность тяжелого дисбиоза (табл. 5). Соответствие и точность прогноза подтверждались высокой информационной значимостью построенных статистических моделей: бинарной (AUC = 0,89) и мультиномиальной (McFadden's R^2 = 0,52).

ОБСУЖДЕНИЕ

Существующие у пациентов потенциальные факторы риска [30] активировали механизмы дисбиоза кишечника по направлениям, заключающимся в снижении в микробиоме бифидо- и лактобактерий, а также в увеличении содержания *Klebsiella spp.* и *Candida albicans* [9]. Поскольку данные тенденции развивались одновременно, можно констатировать, что уменьшение количества бифидобактерий и лактобактерий, являющихся ключевыми защитными составляющими микробиома [47–53], содействует возрастанию популяции условно-патогенных энтеробактерий, к которым относится *Klebsiella spp.* [54–60], и грибов *Candida*

Таблица 4
Логистические модели прогнозирования дисбиоза у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений
Table 4
Logistic models for predicting dysbiosis in patients with a functioning colostomy after pelvic abdominal injuries

Предиктор / Predictor	OR (95% CI)	p-value	Интерпретация / Interpretation
Бинарная модель (дисбиоз 3–4 степени vs 1–2 степени) / Binary model (dysbiosis 3–4 degrees vs 1–2 degrees)			
<i>Klebsiella spp.</i> $\geq 10^6$ КОЕ/г <i>Klebsiella spp.</i> $\geq 10^6$ CFU/g	8.2 (2.1–32.4)	0.003	Значительно повышает риск развития тяжелого дисбиоза Significantly increases the risk of developing severe dysbiosis
Бифидобактерии $< 10^8$ КОЕ/г Bifidobacteria $< 10^8$ CFU/g	6.5 (1.8–23.7)	0.005	Повышает риск развития тяжелого дисбиоза Increase in the risk of developing severe dysbiosis
<i>Candida albicans</i> $\geq 10^4$ КОЕ/г <i>Candida albicans</i> $\geq 10^4$ CFU/g	4.3 (1.2–15.6)	0.028	Усиливает тяжесть дисбиоза Increase in severity of dysbiosis
Лактобактерии $< 10^6$ КОЕ/г Lactobacilli $< 10^6$ CFU/g	3.1 (0.9–10.5)	0.07	Тенденция к развитию дисбиоза Tendency to develop dysbiosis
Мультиномиальная модель (степень дисбиоза от 1-й до 4-й) / Multinomial model (dysbiosis degree from 1 to 4)			
<i>Klebsiella spp.</i> (log10)	1.9 (1.3–2.8)	0.001	Каждое 10-кратное увеличение повышает степень дисбиоза Every 10-fold increase increases the degree of dysbiosis
Бифидобактерии (log10) Bifidobacteria (log10)	0.4 (0.2–0.7)	< 0.001	Каждое 10-кратное уменьшение повышает степень дисбиоза Every 10-fold decrease increases the degree of dysbiosis
Лактобактерии (log10) Lactobacilli (log10)	0.6 (0.4–0.9)	0.02	Снижает риск развития дисбиоза Decreasing the risk of developing dysbiosis
<i>Candida albicans</i> (log10)	1.5 (1.1–2.1)	0.01	Усиливает риск развития дисбиоза Increase in the risk of developing dysbiosis

Таблица 5

Логистический регрессионный анализ прогнозирования дисбиоза кишечника у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений перед выполнением реконструктивно-восстановительного оперативного лечения

Table 5

Logistic regression analysis for predicting intestinal dysbiosis in patients with a functioning colostomy after pelvic abdominal injuries before reconstructive surgery

Предиктор Predictor	OR (95% CI)	Пороговое значение Threshold value	p-value	Интерпретация Interpretation
Бинарная модель (дисбиоз 3–4 степени vs 1–2 степени) / Binary model (dysbiosis 3–4 degrees vs 1–2 degrees)				
<i>Klebsiella spp.</i>	8.2 (2.1–32.4)	$\geq 10^6$ КОЕ/г $\geq 10^6$ CFU/g	0.003	Каждое 10-кратное увеличение концентрации повышает риск развития тяжелого дисбиоза в 8.2 раза Each 10-fold increase in concentration increases the risk of developing severe dysbiosis by 8.2 times
Бифидобактерии Bifidobacteria	6.5 (1.8–23.7)	$< 10^8$ КОЕ/г $< 10^8$ CFU/g	0.005	Снижение $< 10^8$ КОЕ/г увеличивает риск развития дисбиоза 3–4 степени в 6,5 раза A decrease of $< 10^8$ CFU/g increases the risk of developing grade 3–4 dysbiosis by 6.5 times
<i>Candida albicans</i>	4.3 (1.2–15.6)	$\geq 10^4$ КОЕ/г $\geq 10^4$ CFU/g	0.028	Наличие грибов рода <i>Candida</i> в концентрации $\geq 10^4$ КОЕ/г повышает риск развития дисбиоза в 4.3 раза The presence of <i>Candida</i> fungi at a concentration of $\geq 10^4$ CFU/g increases the risk of developing dysbiosis by 4.3 times
Комбинация: <i>Klebsiella spp.</i> $\geq 10^6$ + <i>Candida albicans</i> $\geq 10^4$ Combination: <i>Klebsiella spp.</i> $\geq 10^6$ + <i>Candida albicans</i> $\geq 10^4$	14.1 (3.5–56.8)	–	< 0.001	Синергетический эффект данной комбинации увеличивает риск развития дисбиоза 3–4 степени в 14,1 раза The synergistic effect of this combination increases the risk of developing grade 3–4 dysbiosis by 14.1 times
Мультиномиальная модель (прогнозирование степени дисбиоза от 1-й до 4-й) / Multinomial model (prediction of the degree of dysbiosis from 1st to 4th)				
<i>Klebsiella spp.</i> (log10)	1.9 (1.3–2.8)	–	0.001	Каждое 10-кратное увеличение концентрации повышает вероятность более тяжелой степени дисбиоза Every 10-fold increase in concentration increases the likelihood of a more severe degree of dysbiosis
Бифидобактерии (log10) Bifidobacteria (log10)	0.4 (0.2–0.7)	–	< 0.001	Каждое 10-кратное снижение концентрации увеличивает вероятность тяжелого дисбиоза Every 10-fold decrease in concentration increases the likelihood of severe dysbiosis
Лактобактерии (log10) Lactobacilli (log10)	0.6 (0.4–0.9)	$< 10^6$ КОЕ/г	0.02	Концентрация $< 10^6$ КОЕ/г ассоциирована с более тяжелой степенью дисбиоза Concentrations $< 10^6$ CFU/g are associated with a more severe degree of dysbiosis
<i>Candida albicans</i> (log10)	1.5 (1.1–2.1)	$\geq 10^4$ КОЕ/г	0.01	Увеличивает вероятность прогрессирования степени тяжести дисбиоза Increase in the likelihood of progression of the severity of dysbiosis

albicans [61, 62], определяемых как объективные и значимые факторы риска дисбиоза [9, 63–65].

Именно разнообразие штаммов бифидобактерий в микробиоме, а также их многочисленные лечебные эффекты, выражающиеся в ингибировании роста патогенов, обеспечении целостности и регенерации эпителия кишечника, позитивном воздействии на метаболизм и гомеостаз микробиоты, стимуляции ее роста и жизнедеятельности с последующей регуляцией оптимального состава, а также в антиоксидантных, иммуномодулирующих,

противовоспалительных, противомикробных и антибактериальных свойствах, содействуют нивелированию дисбиоза и физиологичной деятельности микробиома [15–17, 43, 46, 48, 51, 66]. Это справедливо и в отношении лактобактерий [13, 18–20, 23–25], которые также обладают иммуностимулирующими, противоаллергическими, антимикробными и противовоспалительными эффектами, а также содействуют восстановлению популяции аутофлоры, в результате чего нормализуется деятельность кишечника [42, 44, 47, 50, 53, 66]. Принципиально важно,

что между бифидобактериями и лактобактериями существует синергетическое взаимодействие, позволяющее усиливать их благоприятные терапевтические действия [67].

В этой связи снижение уровней бифидобактерий и лактобактерий в микробиоте пациентов повышало не только риск развития дисбиоза и степень его выраженности, но и вероятность активации условно-патогенной флоры, в частности *Klebsiella spp.* и грибов *Candida albicans* [9], которые на фоне увеличения своей концентрации приобретали патогенные свойства и

еще больше отягощали нарушения микробиома [50, 54–62].

Существующий дисбиоз кишечника и прогрессирующая активация условных патогенов содействовали дальнейшему развитию гомеостатических нарушений, таких как снижение содержания короткоцепочечных жирных кислот и растворимых соединений, подавляющих патогенную флору (перекиси водорода, оксида азота, бактериоцинов), а также повышение уровня первичных и уменьшение вторичных желчных кислот, особенно на фоне появляющихся расстройств липидного и углеводного обмена микробиоты [30, 31, 32, 41, 43, 50]. Возникшая инверсия механизмов местного иммунитета в сочетании со значимым уменьшением антагонистической конкуренции между бифидо- и лактобактериями (вследствие их количественного дефицита) и условными патогенами, в частности *Klebsiella spp.* и грибами *Candida albicans* (вследствие их избыточного роста), способствовала увеличению их колонизации, прорастанию и проявлению патогенных свойств [13–23, 25–27, 30–33, 37, 54–65].

Поэтому увеличение концентрации *Klebsiella spp.* и грибов *Candida albicans* в микробиоме пациентов с функционирующей колостомой не только повышает риск развития дисбиоза кишечника, но и увеличивает вероятность прогрессирования его тяжести, о чем свидетельствуют результаты осуществленного регрессионного анализа. Весомой составляющей данной ситуации является и то, что при тяжелом дисбиозе клебсиеллы могут усиленно экспрессировать факторы вирулентности и обладать значительной устойчивостью к антибиотикам [68]. Не исключено, что *Klebsiella spp.* в условиях дисбиоза может вырабатывать индол, являющийся метаболитом триптофана и способствующий развитию патогенов, индуцированию вирулентности, а также резистентности к кислотам и формированию биопленок с целью угнетения роста защитной микробиоты и создания благоприятной для себя среды в кишечнике [69]. Важно и то, что при дисбиозе уменьшается содержание микрофлоры, синтезирующей бутират, и возрастает число бактерий, вырабатывающих молочную кислоту, в результате чего повреждается кишечный эпителий и прогрессируют микробиомные нарушения [70].

Возрастание концентрации грибов *Candida albicans*, являющихся ключевыми возбудителями госпитальной грибковой инфекции, в микробиоте пациентов с функционирующей колостомой связано с нарушением целостности слизистых оболочек в результате произведенного оперативного лечения, антибиотикотерапии, катеризации сосудов и мочевого пузыря, с возникновением дисбиоза и ацидоза в просвете кишечника, а также системной и местной иммуносупрессией [61, 62, 71, 72]. В значительной мере возрастание концентрации грибов *Candida albicans* в микробиоте обусловлено снижением конкурентного контроля со стороны бифидобактерий и лактобактерий вследствие уменьшения их содержания в микробиоме [61, 62, 71, 72]. Значимой особенностью грибов *Candida albicans* является как способность к фенотипической пластичности (один генотип генерирует различные фенотипы), так и возможность продуцировать клетки с разной ploидностью при перемене окружающей среды в различных местах обитания, что определяет изменение их вирулентности, устойчивость к противогрибковым препаратам и противодействие иммунитету [72–75]. При возникновении дисбиоза, кислой среды в просвете кишечника и нарушении целостности его слизистой грибы *Candida albicans*, имеющие различный патогенный потенциал за счет разных адгезивных свойств, могут осуществлять гемолиз эритроцитов с последующей утилизацией железа гема и ферритина механизмом эндоцитоза [72, 76]. Необходимо помнить, что пациенты с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений, которым предстоит реконструктивно-восстановительное оперативное лечение, относятся к группе высокого риска по послеоперационным хирургическим осложнениям [1, 41, 75], в связи с тем, что инвазивные манипуляции при дисбиозе, особенно грибковой этиологии, и компрометированной слизистой кишечника могут способствовать риску развития грибковой и бактериальной диссеминации [61, 62, 64, 73–75].

Смешанная этиология дисбиоза (*Klebsiella spp.* и грибы *Candida albicans*) кишечника у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений, которым предстоит реконструктивно-восстано-

вительное оперативное лечение, была наиболее неблагоприятной в отношении как непосредственно развития его тяжелой степени, так и рисков возникновения различных осложнений [54–62, 64, 73–75]. Данный вариант дисбиоза, развивающийся на фоне разбалансировки состава микробиома (дефицит бифидобактерий и лактобактерий) и иммунитета (дисфункция всех его звеньев), способствовал уменьшению сопротивления к колонизации слизистой оболочки кишечника условными патогенами, а также их инвазии в ее эпителиальные клетки с последующим образованием гетерогенных биопленок, в результате чего данные микроорганизмы проявляли патогенные свойства [49, 54–62, 64, 65, 75–78]. Именно данное обстоятельство объясняло ассоциацию *Klebsiella spp.* и грибов *Candida albicans* у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений, которая также поддерживалась возрастающим количеством данных микроорганизмов [75, 76].

Кроме того, увеличение вирулентности у *Candida albicans* обусловлено не только ее местонахождением в кишечнике, но и ассоциацией со штаммами бактерий, способствующих развитию у нее максимально альтерирующих свойств [76–78]. Более того, существует тенденция к росту патогенности *Candida albicans* вследствие влияния продуктов жизнедеятельности ассоциированных с ней бактерий [61, 62, 76–78]. Именно синергизм *Klebsiella spp.* и *Candida albicans* может содействовать их прогрессирующему росту и размножению, а также экспрессии патогенных факторов, что не только создаст риск развития максимально тяжелого дисбиоза, но и обеспечит трансформацию грибов в его ключевой этиологический фактор [61, 62, 76–78]. Этому также может способствовать возрастание гемолитической и ДНКазной активности у бактерий и уменьшение липолитической активности у грибов [76–78].

Таким, образом, очевидно, что улучшение исходов предстоящего реконструктивно-восстановительного оперативного лечения у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений может быть осуществлено только при нивелировании дисбиоза кишечника, которое необходимо начинать за 21 день

[79] до начала госпитализации в хирургический стационар, либо при поступлении в него в предоперационном периоде с последующим продолжением после операции [9] с помощью многокомпонентного метабиотика [1, 10, 66]. Успешное лечение дисбиоза кишечника у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений необходимо реализовывать с учетом его существующих значительных гетерогенных особенностей, заключающихся в снижении титра бифидобактерий и лактобактерий, а также повышении концентрации *Klebsiella spp.* и грибов *Candida albicans* [1, 9]. Поэтому в составе применяемого метабиотика должны обязательно присутствовать (для обоснованного и целенаправленного лечебного воздействия на микробиом) структурные и клеточные компоненты, а также внутриклеточное содержимое не только бифидобактерий и лактобактерий, но и непатогенных бактерий (в частности, термофильного стрептококка, являющегося ключевым антагонистом и конкурентным ингибитором патогенов) в сочетании с органическими и короткоцепочечными жирными кислотами и пептидами [10, 66]. Наличие в составе многокомпонентного комплекса β -глюканов должно содействовать сохранению целостности эпителия слизистой оболочки кишечника и ее регенерации, оказывать иммуномо-

дулирующее, противовоспалительное и антиоксидантное действие, а также способствовать росту лактобактерий и бифидобактерий [66]. Это будет благоприятствовать значительному усилению лечебных эффектов в отношении нивелирования дисбиоза и иммуносупрессии [80].

ВЫВОДЫ

1. Применение комбинации классических (бинарная логистика) и современных (порядковая регрессия) методов регрессионного анализа позволило определить влияние рисков на тяжесть дисбиоза у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений.

2. Высокие значения AUC (0,89) и McFadden's R^2 (0,52) свидетельствуют о том, что выбранные микробиологические параметры являются мощными предикторами состояния микробиоты, а их эффекты (особенно синергизм *Klebsiella spp.* и *Candida albicans*) статистически значимы и клинически весомы.

3. Снижение в микробиоме концентрации бифидобактерий и лактобактерий параллельно увеличению *Klebsiella spp.* и *Candida albicans* не только повышает риск развития дисбиоза кишечника и усиливает степень его тяжести, но и увеличивает вероятность возникновения тяжелого дисбактериоза.

4. Смешанная этиология дисбиоза (*Klebsiella spp.* и грибы *Candida albicans*)

кишечника является наиболее неблагоприятной в отношении развития его тяжелой степени, а также рисков возникновения осложнений.

5. Улучшение исходов предстоящего реконструктивно-восстановительного оперативного лечения у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений может быть осуществлено только при нивелировании дисбиоза кишечника.

6. Лечение дисбиоза кишечника у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений необходимо реализовывать с учетом его существующих особенностей с помощью многокомпонентного метабиотика, имеющего в составе структурные и клеточные компоненты, а также внутриклеточное содержимое не только бифидобактерий и лактобактерий, но и непатогенных бактерий (в частности термофильный стрептококк) в сочетании с органическими и короткоцепочечными жирными кислотами, пептидами и β -глюканами.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Eselevich RV, Balyura OV, Melnikova EV, Zotov KYu, Mongush SMO, Surov DA. Modern approaches to the diagnosis and correction of intestinal dysbiosis in order to prevent surgical complications. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2025; 27(3):397-406. Russian (Еселевич Р. В., Балюра О. В., Мельникова Е. В., Зотов К. Ю., Монгуш С. М. О., Суров Д. А. Современные подходы к диагностике и коррекции дисбиоза кишечника с целью профилактики хирургических осложнений // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2025. Т.27, № 3. С. 397-406.)
2. Levchuk AL, Abdullaev AE. Potential complications after operations with colostomy in patients with perforated diverticulitis of the colon. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov*. 2025; 20(4):52-62. Russian (Левчук А. Л., Абдуллаев А. Э. Потенциальные осложнения после операций с формированием колостом у больных перфоративным дивертикулитом ободочной кишки // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2025. Т. 20, № 4. С. 52-62.)
3. Janes S, Meagher A, Frizelle F. Elective surgery after acute diverticulitis. *Br. Jour. Surg.* 2024; 92:133-142.
4. Sukhoparova EP, Khrustaleva IE, Zinoviev EV. Effect of changes in the human gut microbiota on the slowing of the wound process in overweight individuals. *Reconstructive and plastic surgery issues*. 2023; 26(1):6-14. Russian (Сухопарова Е. П., Хрусталёва И. Э., Зиновьев Е. В. Влияние изменений микробиоты кишечника человека на замедление раневого процесса у лиц с избыточной массой тела // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2023. № 26(1). С. 6-14.)
5. Sushkov OI, Shakhmatov DG, Moskalev AI, Shunin EM. Selection of the volume of adhesiolysis during reconstructive operations in patients with single-barreled colostomas (literature review). *Coloproctology*. 2022; 21(3): 111-118. Russian (Сушков О. И., Шахматов Д. Г., Москалев А. И., Шунин Е. М. Выбор объема адгезиолизиса при реконструктивно-восстановительных операциях у больных с одностольными колостомами (обзор литературы) // Колопроктология. 2022. Т. 21, № 3. С. 111-118.)
6. Babakhanlou R, Larkin K, Hita AG, Stroh J, Yeung SC. Stoma-related complications and emergencies. *Int J Emerg Med*. 2022;15(1):17. DOI: 10.1186/s12245-022-00421-9.
7. Rodríguez-Padilla Á, Morales-Martin G, Pérez-Quintero R, Rada-Morgades R, Gómez-Salgado J, Ruiz-Frutos C. Diversion colitis and probiotic stimulation: effects of bowel stimulation prior to ileostomy closure. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:654573. DOI: 10.3389/fmed.2021.654573.
8. Groshilin VS, Martynov DV, Naboka YL, Bakulyarov MYu, Mrykhin GA. Correction of dysbiosis in diversion proctitis: possibilities of in-

- traluminal sanitation and the prevention of complications after reconstructive surgery. *Russ J Gastroenterol Hepatol Coloproctol*. 2019; 29(6):36-48. Russian (Грошили В. С., Мартынов Д. В., Набока Ю. Л., Бакуляров М. Ю., Мрыхин Г. А. Коррекция дисбиотических нарушений при диверсионном проктите: возможности внутривосветной санации и профилактика осложнений после восстановительных операций // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2019. № 29(6). С. 36-48.)
9. Yeselevich RV, Balyura OV, Girsh AO, Stepanov SS, Melnikova EV, Mongush SM, et al. Predictors of intestinal dysbiosis in patients with functioning colostomy after pelvicoabdominal wounds before performing reconstructive surgical treatment. *Polytrauma*. 2026; (1):12-22. Russian (Еселевич Р. В., Балюра О. В., Гирш А. О., Степанов С. С., Мельникова Е. В., Монгуш С. М. и др. Предикторы дисбиоза кишечника у пациентов с функционирующей колостомой после пельвиоабдоминальных ранений перед выполнением реконструктивно-восстановительного оперативного лечения // Политравма. 2026. № 1. С. 12-22.)
 10. Eselevich RV, Surov DA, Gerasimov DG, Balyura OV, Rumyantsev VN, Mongush SM, et al. Comparative evaluation of metabiotic compositions and their indications for use in patients in acute and chronic critical conditions. *Polytrauma*. 2024; (4): 75-84. Russian (Еселевич Р. В., Суров Д. А., Герасимов Д. Г., Балюра О. В., Румянцев В. Н., Монгуш С. М. и др. Сравнительная оценка составов метабиотиков и их показаний к применению у пациентов в острых и хронических критических состояниях // Политравма. 2024. № 4. С. 75-84.)
 11. Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EMM, et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2021;18(9):649-667. DOI: 10.1038/s41575-021-00440-6.
 12. Vinderola G, Sanders ME, Salminen S. The concept of postbiotics. *Foods*. 2022; 11(8):1077.
 13. Tang HJ, Chen CC, Lu YC, Huang HL, Chen HJ, Chuang YC, et al. The effect of *Lactobacillus* with prebiotics on KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Front Microbiol*. 2022;13:1050247. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1050247.
 14. Shen NT, Maw A, Tmanova LL, Pino A, Ancy K, Crawford CV, et al. Timely use of probiotics in hospitalized adults prevents *Clostridium difficile* infection: a systematic review with meta-regression analysis. *Gastroenterology*. 2017;152(8):1889-1900. DOI: 10.1053/j.gastro.2017.02.003.
 15. Yang J, Yang H. Effect of bifidobacterium breve in combination with different antibiotics on *Clostridium difficile*. *Front. Microbiol*. 2018; 9: 2953.
 16. Yang J, Yang H. Antibacterial activity of bifidobacterium breve against *Clostridioides difficile*. *Front. Cell. Infect. Microbiol*. 2019; 9:288.
 17. Yun B, Song M, Park DJ, Oh S. Beneficial effect of *Bifidobacterium longum* ATCC 15707 on survival rate of *Clostridium difficile* infection in mice. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2017;37(3):368-375. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.3.368.
 18. Chen CC, Lai CC, Huang HL, Huang WY, Toh HS, Weng TC, et al. Antimicrobial activity of *Lactobacillus* species against carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*. *Front Microbiol*. 2019;10:789. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00789.
 19. Chen CC, Lai CC, Huang HL, Su YT, Chiu YH, Toh HS, et al. Antimicrobial ability and mechanism analysis of *Lactobacillus* species against carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*. *J Microbiol Immunol Infect*. 2021;54(3):447-456. DOI: 10.1016/j.jmii.2020.01.005.
 20. Newman AM, Arshad M. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in combating multidrug-resistant organisms. *Clin Ther*. 2020; 42(9):1637-1648.
 21. Jean SS, Lee YL, Liu PY, Lu MC, Ko WC, Hsueh PR. Multicenter surveillance of antimicrobial susceptibilities and resistance mechanisms among *Enterobacterales* species and non-fermenting Gram-negative bacteria from different infection sources in Taiwan from 2016 to 2018. *J Microbiol Immunol Infect*. 2022;55(3):463-473. DOI: 10.1016/j.jmii.2021.07.015.
 22. Sannathimmappa MB, Nambiar V, Aravindakshan R. Antibiotics at the crossroads - do we have therapeutic alternatives to combat the emergence and spread of antimicrobial resistance? *J. Educ. Health Promot*. 2021; 10: 438.
 23. Scillato M, Spitale A, Mongelli G, Privitera GF, Mangano K, Cianci A, et al. Antimicrobial properties of *Lactobacillus* cell-free supernatants against multidrug-resistant urogenital pathogens. *Microbiologyopen*. 2021;10(2):e1173. DOI: 10.1002/mbo3.1173.
 24. Wieërs G, Verbelen V, Van Den Driessche M, Melnik E, Vanheule G, Marot JC, et al. Do probiotics during in-hospital antibiotic treatment prevent colonization of gut microbiota with multi-drug-resistant bacteria? A randomized placebo-controlled trial comparing *Saccharomyces* to a mixture of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, and *Saccharomyces*. *Front Public Health*. 2021;8:578089. DOI: 10.3389/fpubh.2020.578089.
 25. Tottleben L, Thomas J, Austin D. Drug-mediated disruption of the aging gut microbiota and mucosal immune system. *Front. Aging*. 2025; 6: 1603847.
 26. Berkel M, Mysara M, Xavier BB, van Werkhoven CH, Monsieurs P, Lamens C, et al. Microbiota-based markers predictive of development of *Clostridioides difficile* infection. *Nat Commun*. 2021;12(1):2241. DOI: 10.1038/s41467-021-22302-0.
 27. Magne F, Gotteland M, Gauthier L, Zazueta A, Pesoa S, Navarrete P, et al. The Firmicutes/Bacteroidetes ratio: a relevant marker of gut dysbiosis in obese patients? *Nutrients*. 2020;12(5):1474. DOI: 10.3390/nu12051474.
 28. Sy CL, Chen PY, Cheng CW, Huang LJ, Wang CH, Chang TH, et al. Recommendations and guidelines for the treatment of infections due to multidrug resistant organisms. *J Microbiol Immunol Infect*. 2022;55(3):359-386. DOI: 10.1016/j.jmii.2022.02.001.
 29. Hetzler L, Kollef MH, Yuenger V, Micek ST, Betthausen KD. New antimicrobial treatment options for severe Gram-negative infections. *Curr Opin Crit Care*. 2022 1;28(5):522-533. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000968.
 30. Vasilescu IM, Chifiriuc MC, Pircalabioru GG, Filip R, Bolocan A, Lazăr V, et al. Gut dysbiosis and *Clostridioides difficile* infection in neonates and adults. *Front Microbiol*. 2022;12:651081. DOI: 10.3389/fmicb.2021.651081.
 31. Franzosa EA, Sirota-Madi A, Avila-Pacheco J, Fornelos N, Haiser HJ, Reinker S, et al. Gut microbiome structure and metabolic activity in inflammatory bowel disease. *Nat Microbiol*. 2019;4(2):293-305. DOI: 10.1038/s41564-018-0306-4.
 32. Carding S, Verbeke K, Vipond DT, Corfe BM, Owen LJ. Dysbiosis of the gut microbiota in disease. *Microb Ecol Health Dis*. 2015;26:26191. DOI: 10.3402/mehd.v26.26191.
 33. Durante-Mangoni E, Andini R, Zampino R. Treatment of infections caused by carbapenem-resistant enterobacteria. *Wedge. microbiol. inf*. 2019; 25: 943-950.

34. Theriot CM, Bowman AA, Young VB. Antibiotic-induced alterations of the gut microbiota alter secondary bile acid production and allow for clostridium difficile spore germination and outgrowth in the large intestine. *mSphere*. 2016; 1(1):00045-15.
35. Avni T, Babitch T, Ben-Zvi H, Hijazi R, Ayada G, Atamna A, et al. Clostridioides difficile infection in immunocompromised hospitalized patients is associated with a high recurrence rate. *Int J Infect Dis*. 2020;90:237-242. DOI: 10.1016/j.ijid.2019.10.028.
36. Li J, Rettedal EA, van der Helm E, Ellabaan M, Panagiotou G, Sommer MOA. Antibiotic treatment drives the diversification of the human gut resistome. *Genomics Proteomics Bioinformatics*. 2019;17(1):39-51. DOI: 10.1016/j.gpb.2018.12.003.
37. Beloborodova NV, Grechko AV, Olenin AYU. Metabolomic discovery of microbiota dysfunction as the cause of pathology. In: *Metabolomics - New Insights into Biology and Medicine*. London, United Kingdom: IntechOpen; 2019: 21. ISBN: 978-1-78985-127-4. DOI: org/10.5772/intechopen.87176.
38. Anikina MS. Diversionary colitis. *EndoExpert*. 2019;(5):22-25. Russian (Аникина М. С. Диверсионный колит // EndoExpert. 2019. №5. С. 22-25.).
39. Ardatskaya MD, Kitchieva GM, Achkasov SI. The role of microflora in the development of colitis of disconnected parts of the colon. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin*. 2011; (3): 23-29. Russian (Ардатская М. Д., Китчиева Г. М., Ачкасов С. И. Роль микрофлоры в развитии колита отключенных отделов толстой кишки // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2011. №3. С. 23-29.)
40. Vorobiev GI. Colitis of a disconnected colon (literature review). *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*. 2008; (5): 34-44. Russian (Воробьев Г. И. Колит отключенной толстой кишки (обзор литературы) // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2008. №5. С. 34-44.)
41. Dal Buono A, Carvello M, Sachar DB, Spinelli A, Danese S, Roda G. Diversion proctocolitis and the problem of the forgotten rectum in inflammatory bowel diseases: a systematic review. *United European Gastroenterol J*. 2021;9(10):1157-1167. DOI: 10.1002/ueg2.12175.
42. Allen JM, Mailing LJ, Niemi GM, Moore R, Cook MD, White BA, et al. Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2018; 50(4):747-757. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001495.
43. Rahman S. Gut microbial metabolites and its impact on human health. *Ann Gastroenterol*. 2023; 36(4):360-368.
44. Khurshid M, Akash MSH. Human microbiome: techniques, strategies, and therapeutic potential. Singapore: Springer. 2024. 721 p.
45. Borovikov VP. Popular introduction to modern data analysis in the STATISTICS system. Moscow: Hotline - Telecom, 2013. 288 p. Russian (Боровиков В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA. Москва: Горячая линия - Телеком, 2013. 288 с.)
46. Arbolea S, Watkins C, Stanton C, Ross RP. Gut bifidobacteria populations in human health and aging. *Front Microbiol*. 2016;7:1204. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01204.
47. Dempsey E, Corr SC. Lactobacillus spp. for gastrointestinal health: current and future perspectives. *Front. Immunol*. 2022; 13: 840245.
48. Shikh EV, Makhova AA, Astapovsky AA, Perkov AV. Prospects for probiotic strains of bifidobacteria and enterococci in the treatment and prevention of gastroenterological diseases. *Nutrition Issues*. 2021; (90)2:15-25. Russian (Ших Е. В., Махова А. А., Астаповский А. А., Перков А. В. Перспективы пробиотических штаммов бифидобактерий и энтерококков в лечении и профилактике заболеваний гастроэнтерологического профиля // Вопросы питания. 2021. Т. 90, № 2. С. 15-25.)
49. Sherwin E, Dinan TG, Cryan JF. Recent developments in understanding the role of the gut microbiota in brain health and disease. *Ann NY Acad Sci*. 2018; 1420(1): 5-25.
50. Ivashkin VT, Ivashkin KV. Human microbiome in an appendix to clinical practice. *Russian Journal of Gastroenterology Hepatology and Coloproctology*. 2017; 27(6): 4-13. Russian (Ивашкин В. Т., Ивашкин К. В. Микробиом человека в приложении к клинической практике // Российский журнал гастроэнтерологии гепатологии и колопроктологии. 2017. № 27(6). С. 4-13.)
51. Sorokin OV, Zaporozhchenko AA, Subotyalov MA. Bifidobacteria: mechanism of action, classification, medical and biological significance and research prospects. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Biology. Chemistry*. 2025; 11 (77) (2): 204-223. Russian (Сорокин О. В., Запорожченко А. А., Суботьялов М. А. Бифидобактерии: механизм действия, классификация, медико-биологическое значение и перспективы исследования // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2025. Т.11 (77), № 2. С. 204-223.)
52. Oganezova IA. Gut microbiota and immunity: immunomodulatory effects of Lactobacillus rhamnosus GG. *Russian Medical Journal*. 2018; (9): 39-44. Russian (Оганезова И. А. Кишечная микробиота и иммунитет: иммуномодулирующие эффекты Lactobacillus rhamnosus GG // Русский медицинский журнал 2018. № 9. С. 39-44.)
53. Novokshonova A A, Sokolova NV. Physiological functions of lactobacilli in the body and the effectiveness of their use as part of probiotics in pediatric practice. *Effective Pharmacotherapy. Epidemiology and Infections*. 2012; (1): 52-56. Russian (Новокшонова А. А., Соколовой Н. В. Физиологические функции лактобактерий в организме и эффективность их применения в составе пробиотиков в педиатрической практике // Эффективная фармакотерапия. Эпидемиология и инфекции. 2012. № 1. С. 52-56.)
54. Afanasova EN, Bochanova EN, Gordina OV, Berdiev ShA, Ivanova OV. Enterococci: modern significance for medical practice. *Modern problems of science and education*. 2022; (2):36-43. Russian (Афанасова Е. Н., Бочанова Е. Н., Гордина О. В., Бердиев Ш. А., Иванова О. В. Энтерококки: современное значение для медицинской практики // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. С. 36-43.)
55. Hanchi H, Mottawea W, Sebei K, Hammami R. The Genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns-an update. *Front Microbiol*. 2018; 9:1791. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01791.
56. Ivanova EI, Kungurtseva EA, Nemchenko UM, Grigorova E. V. Enterococci of the ventricular tract: features, pathogenicity factors, antibiotic resistance. *Infectious diseases*. 2017;15 (3): 58-64. Russian (Иванова Е. И., Кунгурцева Е. А., Немченко У. М., Григорова Е. В. Энтерококки желудочнокишечного тракта: особенности, факторы патогенности, антибиотикорезистентность // Инфекционные болезни. 2017. № 15(3). С. 58-64.)
57. Poslavskaya EE. Enterococcal infections in coronavirus patients. *Bacteriology*. 2024; 9(3): 105-109. Russian (Пославская Е. Е. Энтерококковые инфекции у коронавирусных больных // Бактериология. 2024. № 9(3). С. 105-109.)
58. Gonchar NV, Alekhina LA, Suvorov AN. Probiotic strains of enterococci as a means of therapy and prevention of intestinal diseases in children (literature review). *Experimental and clinical gastroenterology*

- gy. 2013; 1: 74-78. Russian (Гончар Н. В., Алехина Л. А., Суворов А. Н. Пробиотические штаммы энтерококков как средства терапии и профилактики заболеваний кишечника у детей (обзор литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. № 1. С. 74-78.)
59. Bondarenko VM, Suvorova AN. Symbiotic enterococci and problems of enterococcal opportunistic infection. *Journal of Microbiology*. 2008; (3):14-27. Russian (Бондаренко В. М., Суворова А. Н. Симбиотические энтерококки и проблемы энтерококковой оппортунистической инфекции // Журнал микробиологии. 2008. № 3. С. 14-27.)
 60. Vershinin AE, Kolodzhieva VV, Ermolenko EI, Grabovskaya KB, Klimovich BV, Suvorov AN, et al. Genetic identification as a way to identify pathogenic and symbiotic strains of enterococci. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2008; (5):83-87. Russian (Вершинин А. Е., Колоджиева В. В., Ермоленко Е. И., Грабовская К. Б., Климович Б. В., Суворов А. Н., и др. Генетическая идентификация как способ выявления патогенных и симбиотических штаммов энтерококков // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2008. № 5. С. 83-87.)
 61. Peng Z, Tang J. Intestinal infection of candida albicans: preventing the formation of biofilm by C. albicans and protecting the intestinal epithelial barrier. *Front. Microbiol*. 2022; 12: 783010.
 62. Shulpekova YO. Intestinal candidiasis. *Russian Medical Journal*. 2002; 1:25-35. Russian (Шульпекова Ю. О. Кандидоз кишечника // Русский медицинский журнал. 2002. № 1. С. 25-35.)
 63. Shcherbakov PL. Questions of pediatric gastroenterology. *Russian Medical Journal. Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2003; 11(3): 103-112. Russian (Щербаков П. Л. Вопросы педиатрической гастроэнтерологии. Русский медицинский журнал. Детская гастроэнтерология и нутрициология. 2003. Том 11, № 3. С. 103-112.)
 64. Sitkin SI, Vakhitov TYa, Demyanova EV. Microbiome, colon dysbiosis and inflammatory bowel disease: when function is more important than taxonomy. *Almanac of Clinical Medicine*. 2018; 46 (5):396-425. Russian (Ситкин С. И., Вахитов Т. Я., Демьянова Е. В. Микробиом, дисбиоз толстой кишки и воспалительные заболевания кишечника: когда функция важнее таксономии // Альманах клинической медицины. 2018. № 46(5). С. 396-425.)
 65. Sartor RB, Wu GD. Roles for intestinal bacteria, viruses, and fungi in pathogenesis of inflammatory bowel diseases and therapeutic approaches. *Gastroenterology*. 2017; 152(2): 327-339.
 66. Girsch AO, Malyuk AI, Shchetina AV, Izmailova NA, Bystritsky SL, Stepanov SS. Efficacy and safety rating of enteral nutriset mixture containing metabiotic complex and β -glucans when used in nutritional support program in patients with closed craniocerebral trauma on based on monitoring of homeostasis parameters (Report 1). *Polytrauma*. 2024; (3): 6-18. Girsch A, Malyuk A, Shchetina A, Izmailova N, Bystritsky SL, Stepanov SS. Efficiency and safety rating of the enteral mixture Nutriset containing a metabiotic complex and β -glucans when used in a nutritional support program for patients with closed traumatic brain injury based on monitoring of homeostasis parameters (Report 1). *Polytrauma*. 2024; 3:6-18. Russian (Гирш А., Малюк А., Щетина А., Измайлова Н., Быстрицкий С. Л., Степанов С. С. Рейтинг эффективности и безопасности энтеральной смеси нутрисет, содержащей метабиотический комплекс и β -глюканы, при ее использовании в программе питательной поддержки у больных с закрытой черепно-мозговой травмой на основании мониторинга параметров гомеостаза (Сообщение 1) // Политравма. 2024. № 3. С. 6-18.)
 67. Shikh EV, Solovyova SA, Perkov AV. Synergism of components as the main approach to the formation of a probiotic complex. *Medical Council*. 2020; (5):120-127. Russian (Ших Е. В., Соловьева С. А., Перков А. В. Синергизм компонентов как основной подход к формированию пробиотического комплекса // Медицинский совет. 2020. № 5. С. 120-127.)
 68. Levanova LA, Zakharova YuV. Significance of the biological properties of klebsiella in the formation of disorders of intestinal microbiosenosis. *Basic and Clinical Medicine*. 2016; (1): 46-50. Russian (Леванова Л. А., Захарова Ю. В. Значение биологических свойств клебсиелл в формировании нарушений микробиоценоза кишечника // Фундаментальная и клиническая медицина. 2016. Т.1, № 1. С. 46-50.)
 69. Darkoh C, Plants-Paris K, Bishoff D, DuPont HL. Clostridium difficile modulates the gut microbiota by inducing the production of indole, an interkingdom signaling and antimicrobial molecule. *mSystems*. 2019; 4(2):e00346-18. DOI: 10.1128/mSystems.00346-18.
 70. Vakili B, Fateh A, Asadzadeh Aghdaei H, Sotoodehnejadnematalahi F, Siadat SD. Characterization of gut microbiota in hospitalized patients with clostridioides difficile infection. *Curr Microbiol*. 2020; 77(8):1673-1680. DOI: 10.1007/s00284-020-01980-x.
 71. Prokopyev VV, Vinnikova YuV, Peredelskaya EA, Safyanova TV. Species composition of Candida fungi in people with intestinal pathology and healthy people. *Pacific Medical Journal*. 2023; (1): 86-89. Russian (Прокопьев В. В., Винникова Ю. В., Передельская Е. А., Сафьянова Т. В. Видовой состав грибов рода Candida у людей с патологией кишечника и здоровых людей // Тихоокеанский медицинский журнал. 2023. № 1. С. 86-89.)
 72. Koltsov IP, Strelnikova NV, Vitko EV, Vitko LG, Savlyuk OE. Microbiological properties of opportunistic Candida saccharomycetes in chronic, recurrent infectious-inflammatory processes (literature review). *Pacific Medical Journal*. 2023; (1):19-26. Russian (Кольцов И. П., Стрельникова Н. В., Витько Е. В., Витько Л. Г., Савлюк О. Е. Микробиологические свойства условно-патогенных сахаромикетов рода Candida при хронических, рецидивирующих инфекционно-воспалительных процессах (обзор литературы) // Тихоокеанский медицинский журнал. 2023. № 1. С. 19-26.)
 73. Pappas PG, Rex JH, Sobel JD, Filler SG, Dismukes WE, Walsh TJ, et al. Infectious diseases society of America. Guidelines for treatment of candidiasis. *Clin Infect Dis*. 2004; 38(2):161-189. DOI: 10.1086/380796.
 74. Pappas PG, Kauffman CA, Andes D, Benjamin DK Jr, Calandra TF, Edwards JE Jr, et al. Clinical practice guidelines for the management of candidiasis: 2009 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis*. 2009; 48(5):503-535. DOI: 10.1086/596757.
 75. Rombey T, Panagiotopoulou IG, Hind D, Fearnhead NS. Preoperative bowel stimulation prior to ileostomy closure to restore bowel function more quickly and improve postoperative outcomes: a systematic review. *Colorectal Dis*. 2019; 21(9):994-1003. DOI: 10.1111/codi.14636.
 76. Lisovskaya SA, Khaldeeva EV, Glushko NI. Interaction of Candida Albicans and associate bacteria in candidiasis of various localization. *Problems of medical mycology*. 2013; 15(2): 40-43. Russian (Лисовская С. А., Халдеева Е. В., Глушко Н. И. Взаимодействие Candida Albicans и бактерий ассоциантов при кандидозах различной локализации // Проблемы медицинской микологии. 2013. Т. 15, № 2. С. 40-43.)
 77. Zakharova YV, Otdushkina LY, Markovskaya AA, Nesvizhsky SE, Afanasyev SS, Levanova LA. An in vitro study of the mechanisms of interaction of Candida albicans fungi with Klebsiella pneumoniae

and *Enterococcus faecalis* isolated from the intestinal microbiome of HIV-infected patients. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2022; 99(4): 420-427. Russian (Захарова Ю. В., Отдушкина Л. Ю., Марковская А. А., Несвижский Ю. В., Афанасьев С. С., Леванова Л. А. Исследование in vitro механизмов взаимодействия грибов *Candida albicans* с *Klebsiella pneumoniae* и *Enterococcus faecalis*, выделенных из кишечного микробиома ВИЧ-инфицированных пациентов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2022. № 99(4). С. 420-427.)

78. Ivanova EI, Popkova SM, Rakova EB, Nemchenko UM, Savelkaeva MV. Study of associations of *Candida* fungi with certain opportunistic pathogens in individuals with functional gastrointestinal disorders. *Bulletin of VSNCS SB RAMS*. 2011; 3 (79) Part 1: 196-198. Russian (Иванова Е. И., Попкова С. М., Ракова Е. Б., Немченко У. М., Савелькаева М. В. Изучение ассоциаций грибов рода *Candida* с некоторыми условно-патогенными микроорганизмами у лиц с

функциональными нарушениями желудочно-кишечного тракта // Бюллетень ВСНЦС СО РАМН. 2011. № 3 (79). Часть 1. С. 196-198.)

79. Method for treating intestinal dysbiosis in the postoperative period in patients with traumatic brain injury using a metabiotic drug: Patent 2836045 Russian Federation: MPC (51) A61 K 35/744 / A.O. Girsh, A.G. Kozachuk, I.G. Kozachuk, Yu.M. Samoylova; NUTRIZET LLC. No. 2024113290; declared 16.05.24; published 11.03.25, Bulletin No. 8. 2 p. Russian (Способ лечения дисбиоза кишечника в послеоперационном периоде у больных с черепно-мозговой травмой метабактериальным препаратом : Пат. 2836045 Российская федерация : МПК (51) А61 К 35/744 / А.О. Гирш, А.Г. Козачук, И.Г. Козачук, Ю.М. Самойлова; ООО «НУТРИЗЕТ». № 2024113290; заявл.16.05.24; опубл. 11.03.25, Бюл. № 8. 2 с.)
80. Singh RP, Bhardwaj A. β -glucans: apotential source formain tain-inggut microbiota andthe immune system. *Front. Nutr*. 2023; 10:1143682.

Сведения об авторах:

Еселевич Роман Владимирович — к.м.н., начальник хирургического отделения клиники кафедры военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Балюра Олег Валерьевич — к.м.н., старший преподаватель кафедры военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Гирш Андрей Оттович (автор для переписки) — д.м.н., профессор, профессор кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099. E-mail: agirsh@mail.ru

Степанов Сергей Степанович — д.м.н., старший научный сотрудник кафедры гистологии и цитологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; ул. Ленина, д. 12, г. Омск, Россия, 644099.

Мельникова Елена Владимировна — врач-бактериолог, заведующий бактериологической лабораторией Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Монгуш Сундуй Март-оолович — слушатель 2-го факультета подготовки врачей Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Левковский Сергей Сергеевич — слушатель ординатуры Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Суrow Дмитрий Александрович — д.м.н., профессор, начальник кафедры военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Статья поступила в редакцию 26.01.2026

Рецензирование пройдено 06.02.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Eselevich Roman Vladimirovich — candidate of medical sciences, head of surgery unit of clinic of department of naval surgery, Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Balyura Oleg Valerievich — candidate of medical sciences, senior lecturer of department of naval surgery, Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Girsh Andrey Ottovich (author for correspondence) — MD, PhD, professor, professor of general surgery department, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099. E-mail: agirsh@mail.ru

Stepanov Sergey Stepanovich — MD, PhD, senior researcher of department of histology and cytology, Omsk State Medical University; Lenina st., 12, Omsk, Russia, 644099.

Melnikova Elena Vladimirovna — bacteriologist, head of bacteriological laboratory of Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Mongush Sunduy Mart-oolovich — student of the 2nd faculty of training doctors of Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Levkovskiy Sergey Sergeevich — student of residency of Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Surov Dmitry Alexandrovich — MD, PhD, professor, chief of department of naval surgery, Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva st., 6Zh, Saint Petersburg, Russia, 194044.

Received 26.01.2026

Review completed 06.02.2026

Passed for printing 30.05.2026



РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С ОЖОГАМИ КОЖИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ

OUTCOMES OF SURGICAL TREATMENT IN PATIENTS WITH SKIN BURNS USING LOW-TEMPERATURE ARGON PLASMA

Зиновьев Е.В. Zinoviev E.V.
Солошенко В.В. Soloshchenko V.V.
Пятакова С.Н. Pyatakova S.N.
Кудрявцева И.А. Kudryavtseva I.A.

ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе»,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России,
ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Краснодар, Россия

Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine,
Saint-Petersburg State Pediatric Medical University,
S. M. Kirov Military Medical Academy,
St. Petersburg, Russia
Kuban State Medical University,
Krasnodar, Russia

Согласно литературным данным, низкотемпературная аргоновая плазма оказывает многогранное воздействие на ожоговую рану. Плазменные технологии активно применяются в лечении пациентов с глубокими ожогами, что позволяет выявлять новые терапевтические свойства холодной аргоновой плазмы.

Цель исследования — изучить результаты аутодермотрансплантации на ожоговые раны после обработки кожного трансплантата потоком низкотемпературной аргоновой плазмы.

Материалы и методы. Для изучения возможности фиксации аутодермотрансплантата на ожоговой ране с помощью низкотемпературной аргоноплазменной струи проанализированы результаты хирургического лечения 64 пострадавших, находившихся на лечении в отделе термических поражений ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» в период с 2023 по 2025 г. У всех пациентов были глубокие ожоги, потребовавшие пересадки кожи. На исследуемом участке ожоговой раны трансплантат обрабатывали с помощью плазменно-дуговой хирургической установки «Плазморан» (Россия). На контрольном участке фиксацию трансплантата осуществляли по периметру узловыми швами.

Результаты. Показатели приживления и дислокации трансплантата на исследуемом участке не имели статистически значимых отличий от результатов на контрольном участке. Возможность фиксации аутодермотрансплантата на ожоговой ране с помощью обработки потоком низкотемпературной плазмы без наложения лигатур снижает травматичность и трудоемкость оперативного вмешательства. Выявлено, что обработка трансплантата низкотемпературной плазмой в 2 раза сокращает частоту

According to the literature, low-temperature argon plasma is characterized by a multifaceted effect on burn wounds. Plasma technologies are actively used in the treatment of victims with deep burns, and new properties of cold argon plasma are being identified.

Objective — to study the results of autologous skin grafting on burn wounds after skin graft treatment with a low-temperature argon plasma stream.

Materials and methods. To study the feasibility of autologous skin graft fixation on a burn wound after treatment with a low-temperature argon plasma stream, the surgical treatment outcomes of 64 victims treated at the thermal injuries department of the I.I. Dzhanelidze State Research Institute of Emergency Care in St. Petersburg from 2023 to 2025 were analyzed. All patients had deep burns requiring skin grafting. The graft was treated with Plasmoran plasma arc surgical unit (Russia) on the study area of the burn wound. On the control area, the graft was fixed to the wound perimeter with interrupted sutures.

Results. The rates of graft engraftment and dislocation in the study area did not differ from those in the control area. The ability to fix the autologous skin graft to the burn wound using a low-temperature plasma stream without ligatures makes autologous skin grafting less traumatic and labor-intensive. It was found that treating the graft on the wound with low-temperature plasma reduced the incidence of hematomas and seromas under the graft by half. The plasma stream,

Для цитирования: Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Пятакова С.Н., Кудрявцева И.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С ОЖОГАМИ КОЖИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 43-47.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/686>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-43-47

образования гематом и сером под трансплантатом. Поток плазмы при выбранном режиме обработки не повреждает клетки трансплантата, что подтверждено морфологическими исследованиями: признаков разрушения клеток трансплантата и дна раны не обнаружено.

Заключение. Обработка аутодермотрансплантата на ожоговой ране потоком низкотемпературной аргоновой плазмы обеспечивает фиксацию рассеченной кожи с эффективностью, сопоставимой с наложением лигатурных швов.

Ключевые слова: ожоговая рана; низкотемпературная аргоновая плазма; пересадка кожи

using the selected treatment mode, did not damage the graft cells, as confirmed by morphological studies: no signs of cell destruction of the graft or the wound bed were detected.

Conclusion. Treatment of an autologous skin graft on a burn wound with a low-temperature argon plasma stream allows fixation of the skin graft with the same result as the application of ligature sutures.

Keywords: burn wound; low-temperature argon plasma; skin grafting

Раневой дефект, не способный к самостоятельному заживлению, требует хирургического вмешательства. Наиболее доступный и эффективный способ хирургического восстановления кожного покрова — это аутодермотрансплантация. Рассеченный трансплантат требует фиксации на гранулирующей ране в течение первой недели, пока идет процесс приживления. В этих целях используют швы, скобы, биологический клей или фракции плазмы, обогащенной тромбоцитами [1–3].

Основное действие плазмы на рану обеспечивается трехатомным кислородом (озоном) и его соединениями, а также ультрафиолетовым излучением [4–8]; кроме того, плазменная струя обладает согревающим действием. По поводу антисептической активности холодной аргоновой плазмы ведется дискуссия, между тем ее противовоспалительное действие доказано и находит применение на практике [9–11]. В нашей клинике изучали действие низкотемпературной плазмы на ожоговую рану и пересаженный трансплантат. Была отмечена стимуляция регенераторных процессов при обработке ран во время перевязок на этапе подготовки к операции. При интраоперационном использовании обратили внимание на улучшение фиксации трансплантата на ране после обработки аргоноплазменной струей. В литературных источниках подобный эффект не описан.

В процессе исследования получены клинические данные о приживлении аутодермотрансплантатов, а также результаты морфологического изучения раневых биоптатов после обработки ожоговых ран аргоноплазменной струей.

Цель исследования — изучить результаты аутодермотрансплантации на ожоговые раны после обработки кожного трансплантата потоком низкотемпературной аргоновой плазмы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ результатов хирургического лечения 64 пациентов с глубокими ожогами. Для восстановления целостности кожного покрова выполнялась аутодермотрансплантация, причем в функционально значимых зонах использовались неперфорированные трансплантаты. Пациенты находились на лечении в ожоговых отделениях ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» в период с августа 2023 года по сентябрь 2025 года. Большинство пострадавших составляли мужчины трудоспособного возраста — 46 человек (71,87 %), женщин было 18 (28,13 %). Возраст пациентов варьировал от 18 до 94 лет. У 55 обожженных причиной травмы стало пламя, у 6 — горячая вода, у 3 — контакт с горячим предметом. Средняя общая площадь поражения составила 25,61 % поверхности тела, из них глубоких ожогов — 12,83 % поверхности тела. Аутодермотрансплантация выполнялась на третьей неделе после травмы. Основной причиной позднего поступления пациентов и, как следствие, отсроченного оперативного вмешательства являлась сложная логистика доставки пострадавших в специализированный ожоговый стационар.

Ожоговая рана обрабатывалась при помощи плазменно-дуговой хирургической установки «Плазморан» (Россия). В качестве инертного газа для генерации потока плазмы использовали аргон. Процесс обработки осуществлялся с расстояния 8 см от сопла волновода до поверхности раны и занимал не более 2 секунд. Был выбран режим работы «B2» со следующими характеристиками: сила тока — 40 А, поток газа — 2,4 л/мин. Использование штатного ограничителя исключало приближение сопла волновода к ране на расстояние менее 8 см. При данном режиме на поверхности раны одновременно создавалась температура

50–60 °C в проекции округлого светового пятна диаметром 2 см (рис. 1). Отсутствие перфораций в трансплантате предупреждало его дислокацию под действием газоплазменной струи.

Изучены результаты пересадки рассеченных кожных трансплантатов после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой. В ходе динамического наблюдения во время перевязок в течение первой недели после операции фиксировали частоту формирования сером и гематом под трансплантатом. Сравнивали опытный (исследуемый) участок ожоговой раны, где применялась плазменная технология, и контрольный участок аналогичной локализации, на котором трансплантат фиксировали по периметру узловыми швами с использованием атравматического шовного материала.

Оценку процента приживления трансплантатов проводили клинически на 7–8-е сутки после оперативного вмешательства. Для удобства статистического анализа площадь прижившего трансплантата выражали в баллах, где 100 % приживления соответствовало 100 баллам. Аналогичным образом в баллах оценивали выраженность дислокации пересаженных аутодермотрансплантатов.

Кроме того, у данных пациентов интраоперационно выполняли забор биоптатов дна раны и обработанного в указанном режиме трансплантата для последующего морфологического исследования. При гистологическом анализе препаратов прицельно изучали зону фиксации трансплантата ко дну раны с целью выявления возможных признаков клеточной деструкции под действием аргоноплазменной струи. Площадь обработки аргоноплазменной струей составила $2,6 \pm 0,31$ % поверхности тела. Данное воздействие осуществлялось в функционально значимых зонах, для закрытия которых применяли неперфорированные аутодермотрансплантаты с целью достиже-

ния оптимального функционального и эстетического результатов.

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» (в редакции 2013 г.) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г.). Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» (протокол № 2-04 от 06.02.2024 г.). Перед включением в исследование всем пациентам были подробно разъяснены его цели и особенности, после чего от каждого из них получено письменное информированное согласие.

Первичный сбор и систематизацию данных осуществляли в программе Microsoft Excel. Статистический анализ результатов исследования проводили с использованием пакета программ StatSoft Statistica 10.0 (или вашей версии, например, 6.0). Количественные показатели представлены в виде средней арифметической величины (M) и стандартных отклонений (σ), качественные — в виде абсолютных значений (n) и относительных частот (%). Для оценки достоверности различий между количественными показателями независимых выборок применяли U-критерий Манна — Уитни. Сравнение качественных признаков проводили с помощью критерия χ^2 Пирсона. Критический уровень статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимался равным $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты приживления аутодермотрансплантатов оценивали на 7–8-е сутки после оперативного вмешательства. Средний показатель приживления кожного трансплантата на исследуемом участке составил $92,34 \pm 4,06$ балла (что соответствует процентам площади), на контрольном — $93,66 \pm 3,51$ балла. Статистически значимых различий между сопоставляемыми участками не выявили ($p = 0,16$). Не обнаружено также значимых различий по частоте дислокации трансплантата ($p = 0,33$): данный показатель на исследуемом

участке составил $2,34 \pm 1,54$ балла, на контрольном — $2,33 \pm 1,91$ балла. Это свидетельствует о сопоставимой эффективности фиксации трансплантата потоком низкотемпературной аргонной плазмы и традиционным наложением лигатурных швов.

В послеоперационном периоде при осмотре опытных участков раны гематом выявлено не было, серомы под трансплантатом зафиксированы в 13 случаях. На контрольных участках гематомы и серомы определялись суммарно в 26 случаях. Таким образом, обработка пересаженных трансплантатов потоком низкотемпературной плазмы позволила в 2 раза снизить частоту формирования гематом и сером под трансплантатом ($\chi^2 = 6,23$, $p = 0,013$).

В ходе морфологического исследования биоптатов *ex vivo* изучено состояние клеточных структур трансплантата и воспринимающего ложа после обработки аргонплазменной струей. Было установлено, что при использовании выбранного режима на всех участках происходила надежная фиксация расщепленного кожного трансплантата. При этом клеточные элементы как дна раны, так и самого трансплантата полностью сохраняли свою структуру и форму. Данный факт свидетельствует об отсутствии повреждающего (деструктивного) действия плазменного потока и его основных действующих факторов: ультрафиолетового излучения, повышенной температуры и озона. Подробная гистологическая картина клеточных элементов ожоговой раны представлена на рисунке 2.

При микроскопическом исследовании препаратов (рис. 2) в поверхностных отделах на границе аутодермотрансплантата с воспринимающим ложем определялись зоны гомогенизированных фиброзных волокон. Многослойный плоский ороговевающий эпителий аутодермотрансплантата характеризовался полным сохранением стратификации; признаки повреждения клеточных структур отсутствовали. Грануляционная ткань ожоговой раны содержала многочисленные кровеносные сосуды, в просвете части из которых отмечалось краевое стояние нейтрофильных лейкоцитов. Инфильтрация ткани была слабой, диффузно-очаговой, преимущественно лимфоцитарной, с присутствием единичных нейтрофилов.

Рисунок 1

Пациент М. Процесс интраоперационной обработки неперфорированного аутодермотрансплантата на гранулирующей ожоговой ране потоком низкотемпературной аргонной плазмы

Figure 1

Patient M. Intraoperative treatment of a non-perforated autodermal graft on a granulating burn wound with a low-temperature argon plasma flow

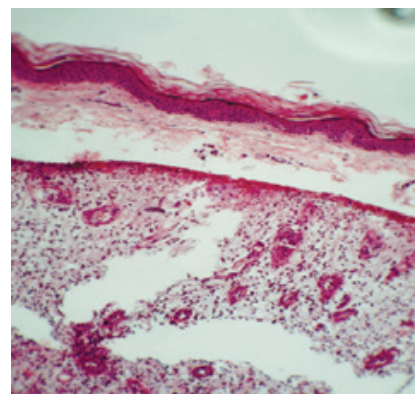


Рисунок 2

Граница между воспринимающим ложем ожоговой раны и фиксированным аутодермотрансплантатом. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение $\times 100$

Figure 2

Boundary between the receptive bed of the burn wound and the fixed autologous skin graft. Hematoxylin and eosin stain. Magnification $\times 100$



При использовании иного метода окрашивания (рис. 3) визуализировался тканевый комплекс, представлявший собой аутодермотрансплантат, фиксированный ко дну раны. Дно раны было представлено грануляционной тканью разной степени зрелости

с большим количеством сосудов и выраженной пролиферацией эндотелиоцитов; отмечалась умеренная лимфо-плазмоцитарная и нейтрофильная инфильтрация. На всем протяжении микропрепарата многослойный плоский ороговевающий эпителий сохранял стратификацию. Данная морфологическая картина подтвердила отсутствие повреждающего (деструктивного) действия аргонноплазменной струи при выбранном режиме интраоперационной обработки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные клинические данные продемонстрировали отсутствие статистически значимых различий между исследуемым и контрольным участками по показателю приживления трансплантата. Это указывает на то, что интраоперационная обработка аутодермотрансплантата на ране потоком низкотемпературной аргонной плазмы позволяет добиться результатов, сопоставимых с традиционным наложением лигатурных швов по периметру трансплантата. Частота дислокации трансплантата, обусловленная двигательной активностью пациентов в послеоперационном периоде, также значимо не отличалась в сопоставляемых зонах. Данный факт подтверждает одинаковую надежность фиксации кожной ткани как шовным материалом, так и путем воздействия аргонноплазменной струи.

Существенное снижение частоты формирования жидкостных образова-

ний (гематом и сером) под трансплантатом на исследуемом участке обусловлено отсутствием дополнительной травматизации воспринимающего ложа иглой. В то же время на контрольном участке фиксация по периферии лигатурными швами неизбежно сопровождалась механическим повреждением микрососудов дна раны.

Установлено, что для достижения максимального фиксирующего эффекта при обработке ожоговой раны потоком холодной плазмы целесообразно использовать тонкие и расщепленные трансплантаты толщиной от 0,2 до 0,4 мм. При работе с более толстыми трансплантатами воздействие аргонноплазменной струи не обеспечивало должной адгезии пересаженной кожи к поверхности грануляций. Кроме того, данная плазменная технология оказалась неэффективной при фиксации перфорированных трансплантатов: мощный поток инертного газа, проникая через перфорационные отверстия, приводил к дислокации пересаженной кожи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

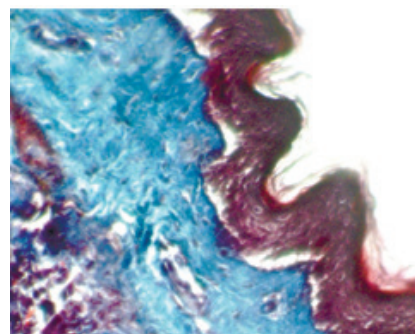
Полученные результаты позволяют считать, что при интраоперационной обработке расщепленного аутодермотрансплантата потоком низкотемпературной аргонной плазмы приживление расщепленной кожи сопоставимо с результатами на контрольных участках, где фиксация осуществлялась при помощи лигатурных швов. Данные морфологических исследований под-

Рисунок 3

Структура дна ожоговой раны и прилежащего участка кожного трансплантата после плазменного воздействия в выбранном режиме. Окраска трихромом по Массону. Увеличение $\times 100$

Figure 3

Structure of the burn wound base and adjacent skin graft after plasma treatment in the selected mode. Stained with Masson's trichrome. Magnification $\times 100$



тверждают безопасность метода: воздействие аргонноплазменной струи в выбранном режиме не оказывает деструктивного влияния на ткани, сохраняя целостность клеточных структур на всех участках трансплантата и ожоговой раны.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Shuchi A, Gupta D, Sarabahi S. An Outcome analysis of fibrin sealant versus staples for fixation of split-thickness skin grafts Indian. *J Plast Surg.* 2024;57(1):60-66.
- Tyagi A, Gupta A, Martires Ili VI, Romo M, Garg I, Tapia D, et al. Efficacy of platelet-rich plasma in reduction of post-operative split-thickness skin graft loss and hematoma formation: a meta-analysis. *Cureus.* 2021;13(5):e15160. DOI: 10.7759/cureus.15160.
- Ishii N, Akimoto M, Ogawa R. Geometric wire-frame fixation of skin grafting for lip reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2023; 11(9):e5248. DOI: 10.1097/GOX.0000000000005248.
- Martusevich AK, Golygina ES, Nazarov VV, Epishkina AA, Malysheva KS. The effect of cold helium plasma on microcirculation in the periwound zone after experimental thermal injury. *Biophysics.* 2022; 67:141-145.
- Martusevich AK, Fedotov AS, Surovegina AB, Nazarov VV. Plasma biomedicine: modern state-of-art and perspectives in regenerative medicine. *The New Armenian Medical Journal.* 2023; 17(3): 58-65.
- Bekeschus S, Woedtk T, Emmert S, Schmidta A. Medical gas plasma-stimulated wound healing: evidence and mechanisms. *Redox Biol.* 2021;46: 102116.
- Eggers B, Marciniak J, Deschner J, Mustea A, Kramer F, Nokhbehsaim M. Cold atmospheric plasma promotes regeneration-associated cell functions of murine cementoblasts in vitro. *Int. J. Mol. Sci.* 2021; 22(10): 5280.
- Bekeschus S, Woedtk T, Emmert S, Schmidta A. Medical gas plasma-stimulated wound healing: evidence and mechanisms. *Redox Biol.* 2021; Oct. 46: 102116. DOI: 10.1016/j.redox.2021.102116.
- Osmanov KF, Zinoviev EV, Osmanova ZF, Kravtsov SN. Prospects for the use of plasma therapy in biomedicine. *Pediatric Surgery.* 2019; 23(153):49. Russian (Османов К. Ф., Зиновьев Е. В., Османова З. Ф., Кравцов С. Н. Перспективы использования плазменной терапии в биомедицине // Детская хирургия. 2019. Т. 23, № 153. С. 49.)
- Osmanov KF, Movchan KN, Zinoviev EV, Artyushin BS, Kostyakov DV, Popov AA. Results of experimental use of low-temperature air plasma of corona discharge in the treatment of burn wounds. *Bulletin of Emergency and Reconstructive Surgery.* 2019; 4(2):78-83. Russian (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.)

11. Osmanov KF, Zinoviev EV, Bogdanov SB. Air plasma as a physical method for improving the treatment of burn wounds. *Medicine: Theory and Practice*. 2019; 4(3):125-129. Russian (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.)

Сведения об авторах:

Зиновьев Евгений Владимирович — д.м.н., профессор, руководитель отдела термических поражений ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе; ул. Будапештская, д. 3, г. Санкт-Петербург, Россия, 192242; профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом травматологии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России; ул. Литовская, д. 2, г. Санкт-Петербург, Россия, 194100; старший научный сотрудник НИЛ (военной хирургии) НИЦ Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044.

Солошенко Виталий Викторович (автор для переписки) — д.м.н., доцент, заведующий ожоговым отделением №3 ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе; ул. Будапештская, д. 3, г. Санкт-Петербург, Россия, 192242. E-mail: burncenter.vs@gmail.com

Пятакова Светлана Николаевна — лаборант отдела термических поражений ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе; ул. Будапештская, д. 3, г. Санкт-Петербург, Россия, 192242.

Кудрявцева Ирина Андреевна — врач-ординатор ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.

Статья поступила в редакцию 07.10.2025

Рецензирование пройдено 16.02.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Zinoviev Evgeny Vladimirovich — MD, PhD, professor, head of department of thermal injuries, Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; Budapeshtskaya St., 3, Saint Petersburg, Russia 192242; professor of the department of hospital surgery with a course in traumatology and military field surgery of St. Petersburg State Pediatric Medical University; 2 Litovskaya St., St. Petersburg, Russia, 194100; senior researcher of research laboratory (military surgery) of Research Center of S.M. Kirov Military Medical Academy; Akademika Lebedeva St., 6, Saint Petersburg, Russia 194044.

Soloshenko Vitaly Viktorovich (corresponding author) — MD, PhD, associate professor, head of burn department No. 3, Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; Budapeshtskaya St., 3, Saint Petersburg, Russia 192242. E-mail: burncenter.vs@gmail.com

Pyatakova Svetlana Nikolaevna — laboratory assistant, department of thermal injuries, Saint Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; Budapeshtskaya St., 3, Saint Petersburg, Russia 192242.

Kudryavtseva Irina Andreevna — resident physician, Kuban State Medical University; Mitrofana Sedina St., Krasnodar, Russia, 350063.

Received 07.10.2025

Review completed 16.02.2026

Passed for printing 30.05.2026



ТАКТИКА «КОНТРОЛЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ» ПРИ ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЕ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА

DAMAGE CONTROL STRATEGY FOR SPINAL CORD INJURY IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA: CLINICAL SIGNIFICANCE OF TIME FACTOR AND PHYSIOLOGICAL STATUS

Агаджанян В.В. Устьянцева И.М. Новокшенов А.В. Агаларян А.Х.
Agadzhanyan V.V. Ustyantseva I.M. Novokshonov A.V. Agalaryan A.Kh.

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия,

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics
n.a. Ya.L. Tsivyan,
Novosibirsk, Russia,

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Кемерово, Россия,

Kemerovo State Medical University,
Kemerovo, Russia,

ГБУЗ «Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары»,
г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,

Kuzbass Clinical Center of Miners' Health Protection
named after The Holy Great Martyr Barbara,
Leninsk-Kuznetsky, Russia,

ООО «Медицинский центр «Мегаполис»,
г. Кемерово, Россия

Megapolis Medical Center,
Kemerovo, Russia

Цель исследования — на основе синтеза актуальных литературных данных (2020–2026 гг.) и собственного клинического материала обосновать дифференцированный подход к выбору сроков и объема оперативного пособия на позвоночнике у пациентов с политравмой в рамках концепции «контроля повреждений» (Damage Control Orthopaedics — DCO).

Материалы и методы. Выполнен систематический анализ 42 источников, включая международные консенсусы (WSSES/EANS 2024), метаанализы и крупные когортные исследования ($n = 12\,596$). Ретроспективно-проспективно обработаны собственные данные 218 пациентов с политравмой ($ISS > 17$) и нестабильными повреждениями позвоночника (AOSpine тип B/C), находившихся на лечении в ГБУЗ «Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары» в 2020–2025 гг. Основную группу ($n = 128$) составили пациенты, пролеченные по этапной технологии DCO/DCS (Damage Control Spine, первичная наружная фиксация или скелетное вытяжение с отсроченным внутренним спондилодезом через 48–72 часа); в группу сравнения ($n = 90$) вошли больные, перенесшие раннюю тотальную помощь (Early Total Care — ETC, окончательная фиксация в первые сутки). Оценивались летальность, частота органных дисфункций и динамика неврологического дефицита (ASIA).

Результаты. Этапная тактика DCO позволила снизить частоту полиорганной недостаточности с 34,8 до 17,2 % ($p < 0,01$) и общую летальность в 1,7 раза. Принципиально значимым установлен временной интервал 24 часа для декомпрессии при нарастающем неврологическом дефиците, в то вре-

Objective — based on a synthesis of current literature data (2020–2026) and our own clinical material, to substantiate a differentiated approach to the choice of the timing and extent of surgical interventions on the spine in patients with polytrauma within the framework of Damage Control Orthopaedics (DCO).

Materials and methods. A systematic analysis of 42 sources was performed, including international consensus reports (WSSES/EANS 2024), meta-analyses, and large cohort studies ($n = 12,596$). A retrospective and prospective analysis of the data of 218 patients with polytrauma ($ISS > 17$) and unstable spinal injuries (AOSpine type B/C) treated at the Kuzbass Clinical Center for Miners' Health Protection named after the Holy Great Martyr Barbara in 2020–2025 was performed. The main group ($n = 128$) consisted of patients treated using the staged DCO/DCS technology (Damage Control Spine, primary external fixation or skeletal traction with delayed internal fusion after 48–72 hours). The comparison group ($n = 90$) included patients who underwent early total care (Early Total Care — ETC, final fixation within the first day). Mortality, the incidence of organ dysfunction, and the dynamics of neurological deficit (ASIA) were assessed.

Results. The staged DCO approach reduced the incidence of multiple organ failure from 34.8 % to 17.2 % ($p < 0.01$) and overall mortality by 1.7 times. A 24-hour decompression window for progressive neurological deficits was found to be crucial, while for hemodynamically unsta-



Для цитирования: Агаджанян В.В., Устьянцева И.М., Новокшенов А.В., Агаларян А.Х. ТАКТИКА «КОНТРОЛЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ» ПРИ ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЕ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 48–53.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/688>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-48-53

мя как для гемодинамически нестабильных пациентов отсрочка фиксации на 48–72 часа была безопасна при условии контроля жизнеугрожающих состояний. Наилучшие результаты по выживаемости зафиксированы в «терапевтическом окне» 12–48 часов после травмы.

Заключение. Стратегия оперативного лечения спинальной травмы при политравме должна основываться не на анатомических, а на физиологических критериях операбельности. Ключевым элементом безопасности является приоритетное устранение системной гипоперфузии и коагулопатии до выполнения окончательной стабилизации позвоночного столба, за исключением случаев прогрессирующей компрессии спинного мозга.

Ключевые слова: политравма; спинальная травма; повреждение спинного мозга; Damage Control Spine; сроки хирургического лечения; системный воспалительный ответ; летальность

ble patients, a 48–72-hour delay in fixation was safe if life-threatening conditions were controlled. The best survival results were recorded in the "therapeutic window" of 12–48 hours after injury.

Conclusion. The surgical treatment strategy for spinal cord injury in polytrauma should be based on physiological rather than anatomical criteria for operability. A key safety element is the priority treatment of systemic hypoperfusion and coagulopathy before definitive stabilization of the spinal column, except in cases of progressive spinal cord compression.

Keywords: polytrauma; spinal injury; spinal cord injury; Damage Control Spine; timing of surgical treatment; systemic inflammatory response; mortality

Проблема сочетанной травмы с повреждением позвоночника и спинного мозга (СМ) занимает особое место в нейрохирургии и хирургии повреждений, что обусловлено высокой инвалидизацией и смертностью среди лиц молодого, экономически активного возраста [1, 2]. По данным современных регистровых исследований, частота позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ) в структуре политравмы достигает 46 % [1–3], при этом внутрибольничная летальность при вовлечении шейного отдела позвоночника может превышать 24 % [4].

Фундаментальное противоречие ведения этой категории больных заключается в конфликте двух требований: максимально ранней декомпрессии невральных структур для предотвращения вторичного повреждения СМ и необходимости минимизации дополнительной хирургической агрессии, которая на фоне посттравматического системного воспалительного ответа (SIRS) способна запустить каскад необратимых органных дисфункций — феномен «второго удара» [5, 6]. Классическая концепция ранней тотальной помощи Early Total Care (ETC), предполагающая окончательную стабилизацию всех сегментов в первые 24 часа, показала свою несостоятельность у крайне тяжелых пациентов, сместив акцент в сторону физиологически ориентированной этапной хирургии Damage Control Orthopaedics (DCO) [1, 5].

Однако до настоящего времени в научной литературе отсутствует консолидированное мнение о строгих физиологических критериях перехода от тактики DCO к окончательной реконструкции позвоночника, равно как и о безопасном временном диапазоне отсрочки вмешательства при повреждениях разного уровня.

Цель настоящей работы — на основе синтеза мировых данных за 2020–2026 гг. и анализа собственного опыта лечения 218 пациентов сформулировать дифференцированный лечебный алгоритм, связывающий тяжесть физиологических нарушений с объемом и срочностью спинального пособия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования включал два компонента: систематический обзор литературы и ретроспективно-проспективный анализ клинических данных.

Обзор литературы. Поиск проведен в базах PubMed, Scopus, eLibrary за период с января 2020 г. по май 2026 г. Глубина анализа — 42 источника. В фокус внимания попали 5 рандомизированных контролируемых исследований, 12 крупных ретроспективных когорт (включая работу J. Нах и соавт., 2023 [7], $n = 12\,596$), 3 международных консенсуса (ключевой — WSES/EANS 2024 [8]), а также метаанализ X. Sun и соавт. (2024) [9], обобщивший данные о влиянии временного фактора на исходы.

Клинические данные. Собственную выборку составили 218 пациентов с политравмой (средний возраст — $37,9 \pm 13,4$ года; 72,7 % мужчин; средний ISS — $31,4 \pm 8,2$ балла) и нестабильными переломами позвоночника AOSpine тип В и С, последовательно поступивших в ГБУЗ «Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары» (далее — центр) в 2020–2025 гг.

Критерии включения: возраст старше 18 лет; тяжесть травмы по ISS ≥ 17 баллов; наличие сочетанного повреждения двух и более анатомических областей, одна из которых — позвоночник. Исключены пациенты с изолированной тяжелой черепно-мозговой

травмой (шкала комы Глазго < 9 баллов) как пациенты с доминирующим повреждением.

В зависимости от реализованной хирургической концепции выделены две группы. Группа сравнения — ETC ($n = 90$, 2020–2022 гг.): погружной транспедикулярный спондилодез в первые 24 часа от момента травмы независимо от гемодинамического профиля. Основная группа — DCO/DCS, Damage Control Spine ($n = 128$, 2022–2025 гг.): первичная минимально инвазивная иммобилизация (скелетное вытяжение, гало-аппарат, транспедикулярная наружная фиксация) с последующей конверсией во внутренний остеосинтез через 48–72 часа после достижения целевых параметров гомеостаза (систолического артериального давления (САД) > 85 мм рт. ст., уровня лактата $< 2,5$ ммоль/л, количества тромбоцитов $> 75 \times 10^9$ /л, международного нормализованного отношения $< 1,5$).

Оцениваемые исходы: 30-дневная летальность, частота развития острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) и полиорганной недостаточности (ПОН), динамика неврологического статуса по шкале ASIA от момента поступления до 6 месяцев наблюдения.

Проведение работы одобрено локальным этическим комитетом центра. От всех пациентов (или их близких родственников в случае невозможности продуктивного контакта с пострадавшим из-за тяжести состояния) было получено добровольное информированное согласие. Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.) и Правилами надлежащей клинической практики, утвержденными Приказом Минздрава России от 01.04.2016 № 200н.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21 (Statistical Product and Service Solutions — SPSS). Качественные признаки представлены в виде абсолютных и относительных (%) значений. Количественные переменные представлены в виде средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). Для сравнения качественных показателей использовали критерий χ^2 Пирсона, для количественных показателей — t-критерий Стьюдента. Различия признавали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эпидемиологический профиль и структура сочетанных повреждений

Согласно метаданным когорты J. Нах и соавт. (2023) [7], охватывающей 12 596 пациентов, ведущим механизмом политравмы с позвоночным компонентом явилось падение с высоты (31,1 %), доля которого при поясничной локализации достигала 50,0 % [11]. В структуре повреждений по отделам частота встречаемости распределилась следующим образом: шейный отдел — 39,7 %, грудной — 37,0 %, поясничный — 30,7 %, многоуровневые травмы — 7,2 % [12]. Тяжелые повреждения (AIS ≥ 4) статистически значимо преобладали в шейном отделе, определяя максимальный уровень внутрибольничной летальности — 24,9 %.

Анализ ассоциаций между травмированными регионами подтвердил устойчивые анатомо-клинические паттерны: травма шейного отдела значительно коррелировала с черепно-мозговой травмой, грудного — с ушибом легких (30–64 %) и гемопневмотораксом (24–39 %), поясничного — с повреждениями органов брюшной полости и тазового кольца [4, 5, 13, 14]. В собственной выборке ($n = 218$) аналогичные сочетания травм были зафиксированы у 67,4 % пациентов.

Временной фактор: ловушка ранней тотальной помощи

Ключевым результатом метаанализа X. Sun и соавт. (2024), подтвержденным данными нашего исследования, явилось выделение критического «терапевтического окна»: наилучшая выживаемость достигается при выполнении спинальной стабилизации в интервале

12–48 часов после травмы. Вмешательство ранее 12 часов сопряжено с повышенным риском геморрагических осложнений на фоне некупированного шока, тогда как отсрочка операции более чем на 48 часов приводит к росту частоты инфекционных и тромбоэмболических осложнений [15, 16].

Особого внимания заслуживает тактика хирургического лечения шейной травмы: по данным J. Нах и соавт. (2023) [7], операция на шейном отделе в первые 48 часа у пациентов с сочетанной травмой сопряжена с критически высокой тяжестью сопутствующих повреждений (включая черепно-мозговую травму), что требует превентивной интенсивной терапии нейрогенного шока и поддержания среднего артериального давления выше 85 мм рт. ст. для предотвращения вторичной ишемии [13]. Эти данные нашли отражение в рекомендациях консенсуса WSES/EANS (2024), где подчеркивается, что экстренность декомпрессии и стабилизации диктуется сочетанным анализом грубой анатомической нестабильности и динамики неврологического дефицита, требуя выполнения вмешательства в первые 24 часа с момента поступления при условии системной гемодинамической стабильности пациента [18].

В собственной серии наблюдений в группе ETC частота ОРДС и ПОН составила 34,8 % против 17,2 % в группе DCO ($p < 0,01$). Тридцатидневная летальность при этом снизилась с 18,9 до 11,0 % в группе DCO ($p = 0,041$). При многофакторном анализе предикторами неблагоприятного исхода в группе ETC выступали исходный уровень лактата > 4 ммоль/л и необходимость трансфузии более 4 доз эритроцитарной массы в первые 6 часов.

Гемодинамический и коагуляционный менеджмент

Консенсус WSES/EANS (2024) впервые формализовал строгие физиологические «цели безопасности» для пациентов с ПСМТ при политравме: поддержание САД на уровне не ниже 85 мм рт. ст. во время нейрохирургических манипуляций, порог гемотрансфузии при уровне гемоглобина < 70 г/л, количество тромбоцитов не менее $75\text{--}100 \times 10^9/\text{л}$ для спинальной операции, а также целевые параметры газообмена: парциальное давление кислорода в артериальной крови более

60 мм рт. ст. и парциальное давление углекислого газа в артериальной крови на уровне 35–40 мм рт. ст. [18]. Внедрение этого протокола в клинику с 2022 г. позволило сократить объем интраоперационной кровопотери в группе DCO на 28 % по сравнению с историческим контролем.

Неврологический исход: дилемма ранней декомпрессии

В подгруппе пациентов с исходным полным нарушением проводимости (ASIA A) сроки операции не продемонстрировали влияния на неврологический прогноз: улучшение на ≥ 1 ступень зафиксировано лишь у 12 % больных независимо от времени вмешательства, что соответствует мировым данным о низком реабилитационном потенциале при исходно полном повреждении СМ. Однако для пациентов с нарастающим неврологическим дефицитом (ASIA B/C) задержка декомпрессии более 24 часов сопровождалась достоверным снижением доли больных, достигших уровня ASIA D/E к 6 месяцам (28 % против 48 % при ранней декомпрессии, $p = 0,03$). Этот факт стал основанием для выделения «нейроваскулярной» экстренности в алгоритме: прогрессирующий дефицит требует декомпрессии в течение первых 24 часов, проводимой незамедлительно после достижения системной гемодинамической стабильности пациента.

Фармакологическая нейропротекция: смена парадигмы

Систематические обзоры 2022–2024 гг. завершили многолетнюю дискуссию о рутинном применении высокодозной глюкокортикостероидной (ГКС) терапии (метилпреднизолон 30 мг/кг болюсно) по протоколу NASCIS при ПСМТ в условиях политравмы. Достоверное повышение риска тяжелых инфекционных осложнений (нозкомиальной пневмонии, сепсиса) и желудочно-кишечных кровотечений при отсутствии доказанного влияния на восстановление двигательных функций привело к тому, что в консенсусе WSES/EANS (2024) была сформулирована сильная рекомендация против использования ГКС в данной когорте пациентов (высокий уровень доказательности) [19]. В собственной практике полный отказ от ГКС-терапии с 2020 г. не привел к ухудшению отдаленных

неврологических исходов, однако сопровождался статистически значимым снижением частоты нозокомиальных пневмоний на 14 %.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ подтверждает, что эволюция подходов к лечению ПСМТ при политравме движется по пути отказа от универсальных анатомических шаблонов в пользу индивидуализированной, физиологически детерминированной тактики. Фундаментальной патофизиологической основой этой парадигмы является концепция системного воспалительного ответа, который у пациента с политравмой уже активирован первичным «ударом» (first hit) — механической деструкцией тканей, острой кровопотерей и ишемией-реперфузией. В этой ситуации обширное транспедикулярное вмешательство, выполняемое в первые часы после поступления, способно сыграть роль мощного вторичного стимула (second hit), переводящего компенсированную гипервоспалительную реакцию в фазу полиорганной дисфункции [20, 21].

Снижение частоты ПОН в группе DCO обусловлено отсрочкой окончательной фиксации на 48–72 часа, что позволяет преодолеть пик системного воспалительного ответа и стабилизировать эндотелиальный барьер перед повторной операцией.

Особого внимания заслуживает локационно-зависимая специфика, выявленная в работе J. Нах и соавт. (2023). Парадоксально высокая летальность при ранних операциях на шейном отделе может быть связана не только с нейрогенным шоком, но и с частым сочетанием этой локализации с диффузным аксональным повреждением головного мозга и ствольными нарушениями, которые не всегда манифе-

стируют на компьютерных томограммах в первые часы [22, 23]. Этот факт диктует необходимость проведения расширенной магнитно-резонансной томографии (МРТ) шейного отдела и ствола мозга перед принятием решения об экстренной стабилизации при отсутствии грубой компрессии СМ.

Предложенный нами на основе полученных данных алгоритм трехэтапного лечения выглядит следующим образом.

I этап (0–3 ч, реанимационная операция): остановка внеспинального кровотечения, стабилизация таза, временная иммобилизация позвоночника (скелетное вытяжение, внешняя фиксация). Категорический запрет на первичный погружной спондилодез.

II этап (3–72 ч, отделение интенсивной терапии): агрессивная коррекция «летальной триады» (ацидоз, гипотермия, коагулопатия) с мониторингом целевых параметров: уровня лактата, показателей тромбоэластографии/ротационной тромбоэластометрии и индекса оксигенации.

III этап (> 48 ч, плановая операция): окончательная декомпрессионно-стабилизирующая операция (360°-спондилодез при необходимости) на подготовленном физиологическом фоне.

Исключением из правила служит документированное нарастание неврологического дефицита (переход ASIA C → ASIA A), требующее экстренной декомпрессии в рамках тактики Damage Control Neurosurgery — минимально необходимого объема (ламинэктомия, вправление вывиха) с быстрым завершением операции и возвращением пациента в ОРИТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение позвоночно-спинномозговой травмы при политравме — это не

соревнование хирургических техник, а искусство управления физиологическими рисками. Современная доказательная база (2020–2026 гг.) и собственный опыт анализа 218 клинических случаев убедительно демонстрируют, что:

- приоритетом у гемодинамически декомпенсированного пациента является не анатомическое восстановление оси позвоночника, а выведение из состояния шока. При этом раннее погружное вмешательство в данной группе больных значительно увеличивает летальность;

- безопасное «терапевтическое окно» для отсроченной окончательной стабилизации составляет 48–72 часа, за исключением случаев прогрессирующего неврологического дефицита, диктующего необходимость экстренной декомпрессии сразу после достижения системной стабильности;

- рутинное применение высокодозных ГКС по протоколам NASCIS должно быть полностью исключено из стандартов ведения пациентов с политравмой и сопутствующей ПСМТ;

- дальнейшие перспективы улучшения исходов лежат в области внедрения методов объективного нейромониторинга (интраоперационной регистрации вызванных потенциалов, перфузионной МРТ) и биологических маркеров повреждения спинного мозга для персонификации сроков и объема хирургического вмешательства.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Agadzhanyan VV, Pronskikh AA, Ustyantseva IM, Agalaryan AKh, Kravtsov SA, Krylov YuM, et al. Polytrauma. Novosibirsk : Nauka Publ., 2003. 494 p. Russian (Агаджанян В. В., Пронских А. А., Устьянцева И. М., Агаларян А. Х., Кравцов С. А., Крылов Ю. М. и др. Политравма. Новосибирск : Наука, 2003. 494 с.)
2. Agadzhanyan VV, Agalaryan AKh, Ustyantseva IM, Galyatina EA, Dovgal DA, Kravtsov SA, et al. Polytrauma. Treatment of children. Novosibirsk : Nauka Publ., 2014. 244 p. Russian (Агаджанян В. В., Агаларян А. Х., Устьянцева И. М., Галатина Е. А., Довгаль Д. А., Кравцов С. А. и др. Политравма. Лечение детей. Новосибирск : Наука, 2014. 244 с.)
3. Aghazhanyan VV, Pronskikh AA, Pronskikh AIA, Agalaryan AKh. Treatment of patients with severe closed chest injury during polytrauma. Modernization of care for patients with severe combined trauma : TRAUMA 2013 : anniversary international scientific and educational conference dedicated to the 80th anniversary of the Department of Traumatology, Orthopedics and Pirogov National Research Medical University, 10th anniversary of the Department of Traumatology and Orthopedics of the IPK of the FMBA of Russia, Moscow, November 7-8, 2013 Moscow, 2013. electronic. wholesale. disc (CD-ROM). Russian (Агаджанян В. В., Пронских А. А., Пронских Ал. А., Агаларян А. Х. Лечение пациентов с тяжелой закрытой травмой груди при политравме // Модернизация помощи больным с тяжелой

сочетанной травмой : TRAUMA 2013 : юбилейная международная научно-образовательная конференция, посвященная 80-летию кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РНИМУ им. Н.И.Пирогова, 10-летию кафедры травматологии, ортопедии ИПК ФМБА России, г. Москва, 7-8 ноября 2013 г. Москва, 2013. эл. опт. диск (CD-ROM).

4. Miclau T.A., Torres-Espin A., Morshed S. et al. Appendicular fracture and polytrauma correlate with outcome of spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2022;39(15-16):1030–1038.)
5. Pfeifer R, Klingebiel FK, Balogh ZJ, Beeres FJP, Coimbra R, Fang C, et al. Early major fracture care in polytrauma-priorities in the context of concomitant injuries: a Delphi consensus process and systematic review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2024;97(4):639-650. DOI: 10.1097/TA.0000000000004428.
6. Podell JE, Morris NA. Traumatic brain injury and traumatic spinal cord injury. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2024;30(3):721–756.
7. Hax J, Teuben M, Halvachizadeh S, Berk T, Scherer J, Jensen KO, et al. Timing of spinal surgery in polytrauma: the relevance of injury severity, injury level and associated injuries. *Global Spine J*. 2025;15(2):906-915. DOI: 10.1177/21925682231216082.
8. Picetti E, Demetriades AK, Catena F, Aarabi B, Abu-Zidan FM, Alves OL, et al. Early management of adult traumatic spinal cord injury in patients with polytrauma: a consensus and clinical recommendations jointly developed by the World Society of Emergency Surgery (WSES) & the European Association of Neurosurgical Societies (EANS). *World J Emerg Surg*. 2024;19(1):4. DOI: 10.1186/s13017-023-00525-4.
9. Sun X, Huang J, Wang W, Gan L, Cao L, Liu Y, et al. Analysis of factors influencing the surgical treatment outcomes of spinal injuries in polytrauma patients. *Ann Med Surg (Lond)*. 2024;86(12):6960-6967. DOI: 10.1097/MS9.0000000000002704.
10. Kobbe P, Krug P, Andruszkow H, Pishnamaz M, Hofman M, Horst K, et al. Early Spinal injury stabilization in multiple-Injured patients: do all patients benefit? *J Clin Med*. 2020;9(6):1760. DOI: 10.3390/jcm9061760.
11. Deng H, Luy DD, Abou-Al-Shaar H, Yue JK, Zinn PO, Puccio AM, et al. Critical care for concomitant severe traumatic brain injury and acute spinal cord injury in the polytrauma patient: illustrative case. *J Neurosurg Case Lessons*. 2022;3(2):CASE21521. DOI: 10.3171/CASE21521.
12. Alqazzaz A, Naseer Z, Beyer CA, Cannon JW, Khalsa A. Treatment approach for coexisting chest wall fractures and unstable thoracolumbar spine fractures in polytrauma patients requiring prone spine surgery. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2024;9(1): e001196. DOI: 10.1136/tsaco-2023-001196.
13. Carroll AH, Fakhre E, Quinonez A, Tannous O, Mesfin A. An update on spinal cord injury and current management. *JBJS Rev*. 2024;12(10). DOI: 10.2106/JBJS.RVW.24.00124.
14. Hersh AM, Weber-Levine C, Jiang K, Theodore N. Spinal cord injury: emerging therapies. *Neurosurg Clin N Am*. 2024;35(2):243–251.
15. Baroudi M, Rezk A, Daher M, Balmaceno-Criss M, Gregoryczyk JG, Sharma Y, et al. Management of traumatic spinal cord injury: a current concepts review of contemporary and future treatment. *Injury*. 2024;55(6):111472. DOI: 10.1016/j.injury.2024.111472.
16. Picetti E, Iaccarino C, Coimbra R, Abu-Zidan F, Tebala GD, Balogh ZJ, et al. The acute phase management of spinal cord injury affecting polytrauma patients: the ASAP study. *World J Emerg Surg*. 2022;17(1):20. DOI: 10.1186/s13017-022-00422-2.
17. Tang A, Gambhir N, Menken LG, Shah JK, D'Ambrosio M, Ramakrishnan V, et al. Identification of concomitant injuries associated with specific spine level fractures in polytrauma patients. *Injury*. 2022;53(3):1068-1072. DOI: 10.1016/j.injury.2021.12.005.
18. Wang H, Wu D, Xu W, Zhu Y, Liu H, Li C, et al. Extremity fractures in patients presenting with traumatic spinal fractures and spinal cord injury. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(4):e18789. DOI: 10.1097/MD.00000000000018789.
19. Zilbermint V, Hershkovitz Y, Peleg K, Dubose JJ, Givon A, Aranovich D, et al. Spinal cord injury in the setting of traumatic thoracolumbar fracture is not reliably associated with increased risk of associated intra-abdominal injury following blunt trauma: an analysis of a National Trauma Registry database. *Chin J Traumatol*. 2021;24(3):132-135. DOI: 10.1016/j.cjtee.2021.03.004.
20. Deng H, Tang TX, Yao Y, Zhang C, Wu H, Li ZW, et al. The incidence, clinical characteristics, and outcome of polytrauma patients with the combination of pulmonary contusion, flail chest and upper thoracic spinal injury. *Injury*. 2022;53(3):1073-1080. DOI: 10.1016/j.injury.2021.09.053.
21. Joubert C, Cungi PJ, Esnault P, Sellier A, de Lesquen H, Avaro JP, et al. Surgical management of spine injuries in severe polytrauma patients: a retrospective study. *Br J Neurosurg*. 2020;34(4):370-380. DOI: 10.1080/02688697.2019.1692787.
22. Mughes Kanna R, Prasad Shetty A, Rajasekaran S. Timing of intervention for spinal injury in patients with polytrauma. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;12(1):96–100.
23. Navas L, Mengis N, Zimmerer A, Rippke JN, Schmidt S, Brunner A, et al. Patients with combined pelvic and spinal injuries have worse clinical and operative outcomes than patients with isolated pelvic injuries analysis of the German Pelvic Registry. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):251. DOI: 10.1186/s12891-022-05193-0.

Сведения об авторах:

Агаджанян Ваграм Ваганович — д.м.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России; ул. Фрунзе, д. 17, г. Новосибирск, 630091.
<https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Устьянцева Ирина Марковна (автор для переписки) — д.б.н., профессор, член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры патологической физиологии, кафедры медицинской биохимии ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России; ул. Ворошилова, д. 22а, г. Кемерово, Россия, 650029. <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>.
E-mail: irmaust@mail.ru; kemsma@kemsma.ru

Information about authors:

Agadzhanyan Vagram Vaganovich — MD, PhD, professor, chief researcher, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan; Frunze St., 17, Novosibirsk, 630091.
<https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Ustyantseva Irina Markovna (author for correspondence) — PhD in biological sciences, professor, corresponding member of RANS, professor of department of abnormal physiology, department of medical biochemistry, Kemerovo State Medical University; Voroshilova St., 22a, Kemerovo, Russia, 650029. <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>.
E-mail: irmaust@mail.ru; kemsma@kemsma.ru

Новокшенов Александр Васильевич — д.м.н., врач-нейрохирург отделения нейрохирургии ГБУЗ ККЦОЗШ; ул. Микрорайон № 7, д. 9, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия, 652509.

Агаларян Александр Хачатурович — д.м.н., врач-хирург ООО «Медицинский центр «Мегаполис»; ул. Марковцева 10, пом. 132,133,134, г. Кемерово, Россия, 650056.

Статья поступила в редакцию 06.05.2026

Рецензирование пройдено 20.05.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Novokshonov Aleksander Vasilyevich — MD, PhD, neurosurgeon, neurosurgery unit, Kuzbass Clinical Center of Miners' Health Protection; 7th district, 9, Leninsk-Kuznetsky, Russia, 652509.

Agalaryan Alexander Khachaturovich — MD, PhD, surgeon, LLC "Megapolis Medical Center"; Markovtseva St., 10, rooms 132, 133, 134, Kemerovo, Russia, 650056.

Received 06.05.2026

Review completed 20.05.2026

Passed for printing 30.05.2026



КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОКТЕВОГО НЕРВА В ОБЛАСТИ КУБИТАЛЬНОГО КАНАЛА

A COMPREHENSIVE TECHNIQUE FOR SURGICAL TREATMENT OF COMBAT INJURIES OF THE ULNAR NERVE IN THE CUBITAL CANAL AREA

Петренко Е.А. Petrenko E.A.
Гайворонский А.И. Gaivoronsky A.I.
Алексеев Д. Alekseev D.E.
Исенгалиев И.Н. Isengaliev I.N.
Чуриков Л.И. Churikov L.I.

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
имени С.М. Кирова» Минобороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия, S.M. Kirov Military Medical Academy,
Saint Petersburg, Russia,

ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь
имени академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России,
г. Москва, Россия N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital
of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Moscow, Russia

Невропатия локтевого нерва — распространенная группа заболеваний периферической нервной системы, возникающая в результате нарушения целостности ствола или его сдавления патологически измененными тканями. В структуре причин развития невропатии локтевого нерва выделяют боевые повреждения: огнестрельные ранения, тупые или острые травмы, ожоговые повреждения в проекции нервного ствола. Это ведущие факторы в патогенезе посттравматического синдрома кубитального канала, главной особенностью которого являются относительно короткие сроки развития компрессии, что отличает его от синдрома кубитального канала мирного времени, развивающегося в процессе длительной хронической травматизации.

Цель исследования — определение комплексной тактики лечения пациентов с посттравматическими повреждениями локтевого нерва в области кубитального канала.

Материалы и методы. Разработана комплексная методика хирургического лечения боевых повреждений периферических нервов, включающая одномоментную декомпрессию, переднюю транспозицию и реконструкцию ствола. В исследование вошли 57 пациентов с боевой травмой локтевого нерва. Критерием отбора послужило нарушение целостности ствола в радиусе 10 см от зоны раневого канала в кубитальной анатомической области. Выделена основная группа из 32 пациентов, при лечении которых применялась модифицированная методика одномоментной реконструкции и транспозиции, а также контрольная группа (25 человек), в которой не применялись дополнительные этапы вмешательства. Контрольные осмотры проводились через 3, 6 и 12 месяцев после операции. Для оценки двигательной функции использовалась международная шкала Медицинского исследовательского совета (Medical Research Council — MRC), модифицированная в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко; чувствительность оценивалась по шкале восстановления сенсорной функции. Также применялись инструментальные методы: ультразвуковое исследование и электромиография. Ретроспективно

Ulnar neuropathy is a common disorder of the peripheral nervous system that occurs as a result of disruption of the trunk's integrity or its compression by pathologically altered tissue. Combat injuries, such as gunshot wounds, blunt or acute trauma, and burns affecting the nerve trunk, are among the causes of ulnar neuropathy. These factors play a key role in the pathogenesis of post-traumatic cubital tunnel syndrome, whose main characteristic is the relatively short time it takes for compression to develop, distinguishing it from peacetime cubital tunnel syndrome, which develops as a result of prolonged, chronic trauma.

Objective — to determine a comprehensive treatment strategy for patients with post-traumatic injuries of the ulnar nerve in the cubital canal region.

Materials and methods. A comprehensive surgical technique for combat-related peripheral nerve injuries was developed, including simultaneous decompression, anterior transposition, and trunk reconstruction. The study included 57 patients with combat-related ulnar nerve injuries. Selection criteria included trunk disruption within a 10-cm radius of the wound channel in the cubital tunnel. The study group of 32 patients was identified, who underwent a modified technique of simultaneous reconstruction and transposition, as well as the control group (25 patients) who did not undergo any additional interventions. Follow-up examinations were conducted at 3, 6, and 12 months postoperatively. To assess motor function, the Medical Research Council (MRC) international scale, modified at the Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, was used. Sensitivity was assessed using the Sensory Function Recovery Scale. Instrumental methods were also used, including ultrasound and electroneuromyography. The rate of nerve function recovery, pain regression, and the incidence of delayed compression in the canal were retrospectively assessed.

Для цитирования: Петренко Е.А., Гайворонский А.И., Алексеев Д., Исенгалиев И.Н., Чуриков Л.И. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОКТЕВОГО НЕРВА В ОБЛАСТИ КУБИТАЛЬНОГО КАНАЛА //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 54-65.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/689>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-54-65

оценивались скорость восстановления функции нерва, регресс болевого синдрома и частота развития отсроченной компрессии в канале.

Результаты. В основной группе положительная динамика восстановления как чувствительности, так и двигательной активности наступала раньше, чем в контрольной. Через 12 месяцев после операции признаки восстановления чувствительности отмечены у всех 32 пациентов основной группы: на уровне S2 — у 26 человек, на уровне S3–S4 — у 6. В то же время в контрольной группе аналогичные показатели составили 14 (S2) и 3 (S3–S4) случая из 25. Схожая зависимость прослеживалась и при анализе двигательной функции. В основной группе через 12 месяцев признаки восстановления моторной активности зафиксированы у 29 из 32 пациентов. В контрольной группе к этому же сроку положительная динамика отмечена лишь у 10 из 25 человек. Таким образом, применение модифицированной методики продемонстрировало наиболее высокую эффективность и скорость регенерации.

Заключение. Применение принципа одномоментной декомпрессии, передней транспозиции и реконструкции нервного ствола способствует ускорению реабилитации и улучшению функциональных исходов, одновременно выступая мерой профилактики развития посттравматического кубитального синдрома. Данная работа дополняет имеющиеся сведения о лечении повреждений периферических нервов, подтверждая высокую эффективность сочетания шва и транспозиции при боевой травме локтевого нерва в области кубитального канала.

Ключевые слова: повреждение периферических нервов; локтевой нерв; огнестрельные ранения; туннельная нейропатия; боевая травма; кубитальный канал

Results. In the study group, positive dynamics of recovery of both sensitivity and motor activity occurred earlier than in the control group. At 12 months postoperatively, signs of sensitivity recovery were noted in all 32 patients: at the S2 level in 26 patients, at the S3–S4 level in 6 patients. In the control group, similar indicators were 14 (S2) and 3 (S3–S4) cases out of 25. A similar relationship is observed in the analysis of motor function. In the study group, signs of motor activity recovery were recorded in 29 of 32 patients after 12 months. In the control group, after 6 months, positive dynamics were noted in only 10 of 25 patients. Thus, the use of the modified technique demonstrated the highest efficiency and speed of regeneration.

Conclusion. The use of the principle of simultaneous decompression, anterior transposition, and reconstruction of the nerve trunk promotes accelerated rehabilitation and improved functional outcomes, while simultaneously serving as a preventive measure for the development of post-traumatic cubital syndrome. This study expands on existing knowledge on the treatment of peripheral nerves, confirming the high efficacy of the combination of suture and transposition in combat-related injuries of the ulnar nerve in the cubital region.

Keywords: peripheral nerve injury; ulnar nerve; gunshot wounds; tunnel neuropathy; combat trauma; cubital tunnel

Боевые повреждения периферических нервов относятся к числу наиболее распространенных патологий в структуре травм при современных вооруженных конфликтах. Посттравматическая невропатия имеет особенности развития и течения, обусловленные спецификой механизма травмы. Характер боевых повреждений претерпевает значительные изменения, что сопровождается ростом частоты сочетанных и множественных поражений опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы — кооперированных повреждений. Вследствие увеличения числа минно-взрывных и осколочных ранений возрастает общее количество тяжелых комбинированных травм с вовлечением нервных структур, что требует специализированного и комплексного подхода к лечению [1, 2]. Сдавление периферических нервов патологически измененными окружающими тканями и вовлечение их в рубцово-спаечный конгломерат, возникающие вследствие ранений, приводят к развитию компрессионно-ишемических невропатий — частых и клинически значимых последствий боевых травм [3, 4].

Клинико-неврологические проявления данного поражения характеризуются формированием болевого синдрома, наличием двигательных

и чувствительных расстройств, что значительно снижает качество жизни пострадавших и затрудняет реабилитацию [5]. Это обуславливает необходимость своевременной диагностики, а также разработки и активного внедрения модифицированных подходов к хирургическому лечению и реабилитации пациентов с боевыми травмами периферических нервов, особенно в зоне анатомических туннелей.

Посттравматическая компрессионно-ишемическая невропатия развивается вследствие сдавления нерва поврежденными тканями и может возникать на любом уровне его залегания. При формировании рубцово-спаечных изменений, выступающих исходом тканевой реакции на ранение, происходит вовлечение нервного ствола в этот плотный конгломерат. Данный факт отличает патогенез и морфологию рассматриваемой патологии от классических туннельных синдромов, развивающихся при изолированном сдавлении нерва в пределах естественных анатомических каналов [6].

Патогенетически компрессия нарушает микроциркуляцию в эпинеуральных и перинеуральных сосудах. Это приводит к отеку, ишемии и демиелинизации волокон, а при боевой травме — дополнительно затрудняет аксональную регенерацию. Сдавление

нервного ствола как в проекции естественного канала, так и на любом другом участке значительно замедляет восстановление функций и ухудшает общий исход лечения.

Согласно законам раневой баллистики и патогенезу раневого процесса, при воздействии ранящего снаряда формируются три зоны: раневого канала (дефекта), первичного травматического некроза и молекулярного сотрясения. Объем раневого дефекта зависит от размеров снаряда, а общая протяженность измененных тканей во всех зонах может достигать 10 см. Нервный ствол неизбежно вовлекается в рубцово-спаечный процесс. Данное явление особенно характерно для участков анатомических туннелей, где нерв залегает поверхностно и плотно окружен тканями, формирующими естественное сужение. Подобная картина регистрируется при кооперированных повреждениях значительно чаще, чем при изолированных травмах нервного ствола [7].

В зонах первичного травматического некроза и молекулярного сотрясения в последующем формируются рубцово-фиброзные изменения. Активность этого процесса в проекции анатомических туннелей и смежных областях неизбежно приводит к развитию компрессионно-ишемической невропатии

[7]. На фоне боевых травм важными, но зачастую недооцениваемыми факторами, препятствующими регенерации локтевого нерва, выступают как его прогрессирующая компрессия в кубитальном канале, так и экстраканальное вовлечение ствола в рубцово-спаечный конгломерат.

Трудность диагностики компрессионно-ишемической невропатии локтевого нерва на ранних этапах обусловлена тем, что симптомы патологии маскируются более выраженными проявлениями основного повреждения. При полном или частичном нарушении целостности нервного ствола проведение импульса прекращается, из-за чего симптоматика сопутствующей компрессии в канале или дистальнее зоны травмы клинически не манифестирует.

При планировании хирургического вмешательства необходимо оценивать состояние локтевого нерва на всем его протяжении, а не только в зоне явного повреждения. Без полноценного предоперационного обследования зачастую упускается из виду сопутствующая компрессия, которая значительно замедляет регенерацию нервного ствола после выполнения шва или пластики.

Согласно классификации Г. Седдона (H. Seddon), повреждения периферических нервов разделяют на три типа: нейрпраксия, аксонотмезис и нейротмезис. В структуре боевой травмы традиционно выделяют нейротмезис — полный перерыв с нарушением целостности всех внутриствольных структур. Однако проанализированные нами клинические данные показывают, что аксонотмезис (повреждение аксонов при сохранности эпинеурия с последующим развитием валлеровской дегенерации) не уступает нейротмезису по частоте встречаемости, а в ряде случаев превосходит его. Патоморфологически аксонотмезис характеризуется последующим формированием внутриствольной невромы, тогда как для нейротмезиса типично образование концевых невром [8].

В условиях, когда полноценная дифференциальная диагностика причин неврологического дефицита затруднена (из-за наложения компрессионно-ишемических изменений, несостоятельности шва или сочетания различных типов повреждения по H. Seddon), скрытый патологический процесс в

туннеле продолжает прогрессировать. Это угнетает регенерацию нервного ствола и нередко остается вне поля зрения специалистов. Сходство клинико-электрофизиологических проявлений на ранних этапах может ввести в заблуждение врачей функциональной диагностики. Это приводит к ошибочной оценке степени повреждения и, как следствие, к неверному выбору лечебной тактики.

Диагностический этап играет ключевую роль в планировании хирургического вмешательства. Особое значение имеет ультразвуковое исследование (УЗИ), которое активно внедряется в базовый перечень обследований при травмах периферической нервной системы. Метод позволяет верифицировать характер и степень поражения: полный или частичный (краевой, боковой) перерыв ствола, наличие концевых или внутриствольных невром, а также признаки рубцово-спаечных изменений. УЗИ высокоинформативно и при оценке структурного состояния самого анатомического канала [9, 10].

Локтевой нерв необходимо исследовать на всем протяжении. Это позволяет исключить его вовлечение в рубец не только в зоне прямого воздействия ранящего снаряда, но и в смежных областях, даже при сохранении анатомической целостности ствола. При множественных осколочных ранениях конечности нервный ствол может вовлекаться в рубцовые ткани на нескольких уровнях. Сочетание таких изменений с патологическим процессом в кубитальном канале требует точного определения всех участков неврологически значимого поражения [10, 11]. В клинической практике встречаются сочетанные формы травматических невропатий: они включают как повреждение локтевого нерва в области кубитального канала, требующее декомпрессии и передней транспозиции, так и фиксацию анатомически целого ствола в рубцовом конгломерате на удалении более 10 см от туннеля.

Таким образом, знания о патоморфологических и патогенетических особенностях течения раневого процесса и исходах тканевой реакции служат основой для индивидуализации лечебной тактики и пересмотра стандартных протоколов [12]. Прямое повреждение нервного ствола сопряжено с высоким риском развития рубцово-спаечного процесса в кубитальном

канале. В связи с этим разработанное хирургическое вмешательство должно выполняться одномоментно. Оно направлено как на устранение последствий первичной травмы, так и на профилактику вторичной компрессии.

Отсрочка операции или ее проведение в два этапа снижают эффективность восстановления функции нерва. По этой причине необходимо применение комплексного подхода, сочетающего реконструкцию ствола, декомпрессию и переднюю транспозицию. Данный подход позволяет предотвратить отсроченную компрессию и значимо улучшить исходы лечения.

Цель исследования — определить эффективность комплексной тактики хирургического лечения пациентов с боевыми повреждениями локтевого нерва в области кубитального канала на основе применения модифицированной методики одномоментной реконструкции и транспозиции нервного ствола.

Перед исследователями ставились следующие задачи: определить необходимый и достаточный объем обследования для корректной постановки диагноза и определения тактики хирургического лечения; сформировать принципы ведения данной группы пациентов; разработать комплексный и эффективный метод оперативного вмешательства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 57 пациентов, проходивших лечение в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова и в нейрохирургических отделениях военных госпиталей в 2022–2025 гг. по поводу боевых повреждений локтевого нерва. Возраст пациентов варьировался от 18 до 50 лет; всю выборку составили лица мужского пола.

Проведение исследования одобрено независимым этическим комитетом Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (протокол № 4/20/347 от 30.03.2026 г.). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

В зависимости от характера проведенного хирургического вмешательства пациенты были разделены на две группы. В основной группе было 32 пациента с огнестрельным повреждением локтевого нерва (полный или

частичный анатомический перерыв, грубое внутривольное повреждение) локализацией в пределах 10 см от кубитального канала, без признаков многоуровневого поражения ствола (вовлечения в рубцово-спаечный процесс вне зоны прямого травмирующего воздействия). Пациентам этой группы выполнялись декомпрессия локтевого нерва в кубитальном канале, его передняя транспозиция (в мышечный туннель или подкожно), а также реконструктивный этап — шов или ауто-невральная пластика.

В контрольную группу вошли 25 пациентов с огнестрельным ранением локтевого нерва аналогичной локализации, также без признаков многоуровневого поражения ствола (вовлечения в рубцово-спаечный процесс вне зоны основного раневого канала). В данной группе дополнительные хирургические этапы (декомпрессия и транспозиция) не выполнялись; проводилась исключительно реконструкция нервного ствола путем наложения шва или выполнения аутоневральной пластики.

Контрольные осмотры пациентов проводились через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства. Для оценки двигательной функции использовалась международная шкала Медицинского исследовательского совета (Medical Research Council — MRC), модифицированная в НМИЦ нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко [12–14]:

- M0 — сокращение мышц отсутствует;
- M1 — появление едва ощутимого сокращения мышц;
- M2 — восстановление сократительной способности проксимальных и дистальных групп мышц с возможностью активных движений в суставе, но без преодоления силы тяжести;
- M2+ — то же, что и M2, но с увеличением мышечной силы, частично противодействующей силе тяжести;
- M3 — восстановление функции проксимальных и дистальных мышц в объеме, позволяющем выполнять все значимые движения вопреки силе тяжести;
- M4 — восстановление функции аналогично стадии M3, при этом мышцы способны совершать движения не только против силы тяжести, но и против умеренного сопротивления исследователя;

- M5 — полное восстановление мышечной силы (все группы мышц способны преодолевать максимальное сопротивление врача).

Для точности оценки неврологического статуса и понимания клинической картины необходимо соотносить объем и характер функциональных двигательных расстройств у пациентов с уровнем травматизации локтевого нерва относительно кубитального канала. Повреждение локтевого нерва на уровне кубитального канала или выше (на любом удалении от локтевого сустава) сопровождается тотальным нарушением двигательной активности во всех иннервируемых им мышцах предплечья и кисти (M0). В исследуемую когорту вошли 38 пациентов с высоким (на уровне средней и нижней трети плеча) повреждением локтевого нерва.

Повреждение локтевого нерва в проекции верхней и средней трети предплечья (приблизительно на 3–4 см дистальнее кубитального канала) сопровождается избирательной денервацией мышц кисти. При этом мышцы предплечья, такие как *m. flexor carpi ulnaris* и медиальная часть *m. flexor digitorum profundus*, остаются интактными. В результате сохраняется функция сгибания и приведения кисти, а также сгибание дистальных фаланг IV и V пальцев (M4–M5). Для данного уровня травмы характерно нарушение иннервации мышц кисти, снабжаемых глубокой ветвью локтевого нерва: мышц гипотенара, межкостных, медиальных червеобразных, *m. adductor pollicis* и глубокой головки *m. flexor pollicis brevis* (M0) [12]. Клинически это проявляется формированием «когтистой лапы» и выраженной слабостью при сведении и разведении пальцев (особенно при отведении мизинца). Данный уровень повреждения нервного ствола верифицирован у 19 пациентов [15].

У 4 пациентов среди всех групп (3 пациента в основной группе и 1 — в контрольной) было выявлено наличие межневральных анастомозов Мартина — Грубера, что клинически проявлялось частичным сохранением двигательной активности в зоне иннервации локтевого нерва. Симптоматически слабость движения в мизинце при сохраненной активности IV пальца кисти, атрофия мышц гипотенара выражены незначительно [15, 16].

Восстановление сенсорной функции оценивалось по международной шка-

ле восстановления чувствительности (классификация Highet) в автономной зоне иннервации локтевого нерва [13–15]:

- S0 — полное отсутствие чувствительности;
- S1 — восстановление глубокой болевой чувствительности;
- S2 — восстановление поверхностной болевой и тактильной чувствительности;
- S2+ — частичное восстановление поверхностной чувствительности с явлениями гиперпатии (чрезмерного ответа);
- S3 — восстановление поверхностной болевой и тактильной чувствительности с полным регрессом гиперпатии; дискриминация двух точек составляет более 15 мм;
- S3+ — достижение уровня S3 с восстановлением дискриминационной чувствительности (двух точек) на расстоянии от 7 до 15 мм;
- S4 — полное восстановление всех видов чувствительности; дискриминация двух точек возможна на расстоянии от 2 до 6 мм.

До проведения оперативного вмешательства у 35 (61,4 %) пациентов сенсорная функция оценивалась на уровне S0–S1. У 16 (28,1 %) человек чувствительность соответствовала критериям S2. Это было обусловлено частичным повреждением нервных волокон с формированием боковой невromы. У 6 (10,5 %) пострадавших выявили наличие межневрального анастомоза Рише — Канью (Riche — Chaignot). Наличие данного анастомоза обеспечило частичную сохранность чувствительности в автономной зоне локтевого нерва, что в последующем положительно отразилось на темпах и результатах ее восстановления.

Оценку выраженности болевого синдрома (как постоянного, так и транзиторного характера) проводили по 10-балльной шкале субъективной оценки боли (Verbal Descriptor Scale) [17]:

- 0 баллов — боль отсутствует;
- 1–2 балла — слабая боль;
- 3–4 балла — умеренная боль;
- 5–6 баллов — сильная боль;
- 7–8 баллов — очень сильная боль;
- 9–10 баллов — нестерпимая боль, болевой шок.

Комплексный подход к обследованию пациентов включал клинико-неврологический осмотр, УЗИ и электро-

нейромиографию (ЭНМГ). Неврологический осмотр позволял верифицировать моторный и сенсорный дефицит, определить степень нарушения проводимости по нервным стволам и установить топический уровень поражения. С помощью УЗИ визуализировали анатомическое состояние локтевого нерва и окружающих тканей, а также оценивали выраженность компрессии и характер структурных изменений как внутри канала, так и на экстраканальном протяжении. Данные ЭНМГ служили объективным критерием для оценки степени и характера нарушения проводимости, а также использовались в качестве маркера регенераторных процессов в динамике [11, 12].

Для оценки качества жизни пациентов в послеоперационном периоде применялась русскоязычная версия неспецифического опросника SF-36 (Short Form-36 Health Survey). Данная методика включает 36 вопросов и позволяет оценить здоровье по физическому и психологическому компонентам. Результаты рассчитывались по восьми шкалам, показатели которых варьировались от 0 до 100 баллов (более высокий балл соответствует более высокому качеству жизни):

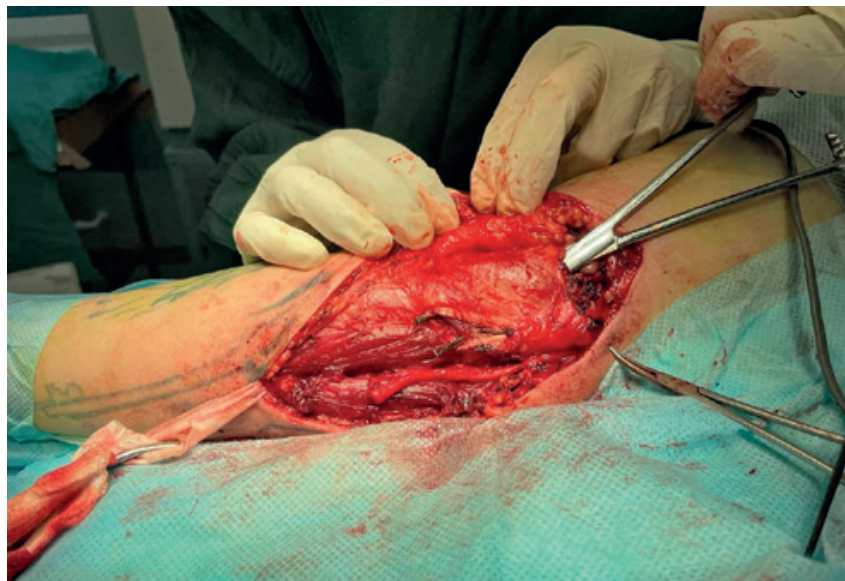
- физическое функционирование (PF) — оценка способности пациента выполнять повседневные физические нагрузки;
- ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP) — влияние физического здоровья на повседневную рабочую деятельность;
- интенсивность боли (BP) — влияние болевого синдрома на способность заниматься повседневными делами;
- общее состояние здоровья (GH) — субъективная оценка пациентом текущего состояния здоровья и его перспектив;
- жизненная активность (VT) — субъективное ощущение полноты сил, энергии и утомляемости;
- социальное функционирование (SF) — степень ограничения социальных контактов физическим или эмоциональным состоянием;
- ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE) — влияние эмоциональных проблем на выполнение работы или другой повседневной деятельности;
- психическое здоровье (MH) — оценка выраженности тревоги, депрессии

Рисунок 1

Формирование мышечного туннеля с использованием зажима Микулича. Формирование ложа для локтевого нерва

Figure 1

Creating a muscle tunnel using the Mikulicz clamp. Creating a bed for the ulnar nerve



и общего уровня положительных эмоций.

В ходе исследования учитывались следующие интраоперационные параметры: длительность хирургического вмешательства, протяженность операционного доступа (длина кожного разреза) и объем интраоперационной кровопотери.

Хирургическое вмешательство в основной группе выполнялось по модифицированной методике. Оперативный доступ осуществлялся непосредственно к области локализации повреждения локтевого нерва (участку полного или частичного анатомического перерыва) с расширением операционной раны до проекции кубитального канала. В некоторых случаях в эстетических целях формировались два отдельных доступа: первый — для декомпрессии и формирования мышечного туннеля, второй — для ревизии, невролиза и наложения шва нервного ствола. Формирование мышечного туннеля между локтевым сгибателем кисти и сгибателями пальцев представлено на рисунке 1; последующее проведение мобилизованного дистального сегмента локтевого нерва внутрь этого туннеля показано на рисунке 2. После иссечения концевых невром концы нерва сопоставлялись и соединялись с помощью эпиневрального шва (рис. 3). Эпиневральный шов накладывали нерассасывающимся

шовным материалом (7/0, 8/0) после адекватного сопоставления пучков с формированием простых узловых швов по всему диаметру нерва с шагом 0,5–1 мм. Отсутствие натяжения при сопоставлении обеспечивает оптимальные условия для аксональной регенерации и значительно снижает риск разрыва нервного ствола в зоне анастомоза [18, 19].

При значительном диастазе между проксимальным и дистальным концами нерва, когда выполнение прямого шва без натяжения было невозможным, выполняли аутопластику с использованием депрессорного трансплантата из *n. suralis* (рис. 4) [20]. Аутопластику производили путем подшивания забранной вставки к обоим полюсам поврежденного нерва под оптическим увеличением операционного микроскопа с использованием нерассасывающегося шовного материала 8/0.

На разработанную методику операции получен патент РФ № 2850220 («Способ лечения огнестрельных ранений локтевого нерва в области локтевого сустава»; авторы: Гайворонский А. И. и др.; патентообладатель: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ; заявка № 2025107370/14 от 27.03.2025; опублик. 06.11.2025).

При анализе результатов исследования мы исходили из того, что деком-

прессия локтевого нерва и его передняя транспозиция должны обеспечивать максимальное восстановление сенсорной и моторной функции при минимальной травматичности доступа и контролируемом объеме кровопотери.

Данный способ восстановления непрерывности локтевого нерва в проекции кубитального канала является клинически обоснованным. При его реализации также необходимо выполнять дополнительные хирургические этапы, а именно обязательную транспозицию нервного ствола (или сформированных аутоневральных вставок) в мышечный туннель или подкожно.

Пациентам, у которых по окончании оперативного вмешательства было осуществлено вынужденное сгибание конечности в локтевом суставе, выполнялась иммобилизация с помощью косыночной повязки, гипсовой лонгеты или ортеза. В послеоперационном периоде всем прооперированным назначалась комплексная консервативная терапия, включавшая анальгетики для купирования болевого синдрома, нейропротекторы и витамины группы В. После снятия кожных швов и прекращения иммобилизации в обязательном порядке проводились реабилитационные мероприятия: лечебная физическая культура, массаж и электростимуляция денервированных мышц [20, 21].

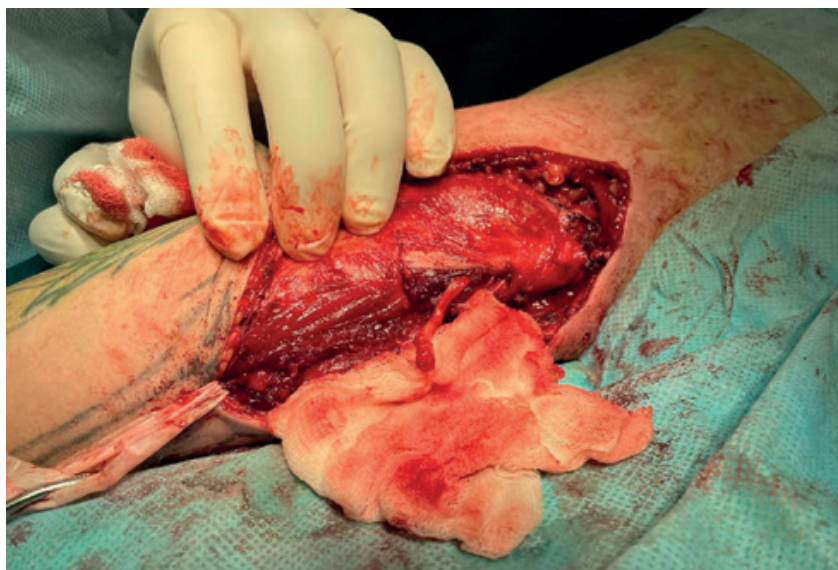
Сопоставление техники выполнения оперативных вмешательств в исследуемых группах проводили в соответствии с клиническими протоколами оценки декомпрессии локтевого нерва в кубитальном канале и его передней транспозиции. Измерения временных, гемодинамических и линейных пара-

Рисунок 2

Проведение проксимального конца локтевого нерва в мышечный туннель

Figure 2

Passing the proximal end of the ulnar nerve into the muscular tunnel



метров (продолжительность операции, объем интраоперационной кровопотери, длина кожных разрезов) регистрировали в индивидуальных картах пациентов и обрабатывали с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и статистических пакетов программ.

После проверки нормальности распределения количественных признаков методом Шапиро – Уилка с помощью описательной статистики были вычислены средняя арифметическая величина (M) и ее стандартное отклонение (SD). Данные представлены в формате $M \pm SD$. Для исключения статистических выбросов в каждой изучаемой выборке применяли метод Романовского с выбранным уровнем зна-

чимости $p < 0,05$ с целью обеспечения однородности вариационных рядов.

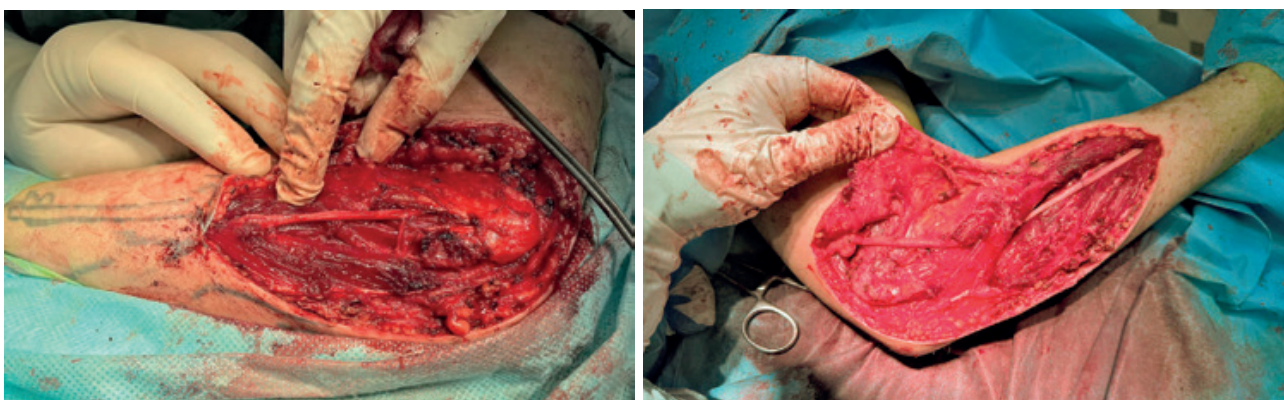
Для оценки статистической значимости различий между качественными (номинальными) признаками (частота восстановления сенсорной и моторной функции, показания к повторному вмешательству, удовлетворенность результатами лечения) использовали критерий Хи-квадрат Пирсона (при необходимости — с поправкой Йейтса на непрерывность) или точный критерий Фишера при количестве наблюдений в одной из ячеек таблицы сопряженности менее 5. Критический уровень значимости при проверке всех статистических гипотез принимался равным 0,05. Во всех случаях приводили точное значение достигнутого уровня значи-

Рисунок 3

Выполнение шва локтевого нерва без натяжения

Figure 3

Performing a tension-free ulnar nerve suture



мости (р), за исключением величин $p < 0,001$. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При сопоставлении техники выполнения оперативных вмешательств в исследуемых группах ключевым отличием являлось проведение дополнительных этапов в основной группе: декомпрессии локтевого нерва в кубитальном канале и его последующей передней транспозиции в сформированный мышечный туннель.

Средняя продолжительность операции с выполнением дополнительных этапов составила $146,4 \pm 61,9$ мин, что статистически значимо превышало время вмешательства в контрольной группе — $114,7 \pm 45,8$ мин ($p < 0,05$). Средний объем интраоперационной кровопотери в основной группе составил $33,7 \pm 2,2$ мл, в контрольной — $19,3 \pm 1,8$ мл ($p < 0,05$). Средняя длина кожных разрезов в основной группе достигала $13,2 \pm 2,9$ см, тогда как в контрольной — $8,7 \pm 1,9$ см ($p < 0,05$).

Динамика восстановления сенсорной функции в автономной зоне иннервации имела значимые межгрупповые различия (рис. 5):

- через 3 месяца после операции в основной группе признаки восстановления чувствительности зафиксированы у 19 (59,4 %) из 32 пациентов (у 15 человек — на уровне S2, у 4 — на уровне S3–S4). В контрольной группе к этому сроку аналогичные показатели отмечены у 12 (48,0 %) из 25 больных (у 10 — уровень S2, у 2 — уровень S3–S4);

- через 6 месяцев в основной группе положительная динамика зарегистрирована у 27 (84,4 %) человек (у 22 — S2, у 5 — S3–S4), в то время как в контрольной группе — у 15 (60,0 %) пациентов (у 12 — S2, у 3 — S3–S4);

- через 12 месяцев в основной группе признаки восстановления чувствительности верифицированы у всех 32 (100 %) прооперированных: на уровне S2 — у 26 человек, на уровне S3–S4 — у 6 человек. В контрольной группе через год аналогичные показатели составили 14 (S2) и 3 (S3–S4) случаев из 25 (суммарно у 17 пациентов, 68,0 %).

Анализ динамики моторной функции также выявил значимые преимущества модифицированной методики (рис. 6):

- через 3 месяца после операции признаки восстановления двигательной

Рисунок 4

Выполнение аутопластики локтевого нерва вставками из *nervus suralis*
Figure 4
Autografting of the ulnar nerve using inserts from *nervus suralis*

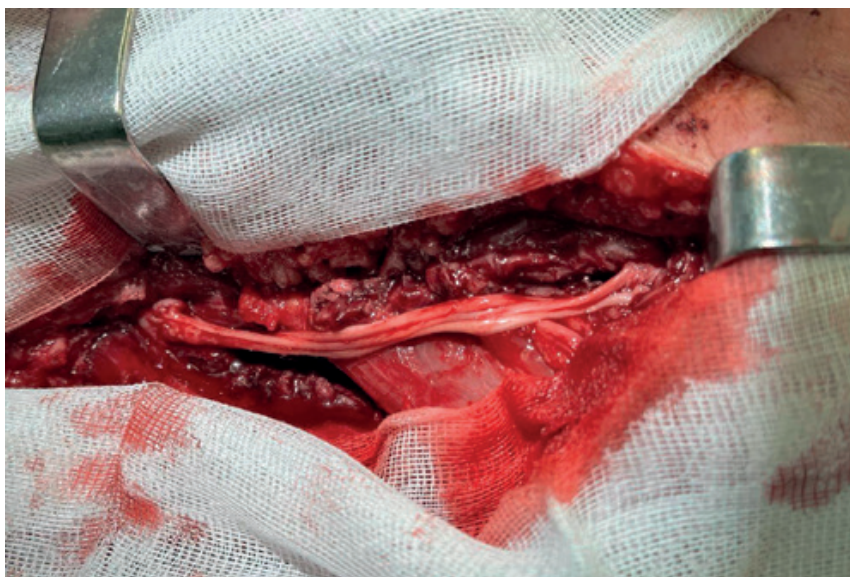
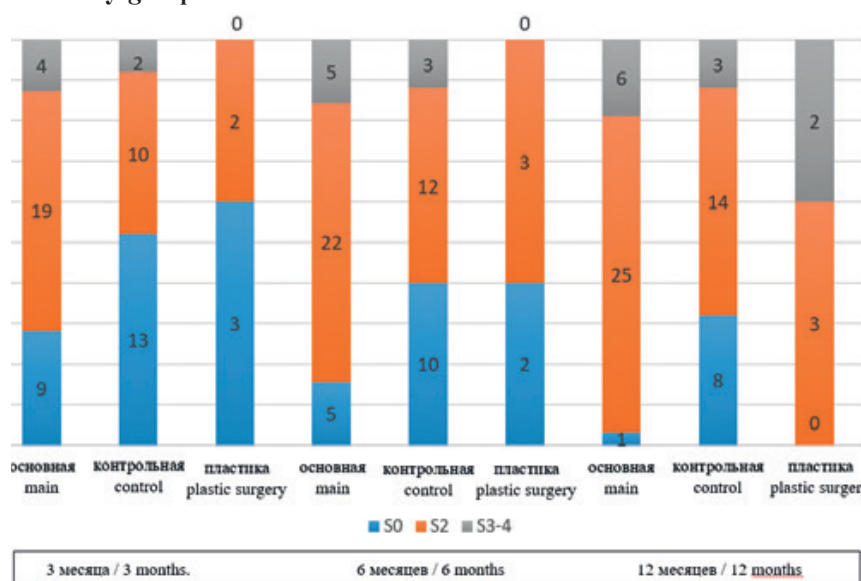


Рисунок 5

Динамика восстановления чувствительности через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного лечения в группах исследования
Figure 5
Dynamics of sensitivity recovery 3, 6, and 12 months after surgery in the study groups



активности в основной группе наблюдались у 8 (25,0 %) из 32 пациентов, тогда как контрольной — только у 2 (8,0 %) из 25 человек;

- через 6 месяцев в основной группе положительная двигательная динамика отмечена у 17 (53,1 %) человек, в то время как в контрольной группе — лишь у 5 (20,0 %) пациентов;

- через 12 месяцев в основной группе частичное или полное восстановление моторной функции верифицировано у 29 (90,6 %) из 32 прооперированных.

В контрольной группе к этому сроку аналогичный показатель составил 10 (40,0 %) случаев из 25.

Отдельно были проанализированы результаты лечения в подгруппе пациентов, которым выполнялась ауто-невральная пластика локтевого нерва трансплантатом из *n. suralis* ($n = 5$). На контрольных осмотрах зафиксированы следующие исходы:

- через 3 месяца: у 2 из 5 пациентов отмечено восстановление чувствительности до уровня S2;

- через 6 месяцев: у 2 пациентов зарегистрированы первые признаки восстановления двигательной активности, а регенерация сенсорной функции подтверждена у 3 человек;

- через 12 месяцев: у всех 5 пациентов данной подгруппы достигнуто восстановление как чувствительности, так и двигательной активности иннервируемых мышц.

Оценка интенсивности болевого синдрома проводилась с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) [22, 23]. Через 3 месяца после операции пациенты основной группы отмечали значительное снижение боли: с 5–6 до 1–2 баллов, тогда как в контрольной группе средние показатели снизились лишь до 2–3 баллов. Через 6 месяцев в основной группе болевой синдром полностью регрессировал у всех прооперированных, в то время как в контрольной группе у 22 (88,0 %) человек интенсивность боли по-прежнему оценивалась в 2 балла.

По данным контрольной ЭНМГ, спустя 12 месяцев у 7 (21,9 %) пациентов основной группы фиксировались электрофизиологические признаки выраженного тотального аксонального поражения, несмотря на стойкое клиническое улучшение и регресс симптоматики. В контрольной группе аналогичные явления были отмечены у 6 (24,0 %) пациентов.

По прошествии 12 месяцев после оперативного лечения у 22 (88,0 %) пациентов контрольной группы были определены показания к повторному хирургическому вмешательству: стойкий болевой синдром, не поддающийся коррекции консервативной терапией (16 человек, 2–3 балла по ВАШ), а также полное отсутствие признаков восстановления двигательной и чувствительной активности (6 человек). Этой категории больных выполнялось повторное вмешательство в объеме ревизии, неврוליза нервного ствола и его передней транспозиции (в мышечный туннель или подкожно).

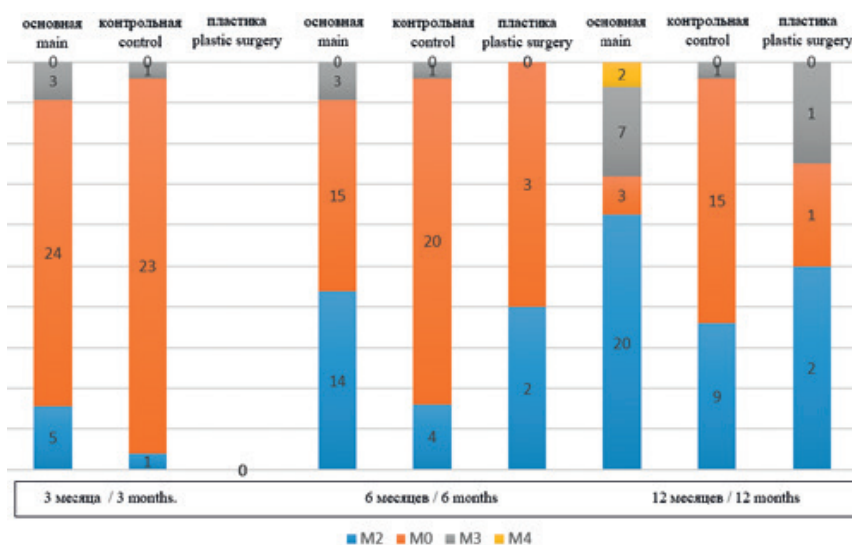
Анализ интегральных показателей моторного восстановления продемонстрировал значимые межгрупповые различия: в основной группе возврат движений наблюдался у 29 из 32 пациентов (90,6 %), тогда как в контрольной — лишь у 10 из 25 человек (40,0 %; точный критерий Фишера, $p < 0,001$). Сходные результаты получены и при оценке сенсорной функции: в основ-

Рисунок 6

Динамика восстановления двигательной активности через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного лечения в группах исследования

Figure 6

Dynamics of motor activity recovery 3, 6, and 12 months after surgery in the study groups



ной группе восстановление чувствительности разной степени выраженности зафиксировано у всех 32 (100 %) пациентов, в то время как в контрольной — только у 17 из 25 больных (68,0 %; точный критерий Фишера, $p = 0,001$).

Восстановление сенсорной и моторной функций в когорте пациентов, перенесших аутоневральную пластику, оценивалось изолированно. Данная подгруппа не сопоставлялась с основной и контрольной группами из-за малого объема выборки ($n = 5$), а также по причине того, что при выполнении аутопластики передняя транспозиция нервного ствола является обязательным элементом хирургического пособия. Выделение сопоставимой группы пациентов с изолированной аутоневральной пластикой без дополнительных этапов в рамках данного исследования не представлялось возможным. Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о высокой клинической эффективности разработанного комплексного вмешательства в основной группе при оценке восстановления как двигательной, так и чувствительной активности.

Анализ анкет субъективной оценки удовлетворенности результатами лечения показал, что большинство пациентов основной группы были удовлетворены исходами операции: 22 (68,8 %) раненых отметили восстановление способности к привычной повседневной деятельности (с незначительными ограничениями). В конт-

рольной группе аналогичные результаты смогли продемонстрировать лишь 8 (32,0 %) пациентов, тогда как у остальных прооперированных показатели качества жизни оставались на стабильно низком уровне.

При анализе данных профильного тестирования по шкале SF-36 [24] через 12 месяцев после оперативного вмешательства установлено, что в основной группе значения всех субшкал, отражающих физический и психологический компоненты здоровья, были статистически значимо выше, чем в контрольной (рис. 7, 8).

ОБСУЖДЕНИЕ

Боевые повреждения локтевого нерва в области кубитального канала представляют собой сложную и нетипичную клиническую ситуацию, особенно при наличии грубого внутривенозного разрушения или полного анатомического перерыва. Выбор тактики хирургического лечения определяется характером травмы, локализацией ранения, индивидуальными анатомическими особенностями нервного ствола и сроками, прошедшими с момента получения ранения. В данном исследовании проанализирована когорта из 57 пациентов с травмой локтевого нерва в проекции кубитального канала и в радиусе 10 см от него. В 32 случаях хирургическое пособие выполнялось одномоментно и включало декомпрессию в канале, перед-

нюю транспозицию и наложение эпинеурального шва.

Ключевым и патогенетически обоснованным этапом оперативного вмешательства является декомпрессия нерва в естественном анатомическом туннеле с его последующим перемещением в сформированное мышечное ложе [19, 21]. Достигнутая за счет мобилизации сегментов подвижность нервного ствола позволяет выполнить его шов без натяжения, что в ряде случаев избавляет от необходимости проведения аутопластики. Кроме того, передняя транспозиция локтевого нерва не только исключает риск развития посттравматического синдрома кубитального канала в послеоперационном периоде, но и минимизирует вероятность несостоятельности (разрыва) анастомоза в процессе реабилитации, значительно снижая частоту повторных хирургических вмешательств.

Прямых аналогов проведенного исследования в доступной профильной литературе не описано. Существующие публикации содержат сравнительный анализ эффективности изолированной декомпрессии и различных видов транспозиции, однако они ограничиваются изучением травм мирного времени и не затрагивают специфику боевой огнестрельной или минно-взрывной патологии нервного ствола.

Анализ профильной литературы показывает, что при лечении компрессионных невропатий локтевого нерва традиционно применяются два метода: простая декомпрессия и передняя подмышечная транспозиция. Так, в рандомизированном контролируемом исследовании R. Bartels и соавт. (2005) [25] с участием 152 пациентов отличные и хорошие функциональные исходы через 12 месяцев были достигнуты у 65 % больных после изолированной декомпрессии и у 70 % — после транспозиции. При этом общий уровень послеоперационных осложнений оказался достоверно выше в группе транспозиции (31,1 % против 9,6 %). На основании этих данных авторы публикации склоняются к целесообразности выполнения исключительно простой декомпрессии без дополнительных ятрогенных воздействий, не отмечая клинически значимых различий в эффективности между двумя методиками.

Однако мы не можем экстраполировать результаты указанной работы на нашу выборку, поскольку патогенез и

Рисунок 7

Результаты анкетирования по опроснику SF-36 пациента К. (основная группа)

Figure 7

Results of the SF-36 questionnaire for patient K. (main group)

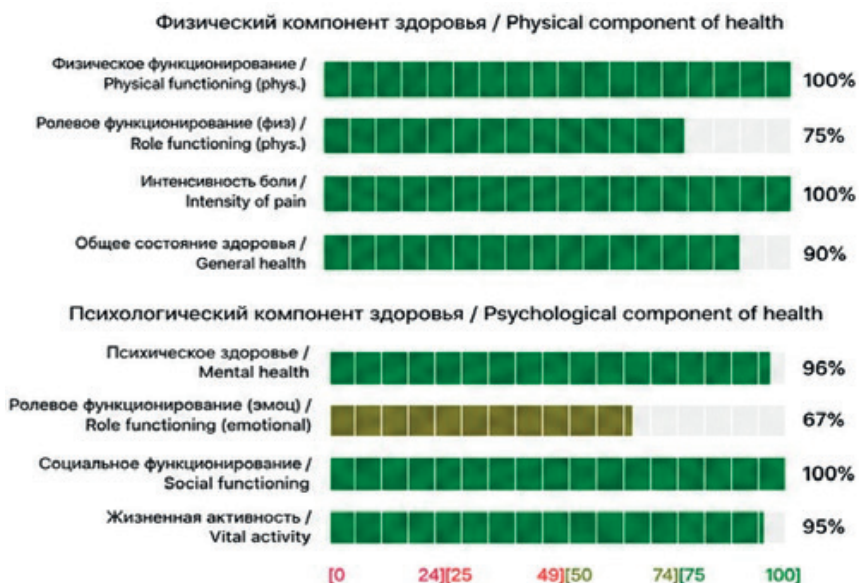


Рисунок 8

Результаты оценки качества жизни по опроснику SF-36 пациента И. (контрольная группа)

Figure 8

Results of the quality of life assessment using the SF-36 questionnaire for patient I. (control group)



морфологическая картина рассматриваемой нами патологии принципиально отличаются от параметров компрессионных синдромов мирного времени. В случае боевой травмы локтевого нерва ситуация усугубляется баллистическими особенностями ранения и выраженным рубцово-спаечным процессом. В доступной отечественной и зарубежной литературе данные о результатах выполнения одно-

ментного хирургического пособия, сочетающего декомпрессию, переднюю транспозицию и реконструкцию локтевого нерва при огнестрельных и минно-взрывных ранениях, на сегодняшний день отсутствуют.

В профильной литературе, посвященной травмам локтевого нерва в области кубитального канала, отмечается значительное разнообразие хирургических подходов. Однако актуальные

и систематизированные данные, касающиеся применения модифицированных методик хирургического лечения в условиях огнестрельных ранений, практически отсутствуют [4, 7, 26, 27]. Такие методы, как декомпрессия нерва в пределах кубитального канала, его передняя транспозиция в мышечный туннель или перемещение в подкожное ложе, недостаточно представлены в клинических рекомендациях и описаниях конкретных клинических случаев [17, 18, 28, 29]. Отсутствие стандартизированных подходов затрудняет формирование единых протоколов ведения пациентов с тяжелыми травмами локтевого нерва. В условиях современных вооруженных конфликтов именно эти повреждения представляют собой актуальную проблему, требующую разработки четких алгоритмов диагностики и лечения.

Предложенный нами комплексный подход к лечению боевой травмы нервного ствола, несмотря на необходимость продолжения исследований и дальнейшего мониторинга для оценки отдаленных результатов реиннервации, уже успешно зарекомендовал себя в клинической практике. Подтверждением этому служат 32 описанных нами случая с положительным функциональным исходом. Данная работа существенно дополняет имеющиеся сведения о хирургии периферических нервов, доказывая высокую эффективность одномоментного сочетания реконструктивного этапа и передней транспозиции при боевой травме локтевого нерва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одномоментное выполнение декомпрессии, передней транспозиции и

реконструкции локтевого нерва представляет собой наиболее рациональный и клинически обоснованный подход при лечении боевых повреждений в области кубитального канала. Применение этого комплексного метода позволяет предупредить развитие компрессионно-ишемической невропатии в отдаленном периоде, способствует более эффективному восстановлению функций конечности, сокращает сроки реабилитации и значительно снижает вероятность повторных хирургических вмешательств.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gaivoronsky AI, Svistov DV, Kolomentsev SV, Ovchinnikov DV, Ivchenko EV, Onnitsev IE and others. The concept of providing neurosurgical care for combat injuries of peripheral nerves. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2024; 26(4):627-638. (Гайворонский А. И., Свистов Д. В., Коломенцев С. В., Овчинников Д. В., Ивченко Е. В., Онницев И. Е. и др. Концепция оказания нейрохирургической помощи при боевых повреждениях периферических нервов // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2024. Т. 26, № 4. С. 627-638. DOI: 10.17816/brmma634434.)
- Gilveg AS, Parfenov VA, Evzikov GYu. Modern principles of diagnosis and treatment of ulnar nerve neuropathy at the cubital tunnel level. *Vrach*. 2021; (12). Russian (Гильвер А. С., Парфенов В. А., Евзиков Г. Ю. Современные принципы диагностики и лечения нейропатии локтевого нерва на уровне кубитального канала // Врач. 2021. № 12.)
- Yarikov AV, Baytinger AV, Logutov AO, Perlmutter OA, Fraerman AP, Bytinger AF, et al. Modern principles of diagnosis and treatment of ulnar nerve neuropathy at the cubital tunnel level. *Vrach*. 2023; 34(10): 21-27. Russian (Яриков А. В., Байтингер А. В., Логутов А. О., Перльмуттер О. А., Фраерман А. П., Байтингер В. Ф. и др. Современные принципы диагностики и лечения нейропатии локтевого нерва на уровне кубитального канала // Врач. 2023. Т. 34, № 10. С. 21-27.)
- Alekseev ED. Differentiated treatment of modern combat firearm injuries of peripheral nerves: author's abstract of Cand. Med. Sci. diss. 14.00.28. St. Petersburg: N.N. Burdenko Neurosurgery Research Institute, 1998. 15 p. Russian (Алексеев Е. Д. Дифференцированное лечение современных боевых огнестрельных повреждений периферических нервов: дисс. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 1998. 22 с.)
- Kolomentsev AV, Litvinenko IV, Tsygan NV, Bulatov AR, Gaivoronsky AI, Kolomentseva AV, et al. Features of diagnosis, treatment and curation of patients with neuropathic pain syndrome of traumatic origin. *News of the Russian Military Medical Academy*. 2023; 42(4):357-367. Russian (Коломенцев А. В., Литвиненко И. В., Цыган Н. В., Булатов А. Р., Гайворонский А. И., Коломенцева А. В. и др. Особенности диагностики, лечения и курации пациентов с невропатическим болевым синдромом травматического генеза // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42, № 4. 357-367.)
- Yarikov AV, Shpagin MV, Perlmutter OA, Fraerman AP, Mukhin AS, Stolyarov II, et al. Tunnel syndrome: modern approaches to diagnosis and treatment. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2021; 12: 939-954. Russian (Яриков А. В., Шпагин М. В., Перльмуттер О. А., Фраерман А. П., Мухин А. С., Столяров И. И. и др. Синдром кубитального канала: современные подходы к диагностике и лечению // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2021. № 12. С. 939-954.)
- Guidelines on Military Field Surgery. Edited by I.M. Samokhvalov, A.N. Belskikh. Moscow: Main Military Medical Directorate, 2013. 1056 p. Russian (Указания по военно-полевой хирургии / под ред. И.М. Самохвалова, А.Н. Бельских. Москва: ГВМУ, 2024. 1056 с.)
- Seddon HJ. Three types of nerve injury. *Brain*. 1943; 66(4): 237-288.
- Mitkov VV. Practical guide to ultrasound diagnostics. General ultrasound. 3rd ed. Moscow: Vidar-M Publishing House, 2011. 712 p. Russian (Митьков В. В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика. 3-изд. Москва: Издательский дом Видар-М, 2019. 712 с.)
- Akhmadeeva LR, Davydov OS, Danilov AB, Dukhanin AS, Evzikov GYu, Zhivolupov SA, et al. A diagnostic algorithm for tunnel mononeuropathies management (consensus of experts). *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024; 124(6):80-88. Russian (Ахмадеева Л. Р., Давыдов О. С., Данилов А. Б., Духанин А. С., Евзиков Г. Ю., Живолупов С. А. и др. Алгоритм диагностики и лечения туннельных мононейропатий верхней конечности (консенсус экспертов) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2024. Т. 124, № 6. С. 80-88.)
- Orlov AYU, Dzhigania R, Nazarov AS, Bersnev VP, Butovskaya DA. Differential diagnosis of ulnar nerve neuropathies at the level of the cubital canal with competing diseases. *Bulletin of I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University*. 2018; 10(2):5-11. Russian (Орлов А. Ю., Джиганиа Р., Назаров А. С., Берснев В. П., Бутовская Д. А. Дифференциальная диагностика невропатий локтевого нерва на уровне кубитального канала с конкурирующими заболеваниями // Вестник Северо-Западного государственного медицин-

- ского университета им. И.И. Мечникова. 2018. Т. 10, №2. С. 5-11. DOI: 10.17816/mechnikov20181025-11)
12. Bhat NP, Toshniwal P, Acharya A, Shetty A, Andrade LS. Study of superficial variations of ulnar nerve beyond the flexor retinaculum: a comprehensive review for surgical practice. *Surg Radiol Anat.* 2025;47(1):212. DOI: 10.1007/s00276-025-03719-4.
 13. Zhivolupov SA, Rashidov NA, Samartsev IN, Yakovlev EV. Modern views on regeneration of nerve fibers in injuries of the peripheral nervous system. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2013; (3): 190–198. Russian (Живолупов С. А., Рашидов Н. А., Самарцев И. Н., Яковлев Е. В. Современные представления о регенерации нервных волокон при травмах периферической нервной системы // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2013 №3 С. 190–198.)
 14. Merkulov MV. Optimization of tissue innervation restoration in limb peripheral nerve injuries (experimental-clinical study): Dr. Med. Sci. diss. 14.01.15 Traumatology and Orthopedics, 14.03.03 Pathological Physiology. Moscow: Priorov CITO, 2014. 42 p. Russian (Меркулов М. В. Оптимизация восстановления иннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей (экспериментально-клиническое исследование): автореф дис. ... д-ра. мед. наук: 14.01.15 травматология и ортопедия, 14.03.03 патологическая физиология. Москва: ЦИТО им. Н.Н. Приорова, 2014. 42 с.)
 15. Filyaeva AS, Yarikov AV, Fraerman AP, Perlmutter OA, Tsybusov SN, Khokhlov MYu, et al. Aspects of surgical treatment of peripheral nerve injuries – current state of the problem. *Healthcare of Yugra: Experience and Innovations.* 2024;(1):38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekty-hirurgicheskogo-lecheniya-povrezhdeniy-Russian> (Фильяева А. С., Яриков А. В., Фраерман А. П., Перлмуттер О. А., Цыбусов С. Н., Хохлов М. Ю. и др. Аспекты хирургического лечения повреждений периферических нервов – современное состояние проблемы // Здравоохранение Югры: опыт и инновации. 2024. № 1 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekty-hirurgicheskogo-lecheniya-povrezhdeniy->)
 16. Kolesnikov LN. Terminologia Anatomica: International anatomical terminology: (with an official list of Russian equivalents). Edited by LN. Kolesnikov, LN. Kolesnikov; Russian Anatomist. Nomenclature Commission of the Ministry of Health of the Russian Federation, All-Russian Scientific about anatomists, histologists and embryologists. Moscow: Medicine, 2003. 424 p. ISBN 5-225-04765-3, 978-5-225-04765-8. Russian (Колесников Л. Н. Terminologia Anatomica: международная анатомическая терминология : (с официальным списком русских эквивалентов) / под ред. Л. Л. Колесникова; Рос. анатом. номенкл. комиссия Минздрава РФ, Всерос. науч. о-во анатомов, гистологов и эмбриологов. Москва : Медицина, 2003. 424 с. ISBN 5-225-04765-3, 978-5-225-04765-8.)
 17. Odinak MM, Zhivolupov SA. Diseases and injuries of the peripheral nervous system. St. Petersburg: Litres, 2017. 367 p. Russian (Одинак М. М., Живолупов С. А. Заболевания и травмы периферической нервной системы. Санкт-Петербург: Litres, 2017. 367с.)
 18. Govenko FS. Surgery of peripheral nerve injuries. St. Petersburg: Feniks, 2010. 383 p. Russian (Говенько Ф. С. Хирургия повреждений периферических нервов. Санкт-Петербург: Феникс, 2010. 383 с.)
 19. Patent No. 2850220 Russian Federation, A61B 17/56, A61B 8/08. Method of treating gunshot wounds of the ulnar nerve in the area of the elbow joint. Gaivoronsky AI, et al.; applicant Military Medical Academy named after S.M. Kirov. Application No. 2025107370/14: application No. 27.03.2025 : published on 06.11.2025. Russian (Способ лечения огнестрельных ранений локтевого нерва в области локтевого сустава: Пат. № 2850220 Российская Федерация, A61B 17/56, A61B 8/08. / Гайворонский А. И. и др.; Военно-Медицинская академия им. С.М. Кирова. № 2025107370/14; заявл. 27.03.2025 : опубл. 06.11.2025.)
 20. Patent No. 2040914 C1 Russian Federation, IPC A61B 17/3205, A61B 17/32. device for collecting the gastrocnemius nerve : No. 4659185/14 : application No. 06.03.1989 : published 09.08.1995 / F. S. Govenko ; applicant Leningrad Scientific Research Neurosurgical Institute named after A.L.Polenov. Russian (Устройство для забора икроножного нерва: патент № 2040914 C1 Российская Федерация, МПК A61B 17/3205, A61B 17/32. : № 4659185/14 : / Ф. С. Говенько ; Ленинградский научно-исследовательский нейрохирургический институт им.А.Л.Поленова; заявл. 06.03.1989 : опубл. 09.08.1995.)
 21. Dzhiganiya R, Korotkevich MM, Bersnev VP. Features of surgical treatment of ulnar nerve neuropathies after elbow joint injuries. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov.* 2017; 9(S): 62–63. Russian (Джигания Р., Короткевич М. М., Берснев В. П. Особенности хирургического лечения невропатий локтевого нерва, возникающих после травм локтевого сустава // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова. 2017. № 9 (S). С. 62–63.)
 22. Belova AN, Kalinina TS, Builova TV, Fomin SV, Polyakova AG. Modern methods of medical rehabilitation of patients with peripheral nerve and brachial plexus injuries (review). *Modern technologies in medicine.* 2025;17(2):1. Russian (Белова А. Н., Калинина Т. С., Буйлова Т. В., Фомин С. В., Полякова А. Г. Современные методы медицинской реабилитации пациентов с травмами периферических нервов и плечевого сплетения (обзор) // Современные технологии в медицине. 2025. Т. 17. № 2. С. 1.)
 23. Dubrovskikh SN, Tatarina AV, Gumerova EA, Koryagina AD. Ultrasound examination as the main method for diagnosing peripheral nerve injuries in blast trauma. *Digital Diagnostics.* 2023; 4(S):1. P. 46-49. Russian (Дубровских С. Н., Татарина А. В., Гумерова Э. А., Корягина А. Д. Ультразвуковое исследование как основной метод диагностики повреждений периферических нервов при минно-взрывной травме // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № S1. С. 46-49.)
 24. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care.* 1992;30(6):473-483.
 25. Bartels RHM, Verhagen WIM, van der Wilt GJ, Meulstee J, van Rossum LGM, Grotenhuis JA. Prospective randomized controlled study comparing simple decompression versus anterior subcutaneous transposition for idiopathic neuropathy of the ulnar nerve at the elbow: Part 1. *Neurosurgery.* 2005. 56(3):522–530. DOI: 10.1227/01.NEU.0000154131.01167.03.
 26. Radchikova NP, Adashinskaya GA, Sanoyan TR, Shupta AA. Pain catastrophizing scale: adaptation of the questionnaire. *Clinical and special psychology.* 2020; 9(4): 169–187. Russian (Радчикова Н. П., Адашинская Г. А., Саноян Т. Р., Шупта А. А. Шкала катастрофизации боли: адаптация опросника // Клиническая и специальная психология. 2020. Т. 9, № 4. С. 169–187.)
 27. Kadykov AS, Chernikova LA, Shakhparonova NV. Rehabilitation of neurological patients. 4th ed. Moscow: MEDpress-inform, 2021. 560 p. Russian (Кадыков А. С., Черникова Л. А., Шахпаронова Н. В. Реабилитация неврологических больных. 4-е изд. Москва : МЕДпресс-информ, 2021. 560 с.)
 28. Van Veldhoven PLJ, de Ruiter GCW, van Overbeeke JJ, van de Berg F, Verhagen WI, Ongkosuwito J, de Haan RJ. Anterior

or subcutaneous transposition for persistent ulnar neuropathy after neurolysis. *Neurosurgical Focus*. 2017; 42(3): E8 (1–7).

DOI: 10.3171/2017.2.FOCUS16321.

29. Mononeuropathies. Clinical recommendations. The Ministry of Health of Russia. Moscow, 2025. <https://cr.minzdrav.gov.ru> Russian (Мононевропатии. Клинические рекомендации. Минздрав России. Москва, 2025. <https://cr.minzdrav.gov.ru>

Сведения об авторах:

Петренко Елизавета Алексеевна (автор для переписки) — слушатель Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044. eLIBRARY SPIN: 3011-3081. <https://orcid.org/0009-0006-6283-4088>.

E-mail: leeliz_09@mail.ru

Гайворонский Алексей Иванович — д.м.н., профессор кафедры нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044. eLIBRARY SPIN: 7011-6279. <https://orcid.org/0000-0003-1886-5486>. E-mail: don-gaivoronsky@yandex.ru

Алексеев Дмитрий Евгеньевич — к.м.н., преподаватель кафедры нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044. <https://orcid.org/0000-0002-8685-3965>. E-mail: dealekseev@mail.ru

Исенгалиев Ильяс Нуртуганович — врач-нейрохирург 22-го нейрохирургического отделения ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России; Госпитальная площадь, д. 1–3, г. Москва, Россия, 105094. <https://orcid.org/0000-0002-6444-4757>. E-mail: iisengaliev@mail.ru

Чуриков Леонид Игоревич — к.м.н., преподаватель кафедры нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044. <https://orcid.org/0000-0002-4982-7848>. E-mail: leon-doc89@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.03.2026

Рецензирование пройдено 30.04.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Petrenko Elizaveta Alekseevna (corresponding author) — student of S.M. Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva St., 6, St. Petersburg, Russia, 194044. eLIBRARY SPIN: 3011-3081. <https://orcid.org/0009-0006-6283-4088>. E-mail: leeliz_09@mail.ru

Gaivoronsky Alexey Ivanovich — MD, PhD, professor of neurosurgery department, S.M. Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva St., 6, St. Petersburg, Russia, 194044. eLIBRARY SPIN: 7011-6279. <https://orcid.org/0000-0003-1886-5486>. E-mail: don-gaivoronsky@yandex.ru

Alekseev Dmitry Evgenievich — candidate of medical sciences, lecturer of neurosurgery department, S.M. Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva St., 6, St. Petersburg, Russia, 194044. <https://orcid.org/0000-0002-8685-3965>. E-mail: dealekseev@mail.ru

Isengaliev Ilyas Nurtuganovich — neurosurgeon, neurosurgery unit, N.N. Burdenko Main Military Clinical Hospital of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Hospitalnaya Square, 1–3, Moscow, Russia, 105094. <https://orcid.org/0000-0002-6444-4757>. E-mail: iisengaliev@mail.ru

Churikov Leonid Igorevich — candidate of medical sciences, lecturer of neurosurgery department, S.M. Kirov Military Medical Academy; Academica Lebedeva St., 6Zh, St. Petersburg, Russia, 194044. <https://orcid.org/0000-0002-4982-7848>. E-mail: leon-doc89@mail.ru

Received 25.03.2026

Review completed 30.04.2026

Passed for printing 30.05.2026

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ПЕРЕХОДА ОТ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ К ПОГРУЖНОМУ ОСТЕОСИНТЕЗУ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА

DETERMINING THE TIMING OF TRANSITION FROM EXTERNAL FIXATION TO INTERNAL OSTEOSYNTHESIS IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA BASED ON ASSESSMENT OF THE RISK OF DEATH

Муханов М.Л. Mukhanov M.L.
Дубров В.Э. Dubrov V.E.
Блаженко А.Н. Blazhenko A.N.
Сеумян Э.В. Seumyan E.V.
Куринный С.Н. Kurinny S.N.
Данилов К.В. Danilov K.V.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России,

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт — Краевая клиническая больница № 1 имени профессора С.В. Очаповского» Минздрава Краснодарского края,

г. Краснодар, Россия,

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

г. Москва, Россия

Kuban State Medical University,

Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1 named after Professor S.V. Ochapovsky,

Krasnodar, Russia,

Lomonosov Moscow State University,

Moscow, Russia

В современной медицинской практике тактика ортопедического контроля повреждений (Damage Control Orthopaedics — DCO) и патогенетический подход к хирургическому лечению пострадавших с политравмой считаются стандартом во многих странах. Однако до сих пор не решена проблема оптимальных сроков перехода от временной наружной фиксации к окончательному погружному остеосинтезу у данной категории пациентов.

Цель исследования — на основании оценки риска летального исхода определить оптимальные сроки конверсии внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез у пострадавших с политравмой.

Материал и методы. Исследование построено на сравнительном анализе результатов лечения 487 пострадавших с политравмой, включающей переломы длинных костей конечностей и сопутствующие повреждения опорно-двигательной системы. Все пациенты были госпитализированы с места получения травмы в центр травматологии и ортопедии ГБУЗ «НИИ-ККБ №1» г. Краснодара, где были выполнены все этапы хирургических вмешательств. В группу 1 (n = 308) вошли пациенты, госпитализированные в период с 2020 по 2022 г. В данной когорте переход от временной наружной фиксации к окончательной стабилизации выполняли в различные сроки без специализированной объективной оценки. При этом замену аппарата внешней фиксации на погружной остеосинтез стремились проводить либо в первые 3 суток, либо спустя 7 суток после завершения стартового этапа DCO. Группу 2 (n = 179) составили пациенты, госпитализированные в 2023–2024 гг. При планировании конверсии у лиц данной группы дополнительно применяли разработанную «Шкалу определения риска летального исхода при выполнении конверсии внешней

fixation to definitive internal osteosynthesis in this category of patients remains unresolved.

Objective — to determine the most favorable time for the transition from external fixation to internal osteosynthesis based on the assessment of the risk of death.

Material and methods. The study is based on a comparative analysis of treatment outcomes in 487 patients with polytrauma, including long bone fractures and associated musculoskeletal injuries. All patients were hospitalized from the site of injury to the Traumatology and Orthopedics Center of Krasnodar Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1, where all stages of surgical intervention were performed. Group 1 (n = 308) included patients hospitalized between 2020 and 2022. Group 1 (n = 308) included patients hospitalized between 2020 and 2022. In this cohort, the transition from temporary external fixation to definitive stabilization was performed at different times without a specialized objective assessment. In this case, the replacement of the external fixation device with internal osteosynthesis was aimed at either within the first 3 days or 7 days after completion of the initial stage of DCO. Group 2 (n = 179) included patients hospitalized in 2023–2024. When planning conversion in patients in this group, the developed "Scale for determining the risk of death during the conver-

Для цитирования: Муханов М.Л., Дубров В.Э., Блаженко А.Н., Сеумян Э.В., Куринный С.Н., Данилов К.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ПЕРЕХОДА ОТ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ К ПОГРУЖНОМУ ОСТЕОСИНТЕЗУ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 66-73.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/690>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-66-73

фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой» (патент на изобретение № 2833777 от 28.01.2025 г.).

Результаты. Определены наиболее благоприятные сроки для конверсии внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез после завершения первого этапа DCO. В зависимости от тяжести повреждений по шкале NISS оптимальные периоды для выполнения вмешательства составили: при 17–24 баллах — 1–4-е сутки; при 25–40 баллах — 2–8-е сутки; при показателе свыше 40 баллов — 6–10-е сутки. Применение разработанной шкалы с целью планирования оперативных вмешательств позволило значительно снизить частоту развития послеоперационных осложнений (на 15,1 %) и сократить общие сроки госпитализации на 1–2 суток.

Заключение. Применение разработанной шкалы позволило на основании объективной оценки тяжести повреждений и общего состояния пострадавшего определить наиболее благоприятный период для выполнения второго этапа хирургического лечения. Своевременная конверсия внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез способствовала значимому снижению частоты послеоперационных осложнений и сокращению сроков госпитализации пациентов.

Ключевые слова: политравма; динамический контроль повреждений; конверсионный остеосинтез; сроки конверсионного остеосинтеза

Использование концепции Damage Control Orthopaedics (DCO) и патогенетически обоснованный подход к хирургическому лечению пациентов с политравмой в настоящее время остаются «золотым стандартом» во многих странах [1–3]. Однако вопрос об оптимальных сроках конверсии внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез у таких больных все еще далек от разрешения [4]. Основываясь на различных критериях, одни авторы называют наиболее неблагоприятным для проведения конверсии период с 3-х по 10-е сутки, в то время как другие, напротив, считают интервал с 5-х по 8-е сутки оптимальным [5].

По данным литературы, в раннем и позднем посттравматическом периоде у пациентов с политравмой и повреждениями опорно-двигательной системы (ОДС) отмечается высокая частота осложнений. При тяжести повреждений более 25 баллов по шкале NISS они встречаются в 40–70 % случаев и служат причиной летального исхода в 32,2 % наблюдений. Из-за неинфекционных осложнений у 18–25 % пациентов с политравмой развивается полиорганная недостаточность [6–8].

К летальному исходу могут приводить излишне отсроченное хирургическое вмешательство, а также неверно выбранная тактика ведения пациента. Сюда относятся и ошибки при определении сроков конверсионного остеосинтеза, доля которых составляет 50,0–76,6 % случаев [1, 3, 7, 8].

conversion of external fixation to internal osteosynthesis in patients with polytrauma" (patent for invention No. 2833777 dated January 28, 2025) was additionally used.

Results. The most favorable timeframes for converting external fixation to definitive internal osteosynthesis after completion of the first stage of DCO strategy were determined. Depending on the severity of damage on NISS, the optimal periods for performing the intervention were: for a score of 17–24 points — days 1–4; for a score of 25–40 points — days 2–8; and for a score above 40 points — days 6–10. Using the developed scale for planning surgical interventions significantly reduced the incidence of postoperative complications (by 15.1 %) and shortened the overall hospital stay by 1–2 days.

Conclusion. Using the developed scale, we were able to accurately determine the most favorable period for the second stage of surgical treatment based on an objective assessment of the severity of injuries and the patient's general condition. Timely conversion of external fixation to final internal osteosynthesis significantly reduced the incidence of postoperative complications and shortened the length of hospital stay.

Keywords: polytrauma; dynamic injury monitoring; conversion osteosynthesis; timing of conversion osteosynthesis

чательный погружной остеосинтез у пострадавших с политравмой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положен сравнительный анализ результатов лечения 487 пациентов с политравмой [16], госпитализированных в период с 2020 по 2024 г. У всех пострадавших диагностированы переломы длинных костей конечностей и другие повреждения ОДС. Пациенты доставлялись непосредственно с места получения травмы в центр травматологии и ортопедии ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1» (г. Краснодар), на базе которого были выполнены все этапы их хирургического лечения.

Критерии включения в исследование: наличие политравмы с закрытыми переломами костей ОДС; выполнение на первом этапе динамического контроля повреждений (Damage Control) временного остеосинтеза с применением аппаратов внешней фиксации (АВФ); молодой и средний возраст пострадавших согласно классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ); уровень сопутствующей соматической патологии не более 4 баллов по шкале коморбидности Чарлсон [17]. Выбор данных параметров позволил минимизировать влияние возрастных особенностей организма и интеркуррентных заболеваний на патогенетические процессы, запущенные травмой.

Критерии исключения из исследования: первичная госпитализация

пострадавших в другие лечебно-профилактические учреждения с последующим переводом; пожилой и старческий возраст пациентов по классификации ВОЗ; тяжесть сопутствующей патологии 5 и более баллов по шкале Чарлсон.

Были сформированы две группы исследования. В 1-ю группу ($n = 308$) вошли пациенты, госпитализированные в 2020–2022 гг. Конверсию внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез у них выполняли без применения объективных систем оценки состояния. При определении сроков вмешательства хирурги ориентировались на эмпирические данные, стремясь провести операцию либо в первые 3 суток, либо уже по истечении 7 суток с момента завершения первого этапа DCO. Во 2-ю группу ($n = 179$) вошли пациенты, поступившие в клинику в 2023–2024 гг. При планировании перехода к погружному остеосинтезу у пострадавших этой группы дополнительно применяли разработанную «Шкалу определения риска летального исхода при выполнении конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой» (патент на изобретение № 2833777 от 28.01.2025 г.), представленную в таблице 1.

Оценку риска летального исхода при выполнении конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой проводили на основании данных клинического обследования и лабораторных показателей крови. Клинический блок включал фиксацию сердечно-сосудистой гипотензии, расчет тяжести повреждений по шкале NISS, оценку уровня сознания по шкале комы Глазго и мониторинг диуреза. В ходе лабораторного исследования определяли парциальное давление кислорода, уровни тромбоцитов, общего билирубина, креатинина, натрия, лактата и глюкозы.

На основе ранжирования полученных результатов по таблице 1 каждому показателю присваивали определенный балл. После суммирования баллов устанавливали степень риска летального исхода:

- 0–7 баллов — низкий риск ($2,0 \pm 1,9$ %);
- 8–11 баллов — средний риск ($12,0 \pm 7,9$ %);
- 12–14 баллов — высокий риск ($40,0 \pm 19,9$ %);

- 15 и более баллов — очень высокий риск ($80,0 \pm 19,9$ %).

При выявлении высокого и очень высокого риска летального исхода от проведения конверсионного остеосинтеза воздерживались до стабилизации состояния пациента. При среднем риске выполняли малоинвазивные и малотравматичные оперативные вмешательства, а при низком — хирургическое лечение в полном объеме.

Этапное хирургическое лечение всех пострадавших осуществляли с применением современных лечебно-диагностических методов на основе принципов концепции Damage Control [6, 11, 13]. При госпитализации экстренные мероприятия выполняли в условиях протившоковой палаты и (или) операционной, после чего лечение продолжали в отделении реанимации и интенсивной терапии до стабилизации состояния пациентов. Таким образом, на первом этапе тактика ведения больных в обеих группах существенно не отличалась, что обеспечивает сопоставимость данных для последующего статистического анализа.

Сравнительной оценке в исследуемых группах подвергли следующие параметры:

- локализацию и структуру повреждений ОДС;
- тяжесть повреждений по шкале NISS;
- тяжесть состояния пострадавших по разработанной прогностической шкале;
- характер и частоту развития осложнений;
- длительность стационарного лечения;
- зависимость результатов лечения от сроков выполнения конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез.

Создание базы данных и первичная обработка материала выполнены в табличном процессоре Microsoft Excel 2016. Статистический анализ для выявления значимых различий между группами проведен с помощью программы IBM SPSS Statistics (версия 22.0).

При анализе качественных (частотных) признаков, выраженных в процентах (%), применяли критерий χ^2 (хи-квадрат) Пирсона. Количественные показатели, учитывая их распределение, отличающееся от нормального, представляли в виде медианы и интерквартильного размаха — Me (Q1; Q3). Для их межгруппового сравнения

использовали непараметрический критерий Манна — Уитни [19, 20]. Различия между исследуемыми параметрами считали статистически значимыми при уровне ошибки $p \leq 0,05$ [19, 20].

Проведение исследования одобрено независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (протокол № 93 от 13.10.2020 г.). В процессе работы строго соблюдались Правила надлежащей клинической практики, утвержденные приказом Министерства здравоохранения РФ от 01.04.2016 г. № 200н, а также этические стандарты Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» (в редакции 2013 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В начале исследования для подтверждения однородности клинического материала был проведен сравнительный анализ структуры повреждений ОДС и их тяжести по шкале NISS в 1-й и 2-й группах, а также выполнена оценка исходной тяжести состояния пациентов (табл. 2). Стоит отметить, что разработанную прогностическую шкалу [18] в ходе лечения использовали только во 2-й группе. Однако для обеспечения полной сопоставимости данных и повышения статистической значимости результатов мы ретроспективно оценили тяжесть состояния пациентов 1-й группы по этой же методике.

Пациенты сравниваемых групп были сопоставимы по структуре и тяжести повреждений ОДС, а также по исходной тяжести состояния, что позволило провести корректный статистический анализ результатов исследования. Тактика лечения в 1-й и 2-й группах, основанная на общепринятой концепции Damage Control, отличалась лишь тем, что у пострадавших 2-й группы дополнительно осуществляли динамическую оценку состояния по разработанной прогностической шкале. На основании полученных баллов решение о выполнении конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез принимали следующим образом:

- при очень высоком и высоком риске летального исхода откладывали любые плановые операции, не связанные с жизнеугрожающими последствиями травмы, до достижения стой-

Таблица 1

Шкала определения риска летального исхода при выполнении конверсии аппарата внешней фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой

Table 1

Risk assessment scale for converting external fixation devices to internal osteosynthesis in patients with polytrauma

Показатели Indices	Баллы / Points				
	0	1	2	3	4
Коагуляция, тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$ Platelet coagulation, $\times 10^9/\text{L}$	> 150	149–100	99–50	49–20	< 20
Сердечно-сосудистая гипотензия Cardiovascular hypotension	Среднее артериальное давление. > 70 мм. рт. ст. Mean arterial pressure. > 70 mmHg.	Среднее артериальное давление < 70 мм. рт. ст. Mean arterial pressure < 70 mmHg	Допамин < 5 или добутамин (любая доза) Dopamine < 5 or dobutamine (any dose)	Допамин 5–15, или адреналин < 0,1, или норадреналин < 0,1 Dopamine 5–15, or adrenaline < 0.1 or norepinephrine < 0.1	Допамин > 15 или адреналин > 0,1, или норадреналин > 0,1 Dopamine > 15 or adrenaline > 0.1 or norepinephrine > 0.1
ЦНС, Шкала комы Глазго, баллы CNS, Glasgow Coma Scale, points	15	13–14	10–12	6–9	< 6
Дыхание, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, мм рт. ст. Respiration $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, mmHg	> 400	399–300	299–200	199–100 с респираторной поддержкой 199–100 with respiratory support	< 100 с респираторной поддержкой < 100 with respiratory support
Печень (общий билирубин), мкмоль/л Liver (total bilirubin), $\mu\text{mol/L}$	< 20	20–30	33–101	102–204	> 204
Почки (креатинин), мг/дл (ммоль/л) Kidneys (creatinine), mg/dL (mmol/L)	< 1.2 (110)	1.2–1.9 (110–170)	2.0–3.4 (171–299)	3.5–4.9 (300–440)	> 4.9 (440)
Диурез, мл/сут Diuresis, ml/day	–	–	–	500–201	< 200
Уровень натрия в крови, ммоль/л Blood sodium level, mmol/L	< 148	149–150	151–160	161–170	> 170
Глюкоза крови, ммоль/л Blood glucose, mmol/l	< 6.0	6.1–9.1	9.2–15.1	15.2–21.2	> 21.2
Лактат крови, ммоль/л Blood lactate, mmol/l	< 2.1	2.2–3.2	3.3–5.4	5.5–7.6	> 7.7
NISS, баллы NISS, points	–	< 17	17–24	25–40	≥ 41

кой клинко-лабораторной стабилизации состояния пациента;

- при среднем риске проводили срочные вмешательства в минимально необходимом, наименее травматичном объеме, привлекая к выполнению

конверсионного остеосинтеза наиболее опытных хирургов отделения;

- при низком риске выполняли оперативное лечение в полном объеме.

В обеих группах конверсию внешней фиксации в погружной остеосинтез ча-

ще всего выполняли в первые 3 суток либо по истечении 7 суток с момента завершения начального этапа DCO. Это соответствует временным интервалам, которые большинство авторов считают наиболее безопасными [1, 4,

Таблица 2

Сравнительный анализ тяжести состояния, тяжести и структуры повреждений опорно-двигательной системы у пациентов групп исследования

Table 2

Comparative analysis of the severity of the condition, severity of injuries and the structure of injuries of the musculoskeletal system in patients of study groups

Показатель Value	1-я группа Group 1 (n = 308)	1-я группа Group 2 (n = 179)	Критерий сравнения Comparison criterion
Тяжесть состояния по «Шкале определения риска летального исхода при выполнении конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой», баллы, Me (Q1; Q3) Severity of the condition according to the "Scale for determining the risk of death during conversion of external fixation to internal osteosynthesis in patients with polytrauma", points, Me (Q1; Q3)	8.0 (5.0; 11.0)	9.0 (5.0; 12.0)	U = 26467.0 p = 0.461*
Тяжесть повреждений по шкале NISS, баллы, Me (Q1; Q3) Severity of damage according to the NISS scale, points, Me (Q1; Q3)	29.0 (25.0; 34.0)	29.0 (24.5; 36.0)	U = 27220.0 p = 0.815*
Частота переломов костей таза, абс., % Frequency of pelvic bone fractures, abs., %	139 (45.1)	73 (40.7)	$\chi^2 = 1.178$ df = 4 p = 0.882**
Частота переломов костей нижних конечностей, абс., % Frequency of fractures of lower extremities, abs., %	170 (55.2)	102 (56.9)	
Частота переломов костей верхних конечностей, абс., % Frequency of fractures of the bones of the upper extremities, abs., %	136 (44.1)	82 (45.8)	
Частота повреждений позвоночника, абс., % Frequency of spinal injuries, abs., %	12 (3.9)	11 (6.0)	
Частота других повреждений ОДС, абс., % Frequency of other locomotor system injuries, abs., %	142 (46.1)	70 (39.1)	

* U-критерий Манна — Уитни; ** критерий χ^2 .

* Mann-Whitney U test; ** χ^2 criterion.

5, 10]. Однако во 2-й группе при выявлении низкого или среднего уровня риска хирургическое вмешательство успешно проводили и в промежутке с 4-х по 7-е сутки. Такой индивидуальный подход, основанный на объективных критериях, позволил безопасно сократить общую длительность фиксации конечностей в АВФ (табл. 3).

Данные, представленные в таблице 3, показывают, что на основе объективных критериев тяжести состояния можно определить наиболее благоприятные сроки для выполнения конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез. Оптимальный период для перехода к окончательной фиксации у пострадавших с политравмой варьирует в зависимости от тяжести травмы и соматического статуса. Так, у пациентов с оценкой по шкале NISS от 17 до 24 баллов безопасный интервал охватывает 1–4-е сутки после завершения первого этапа Damage Control. При тяжести повреждений от 25 до 40 баллов оптимальные сроки конверсии сдвигаются на 2–8-е сутки, тогда как у лиц с критической травмой (более 40 баллов

по NISS) выполнение окончательного остеосинтеза целесообразно отложить до 6–10-х суток.

Сравнительный анализ результатов применения разработанного метода, основанного на объективной оценке тяжести состояния пациентов, позволил выявить достоверное снижение частоты развития послеоперационных осложнений с 41,9 % в 1-й группе до 26,8 % во 2-й группе. Таким образом, использование предложенной прогностической шкалы позволило снизить частоту неблагоприятных исходов на 15,1 % ($\chi^2 = 4,98$, df = 1, p = 0,026). К структуре осложнений были отнесены следующие патологические состояния: глубокие субфасциальные инфекции (как с признаками генерализации процесса, так и без них), острый респираторный дистресс-синдром, пневмония различной этиологии, тромбоэмболия легочной артерии, а также синдром полиорганной недостаточности. Развитие данных критических состояний в ряде наблюдений было патогенетически связано с эффектом «второго удара» (second hit) при выполне-

нии повторных хирургических вмешательств в рамках концепции Damage Control [4, 6, 12].

Применение объективно обоснованного подхода к выполнению конверсионного остеосинтеза позволило достоверно сократить длительность стационарного лечения пациентов (данные представлены в таблице 3). Так, статистически значимое уменьшение сроков госпитализации у пострадавших с тяжестью повреждений по шкале NISS 17–24 баллов составило 1 сутки, а у пациентов с тяжестью травмы 25 и более баллов — 2 суток. Таким образом, дифференцированный выбор времени проведения конверсии обеспечивает определение оптимального временного интервала для каждого пациента индивидуально, что в ряде наблюдений отличается от стандартных сроков, приводимых в литературе [1, 4, 6, 12]. Внедрение разработанной прогностической шкалы позволило существенно улучшить результаты лечения пострадавших с политравмой, что выразилось в значимом снижении частоты послеоперационных осложне-

Таблица 3

Сравнительный анализ зависимости сроков конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез и тяжести повреждений и сроков госпитализации и тяжести повреждений у пациентов групп исследования, Me (Q1; Q3)

Table 3

Comparative analysis of the relationship between the timing of conversion of external fixation to immersion osteosynthesis and the severity of damage and the timing of hospitalization and severity of damage in patients of study groups, Me (Q1; Q3)

Показатель Value	Тяжесть повреждений по шкале NISS, баллы Severity of injuries according to NISS, points		
	17–24	25–40	≥ 41
Сроки конверсии в 1-й группе (n = 308), сутки Conversion times in Group 1 (n = 308), days	2.0 (1.5; 3.0)	7.0 (5.5; 8.0)	9.0 (7.0; 11.8)
Сроки конверсии во 2-й группе (n = 179), сутки Conversion times in Group 2 (n = 179), days	2.0 (1.0; 4.0)	3.0 (2.0; 8.0)	7.0 (6.0; 10.0)
U-критерий Манна — Уитни Mann-Whitney U test	U = 6774.5 p = 0.047	U = 1819.0 p < 0.0001	U = 396.5 p = 0.031
Сроки госпитализации в 1-й группе (n = 308), сутки Duration of hospitalization in group 1 (n = 308), days	10.0 (7.0; 11.0)	15.0 (12.0; 17.0)	19.0 (16.0; 24.0)
Сроки госпитализации во 2-й группе (n = 179), сутки Duration of hospitalization in group 2 (n = 179), days	9.0 (7.0; 10.0)	13.0 (10.0; 15.0)	17.0 (14.0; 21.0)
U-критерий Манна — Уитни Mann-Whitney U test	U = 6295.5 p = 0.005	U = 2196.5 p = 0.021	U = 391.5 p = 0.026

ний и сокращении периода госпитализации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Конверсионный остеосинтез служит ключевым этапом лечения переломов у пострадавших с политравмой. Сроки проведения операции зависят от множества факторов, включая стабильность гемодинамических и метаболических показателей, характер переломов, сопутствующие повреждения, а также технические возможности лечебного учреждения [6, 8, 11]. Определение оптимального времени для хирургического вмешательства требует персонализированного подхода к каждому больному.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности значительного снижения частоты послеоперационных осложнений и, как следствие, летальности при политравме, а также сокращения общей длительности стационарного лечения. Необходимо подчеркнуть, что минимизировать число неблагоприятных исходов удалось именно благодаря переходу к объективной многокомпонентной оценке состояния пациента, а не за счет слепого ориентирования на стандартные

временные интервалы, прошедшие с момента получения травмы.

Предложенная методика оценки состояния пациента, разработанная и внедренная в настоящеем исследовании для определения оптимального времени выполнения конверсионного остеосинтеза у пострадавших с политравмой, обладает высоким потенциалом для дальнейшего изучения, в том числе с целью объективного контроля травматичности повторных хирургических вмешательств.

Определены оптимальные сроки конверсии внешней фиксации в окончательный погружной остеосинтез после завершения первого этапа Damage Control в зависимости от исходной тяжести повреждений по шкале NISS:

- при тяжести травмы от 17 до 24 баллов по NISS — 1–4-е сутки;
- при тяжести травмы от 25 до 40 баллов по NISS — 2–8-е сутки;
- при тяжести травмы свыше 40 баллов по NISS — 6–10-е сутки.

Применение разработанной «Шкалы определения риска летального исхода при выполнении конверсии внешней фиксации в погружной остеосинтез у пациентов с политравмой» для персонализированного планирования

этапных операций позволило достоверно снизить частоту развития послеоперационных осложнений на 15,1 % (с 41,9 до 26,8 %), а также сократить общую длительность стационарного лечения на 1–2 суток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанной прогностической шкалы дает возможность персонализированно определять сроки перехода от внешней фиксации к окончательному погружному остеосинтезу у пациентов с политравмой, а при необходимости — адаптировать его вид. Такой подход минимизирует негативные последствия «второго удара» (second hit), индуцированного повторным хирургическим вмешательством на этапах динамического контроля повреждений, а также существенно сокращает время принятия клинического решения.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Zagorodny NV, Solod EI, Alsmadi YaM, Lazarev AF, Abdulkhabirov MA, Ananyin DA, et al. Conversion osteosynthesis in the treatment of patients with fractures of long limb bones. *Polytrauma*. 2019; (3): 36-45. Russian (Заргородный Н. В., Солод Э. И., Алсмади Я. М., Лазарев А. Ф., Абдулхабилов М. А.,
- Nikolaev DV, Dyakova OV, Fomin VS. Evaluation scales for determining the severity of the condition in polytrauma. *Moscow Surgical Journal*. 2022; (4):

Ананьев Д. А. и др. Конверсионный остеосинтез при лечении пациентов с переломами длинных костей конечностей // Политравма. 2019. № 3. С. 36-45.)

2. Nikolaev DV, Dyakova OV, Fomin VS. Evaluation scales for determining the severity of the condition in polytrauma. *Moscow Surgical Journal*. 2022; (4):

- 97-104. Russian (Николаев Д. В., Дьякова О. В., Фомин В. С. Оценочные шкалы определения тяжести состояния при политравме // *Московский хирургический журнал*. 2022. № 4. С. 97-104.)
3. Volpin G, Pfeifer R, Saveski J, Hasani I, Cohen M, Pape HC. Damage control orthopaedics in polytraumatized patients – current concepts. *J. Clin. Orthop. Trauma*. 2021; 12(1): 72-82.
 4. Koivukangas V, Saarela A, Meriläinen S, Wiik H How well planned urgency class come true in the emergency surgery? Timing of acute care surgery. *Scand. J. Surg.* 2020; 109(2): 85-88.
 5. Shapkin YuG, Selivyorstov PA, Skripal' EA. The phenomenon of "second hit" after osteosynthesis operations in polytrauma. *Russian Medical Journal*. 2017; 23(6): 331-336. Russian (Шапкин Ю. Г., Селивёрстов П. А., Скрипаль Е. А. Феномен «второго удара» после операций остеосинтеза при политравме // *Российский медицинский журнал*. 2017. Т.23, № 6. С. 331-336.)
 6. Pfeifer R, Kolbas Ya, Pape HC. The concept of "damage control" in polytrauma: what are the strategies in 2021? *Polytrauma*. 2021; (2): 10-18. Russian (Pfeifer R, Kolbas Ya, Pape HC. Концепция «damage control» при политравме: каковы стандарты в 2021 году? // *Политравма*. 2021. № 2. С. 10-18.)
 7. Korobushkin GV, Shigeev SV, Zhukov AI. Analysis of the causes of death in a sample of patients with polytrauma in Moscow. *Polytrauma*. 2020; (2): 47-53. Russian (Коробушкин Г. В., Шигеев С. В., Жуков А. И. Анализ причин смерти в выборке пациентов с политравмой в Москве // *Политравма*. 2020. № 2. С. 47-53.)
 8. Porhanov VA, Zavrashnov AA, Afaunov AA, Blazhenko AN, Mukhanov ML. Analysis of the factors influencing the mortality rate among patients in the acute period of polytrauma hospitalized in a regional multidisciplinary hospital. *Medical Bulletin of the South of Russia*. 2016; 4: 39-44. Russian (Порханов В. А., Завражнов А. А., Афаунов А. А., Блаженко А. Н., Муханов М. Л. Анализ факторов, оказывающих влияние на уровень летальности среди пациентов в остром периоде политравмы госпитализированных в региональный многопрофильный стационар // *Медицинский вестник Юга России*. 2016. № 4. С. 39-44.)
 9. Pape HC, Rixen D, Morley J, Husebye EE, Mueller M, Dumont C, et al. Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). *Ann Surg*. 2007 Sep;246(3):491-499. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181485750.
 10. Belenkiy IG, Manukovskii VA, Tulupov AN, Demko AE, Kandyba DV, Sergeev GD, et al. Strategies of osteosynthesis: problems and perspectives. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2022; 28(2): 79-90. Russian (Беленький И. Г., Мануковский В. А., Тулупов А. Н., Демко А. Е., Кандыба Д. В., Сергеев Г. Д. и др. Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы // *Травматология и ортопедия России*. 2022; 28(2): 79-90.)
 11. Saypiev AA, Saypiev AS, Khudayberdiev PK, Mahsudov FM, Suvonov NO. Principles of providing specialized assistance to victims with polytrauma. *Bulletin of Emergency Medicine*. 2021; 6(14): 24-30. Russian (Сайпиев А. А., Сайпиев А. С., Худайбердиев П. К., Махсудов Ф. М., Сувонов Н. О. Принципы оказания специализированной помощи пострадавшим с политравмой // *Вестник экстренной медицины*. 2021. Т. 6, № 14: 24-30.)
 12. Kuksa DN, Solod EI, Abdulkhabirov MA, Zagorodny NV Lazarev AF. The importance of using scales for assessing the severity of the condition in the treatment of patients with polytrauma. *Practical Medicine*. 2022; 20(4): 51-55. Russian (Кукса Д. Н., Солод Э. И., Абдулхабилов М. А., Загородный Н. В., Лазарев А. Ф. Значение использования шкал оценки тяжести состояния при лечении пациентов с политравмой // *Практическая медицина*. 2022. Т. 20, № 4. С. 51-55.)
 13. Ippolitov IYu, Kistkin AI, Shirokov II, Bogatyrev EA, Potapov AV. Clinical and functional justification of the use of external fixation devices in patients with polytrauma. *Medicine. Sociology. Philosophy. Applied Research*. 2023; (4): 18-21. Russian (Ипполитов И. Ю., Кисткин А. И., Широков И. И., Богатырев Е. А., Потапов А. В. Клинико-функциональное обоснование использования аппаратов внешней фиксации у больных с политравмой. // *Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования*. 2023. № 4. С. 18-21.)
 14. Blazhenko AN, Kurinny SN, Mukhanov ML, Ageev MYu, Gorbunov AV, Shatskaya EA, Savitskaya KN. Results of treatment of open fractures in patients with polytrauma in the conditions of a regional trauma system. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2018; 25(3): 28-33. Russian (Блаженко А. Н., Куринный С. Н., Муханов М. Л., Агеев М. Ю., Горбунов А. В., Шацкая Е. А. и др. Результаты лечения открытых переломов у пациентов с политравмой в условиях региональной травмосистемы // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018. Т. 25, № 3. С. 28-33.)
 15. Girshausen R, Horst K, Herren C, Bläsius F, Hildebrand F, Andruszkow H. Polytrauma scoring revisited: prognostic validity and usability in daily clinical practice. *European journal of trauma and emergency surgery*. 2024; 50(3): 649-656.
 16. Pape HC. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new «Berlin definition». *Journal of trauma and acute care surgery*. 2014; 77(5): 780-786.
 17. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, McKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chron Dis*. 1987; 40(5): 373-383.
 18. Mukhanov ML, Blazhenko AN, Baryshev AG, Seumyan EV, Blazhenko AA. Determining the risks of postoperative complications and death after conversion osteosynthesis in patients with polytrauma. *Surgery. N.I. Pirogov Journal*. 2024; (5): 43-50. Russian (Муханов М. Л., Блаженко А. Н., Барышев А. Г., Сеумян Э. В., Блаженко А. А. Определение рисков послеоперационных осложнений и летального исхода после конверсионного остеосинтеза у пациентов с политравмой // *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова*. 2024. № 5. С. 43-50.)
 19. Mamaev A, Kudlay D. Statistical methods in medicine. Moscow: Practical medicine, 2021. P. 20-57. Russian (Мамаев А, Кудлай Д. Статистические методы в медицине. Москва: Практическая медицина, 2021. С. 20-57.)
 20. Orbelyan L.K., Durlshter V.M., Bykov (jr.) I.M. Early prediction of the outcomes of acute pancreatitis of various etiologies: a retrospective observational study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025; 32(2): 41-54. Russian (Орбелян Л. К., Дурлештер В. М., Быков (мл.) И. М. Раннее прогнозирование исходов острого панкреатита разной этиологии: ретроспективное обсервационное исследование // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025. Т. 32, № 2. С. 41-54.)

Сведения об авторах:

Муханов Михаил Львович (автор для переписки) — к.м.н., доцент, доцент кафедры ортопедии, травматологии и военно-полевой хирургии, доцент кафедры хирургии № 1, ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.
E-mail: pputinn@yandex.ru

Information about authors:

Mukhanov Mikhail Lvovich (author for correspondence) — candidate of medical sciences, associate professor, associate professor of department of orthopedics, traumatology and military field surgery, associate professor of department of surgery No. 1, Kuban State Medical University; Imeni Mitrofana Sedina St., 4, Krasnodar, Russia, 350063.
E-mail: pputinn@yandex.ru

Дубров Вадим Эрикович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; Краснопresненская наб., д. 2, г. Москва, Россия, 103274.

Блаженко Александр Николаевич — д.м.н., доцент, профессор кафедры ортопедии, травматологии и военно-полевой хирургии, профессор кафедры хирургии № 1 ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.

Сеумян Эрик Вячеславович — ассистент кафедры ортопедии, травматологии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.

Куринный Сергей Николаевич — к.м.н., доцент кафедры хирургии № 1 ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.

Данилов Кирилл Ваганович — студент Института клинической медицины по специальности «лечебное дело» ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Россия, 350063.

Dubrov Vadim Erikovich — MD, PhD, professor, head of department of traumatology, orthopedics, and disaster medicine, Lomonosov Moscow State University; Krasnopresnenskaya Naberezhnaya, 2, Moscow, Russia, 103274.

Blazhenko Alexander Nikolaevich — MD, PhD, associate professor, professor of department of orthopedics, traumatology and military field surgery, professor of department of surgery No. 1, Kuban State Medical University; Imeni Mitrofana Sedina St., 4, Krasnodar, Russia, 350063.

Seumyan Erik Vyacheslavovich — assistant of department of orthopedics, traumatology and military field surgery, Kuban State Medical University; Imeni Mitrofana Sedina St., 4, Krasnodar, Russia 350063.

Kurinny Sergey Nikolaevich — candidate of medical sciences, associate professor of department of surgery No. 1, Kuban State Medical University; Imeni Mitrofana Sedina St., 4, Krasnodar, Russia, 350063.

Danilov Kirill Vaganovich — student, Institute of Clinical Medicine, specialty of general medicine, Kuban State Medical University; Imeni Mitrofana Sedina St., 4, Krasnodar, Russia, 350063.

Статья поступила в редакцию 07.10.2025

Рецензирование пройдено 13.03.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Received 07.10.2025

Review completed 13.05.2026

Passed for printing 30.05.2026



ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ЗАМЕДЛЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ И ГЕНОВ ЦИТОКИНОВ

ASSESSMENT OF THE RISK OF DELAYED FRACTURE CONSOLIDATION USING POLYMORPHISM OF BONE METABOLISM AND CYTOKINE GENES

Мироманов А.М. Miromanov A.M.
Гусев К.А. Gusev K.A.
Старосельников А.Н. Staroselnikov A.N.

ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России,
г. Чита, Россия Chita State Medical Academy,
Chita, Russia

Цель исследования — разработка способа оценки риска развития замедленной консолидации переломов костей конечностей на основе определения полиморфизма генов метаболизма костной ткани и генов цитокинов с использованием математического анализа и специализированного программного обеспечения.

Материалы и методы. Проведено клиническое обследование 108 пациентов с переломами длинных костей конечностей: 1-я группа (n = 62) — без осложнений; 2-я группа (n = 46) — с развитием осложнения (замедленная консолидация). Пациенты были сопоставимы по клинико-эпидемиологическим характеристикам и проводимому лечению. Группа контроля (n = 92) представлена практически здоровыми добровольцами. Генетическое исследование включало выявление носительства генотипов генов, влияющих на течение репаративных процессов костной ткани: TNFα-308(G>A), IL1β-3953(C>T), IL4-589(C>T), IL6-174(C>G), TGFβ1-25(Arg>Pro), EGFR-2073(A>T), TNFRSF11B-1181(G>C), PTH(rs6256), VDR(BsmI-283G>A). Амплификацию проводили с использованием стандартных наборов праймеров SNP производства НПФ «Литех» (Россия). Статистические методы исследования реализовывали с помощью программы SPSS Statistics Version 25.0.

Результаты. Установлено, что ключевым предиктором неблагоприятного исхода выступает комплекс межгенных взаимодействий трех конкретных полиморфизмов: гена *TNFRSF11B* в позиции 1181 (с заменой G на C), гена *TGFβ1* в позиции 25 (с заменой Arg на Pro) и гена *IL6* в позиции 174 (с заменой C на G). Разработанная прогностическая модель продемонстрировала высокие диагностические характеристики: чувствительность составила 0,83, а специфичность — 0,84. Площадь под ROC-кривой составила 0,88 (95% доверительный интервал: 0,81–0,95). Статистическая значимость полученных результатов подтверждается уровнем $p < 0,001$. На основе выявленных закономерностей в среде Borland Delphi (язык Object Pascal) разработана программа для оценки риска замедленной консолидации в режиме реального времени.

Заключение. Предложенный метод оценки риска замедленной консолидации, основанный на анализе генетических маркеров метаболизма костной ткани и полиморфизма генов цитокинов, является точным ин-

Objective — to develop a method for assessing the risk of delayed bone fracture consolidation based on the determination of polymorphism of bone metabolism genes and cytokine genes using mathematical analysis and software.

Materials and methods. A clinical examination of 108 patients with fractures of the long bones of the extremities was conducted: group 1 (n = 62) — without complications; group 2 (n = 46) — with complications (delayed consolidation). The patients were comparable in terms of clinical and epidemiological characteristics and treatment. The control group (n = 92) consisted of practically healthy volunteers. The genetic study included the identification of the carriage of genotypes of genes affecting the course of bone tissue repair processes: TNFα-308(G>A), IL1b-3953(C>T), IL4-589(C>T), IL6-174(C>G), TGFβ1-25(Arg>Pro), EGFR-2073(A>T), TNFRSF11B-1181(G>C), PTH(rs6256), VDR(BsmI-283G>A). Amplification was performed using standard SNP primer kits manufactured by SPF "Litekh" (Russia). Statistical research methods were implemented using the SPSS Statistics Version 25.0 program.

Results. The key predictor of an unfavorable outcome is a complex of intergenic interactions of three specific polymorphisms: *TNFRSF11B* gene at position 1181 (with G replaced by C), *TGFβ1* gene at position 25 (with Arg replaced by Pro) and *IL6* gene at position 174 (with C replaced by G). The developed prognostic model demonstrated high diagnostic characteristics: sensitivity — 0.83, and specificity — 0.84. The area under the ROC curve was 0.88 (95% confidence interval: 0.81–0.95). The statistical significance of the results was confirmed by an extremely low level of $p < 0.001$. Based on the identified patterns in the Borland Delphi environment (Object Pascal language), a program has been developed to assess the risk of delayed consolidation in real time.

Conclusion. The proposed method for assessing the risk of delayed consolidation, based on the analysis of genetic markers of bone metabolism and cytokine gene polymorphism, is an accurate tool for stratifi-

Для цитирования: Мироманов А.М., Гусев К.А., Старосельников А.Н. ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ЗАМЕДЛЕННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ МЕТАБОЛИЗМА КОСТНОЙ ТКАНИ И ГЕНОВ ЦИТОКИНОВ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 74-81.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/632>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-74-81

струментом стратификации пациентов на ранних стадиях. Использование математической модели и специализированного программного обеспечения делает данный подход доступным для клинического применения.

Ключевые слова: перелом; регенерация; нарушение консолидации; прогноз; генетические маркеры; полиморфизм генов; программа ЭВМ

cation of patients in the early stages. The use of a mathematical model and specialized software makes this approach available for clinical use.

Keywords: fracture; regeneration; healing failure; prognosis; genetic markers; gene polymorphism; computer program

Нарушение консолидации — распространенное осложнение, встречающееся в 5–10 % случаев всех переломов. Несмотря на прогресс в научных знаниях и методах лечения, частота несращения костей остается практически неизменной на протяжении многих лет [1, 2]. На сегодняшний день наиболее распространенными методами диагностики нарушений регенерации являются радиологические исследования — рентгенография и компьютерная томография, на основании результатов которых формируются классификации различных видов ложных суставов [3]. Однако лучевая диагностика не позволяет выявить нарушения консолидации на ранних стадиях формирования костной мозоли, из-за чего методы консервативного лечения и стимуляции оказываются малоэффективными.

В связи с этим все больше исследователей ведут поиск методик, позволяющих выявить группу риска уже на этапе первичного обследования. С этой точки зрения генетическая предрасположенность к несращению переломов все чаще становится предметом изучения. Тем не менее возможность широкого внедрения генетического тестирования в клиническую практику осложняется множеством вариаций и сочетаний полиморфизмов генов, а также трудностью интерпретации полученных данных.

Цель исследования — разработка способа оценки риска развития замедленной консолидации переломов длинных костей на основе определения полиморфизмов генов метаболизма костной ткани и цитокинов с использованием математического анализа и специализированного программного обеспечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование выполнено в соответствии с комплексной научно-исследовательской работой ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России «Персонализированные механизмы развития заболеваний и/или осложнений в травматологии и ортопедии» и одобрено

локальным этическим комитетом академии (протокол № 105 от 22.12.2025 г.). Работа соответствует этическим принципам, закрепленным в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki, 1964 г., с поправками 2024 г.) [6].

Проведено комплексное клиническое обследование 108 пациентов с переломами длинных костей нижних конечностей. В первую группу ($n = 62$) вошли лица с неосложненным течением послеоперационного периода, средний возраст которых составил 34,5 (18–44) года; во вторую группу ($n = 46$) — пациенты с развитием замедленной консолидации в возрасте 36,0 (18–44) года. Группы были сопоставимы по клинико-эпидемиологическим характеристикам и методам проводимого лечения. Контрольную группу ($n = 92$) составили практически здоровые добровольцы, сопоставимые по полу и возрасту.

Развитие осложнения верифицировали на основании рентгенологических критериев и шкалы RUST (Radiological Union Scale for Tibia), позволяющей объективно оценить степень сращения перелома по данным рентгенограмм с присвоением баллов в зависимости от выраженности костной мозоли и линии перелома в четырех кортикальных слоях. Полное сращение фиксировали при достижении суммы 10 и более баллов. Слабо выраженная периостальная костная мозоль, лишь частично перекрывающая линию излома и не обеспечивающая стабильную фиксацию отломков, расценивалась как признак замедленной консолидации [7–9].

Лечение пациентов с переломами костей конечностей осуществляли согласно клиническим рекомендациям Минздрава России [8, 9].

Выявление однонуклеотидных полиморфизмов (SNV) в генах, потенциально влияющих на процессы костной регенерации (TNF α -308(G>A), IL1 β -3953(C>T), IL4-589(C>T), IL6-174(C>G), TGF β 1-25(Arg>Pro), EGFR-2073(A>T), TNFRSF11B-1181(G>C), PTH(rs6256), VDR(BsmI-283G>A)), проводили с

использованием стандартных тест-систем производства НПФ «Литех» (Россия).

Статистический анализ данных выполняли с помощью программы IBM SPSS Statistics (версия 25.0). Для оценки соответствия распределения признаков закону нормальности с учетом объема выборки использовали критерий Шапиро — Уилка. Для оценки значимости различий количественных показателей, не подчиняющихся нормальному распределению, применяли непараметрический U-критерий Манна – Уитни). При описании качественных данных указывали абсолютные значения (n) и относительные частоты (%). Для сопоставления номинальных данных использовали критерий χ^2 Пирсона. При числе ожидаемых наблюдений менее 10 применяли критерий χ^2 Пирсона с поправкой Йейтса на непрерывность, а менее 5 — точный критерий Фишера. Моделирование искусственной нейронной сети проводили с помощью специализированного модуля Neural Networks. Прогностическую эффективность полученной модели оценивали посредством ROC-анализа. Статистически значимыми считали различия при уровне $p < 0,05$ [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Частота носительства исследуемых SNV изучаемых генов в группах пациентов с переломами длинных костей была проанализирована на предмет силы взаимосвязи с развитием осложненного течения (замедленной консолидации) (табл. 1).

Результаты, отображенные в таблице 1, демонстрируют значимое влияние на процессы консолидации носительства определенных SNV генов. А именно, сильная связь установлена для однонуклеотидных замен в гене TGF β 1 (позиция 25, замена аминокислоты Arg>Pro), в экзоне гена EGFR (позиция 2073, нуклеотидная замена A>T), в последовательности гена TNFRSF11B (позиция 1181, замена G>C). Кроме того, взаимосвязи средней силы зарегистрированы при однонуклеотидной замене в промоторной области гена

IL6 (позиция 174, замена аминокислоты C>G), а также в интронной области гена VDR (локус BsmI, позиция 283, замена G>A) (табл. 1).

В ходе анализа диагностических параметров — чувствительности и специфичности — установлено, что вариант TNFRSF11B-1181(G>C) обладает наиболее значимым прогностическим потенциалом среди всех изученных генетических маркеров (табл. 2).

На втором этапе исследования, руководствуясь полученными данными, мы сосредоточились на анализе межлокусных взаимодействий между полиморфными вариантами генов-кандидатов. Основной целью этого этапа стало выявление комбинаторных эффектов генетических вариантов, которые в совокупности могут оказывать более выраженное влияние на процесс замедленной консолидации переломов по сравнению с изолированным действием отдельных полиморфизмов (табл. 3).

На основании проведенного анализа установлено, что сочетанное носительство SNV генов TNFRSF11B-1181(G>C) × TGFβ₁-25(Arg>Pro) × IL6-174(C>G) формирует наиболее информативную прогностическую модель, позволяющую оценивать вероятность нарушений регенерации костной ткани при переломах длинных костей (табл. 3).

На заключительном этапе исследования осуществлено сопоставление двух клинических групп — пациентов с неосложненным и осложненным течением консолидации переломов. Ключевым результатом стало выявление значимой прогностической роли комплекса межген-

Таблица 1
Сила взаимосвязи исследуемых полиморфизмов генов с развитием замедленной консолидации
Table 1
Strength of association of the studied gene polymorphisms with the development of delayed consolidation

Показатель Indicator	V-Крамера V-Kramer	p-критерий p-value	Сила взаимосвязи The power of connection
TNFr-308(G>A)	0.06	0.8	Несуществующая / Non-Existent
IL1β-3953(C>T)	0.03	0.99	Несуществующая / Non-Existent
IL4-589(C>T)	0.06	0.8	Несуществующая / Non-Existent
IL6-174(C>G)	0.2	0.036	Средняя / Average
TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)	0.64	< 0.001	Сильная / Strong
EGFR-2073(A>T)	0.61	< 0.001	Сильная / Strong
TNFRSF11B-1181(G>C)	0.61	< 0.001	Сильная / Strong
PTH-rs62561(C>A)	0.03	0.98	Несуществующая / Non-Existent
VDR-BsmI283(G>A)	0.21	0.019	Средняя / Average

Примечание. Интерпретация значений V-Крамера (сила взаимосвязи): менее 0,1 – несуществующая; 0,1–0,2 – слабая; 0,2–0,4 – средняя; 0,4–0,6 – относительно сильная; 0,6–0,8 – сильная; 0,8–1,0 – очень сильная.

Note. Interpretation of Cramer's V values (strength of relationship): less than 0.1 – non-existent; 0.1–0.2 – weak; 0.2–0.4 – average; 0.4–0.6 – relatively strong; 0.6–0.8 – strong; 0.8–1.0 – very strong.

Таблица 2
Важность SNV генов в прогнозе замедленной консолидации
Table 2
The importance of SNV genes in predicting delayed consolidation

Показатель / Indicator	Sc	Sp	AUC	95% ДИ / 95% CI	p
IL6-174(C>G)	0.43	0.79	0.63	0.53–0.74	0.017
TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)	0.74	0.58	0.75	0.65–0.85	< 0,001
EGFR-2073(A>T)	0.5	0.9	0.72	0.62–0.82	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)	0.7	0.85	0.79	0.7–0.88	< 0.001
VDR-BsmI283(G>A)	0.8	0.47	0.68	0.65–0.85	0.002

Примечание. Здесь и в таблице 3: Sc – чувствительность; Sp – специфичность; AUC – площадь под ROC-кривой; 95% ДИ – 95% доверительный интервал; p – статистическая значимость при p < 0,05.

Note: here and in the table 3: Sc – sensitivity; Sp – specificity; AUC – area under the ROC curve; 95% CI – 95% confidence interval; p – statistical significance at p < 0.05.

Таблица 3
Важность моделей межлокусных взаимодействий SNV генов кандидатов в прогнозе замедленной консолидации
Table 3
The importance of interlocus interaction models of SNV candidate genes in predicting delayed consolidation

Показатель / Indicator	Sc	Sp	AUC	95% ДИ / 95% CI	p
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)	0.83	0.84	0.87	0.8–0.94	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×EGFR-2073(A>T)	0.7	0.89	0.84	0.76–0.91	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×IL6-174(C>G)	0.65	0.84	0.78	0.69–0.87	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×VDR-BsmI283(G>A)	0.63	0.87	0.79	0.71–0.88	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×EGFR-2073(A>T)	0.7	0.85	0.81	0.73–0.9	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×IL6-174(C>G)	0.83	0.84	0.88	0.81–0.95	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×VDR-BsmI283(G>A)	0.87	0.68	0.85	0.77–0.92	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×EGFR-2073(A>T)×VDR-BsmI283(G>A)	0.61	0.93	0.83	0.75–0.91	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×IL6-174(C>G)×VDR-BsmI283(G>A)	0.70	0.90	0.85	0.78–0.92	< 0.001
TNFRSF11B-1181(G>C)×TGFβ ₁ -25(Arg>Pro)×IL6-174(C>G)×VDR-BsmI283(G>A)×EGFR-2073(A>T)	0.54	0.95	0.83	0.75–0.91	< 0.001

ных взаимодействий трех полиморфных локусов: TNFRSF11B-1181(G>C), TGFβ1-25(Arg>Pro) и IL6-174(C>G). Установлено, что данная комбинация генетических маркеров служит наиболее весомым предиктором неблагоприятного течения репаративной регенерации (табл. 3).

С целью количественной верификации прогностической мощности выявленного комплекса была сконструирована статистическая модель с использованием метода бинарной логистической регрессии. В процессе анализа указанные генетические варианты поэтапно вводились в регрессионное уравнение, после чего выполнялась оценка их вклада в предсказательную способность итоговой модели (табл. 4).

Полученное уравнение представлено в виде:

$$K = \frac{1}{1 + e^{0,89 + 1,61 \times TNFRSF11B - 1,25 \times TGF\beta 1 - 0,6 \times IL6}},$$

где K – вероятность замедленной консолидации; константа 1,61 соответствует регрессионному коэффициенту b_0 , а значения 1,25 и 0,6 представляют собой нестандартизованные регрессионные коэффициенты b . Переменные *TNFRSF11B*, *TGFβ1* и *IL6* отражают статус соответствующих генетических полиморфизмов: TNFRSF11B1181(G>C), TGFβ125(Arg>Pro) и IL6174(C>G). Для каждого полиморфизма генотипы кодируются числовыми значениями: нормальная гомозигота обозначается как «0», гетерозигота – как «1», мутантная гомозигота – как «2». Основание натурального логарифма e принимает стандартное значение, приблизительно равное 2,72. Интерпретация результата осуществляется следующим образом: если вычисленное значение K превышает порог 0,425, констатируется наличие высокого риска замедленной консолидации.

Диагностическая ценность модели подтверждена ее операционными характеристиками. Чувствительность модели составила 0,83, специфичность – 0,84. Площадь под ROC-кривой (AUC) составила 0,88 при 95% доверительном интервале 0,81–0,95. Статистическая значимость модели подтверждается уровнем $p < 0,001$ (рис. 1).

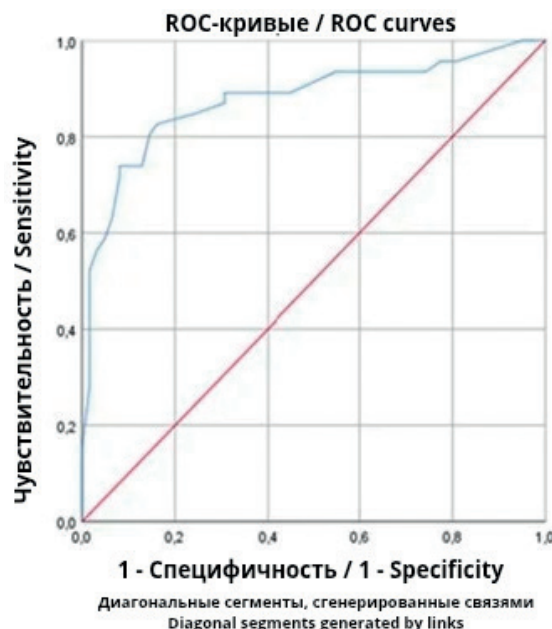
Анализ полиморфизмов генов TNFRSF11B1181(G>C), TGFβ125(Arg>Pro) и IL6174(C>G) у пациентов с переломами и их межлокусных взаимодействий дает возможность дифференцировать пациентов по степени риска неблаго-

Рисунок 1

ROC-анализ вероятности замедленной консолидации по коэффициенту K

Figure 1

ROC analysis of the probability of delayed consolidation based on the value of the developed coefficient K



приятного течения репаративных процессов [11].

Следует отметить, что практическое применение данного метода прогнозирования сопряжено с определенными организационными и квалификационными барьерами. В частности, его реализация в рутинной практике требует не только наличия специализированного программного обеспечения, но и соответствующей технической инфраструктуры медицинского учреждения, а также владения персоналом комплексом профессиональных компетенций – от навыков работы с аналитическими инструментами до способности корректно интерпретировать генетические данные. Указанные обстоятельства существенно ограничивают возможности широкого внедрения технологии в повседневное здравоохранение. Для преодоления этих ограничений разработана программа для ЭВМ «Программа для определения риска замедленной консолидации переломов длинных костей конечно-стей» [11].

Разработанное программное обеспечение реализовано на языке программирования Object Pascal в среде разработки Borland Delphi. Архитектура приложения обеспечивает кросс-платформенную совместимость: программа функционирует под управлением различных операционных систем без предъявления специализированных требований к аппаратной конфигурации вычислительного устройства.

Функциональный механизм программы базируется на интерактивном пользовательском интерфейсе, предусматривающем формирование последовательности операций в рамках рабочего окна. В процессе работы с приложением пользователь вводит данные о генотипических вариантах трех клинически значимых генов: TNFRSF11B-1181(G>C), TGFβ1-25(Arg>Pro) и IL6-174(C>G) (рис. 2) [11].

После ввода генетической информации программа выполняет расчет показателя риска развития замедленной консолидации переломов костей. Результаты вычислений отображаются в интерфейсе посредством цветовой индикации: высокое значение риска визуализируется красным цветом, низкое – зеленым (рис. 3).

Представленное программное обеспечение обладает существенной клинической ценностью, поскольку позволяет проводить стратификацию пациентов по степени риска развития указанного осложнения. Данная возможность создает предпосылки для дифференцированного подхода к ведению больных: формирования целевых групп наблюдения, оптимизации лечебной тактики и персонализации терапевтических мероприятий. Таким образом, программа выступает инструментом предиктивной диагностики, способствующим повышению эффективности лечебно-диагностического процесса за счет учета генетически обусловленных факторов риска.

Рисунок 2

Пользовательское окно для ввода данных полиморфизма генов

Figure 2

User window for entering gene polymorphism data

Рисунок 3

В пользовательском окне отображается соответствующий результат в зависимости от наличия того или иного полиморфизма генов

Figure 3

The user window displays the corresponding result depending on the presence of a particular gene polymorphism

ОБСУЖДЕНИЕ

В современной травматологии и ортопедии проблема своевременной диагностики нарушений консолидации переломов сохраняет высокую актуальность. Лучевые методы продолжают оставаться фундаментальным инструментом в оценке процессов репаративной регенерации костной ткани. Рентгенография, являясь наиболее доступным и распространенным методом, служит первичным скрининговым инструментом в выявлении нарушений консолидации. Компьютерная

Таблица 4

Важность полученных значений в архитектуре разработанной модели

Table 4

The importance of the obtained values in the architecture of the developed model

Показатель / Indicator	B	Exp (B) / (95 % CI)	p
Константа / Constant	-0.89	0,103	0,383
TNFRSF11B-1181(G>C)	-1.61	0.20 (0.10-0.41)	< 0.001
TGFb1-25(Arg>Pro)	1.25	3.48 (1.77-6.85)	< 0.001
IL6-174(C>G)	0.6	1.82 (0.93-3.57)	0.05

Примечание: p – статистическая значимость различий при p ≤ 0,05.

Note: p – statistical significance of differences at p ≤ 0.05.

томография выступает в роли уточняющей диагностики, позволяющей получить детальную информацию о состоянии костных структур. Значимым достижением стало внедрение стандартизированных систем оценки, среди которых особое место занимают шкалы RUSH (Radiographic Union Score for Hip) и RUST. Данные системы обеспечивают унификацию подходов к интерпретации рентгенологических данных, что способствует повышению объективности заключений и согласованности клинических решений [12]. Следует отметить, что наличие артефактов от металлоконструкций, интенсивно поглощающих рентгеновское излучение, зачастую ограничивает возможности компьютерной томографии [13].

Существенным ограничением современных методов лучевой диагностики является их неспособность выявлять нарушения консолидации на ранних этапах патологического процесса. Рентгенография и компьютерная томография, несмотря на высокую информативность в оценке состояния костной ткани, позволяют верифицировать несращение перелома лишь по истечении минимального срока, необходимого для формирования первичной костной мозоли.

Задержка в верификации нарушений регенерации, обусловленная ограничениями традиционных методов визуализации, неизбежно влечет снижение эффективности консервативных мероприятий. Терапевтическое окно, в котором возможно успешное применение стандартных методик, оказывается упущенным, что приводит к необходимости более инвазивных вмешательств.

В современных условиях наблюдается тенденция к расширению арсенала подходов, направленных на стимуляцию репаративных процессов. Инно-

вационные технологии включают применение бисфосфонатов, обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP-терапия), костных морфогенетических белков и клеточных продуктов на основе мезенхимальных стромальных клеток. Клеточные технологии демонстрируют обнадеживающие результаты при лечении замедленной консолидации, однако их успешность значительно повышается при своевременном начале лечения. PRP-терапия и бисфосфонаты показывают наибольшую результативность именно на ранних этапах формирования нарушений, когда процессы репарации еще поддаются коррекции. Морфогенетические белки и мезенхимальные стволовые клетки представляют собой перспективные направления, эффективные в рамках комплексной терапии, начатой на ранних стадиях [14].

Молекулярно-генетические маркеры, в частности, генотипы IL6-174C/G, TGFβ1-25Pro/Pro и TNFRSF11B-2073T/T, подробно рассмотренные в нашей предыдущей работе, представляют собой значимые индикаторы, ассоциированные с риском нарушения консолидации переломов [15]. С другой стороны, необходимо учитывать существенную гетерогенность генетического полиморфизма в различных популяционных группах, что накладывает определенные ограничения на обобщение полученных результатов [16].

Популяционная вариабельность генетических маркеров требует проведения масштабных исследований с привлечением репрезентативных выборок для валидации выявленных закономерностей. Это диктует необходимость более широкого вовлечения специалистов, включая врачей практического здравоохранения, а также обеспечения доступности инструментов экспресс-интерпретации данных в условиях дефицита времени на амбу-

латорном или стационарном приеме. Оценка риска развития нарушений консолидации на основе генетического профиля пациента с помощью разработанной нами программы для ЭВМ не требует от медицинского учреждения или клинициста специфических навыков и дорогостоящего программного обеспечения. В связи с этим данная технология может быть успешно интегрирована в любое звено травматологической помощи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка носительства полиморфных генотипов генов метаболизма костной ткани и цитокинов представляет собой высокоспецифичное исследование, позволяющее на ранних стадиях выявить риск нарушения репаративной регенерации костной ткани. Полученные данные обрабатываются в разработанной программе для ЭВМ, имеющей четкую прикладную направленность. С помощью данного программного обеспечения врач может объективно определить вероятность развития замедленной консолидации переломов длинных костей. Это дает возможность уже на начальном этапе лечения стратифицировать пациентов по группам риска и своевременно скорректировать тактику их ведения. Внедрение предложенного решения в практику травматолога-ортопеда — независимо от уровня медицинского учреждения — способствует более обоснованному выбору терапевтических мероприятий и в конечном счете повышает эффективность лечения.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bondarenko AV, Guseynov RG, Gerasimova OA, Plotnikov IA, Zavgolov NI. Frequency, risk factors, and features of diaphyseal non-unions of the long bones of the lower extremities. *Polytrauma*. 2023; (2):36-44. DOI: 10.24412/1819-1495-2023-2-36-44. Russian (Бондаренко А. В., Гусейнов Р. Г., Герасимова О. А., Плотников И. А., Завсеголов Н. И. Частота, факторы риска, особенности диафизарных несращений длинных костей нижних конечностей // Политравма. 2023. № 2. С. 36-44. DOI: 10.24412/1819-1495-2023-2-36-44.)
2. Panteli M, Vun JSH, Pountos I, J Howard A, Jones E, Giannoudis PV. Biological and molecular profile of fracture nonunion tissue: a systematic review and an update on current insights. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2022; 26(3):601–623. DOI: 10.1111/jcmm.17096.
3. Solomin LN, Semenisty AA, Komarov AV, Khominets VV, Sheridan GA, Rozbruch SR. Universal long bone nonunion classification. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*. 2023;18(3):169–173. DOI: 10.5005/jp-journals-10080-1597.
4. Indianaminov SI, Shopulatov IB, Kushbakov AM. Possibilities of applying radiation diagnostic methods to determine criteria for establishing the age of fractures of short tubular bones of the hand. *Health, Demography, Ecology of Finno-Ugric Peoples*. 2023;(1):59–63. Russian (Индиаминов С. И., Шопулатов И. Б., Кушбаков А. М. Возможности применения методов лучевой диагностики для выяв-

ления критериев по установлению давности переломов коротких трубчатых костей кисти // *Здоровье, демография, экология финноугорских народов*. 2023. № 1. С.59–63.)

5. Yamshchikov ON, Emelyanova NV, Emelyanov SA, Chumakov RV, Dolgov DA. Efficiency of modern methods of visualizing fracture consolidation (literature review). *Proceedings of Higher Educational Institutions. Volga Region. Medical Sciences*. 2024;72(4):20–34. DOI: 10.21685/2072-3032-2024-4-2. Russian (Ямщиков О. Н., Емельянова Н. В., Емельянов С. А., Чумаков Р. В., Долгов Д. А. Эффективность современных методов визуализации консолидации переломов костей (обзор литературы) // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2024;72(4):20–34. DOI: 10.21685/20723032202442.)
6. Crawley FP. Declaration of Helsinki: full paragraph-by-paragraph comparison indicating changes in version 19 October 2024 compared with the most previous version of 19 October 2013. Zenodo, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.13997192.
7. Plumarom Y, Wilkinson BG, Willey MC, An Q, Marsh L, Karam MD. Sensitivity and specificity of modified RUST score using clinical and radiographic findings as a gold standard. *Bone Jt Open*. 2021;2(10):796–805. DOI: 10.1302/2633-1462.210.BJO-2021-0071.R1.
8. Femur fractures (except for the proximal femur). Clinical guidelines / Ministry of Health of the Russian Federation; Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia. URL: cr.minzdrav.gov.ru/schema/658_1 (accessed: 18.09.2024). Russian (Переломы бедренной кости (кроме проксимального отдела бедренной кости). Клинические рекомендации / Министерство здравоохранения Российской Федерации; Ассоциация травматологов-ортопедов России. URL: cr.minzdrav.gov.ru/schema/658_1 (дата обращения: 18.09.2024).)
9. Fractures of the tibia. Clinical guidelines / Ministry of Health of the Russian Federation; Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/693_1 (date of access: 18.09.2024.) Russian (Переломы костей голени. Клинические рекомендации / Министерство здравоохранения Российской Федерации; Ассоциация травматологов-ортопедов России. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/693_1 (дата обращения: 18.09.2024).)
10. Mudrov VA. Algorithms for statistical analysis of biomedical research data using the SPSS software package (in accessible language). Moscow: Logosfera, 2022. 143 p. ISBN 9785986570884. Russian (Мудров В. А. Алгоритмы статистического анализа данных биомедицинских исследований с помощью пакета программ SPSS (доступным языком). Москва: Логосфера. 2022. 143 с. ISBN 9785986570884.)
11. Software for determining the risk of delayed consolidation of long bone fractures: certificate of state registration of the computer program No. 2023665756 Russian Federation / A. M. Miromanov, K. A. Gusev, A. N. Staroselnikov, N. A. Miromanova, V. A. Mudrov; Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation. No. 2023663572; declared 28.06.2023; published 19.07.2023, Bulletin No. 7. Russian (Программа для определения риска замедленной консолидации переломов длинных костей конечностей : Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665756 Российская Федерация / А. М. Мироманов, К. А. Гусев, А. Н. Старосельников, Мироманова Н. А., Мудров В. А.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации. № 2023663572; заявл. 28.06.2023; опубл. 19.07.2023, Бюл. № 7.)
12. Novichikhina OE, Popovich AL, Chaykina TA, Zavyalova SN, Kutuzova DV. Risks of applying medical imaging methods using the example of radiography, computed tomography, and contraindications to their implementation. *Multidisciplinary Hospital*. 2023;10(1):53–57. Russian (Новичихина О. Е., Попович А. Л., Чайкина Т. А., Завьялова С. Н., Кутузова Д. В. Риски применения методов медицинской визуализации на примере рентгенографии, компьютерной томографии и противопоказания к их проведению // *Многопрофильный стационар*. 2023. Т. 10, № 1. С. 53–57.)
13. Kutsenko VP, Menshikova SV, Postanogov RA, Lopareva DD. Role of X-ray laboratory assistants in overcoming the appearance of artifacts during magnetic resonance imaging. *Nurse*. 2025;27(2):21–32. DOI: 10.29296/25879979-2025-02-03. Russian (Куценко В. П., Меньшикова С. В., Постаногов Р. А., Лопарева Д. Д. Роль рентгенолаборантов в преодолении появления артефактов при проведении магнитнорезонансной томографии // *Медицинская сестра*. 2025. № 27(2). С. 21–32. DOI: 10.29296/2587997920250203.)
14. Impieri L, Pezzi A, Hadad H, Peretti GM, Mangiavini L, Rossi N. Orthobiologics in delayed union and nonunion of adult long bones fractures: a systematic review. *Bone Reports*. 2024;21:101760. DOI: 10.1016/j.bonr.2024.101760.
15. Miromanov AM, Gusev KA, Staroselnikov AN, Mironova OB, Miromanova NA. The influence of bone metabolism gene polymorphism on the level of encoded proteins in patients with long bone fractures. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(4): 60–67. DOI: 10.29413/ABS.2025-10.4.6. Russian (Мироманов А. М., Гусев К. А., Старосельников А. Н., Миронова О. Б., Мироманова Н. А. Влияние полиморфизма генов метаболизма костной ткани на уровень кодируемых белков у пациентов с переломами длинных костей конечностей // *Acta biomedica scientifica*. 2025. Т.10, №4. С.60–67. DOI: 10.29413/ABS.2025-10.4.6.)
16. Sofronov AG, Dobrovolskaya AE, Morozova AYU. Gorina EA, Kolchev SA, Gvozdetzky AN. Association of genetic polymorphisms rs6280 of the DRD3 gene, rs4680 of the COMT gene, rs7322347 of the HTR2A gene with schizophrenia. *Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*. 2022;122(7):115–120. DOI: 10.17116/jnevro2022122071115. Russian (Софронов А. Г., Добровольская А. Е., Морозова А. Ю., Горина Е. А., Колчев С. А., Гвоздецкий А. Н. Ассоциация генетических полиморфизмов rs6280 гена DRD3, rs4680 гена COMT, rs7322347 гена HTR2A с шизофренией // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2022. Т.122, № 7. С.115–120. DOI: 10.17116/jnevro2022122071115.)

Сведения об авторах:

Мироманов Александр Михайлович (автор для переписки) — д.м.н., профессор, первый проректор, проректор по лечебной работе, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ЧГМА

Information about authors:

Miromanov Alexander Mikhailovich (author for correspondence) — MD, PhD, professor, first vice-rector, vice-rector for medical work, head of department of traumatology and orthopedics,

Минздрава России; ул. Горького, д. 39а, г. Чита, Россия, 672000.
E-mail: miromanov_a@mail.ru

Гусев Кирилл Аркадьевич — к.м.н., доцент кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России; ул. Горького, д. 39а, г. Чита, Россия, 672000.

Старосельников Артем Николаевич — к.м.н., ассистент кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России; ул. Горького, д. 39а, г. Чита, Россия, 672000.

Статья поступила в редакцию 19.01.2026

Рецензирование пройдено 26.03.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Chita State Medical Academy; Gorkogo Street., 39a, Chita, Russia, 672000. E-mail: miromanov_a@mail.ru

Gusev Kirill Arkadyevich — candidate of medical sciences, associate professor of department of traumatology and orthopedics, Chita State Medical Academy; Gorkogo St., 39a, Chita, Russia, 672000.

Staroselnikov Artem Nikolaevich — candidate of medical sciences, assistant of department of traumatology and orthopedics, Chita State Medical Academy; Gorkogo St., 39a, Chita, Russia, 672000.

Received 19.01.2026

Review completed 26.03.2026

Passed for printing 30.05.2026



SURGICAL TREATMENT OF A LOCAL OSTEOCARTILAGINOUS DEFECT OF THE KNEE JOINT

Moscow, Russia

Conclusion. The developed combined chondroplasty method demonstrates high clinical and functional efficacy in the treatment of extensive osteochondral defects of the knee joint, which is critical for young patients with high functional demands. This technology successfully allowing for the restoration of the anatomical architecture of the joint.

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-82-88

сочетает преимущества классических видов хондропластики, позволяя восстановить анатомическую архитектуру сустава. Несмотря на многообещающие среднесрочные результаты, необходимы дальнейшие долгосрочные исследования.

Ключевые слова: локальный костно-хрящевой дефект; хондропластика; комбинированная костно-хрящевая трансплантация; рассекающий остеохондрит

Despite promising short-term results, further medium-term studies are needed.

Keywords: local osteochondral defect; chondroplasty; combined osteochondral transplantation; osteochondritis dissecans

Причины возникновения локальных костно-хрящевых дефектов коленного сустава включают в себя целый ряд патологий хрящевой ткани и субхондральной кости. Еще в 1887 г. Францем Кенигом были выделены три основные причины появления внутрисуставных тел и костно-хрящевых дефектов: травма коленного сустава с возникновением трансохондрального перелома, остеонекроз с последующей фрагментацией хряща и субхондральной кости, а также спонтанное образование внутрисуставных тел на фоне отсутствия травматического анамнеза [1]. Третий пункт в последующем интерпретировали как рассекающий остеохондрит, или болезнь Кенига [2] — заболевание, которое в основном поражает мужчин в возрасте до 40 лет. Частота диагностирования рассекающего остеохондрита коленного сустава составляет 1,21 случая на 100 тыс. населения в год [3], что эквивалентно примерно 2 % от всех заболеваний и травм данной локализации [4].

Локальные костно-хрящевые дефекты широко распространены среди трудоспособных лиц в возрасте 18–67 лет [5]. Зачастую они имеют бессимптомное течение и выявляются у 63 % населения в целом и у 36 % спортсменов [6, 7]. Посттравматические острые костно-хрящевые дефекты коленного сустава диагностируются в 10–29,6 % случаев [8]. Однако наличие крупных повреждений хряща в области коленного сустава, особенно затрагивающих субхондральную кость, манифестирует выраженным болевым синдромом и приводит к существенному снижению физической активности пациентов молодого возраста.

Хирургическое вмешательство на хрящевой ткани показано пациентам с симптоматическими дефектами с целью купирования болевого синдрома, улучшения функции сустава и отсрочки необходимости в его тотальном эндопротезировании в долгосрочной перспективе [9]. В США ежегодно выполняется более 300 тыс. операций по

восстановлению хряща коленного сустава [5].

Хирургическое лечение локальных костно-хрящевых дефектов данной локализации, в частности выбор оптимального метода пластики у конкретного пациента, представляет сложную задачу для хирургов-ортопедов, поскольку неэффективность вмешательства сопряжена с критическим ограничением активности больного [10]. Классические подходы к регенерации хрящевой ткани, включая методики стимуляции костного мозга (абразивная хондропластика, субхондральная туннелизация и микрофрактурирование), трансплантацию костно-хрящевых аллотрансплантатов, мозаичную аутохондропластику и имплантацию аутологичных хондроцитов, успешно применяются уже несколько десятилетий [11]. Тем не менее существующие на сегодняшний день способы реконструкции суставной поверхности имеют ряд недостатков. Так, методы стимуляции костного мозга неэффективны при восстановлении глубоких костно-хрящевых дефектов мыщелков коленного сустава или при площади повреждения более 2 см². Костно-хрящевая аллопластика до недавнего времени рассматривалась исключительно в качестве «операции отчаяния» в тех случаях, когда другие варианты хондропластики не обеспечивали желаемого клинического эффекта, а основной задачей оставалось максимальное пролонгирование сроков до эндопротезирования сустава.

Следует отметить, что превалирующая площадь дефекта при данной патологии характеризуется значительными размерами (превышающими 2 см²), что клинически сопровождается развитием выраженного болевого синдрома. Наиболее предпочтительными методами, используемыми в современной хирургии, являются мозаичная хондропластика и технология матрикс-индуцированного аутохондрогенеза (AMIC). Несмотря на хорошие результаты применения мозаичной

хондропластики, она ограничена наличием достаточного объема донорского материала, забираемого с ненагружаемых поверхностей мыщелков бедренной кости. Значительная площадь поражения и глубина инвазии процесса (объем вовлеченной субхондральной кости) могут продиктовать необходимость увеличения количества ауто-трансплантатов, вплоть до их забора из контрлатерального сустава. Это неизбежно влечет за собой увеличение травматичности и продолжительности оперативного вмешательства, а также рост интра- и послеоперационных рисков (перелом кости в донорской зоне, пролонгирование сроков и усложнение программы медицинской реабилитации).

Технология AMIC демонстрирует устойчивые положительные результаты в долгосрочной перспективе, однако характеризуется рядом ограничений. К ним относятся невозможность полного восстановления конгруэнтности суставных поверхностей вследствие утраты объема тканей после санации дефекта, а также формирование фиброзно-хрящевой ткани вместо полноценного гиалинового хряща [12]. Кроме того, данная технология малоэффективна для восстановления глубоких костно-хрящевых дефектов [13], а определение допустимых границ площади поражения, поддающихся коррекции с помощью этой методики, требует проведения дополнительных клинических исследований.

В настоящей статье представлен комбинированный способ оперативного лечения локальных костно-хрящевых дефектов коленного сустава, нивелирующий недостатки существующих методик и продемонстрировавший благоприятные исходы в процессе послеоперационного клинического наблюдения.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Клиническое наблюдение описано с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной ме-

дицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и правил надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice, GCP). От пациента получено добровольное информированное согласие на публикацию в открытой печати его деперсонализированных медицинских данных.

Пациент К., 38 лет, в ноябре 2023 г. обратился в отделение травматологии ГКБ № 1 им. Н.И. Пирогова с жалобами на боль и ограничение движений в левом коленном суставе в виде дефицита разгибания на 20°. Интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) составила 4 балла. Функциональное состояние сустава оценено по специализированным шкалам: WOMAC — 40 баллов, Lysholm (LKSS) — 77 баллов, IKDC — 36,8 балла. Из анамнеза известно, что в возрасте 17 лет пациенту был диагностирован рассекающий остеохондрит левой нижней конечности данной локализации.

С целью определения площади поражения мыщелка бедренной кости для последующего планирования этапов и объема оперативного вмешательства выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) на томографе с индукцией магнитного поля 3 Тл (рис. 1). Площадь дефекта составила 6,0 см², что соответствовало крупному костно-хрящевому повреждению и ограничивало возможность применения стандартных методик хондропластики. В передних отделах сустава был также обнаружен свободно лежащий фрагмент хряща и субхондральной кости сопоставимых размеров. Оценка точной глубины повреждения с помощью мультиспиральной компьютерной томографии не проводилась в связи с отказом пациента от исследования по месту жительства. Тем не менее, согласно данным МРТ в режиме T1, глубина дефекта составила 7 мм, что являлось прямым показанием к проведению костной аутопластики.

На основании жалоб, локального статуса и данных МРТ у пациента подтвержден диагноз: «Рассекающий остеохондрит (болезнь Кенига) медиального мыщелка левой бедренной кости, хроническая стадия». Пациенту рекомендовано оперативное лечение в объеме комбинированной костно-хрящевой аутопластики.

Вмешательство выполнено в плановом порядке 30.11.2023 г. После предоперационной подготовки в условиях спинальной анестезии (положение пациента на спине) после обработки операционного поля растворами антисептиков и наложения пневматического жгута на нижнюю треть бедра произведена медиальная артротомия левого коленного сустава. При ревизии суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости верифицирована зона поражения. Установлено, что фактический размер дефекта превысил расчетные параметры предоперационного планирования, что является стандартной клинической ситуацией, так как истинная площадь хондромалиции закономерно превышает зону костной деструкции (рис. 2). Произведена ревизия свободно лежащего костно-хрящевого фрагмента. Выполнена

радикальная санация зоны повреждения в пределах жизнеспособных тканей с формированием краев дефекта овальной формы площадью 7,6 см². Измененная хрящевая ткань была иссечена, а жизнеспособные фрагменты хряща сохранены для последующего использования при пластике.

На следующем этапе с помощью полых фрез поэтапно резецировали некротизированную кость до появления на дне дефекта капель крови и костного мозга. С ненагружаемой поверхности латерального мыщелка левой бедренной кости и медиального мыщелка левой большеберцовой кости осуществлен забор четырех цилиндрических костных аутотрансплантатов. Донорские дефекты заполнены измельченной лиофилизированной костью, а для предотвращения ее миграции поверх нанесен равномерный

Рисунок 1

МРТ левого коленного сустава перед операцией (красной стрелкой отмечен свободнолежащий фрагмент хряща и субхондральной кости в передних отделах левого коленного сустава)

Figure 1

MRI of the left knee joint before surgery (the red arrow marks a free-lying fragment of cartilage and subchondral bone in the anterior sections of the left knee joint)

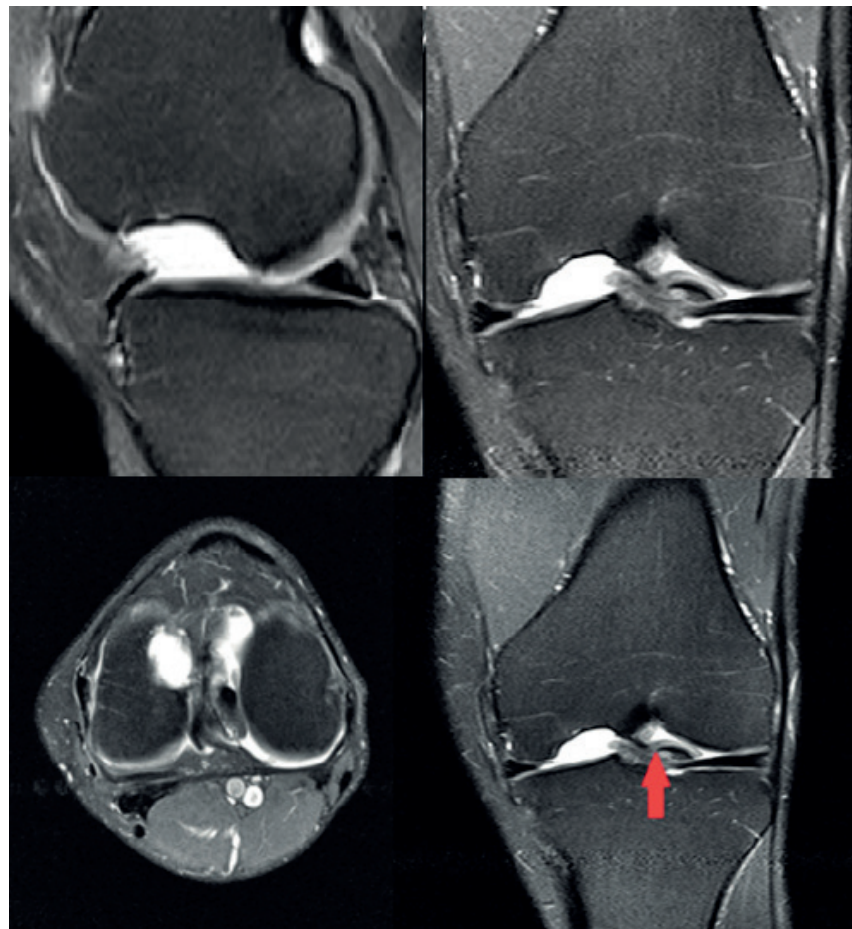
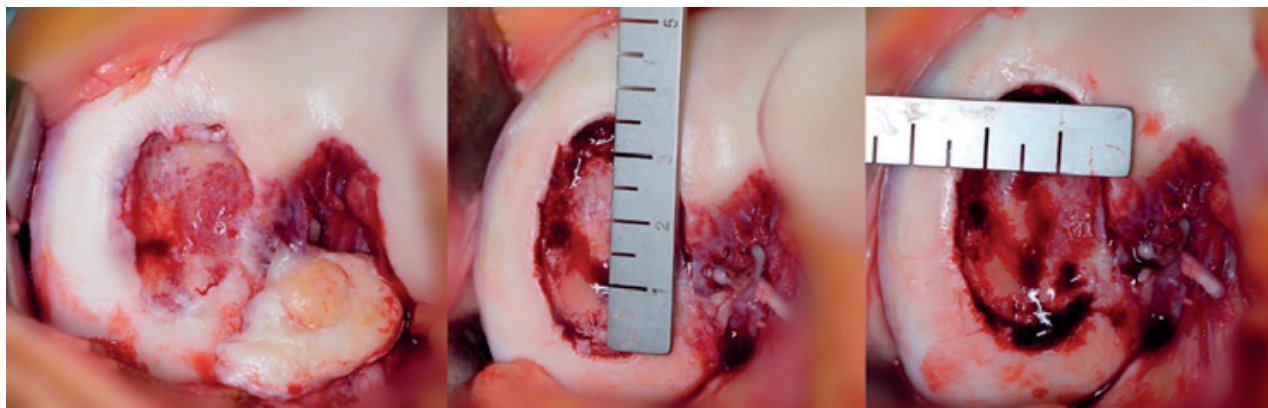


Рисунок 2

Костно-хрящевой дефект левого коленного сустава. Выполнена санация зоны дефекта хряща, сформированы границы дефекта в форме овала

Figure 2

Osteochondral defect of the left knee joint. The cartilage defect zone was rehabilitated, and the defect boundaries were formed in the shape of an oval



слой костного воска. Донорские костные столбики обработаны костными кусачками и методом press-fit поэтапно имплантированы в область дефекта медиального мыщелка бедренной кости таким образом, чтобы их торцевые поверхности располагались на 2 мм ниже уровня субхондральной кости. При интраоперационной оценке столбики были стабильны и полностью заполняли объем дефекта.

После имплантации все костные трансплантаты и подлежащее ложе подвергли туннелизации с помощью спицы диаметром 2,4 мм с формированием по 1–2 каналов в каждом цилиндре. Глубина рассверливания превышала длину имплантированных столбиков на 15 мм для достижения интактных васкуляризированных слоев костной ткани (рис. 3). Данная манипуляция была направлена на стимуляцию миграции мезенхимальных стволовых клеток костного мозга в зону реконструкции.

На следующем этапе хрящ, полученный с удаленного ранее остеохон-

дрального фрагмента, измельчали. Полученные микротрансплантаты диаметром 3–4 мм равномерно укладывали поверх имплантированных цилиндрических костных аутоотрансплантатов, полностью перекрывая область дефекта. На заключительном этапе выполняли моделирование и имплантацию коллагеновой мембраны поверх измельченной хрящевой ткани с ее фиксацией к краям интактного гиалинового хряща рассасывающимися атравматичными швами нитью 6/0 (рис. 4). Таким образом обеспечивалась стабильная герметизация зоны реконструкции по периметру посредством шовного материала, а с базальной стороны — подложкой из фрагментированного хряща. Данный подход также способствовал стабилизации кровяного сгустка, содержащего мигрировавшие мезенхимальные стволовые клетки.

Рану послойно ушивали наглухо, накладывали асептические повязки. Левый коленный сустав фиксировали в положении полного разгибания с по-

Рисунок 3

Туннелизация имплантированных цилиндрических спонгиозных аутоотрансплантатов

Figure 3

Tunneling of implanted cylindrical spongy autografts



мощью шарнирного ортеза в заблокированном режиме.

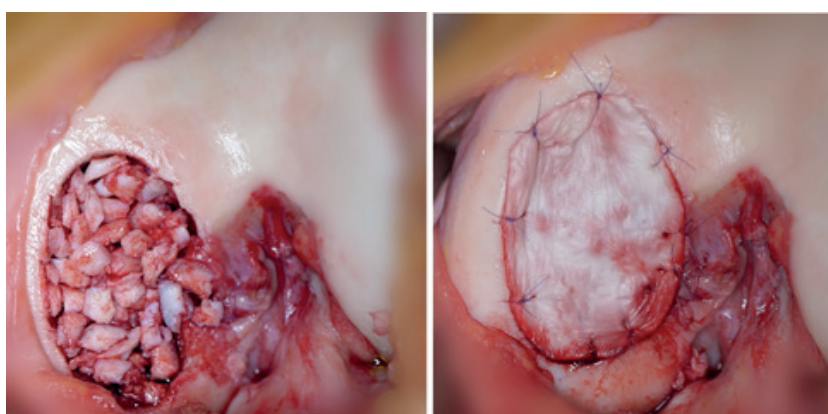
В послеоперационном периоде проводилось консервативное лечение и лечебная физкультура. Со вторых суток пациент приступил к разработке

Рисунок 4

Частицы измельченного хряща диаметром 3–4 мм уложены поверх имплантированных аутоотрансплантатов над всей областью дефекта, имплантирована коллагеновая матрица

Figure 4

Particles of crushed cartilage with a diameter of 3–4 mm are stacked on top of the implanted autografts over the entire area of the defect, and a collagen matrix is implanted



движений в левом коленном суставе. Больной был выписан из стационара на 4-е сутки. Со второго дня и на протяжении двух месяцев разрешалась ходьба на костылях без опоры на оперированную нижнюю конечность.

После выписки пациент проходил амбулаторную реабилитацию в течение 6 недель. Однако на контрольном осмотре через 2 месяца после вмешательства был выявлен дефицит сгибания в суставе, составивший 25°, в связи с чем рекомендовано выполнение артроскопического артролиза. По данным контрольной МРТ в зоне пластики визуализировалась двухслойная хрящеподобная структура (рис. 5).

Оперативное вмешательство в объеме артролиза левого коленного сустава выполнено 05.03.2024 г., рубцовые ткани иссечены с помощью шейвера и коблатора. При ревизии области хондропластики зона трансплантации была полностью покрыта регенератом. При пальпации последнего артроскопическим щупом верифицирована плотноэластическая консистенция ткани и ее полная интеграция с окружающим интактным хрящом (рис. 6). На основании данных эндоскопической визуализации исход хондропластики расценен как благоприятный. Полный объем движений в суставе восстановился через 2 недели после повторной операции.

На контрольном осмотре через 12 месяцев после первичного вмешательства по данным МРТ выявлены полная перестройка и интеграция пересаженных костных столбиков, а также формирование равномерного слоя хрящеподобной ткани в проекции медиального мыщелка (рис. 7). Интенсивность болевого синдрома значительно снизилась по сравнению с исходными показателями и составила по ВАШ 1 балл. Движения

в оперированном суставе восстановлены в полном объеме (рис. 8). К моменту финального осмотра зафиксирована выраженная положительная динамика: функциональные показатели коленного сустава достигли 12 баллов по шкале WOMAC, 92 баллов по Lysholm (LKSS) и 83,9 балла по IKDC. Результаты лечения оцениваются как отличные. Это особенно значимо с учетом исходного размера костно-хрящевого дефекта, а также того факта, что максимальные 95–100 баллов по шкале Lysholm достигаются не всеми здоровыми лицами.

ОБСУЖДЕНИЕ

Восстановление обширных локальных костно-хрящевых дефектов после травм или на фоне рассекающего остеохондрита коленного сустава является сложной и до конца не решенной проблемой. Хотя в настоящее время существуют ориентировочные алгоритмы принятия решений для выполнения различных видов хондропластики, классические методики не позволяют прогнозировать восстанавливать конгруэнтность суставных поверхностей и функцию конечности при повреждении площадью более 4 см² [12, 14]. Такие подходы, как аллопластика, несмотря на показания при крупных дефектах, не решают проблему полностью и не рассматриваются в качестве безусловной альтернативы одномоментному эндопротезированию [12].

Представленный клинический случай демонстрирует успешный пример применения комбинированной технологии хондропластики. Одним из ключевых аспектов методики является использование фрагментированного аутологичного хряща в качестве механической опоры для центральной зоны коллагеновой мембраны. Это

Рисунок 5

МРТ через 2 месяца после операции. Имеется двухслойная хрящеподобная структура

Figure 5

MRI scan 2 months after surgery. There is a two-layered cartilage-like structure



Рисунок 6

Артроскопия левого коленного сустава. Зона трансплантации покрыта хрящеподобной тканью, выявлена двухслойная структура

Figure 6

Arthroscopy of the left knee joint. The transplantation area is covered with cartilage-like tissue, a two-layered structure was revealed

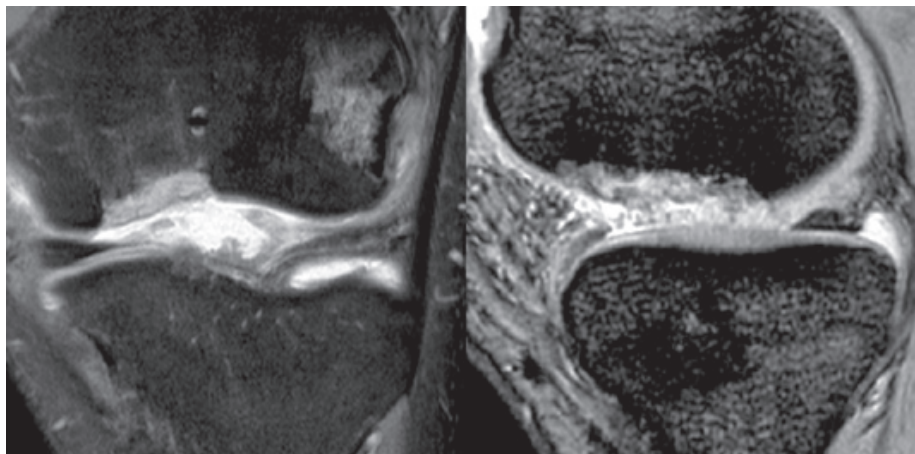


Рисунок 7

МРТ через год после операции

Figure 7

MRI scan one year after surgery



позволяет сохранить конгруэнтность сустава, восстановить анатомическую кривизну мыщелков бедренной кости, избежать формирования «кратерообразных» деформаций, а также обеспечить ремоделирование мембраны не только от периферии к центру, но и со стороны базального слоя. По нашему мнению, измельченный хрящ служит субстратом для образования глубокой зоны регенерата, формирующего двухслойную структуру хрящеподобной ткани, и выступает естественным биомеханическим каркасом для коллагеновой матрицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Локальные костно-хрящевые дефекты коленного сустава, включая рассекающий остеохондрит (болезнь Кенига), представляют значительную проблему для пациентов молодого, трудоспособного возраста, приводя к выраженному болевому синдрому, ограничению движений и снижению качества жизни. Классические методы хондропластики малоэффективны при лечении обширных и глубоких повреждений, что обуславливает необходимость разработки новых хирургических подходов.

Предложенный комбинированный метод костно-хрящевой трансплантации продемонстрировал отличные отдаленные результаты при лечении крупного дефекта, обеспечив формирование двухслойной хрящеподобной структуры, стабильную интеграцию костных аутооттрансплантатов, купирование болевого синдрома и полное восстановление функции сустава. При-

Рисунок 8

Объем движений в левом коленном суставе через год после хондропластики

Figure 8

The volume of movement in the left knee joint one year after chondroplasty



менение данного способа позволило избежать одномоментного эндопротезирования у пациента молодого возраста. Контрольная артроскопия подтвердила состоятельность и перспективность разработанной технологии, особенно в условиях невозможности использования стандартных техник. Однако требуются дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию методики и ее сравнение с другими видами хондропластики при различных типах повреждений.

Комбинированная костно-хрящевая трансплантация может стать эффек-

тивной альтернативой при лечении обширных костно-хрящевых дефектов, позволяя отсрочить эндопротезирование и сохранить высокую функцию коленного сустава у молодых пациентов.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ellermann J, Johnson CP, Wang L, Macalena JA, Nelson BJ, LaPrade RF. Insights into the epiphyseal cartilage origin and subsequent osseous manifestation of juvenile osteochondritis dissecans with a modified clinical MR imaging protocol: a pilot study. *Radiology*. 2017; 282(3): 798-806. DOI: 10.1148/radiol.2016160071
2. Tarakanov VN, Zverkova VA. Principles of surgical treatment of osteochondritis dissecans of the knee joint. *Alley of Science*. 2017; (7): 327-342. Russian (Тараканов В. Н., Зверькова В. А. Принципы хирургического лечения Рассекающего остеохондрита коленного сустава // Аллея науки. 2017. №7. С. 327-342.)
3. Weiss JM, Shea KG, Jacobs JC Jr, Cannamela PC, Becker I, Portman M, et al. Incidence of osteochondritis dissecans in adults. *Am J Sports Med*. 2018;46(7):1592-1595. DOI: 10.1177/0363546518764676.
4. Davies-Tuck ML, Wluka AE, Wang Y, Teichtahl AJ, Jones G, Ding C, et al. The natural history of cartilage defects in people with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2008 Mar;16(3):337-342. DOI: 10.1016/j.joca.2007.07.005.
5. Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee*. 2007; 14(3): 177-182. DOI: 10.1016/j.knee.2007.02.001
6. Perera JR, Gikas PD, Bentley G. The present state of treatments for articular cartilage defects in the knee. *Ann R Coll Surg Engl*. 2012; 94(6): 381-387. DOI: 10.1308/003588412X13171221592573
7. Flanigan DC, Harris JD, Trinh TQ, Siston RA, Brophy RH. Prevalence of chondral defects in athletes' knees: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(10): 1795-1801. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181d9eea0
8. Lazishvili GD, Egiarzaryan KA, Nikishin DV, Voroncov AA, Shpak MA, Klinov DV, et al. Experimental substantiation of the use of collagen membranes for the reconstruction of full-thickness defects in hyaline cartilage. *Surgical practice*. 2020; 41 (1): 45-52. Russian (Лазишвили Г. Д., Егиазарян К. А., Никишин Д. В., Воронцов А. А., Шпак М. А., Клинов Д. В. и др. Экспериментальное обоснование применения коллагеновых мембран для реконструкции полнослойных дефектов гиалинового хряща // Хирургическая прак-

тика. 2020. Т. 41, № 1. С. 45-52.) DOI: 10.38181/2223-2427-2020-1-45-52

9. Farr J, Gomoll AH. 2016 barriers to cartilage restoration. J Clin Orthop trauma. 2016; 7(3): 183-186. DOI: 10.1016/j.jcot.2016.05.001
10. Kelly SR, Mustafa L, Al-Kharabsheh Y, DeFroda SF, Nuelle CW. All-arthroscopic bone grafting and primary fixation of a medial femoral condyle osteochondritis dissecans lesion. Arthrosc Tech. 2023; 12(10): 1721-1725. DOI: 10.1016/j.jeats.2023.05.021
11. Gomoll AH, Filardo G, de Girolamo L, Espregueira-Mendes J, Marcacci M, Rodkey WG, et al. Surgical treatment for early osteoarthritis. Part I: cartilage repair procedures. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2012; 20(3): 450-466. DOI: 10.1007/s00167-011-1780-x
12. Hinckel BB, Thomas D, Vellios EE, Hancock KJ, Calcei JG, Sherman SL, et al. Algorithm for treatment of focal cartilage defects of the knee:

classic and new procedures. Cartilage. 2021; 13(1): 473-495. DOI: 10.1177/1947603521993219

13. Egiazyryan KA, Lazishvili GD, Khramenkova IV, Shpak MA, Badriev DA. Knee osteochondritis desiccans: surgery algorithm. Bulletin of Russian State Medical University. 2018; (2): 77-83. Russian (Егиазарян К. А., Лазишвили Г. Д., Храменкова И. В., Шпак М. А., Бадриев Д. А. Алгоритм хирургического лечения больных с рассекающим остеохондритом коленного сустава // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2018. № 2. С. 77-83.) DOI: 10.24075/brsmu.2018.020
14. Richter DL, Schenck RC Jr, Wascher DC, Treme G. Knee Articular Cartilage Repair and Restoration Techniques: A Review of the Literature. Sports Health. 2016 Mar-Apr;8(2):153-60. DOI: 10.1177/1941738115611350

Сведения об авторах:

Егиазарян Карен Альбертович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513. <https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>

Лазишвили Гурам Давидович — д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513. <https://orcid.org/0000-0002-3375-9879>

Бадриев Денис Айдарович (автор для переписки) — ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513. <https://orcid.org/0000-0003-3497-5933>. E-mail: ill1dan@mail.ru

Тамазян Вартан Олегович — к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513. <https://orcid.org/0000-0003-3499-3875>

Колодин Константин Сергеевич — студент 6-го курса ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, г. Москва, Россия, 117513. <https://orcid.org/0009-0006-1406-0583>

Статья поступила в редакцию 11.01.2026

Рецензирование пройдено 05.03.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Egiazyryan Karen Albertovich — MD, PhD, professor, chief of department of traumatology, orthopedics and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); Ostrovityanova St., 1, build. 6, Moscow, Russia, 117513. <https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>

Lazishvili Guram Davidovich — MD, PhD, professor, department of traumatology, orthopedics, and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); Ostrovityanova St., 1, build. 6, Moscow, Russia, 117513. <https://orcid.org/0000-0002-3375-9879>

Badriev Denis Aidarovich (author for correspondence) — assistant, department of traumatology, orthopedics, and military field surgery, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); Ostrovityanova St., 1, build. 6, Moscow, Russia, 117513. <https://orcid.org/0000-0003-3497-5933>. E-mail: ill1dan@mail.ru

Tamazyan Vartan Olegovich — candidate of medical sciences, associate professor, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); Ostrovityanova St., 1, build. 6, Moscow, Russia, 117513. <https://orcid.org/0000-0003-3499-3875>

Kolodin Konstantin Sergeevich — 6th-year student, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University); Ostrovityanova St., 1, build. 6, Moscow, Russia, 117513. <https://orcid.org/0009-0006-1406-0583>

Received 11.01.2026

Review completed 05.03.2026

Passed for printing 30.05.2026



ПЕРЕЛОМ КРЫЛА ПОДВЗДОШНОЙ КОСТИ, БЕДРЕННОЙ КОСТИ С МНОГОУРОВНЕВЫМ РАЗРЫВОМ БЕДРЕННЫХ АРТЕРИЙ: ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ВОЕННО-ПОЛЕВОГО ГОСПИТАЛЯ

FRACTURE OF THE ILIAC WING AND FEMUR WITH MULTILEVEL RUPTURE OF THE FEMORAL ARTERIES: SURGICAL TREATMENT IN CONDITIONS OF MILITARY FIELD HOSPITAL

Казанцев А.Н. Kazantsev A.N.
Бушланов П.С. Bushlanov P.S.
Чаава А.И. Chaava A.I.
Шенгелия Н.Г. Shengelia N.G.
Эмбрехт Д.Ю. Embrekht D.Yu.

ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России, г. Иваново, Россия

36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense, Ivanovo, Russia

Боевая травма конечностей и таза в структуре санитарных потерь современного вооруженного конфликта занимает ведущее место, отличаясь тяжестью, обширностью повреждений и высокой частотой сосудистых осложнений. Сочетанные повреждения костей таза и магистральных сосудов представляют собой особую проблему, требующую неотложного многоэтапного хирургического лечения (Damage Control Surgery, DCS).

Цель — представить клиническое наблюдение успешного хирургического лечения пациента с сочетанными повреждениями магистральных сосудов и костей таза в условиях военно-полевого госпиталя.

Материалы и методы. Военнослужащий 30 лет получил осколочное ранение левой нижней конечности и таза в результате атаки беспилотного летательного аппарата. Ввиду высокой анатомической локализации раны наложение жгута было невозможным; первая помощь включала наложение давящей повязки. При поступлении в госпиталь 2-го уровня (через 1 час после ранения) состояние пациента было тяжелым, определялись признаки острой ишемии конечности IIБ степени, обширные раны тазобедренной области с обнажением костных структур, диффузное кровотечение. Диагностированы оскольчатый перелом крыла подвздошной кости и верхней трети бедренной кости, тромбоз и разрывы общей, поверхностной и глубокой артерий бедра. Выполнена реконструктивная операция: тромбэктомия из магистральных артерий, аутовенозная пластика заплатой, анастомозирование оторванной ветви глубокой артерии бедра, ушивание дефекта вены. Завершающим этапом выполнен внеочаговый остеосинтез аппаратом внешней фиксации по типу «таз-бедро». Кровопотеря восполнена компонентами крови. В послеоперационном периоде восстановлен магистральный кровоток, конечность сохранена.

Результаты. Представленный случай демонстрирует эффективность тактики DCS и преемственности этапов медицинской эвакуации. Многоуровневый характер повреждения сосудистой стенки (включая отрыв интимы без внешнего разрыва сосуда) подтверждает значимость барогидравлического удара взрывной волны. Высокая квалификация мультидис-

циплинарной команды в структуре санитарных потерь в современных вооруженных конфликтах, характеризующаяся тяжестью, обширностью повреждений и высокой частотой сосудистых осложнений. Сочетанные повреждения костей таза и магистральных сосудов представляют собой особую проблему, требующую неотложного многоэтапного хирургического лечения (Damage Control Surgery, DCS) в военно-полевом госпитале.

Objective — to present a clinical observation of successful surgical treatment of a patient with combined injuries to the main vessels and pelvic bones in a military field hospital.

Materials and methods. A 30-year-old serviceman received a shrapnel wound of his left lower limb and pelvis as a result of an attack by an unmanned aerial vehicle. Due to the high location of the wound, tourniquet application was impossible. The first aid consisted of a pressure bandage. Upon admission to the level 2 hospital (1 hour post-injury), the patient's condition was severe, with signs of acute grade 2B limb ischemia, extensive wounds of the hip region with exposed bone structures, and diffuse bleeding. A comminuted fracture of the iliac wing and upper third of the femur, as well as thrombosis and ruptures of the common, superficial, and deep femoral arteries, were diagnosed. Reconstructive surgery was performed, including thrombectomy of the main arteries, autologous vein grafting with a patch, anastomosis of the torn branch of the deep femoral artery, and suturing of the venous defect. The final stage was extrafocal osteosynthesis with a pelvic-femoral external fixator. Blood loss was replaced with blood components. Postoperatively, main blood flow was restored, and the limb was preserved.

Results. The presented case demonstrates the effectiveness of DCS and the continuity of medical evacuation stages. The multi-level nature of the vascular wall injury (including intimal rupture without external vessel rupture) confirms the significance of the barohydraulic shock of the blast wave. The high qualifications of the multidisciplinary team made it



Для цитирования: Казанцев А.Н., Бушланов П.С., Чаава А.И., Шенгелия Н.Г., Эмбрехт Д.Ю. ПЕРЕЛОМ КРЫЛА ПОДВЗДОШНОЙ КОСТИ, БЕДРЕННОЙ КОСТИ С МНОГОУРОВНЕВЫМ РАЗРЫВОМ БЕДРЕННЫХ АРТЕРИЙ: ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ВОЕННО-ПОЛЕВОГО ГОСПИТАЛЯ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 89-98.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/691>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-1-89-98

циплинарной бригады позволила выполнить сложную реконструкцию в условиях дефицита времени и продолжающегося кровотечения.

Заключение. Успешное хирургическое лечение сочетанных повреждений магистральных сосудов и костей таза в военно-полевом госпитале возможно при строгом соблюдении протоколов временного гемостаза, быстрой диагностики и этапных реконструктивных вмешательств, что позволяет сохранить жизнеспособность конечности.

Ключевые слова: боевая травма; перелом подвздошной кости; повреждение бедренной артерии; острая ишемия; военно-полевая хирургия; damage control; специальная военная операция; сосудистая реконструкция

possible to perform a complex reconstruction under time pressure and ongoing bleeding.

Conclusion. Successful surgical treatment of combined injuries to major vessels and pelvic bones in a military field hospital is possible with strict adherence to protocols for temporary hemostasis, rapid diagnosis, and staged reconstructive interventions, allowing for limb salvage.

Keywords: combat trauma; iliac wing fracture; femoral artery injury; acute ischemia; military field surgery; damage control; special military operation; vascular reconstruction

Современные вооруженные конфликты, включая специальную военную операцию (СВО), характеризуются высокоэнергетическим характером боевой патологии, при котором доля травм конечностей и таза остается стабильно высокой, достигая 70 % в структуре санитарных потерь [1, 2]. Основным поражающим фактором в данных условиях является воздействие взрывных устройств и осколочных боеприпасов, приводящее к обширным разрушениям мягких тканей, костного скелета и магистральных сосудов [3, 4]. Особенностью современной боевой хирургической патологии служит ее сочетанный характер, когда у одного раненого одновременно диагностируются повреждения нескольких анатомических областей [5].

Повреждения магистральных артерий при огнестрельных и осколочных ранениях конечностей встречаются, по данным различных авторов, в 20–30 % случаев тяжелой травмы и являются основной причиной развития критической ишемии и последующих ампутаций [6, 7]. Наиболее сложную категорию представляют раненые с сочетанной травмой таза и бедра. Переломы крыла подвздошной кости, особенно оскольчатые, нередко сопровождаются повреждением подвздошных и бедренных сосудов вследствие анатомической близости костных структур к сосудистому пучку, а также прямого действия ранящего снаряда [1–3, 7, 8].

Одним из ключевых аспектов патогенеза сосудистой травмы при взрывных ранениях является не только прямой разрыв сосуда, но и воздействие бокового удара взрывной волны. Указанный фактор может приводить к циркулярному отрыву интимы и последующему тромбозу при макроскопически неизменной наружной стенке артерии [7, 9, 10]. Такие закрытые повреждения трудны для своевременной диагностики, поскольку

отсутствие наружного кровотечения при первичном осмотре отсрочивает выполнение реваскуляризации конечности [7, 10].

Хирургическая тактика при повреждении магистральных сосудов на передовых этапах медицинской эвакуации подчинена принципам многоэтапного хирургического лечения (Damage Control Surgery, DCS). Первоочередной задачей является остановка жизнеугрожающего кровотечения и временное восстановление кровотока путем применения временных внутрисосудистых шунтов с последующей окончательной реконструкцией сосудистого русла после стабилизации общего состояния раненого [5, 11]. В условиях отдельного медицинского отряда (военного госпиталя) первого эшелона, куда раненые поступают в среднем через 1–2 часа после получения травмы, временной фактор играет критическую роль: превышение порога тепловой ишемии в 4–6 часов резко ухудшает прогноз для сохранения жизнеспособности конечности [5, 12].

Лечение сочетанных повреждений костей таза и магистральных сосудов требует мультидисциплинарного подхода. Восстановление сосудистого русла должно предшествовать окончательной фиксации переломов или выполняться параллельно с временной стабилизацией костей, чтобы избежать ятрогенного повреждения реконструированных сосудов во время репозиции отломков [13, 14]. Применение аппаратов внешней фиксации (АВФ) на этапе первичного хирургического вмешательства является «золотым стандартом», позволяющим быстро стабилизировать костные фрагменты, минимизировать дополнительную травматизацию и обеспечить доступ для динамического наблюдения за раной и сосудистыми анастомозами [13].

Особую сложность представляют случаи, когда из-за проксимальной

локализации раны (с переходом на область таза) наложение кровоостанавливающего жгута технически невозможно [3]. Первая помощь в таких ситуациях, как правило, ограничивается тугой тампонадой раны и наложением давящей повязки, что не всегда эффективно при повреждении крупных артериальных стволов. Доставка таких раненых в состоянии тяжелого геморрагического шока требует проведения массивной трансфузионной терапии непосредственно в операционной [15, 16]. Анализ литературы показывает, что при многоуровневых повреждениях артериального русла, особенно в сочетании с дефектом костной ткани, выбор метода реконструкции зависит от конкретной интраоперационной ситуации, степени деструкции стенки сосуда и состояния окружающих тканей [9, 17–19]. Использование ауто-трансплантата большой подкожной вены (БПВ) остается методом выбора для пластики артерий малого и среднего калибра в условиях первично-инфицированной раны [6, 11, 17].

Представленный клинический случай демонстрирует возможности современной военно-полевой хирургии по сохранению жизнеспособности конечности с критической ишемией на фоне сочетанных повреждений костей таза и бедра. Данное наблюдение служит успешной иллюстрацией этапного хирургического лечения в условиях отдельного медицинского отряда (военного госпиталя) первого эшелона в зоне проведения СВО.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Раненый К., военнослужащий, 30 лет, доставлен в приемное отделение отдельного медицинского отряда (военного госпиталя) первого эшелона в 06:30. Из анамнеза известно, что травму получил в 05:30 на боевой позиции в результате сброса боеприпаса с беспилотного летательного аппарата

(БПЛА). На момент поступления находился в сознании.

Сразу после ранения развилось массивное кровотечение из области левого бедра с переходом на область таза. Ввиду проксимальной локализации раны, ее близости к паховой и ягодичной областям наложение кровоостанавливающего жгута было технически невозможным. Первая помощь оказана в порядке взаимопомощи сослуживцами: выполнена тугая тампонада раны стерильными салфетками, наложена давящая повязка. При поступлении состояние раненого тяжелое, обусловленное развитием травматического и геморрагического шока.

Объективный статус при поступлении. По шкале ВПХ-СП (Военно-полевая хирургия — Сортировочные признаки) тяжесть состояния оценена как высокая (3-я сортировочная группа). Это определение основано на наличии обширных ран тазобедренной области с продолжающимся кровотечением, признаков острой ишемии конечности, нестабильной гемодинамики и высокого риска развития необратимых изменений.

Сознание ясное, но раненый заторможен (на фоне гиповолемии).

Гемодинамика: артериальное давление (АД) — 110/70 мм рт. ст. (на фоне продолжающейся инфузии через катетер, установленный на догоспитальном этапе). Пульс — 120 ударов в минуту, слабого наполнения. Частота дыхания — 22 в минуту. Кожные покровы бледные, холодный липкий пот.

Локальный статус:

На передней поверхности левого бедра в верхней и средней трети определялась обширная рана неправильной формы размерами 20 × 30 см. Края раны были неровными, осадненными, с участками некроза. После удаления пропитанной кровью давящей повязки отмечалось диффузное геморрагическое отделяемое из глубины раны, струйного кровотечения не было.

Левая нижняя конечность была холодной на ощупь дистальнее средней трети бедра; кожные покровы бледные, с мраморным оттенком.

Активные движения в левой стопе были резко ограничены, пассивные движения сохранялись в полном объеме, но были болезненными.

Чувствительность в стопе была снижена по типу «носка».

Пульсация на подколенной артерии, задней большеберцовой артерии и пе-

Рисунок 1

Сочетанное осколочное ранение таза и левого бедра

Figure 1

Combined shrapnel wound of the pelvis and left thigh



редней большеберцовой артерии слева отсутствовала. Пульс на бедренной артерии пальпаторно оценить было невозможно из-за обширности раны и гематомы.

На задней поверхности левого бедра с переходом на ягодичную область визуализировалась вторая обширная рана, сообщающаяся с первой, с признаками диффузного геморрагического отделяемого (рис. 1).

В левой подвздошной области, в глубине раны, определялись множественные костные отломки крыла подвздошной кости (как свободно лежащие, так и фиксированные к надкостнице). Верифицирован дефект передних трех четвертей крыла левой подвздошной кости. При пальпации определялась патологическая подвижность левой бедренной кости на границе верхней и средней трети диафиза. При ревизии верхнего угла раны сообщения с брюшной полостью не выявлено, пальпировалась предпузырная клетчатка. После введения мочевого катетера получено 100 мл мочи с макроскопической примесью крови (гематурия). Ректальное исследование патологии не выявило; кал коричневого цвета, следы крови на перчатке отсутствовали.

Для уточнения диагноза и планирования операции в экстренном порядке

были выполнены следующие исследования:

1. Рентгенография таза и левого бедра: выявлен многооскольчатый перелом крыла левой подвздошной кости с расхождением отломков; оскольчатый перелом проксимальной трети диафиза левой бедренной кости со смещением отломков по длине и ширине (рис. 2).

2. Ультразвуковое ангиосканирование (УЗАС) сосудов левой нижней конечности (портативным аппаратом): на уровне средней трети бедра, подколенной артерии и артерий голени магистральный кровоток не лоцировался. Дистальнее, в проекции стопы, определялся скудный коллатеральный кровоток.

3. Ультразвуковое исследование органов брюшной полости и забрюшинного пространства: свободной жидкости в брюшной полости не выявлено, повреждения паренхиматозных органов не визуализировались.

4. Цистография (выполнена в связи с подозрением на повреждение мочевого пузыря): введено 200 мл водорастворимого контрастного вещества; затеков контраста за пределы мочевого пузыря не выявлено, целостность стенки была сохранена.

5. Рентгенография органов грудной клетки и брюшной полости: свобод-

ного газа под куполом диафрагмы и уровней жидкости не определялось. Патологии со стороны органов грудной клетки не выявлено.

Общий анализ крови:

- при поступлении (06:39): лейкоциты — $22,93 \times 10^9/\text{л}$, эритроциты — $4,01 \times 10^{12}/\text{л}$, гемоглобин — 141 г/л, гематокрит — 33,01 %, тромбоциты — $261 \times 10^9/\text{л}$ (признаки гемоконцентрации на фоне шока);

- через 1 час, в начале операции: лейкоциты — $16,05 \times 10^9/\text{л}$, эритроциты — $2,14 \times 10^{12}/\text{л}$, гемоглобин — 73 г/л, гематокрит — 17,41 %, тромбоциты — $151 \times 10^9/\text{л}$. Данные показатели свидетельствовали о массивной кровопотере и гемодилюции на фоне интенсивной инфузионной терапии.

На основании анамнеза, клинической картины и данных экстренного обследования был установлен диагноз: «Сочетанное осколочное ранение таза и левой нижней конечности. Осколочные слепое и сквозное ранения левого бедра и левой ягодичной области с обширным дефектом мягких тканей, повреждением бедренных сосудов. Огнестрельный многооскольчатый перелом крыла левой подвздошной кости. Огнестрельный оскольчатый перелом проксимальной трети диафиза левой бедренной кости со смещением отломков. Острая ишемия левой нижней конечности ПБ степени (по классификации И.И. Затевахина). Постгеморрагическая анемия тяжелой степени. Травматический шок I степени (на момент начала операции, с тенденцией к усугублению)».

Экстренным консилиумом в составе сосудистого хирурга, травматолога, хирурга и анестезиолога-реаниматолога было принято решение о проведении неотложного оперативного вмешательства по жизненным показаниям (в связи с продолжающимся кровотечением и критической ишемией конечности). Операция была начата в 07:00.

Анестезиологическое пособие: эндотрахеальный наркоз (комбинированная общая анестезия с применением пропофола, фентанила, рокурония бромид). Интраоперационная инфузионно-трансфузионная терапия проводилась под постоянным контролем центрального венозного давления и почасового диуреза.

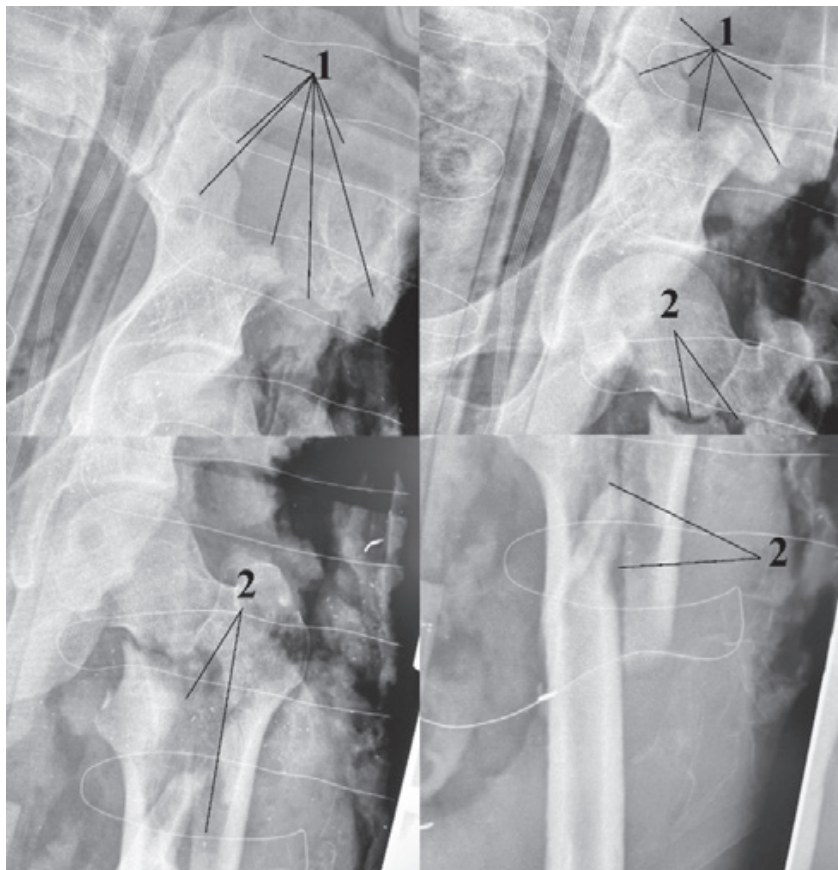
Положение раненого на операционном столе: лежа на спине с валиком под левой половиной таза.

Рисунок 2

Рентгенография таза, левого бедра: 1 — многооскольчатый перелом левой подвздошной кости; 2 — оскольчатый перелом левой бедренной кости

Figure 2

X-ray of the pelvis, left hip: 1 — comminuted fracture of the left ilium; 2 — comminuted fracture of the left femur



Этапы операции:

1. Ревизия ран и сосудистый этап

Удалена давящая повязка. Проведена широкая первичная хирургическая обработка ран бедра и подвздошной области: иссечены нежизнеспособные мягкие ткани, удалены свободно лежащие мелкие костные отломки. Выделен сосудисто-нервный пучок левого бедра.

При ревизии поверхностной бедренной артерии (ПБА) выявлен дефект стенки диаметром 0,4 см, полипропиленовой нитью 6/0 произведено его ушивание боковым швом (рис. 3). На 3 см дистальнее этого места пульсация ПБА отсутствовала, дефект стенки артерии не обнаружен, однако определялась внутривенная гематома (признак закрытой отслойки интимы). Внутривенно струйно введено 5 тыс. ЕД нефракционированного гепарина. Выполнено пережатие ПБА, произведена продольная артериотомия в зоне внутривенной гематомы. В просвете артерии визуализировалась отслойка

ка интимы с тромботическими массами, окклюзирующими просвет. Произведена тромбинтимиэктомия. При ревизии ретроградный кровоток отсутствовал, антеградный кровоток был удовлетворительным. Выполнена тромбэктомия катетером Фогарти 5F из дистального русла, в результате чего получен хороший ретроградный кровоток. В дистальное русло введен гепаринизированный раствор. Из жизнеспособных тканей доступом из раны выделен участок БПВ длиной 5 см. Сформирована аутовенозная заплатка, с помощью которой выполнена пластика артериотомного отверстия ПБА полипропиленовой нитью 6/0 (рис. 4).

Через 10 минут после восстановления кровотока пульсация на ПБА прекратилась. Ревизия была продолжена: выделены общая бедренная артерия (ОБА) и глубокая бедренная артерия (ГБА). В области бифуркации ОБА определялась внутривенная гематома (подозрение на отслойку интимы). Выполнено пережатие ОБА

с последующей продольной артериотомией. При артериотомии обнаружен циркулярный отрыв интимы ОБА с тромбом, полностью окклюзирующим просвет сосуда (рис. 5). Выполнена тромбинтимэктомия. Из здоровых тканей доступом из раны выделен новый участок БПВ длиной 5 см. Сформирована аутовенозная заплата, которой выполнена пластика артериотомного отверстия ОБА полипропиленовой нитью 6/0. После пуска кровотока ОБА и ПБА пульсировали удовлетворительно (рис. 6).

Далее произведена ревизия ГБА. Выявлен отрыв ветви ГБА (латеральной артерии, огибающей бедренную кость, диаметром 6 мм) на расстоянии 1 см от устья. Дистальная культя ветви не пульсировала. Из дистальной культи оторванной ветви ГБА выполнена тромбэктомия катетером Фогарти 5F, получен удовлетворительный ретроградный кровоток. Резецированы разможенные концы культей ветви, диастаз составил 1 см. Сформирован анастомоз «конец-в-конец» полипропиленовой нитью 6/0. Кровоток по ГБА был восстановлен.

Затем был обнаружен дефект стенки поверхностной бедренной вены диаметром 2 мм, который был ушит пристеночным швом полипропиленовой нитью 6/0. Для нейтрализации действия гепарина внутривенно струйно введен 5,0 мл протамина сульфата, что привело к полному купированию диффузной кровоточивости тканей.

2. Ортопедический этап (внешняя фиксация)

После восстановления магистрального кровотока с целью стабилизации отломков и создания оптимальных условий для заживления ран выполнен монтаж АВФ. Технические особенности этапа: из-за обширного разрушения крыла подвздошной кости проведение стандартных стержней-фиксаторов в данную анатомическую область было невозможным. В связи с этим выполнено атипичное проведение стержня Шанца вдоль левой пограничной (терминальной) линии в неповрежденный отдел подвздошной кости под постоянным визуальным и пальпаторным контролем. Дополнительные стержни были проведены в подвздошной области левой бедренной кости. Выполнены дозированная тракция по оси, устранение ротационного смещения и сопоставление

Рисунок 3

Дефект стенки поверхностной бедренной артерии (1) с гематомой стенки (2) и последующим ушиванием пристеночным швом (3)

Figure 3

Defect of the wall of the superficial femoral artery (1) with a wall hematoma (2) and subsequent suturing with a parietal suture (3)

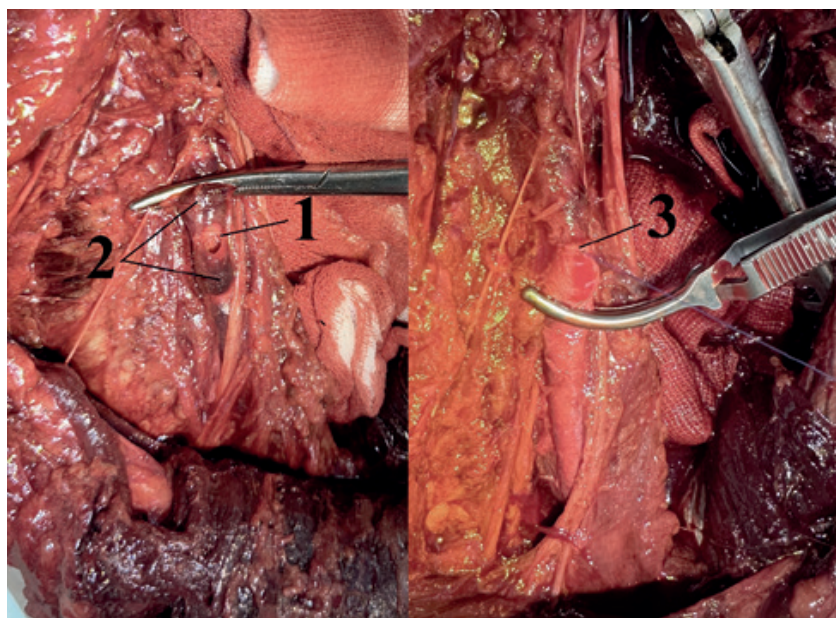
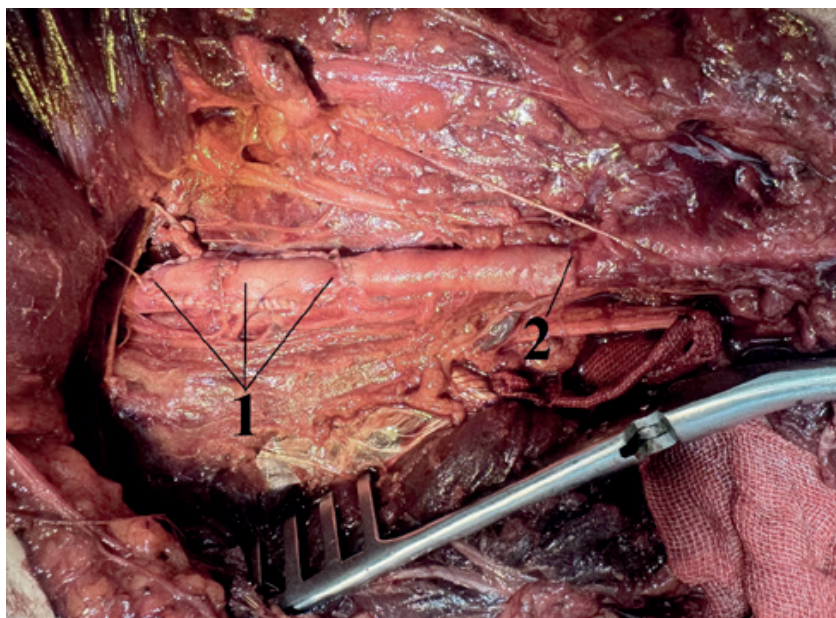


Рисунок 4

Пластика поверхностной бедренной артерии в месте тромбинтимэктомии аутовенозной заплатой: 1 — аутовенозная заплата; 2 — пристеночные швы в месте дефекта стенки

Figure 4

Plastic surgery of the superficial femoral artery at the site of thrombintimectomy with an autovenous patch: 1 — autovenous patch; 2 — parietal suture at the site of the wall defect



длины поврежденной конечности с контрлатеральной. Зажимы аппарата плотно затянуты, смонтированная конструкция была биомеханически стабильна.

3. Заключительный этап

Выполнена окончательная хирургическая обработка: произведены иссечение некротизированных тканей и окончательный гемостаз с помощью электрокоагуляции и перевязки мелких сосудов. Раневые поверхности

тщательно промыты раствором повидон-йода. С целью гемостаза и дренирования выполнена тугая тампонада марлевыми тампонами с мазью на водорастворимой основе. На кожные края наложены провизорные швы, поверх которых зафиксированы асептические повязки.

Интраоперационная кровопотеря и трансфузионная терапия. Объем интраоперационной кровопотери составил 300 мл с учетом того, что основной объем крови был утерян раненым на догоспитальном этапе. Объем гемотрансфузии во время операции и в ближайшем послеоперационном периоде составил: эритроцитарная масса — 1700 мл, свежемороженая плазма — 1700 мл. Общий объем инфузионно-трансфузионной терапии был восполнен до полной стабилизации показателей системной гемодинамики.

Послеоперационный период. При контрольном УЗАС, выполненном непосредственно на операционном столе, кровотока по подколенной артерии, а также по задней и передней большеберцовым артериям слева определялся как магистральный, удовлетворительных характеристик. Отмечалось восстановление температуры кожных покровов (конечность согрелась), пальпаторно регистрировался отчетливый пульс на периферических артериях голени и стопы. При контрольном лабораторном исследовании крови после операции зафиксирована положительная динамика на фоне массивной гемотрансфузии: уровень гемоглобина составил 92 г/л, количество эритроцитов — $3,02 \times 10^{12}/л$.

Для дальнейшей стабилизации общего состояния раненый был переведен в отделение реанимации и интенсивной терапии. Через один час после окончания вмешательства, в связи с тяжестью сочетанной травмы и достигнутой стабильностью жизненно важных функций, в соответствии с концепцией DCS, пациент был эвакуирован силами санитарной авиации в тыловую многопрофильный военный госпиталь для проведения окончательного этапа лечения (включая выполнение кожной аутопластики и окончательной фиксации костных отломков).

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный клинический случай служит характерным примером тяжелой сочетанной боевой травмы

Рисунок 5

Выделение бифуркации общей бедренной артерии (а) с последующей тромбинтимиэктомией из просвета общей бедренной артерии (б):

1 — общая бедренная артерия; 2 — гематома стенки общей бедренной артерии; 3 — поверхностная бедренная артерия; 4 — глубокая бедренная артерия; 5 — тромботические массы в просвете общей бедренной артерии; 6 — разрыв интимы общей бедренной артерии

Figure 5

Isolation of the bifurcation of the common femoral artery (a) followed by thromboendarterectomy from the lumen of the common femoral artery (b): 1 — common femoral artery; 2 — hematoma of the common femoral artery wall; 3 — superficial femoral artery; 4 — deep femoral artery; 5 — thrombotic masses in the lumen of the common femoral artery; 6 — intimal tear of the common femoral artery

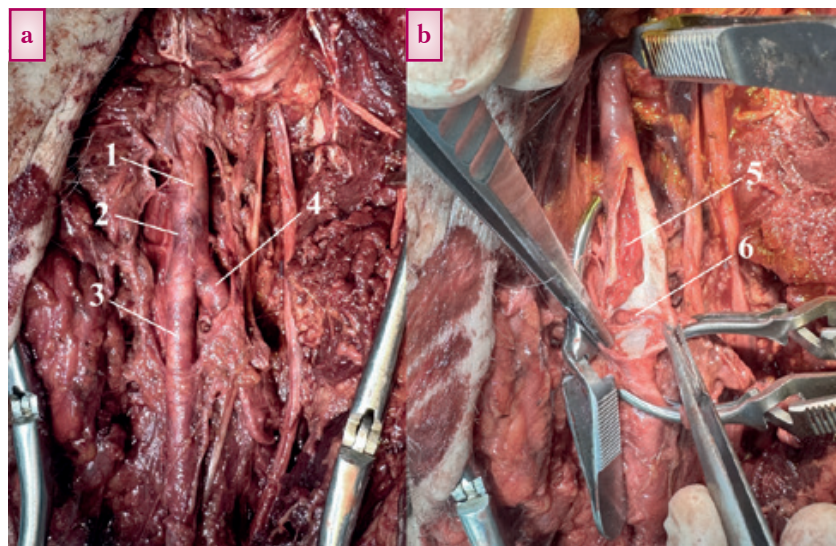
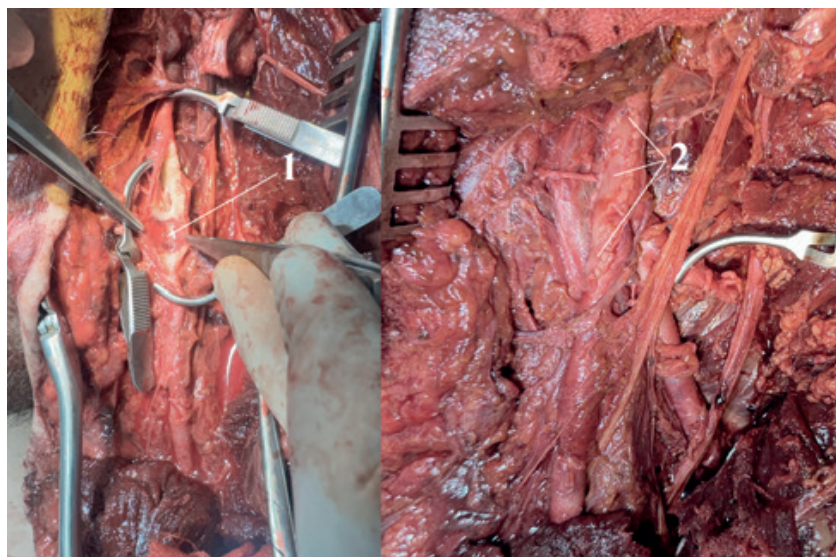


Рисунок 6

Тромбинтимиэктомия из общей бедренной артерии (1) с последующей имплантацией аутовенозной заплаты (2)

Figure 6

Thromboendarterectomy from the common femoral artery (1) followed by implantation of an autovenous patch (2)



периода СВО, демонстрирующим комплексный подход к лечению на передовом этапе медицинской эвакуации. Раненый с многоуровневым повреждением магистральных сосудов бедра, а

также обширными переломами костей таза и бедренной кости успешно прооперирован в условиях отдельного медицинского отряда (военного госпиталя) первого эшелона, в результате чего

жизнеспособность конечности была сохранена.

Анализ данного наблюдения позволяет выделить несколько ключевых аспектов, имеющих фундаментальное значение для военно-полевой хирургии.

Во-первых, обращает на себя внимание механизм травмы. Ранение получено в результате атаки БПЛА, что полностью соответствует современной структуре боевой патологии, где доля взрывных осколочных ранений неуклонно растет [1, 2]. Особенностью таких повреждений, помимо значительной площади зоны деструкции, является высокая энергия, передаваемая тканям, что приводит к контузионным изменениям на значительном удалении от раневого канала. Это наглядно подтверждается интраоперационной находкой — обширной отслойкой интимы ОБА и ПБА при внешней сохранности адвентициальной оболочки. Подобные повреждения служат следствием барогидравлического удара взрывной волны, распространяющейся по тканям и кровеносному руслу [20, 21]. Диагностика таких закрытых разрывов интимы крайне сложна: при отсутствии явного кровотечения и внешних признаков повреждения стенки имеет место острая ишемия конечности, непосредственной причиной которой является тромбоз в зоне поврежденной интимы. Данный факт подчеркивает необходимость тщательной ревизии сосудистого ствола при любом подозрении на травму, даже при его макроскопически неизменном внешнем виде [10, 22].

Во-вторых, критическими факторами, повлиявшими на благоприятный клинический исход, явились правильная тактика оказания первой помощи на догоспитальном этапе и быстрая доставка раненого. Техническая невозможность наложения кровоостанавливающего жгута из-за проксимальной локализации раны (с переходом на область таза) представляет собой частую проблему при ранениях корневых сегментов конечностей [3]. В подобных ситуациях единственным эффективным методом временной остановки кровотечения остается тугая тампонада раны, которая и была успешно применена. Время транспортировки раненого в военный госпиталь первого эшелона составило 1 час (правило «золотого часа»), что позволило начать специализированное вмешательство

Рисунок 7

Разрыв латеральной артерии, огибающей бедренную кость (ветвь глубокой бедренной артерии) с последующей пластикой анастомозом «конец-в-конец»: 1 — проксимальная культя артерии; 2 — дистальная культя артерии; 3 — анастомоз между культями артерии «конец-в-конец»

Figure 7

Rupture of the lateral circumflex femoral artery (branch of the deep femoral artery) with subsequent end-to-end anastomosis: 1 — proximal arterial stump; 2 — distal arterial stump; 3 — end-to-end anastomosis between the arterial stumps

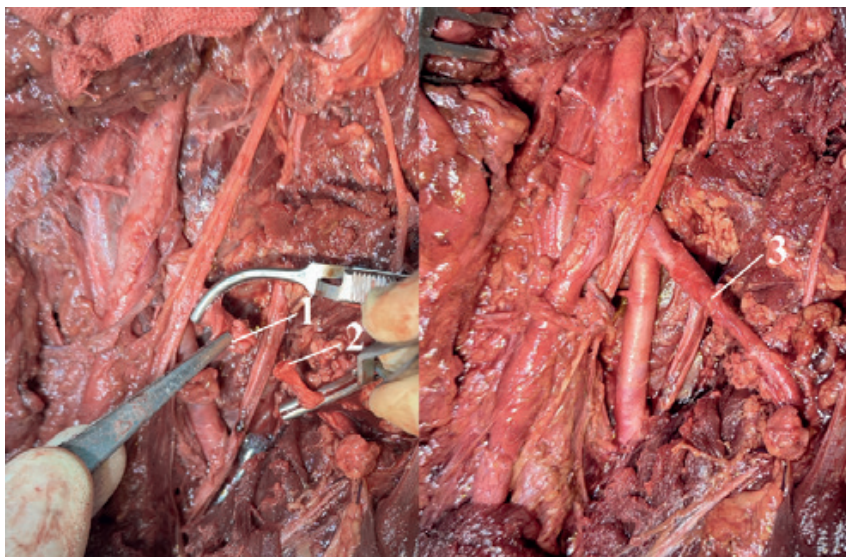
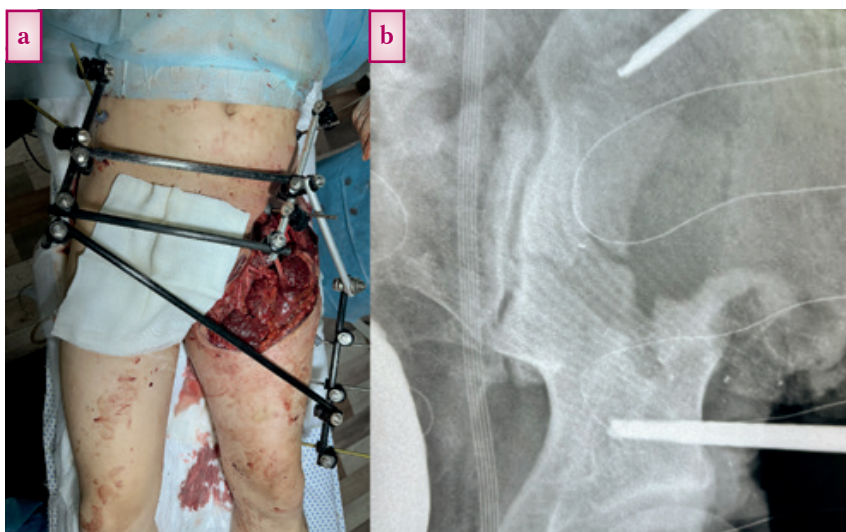


Рисунок 8

Установка аппарата внешней фиксации (а) с последующим рентген-контролем стержней в проекции переломов левой подвздошной кости (b)

Figure 8

Installation of an external fixation device (a) with subsequent x-ray control of the rods in the projection of the fractures of the left iliac bone (b)



до развития необратимых ишемических изменений в мышечной ткани.

В-третьих, лечебная тактика в госпитале строго соответствовала принципам DCS [5, 11]. Первоначально

был решен вопрос об окончательном контроле гемостаза. Учитывая, что струйного артериального кровотечения на момент ревизии не отмечалось, а имелись выраженная диффузная кро-

воточивость тканей и декомпенсированная острая ишемия, хирургическая бригада обоснованно приступила к прямой реконструктивной операции без наложения временного внутрисосудистого шунта, однако в условиях постоянной готовности к экстренному маневру остановки кровотечения. Обнаружение многоуровневого поражения артериального русла (общей, поверхностной и глубокой бедренных артерий) потребовало выполнения сложного объема реконструкции в условиях продолжающейся скрытой кровопотери и жесткого дефицита времени. Использование аутовенозных заплат и формирование анастомоза «конец-в-конец» служат оптимальным выбором при первично-инфицированной огнестрельной ране, позволяя полностью отказаться от применения синтетических протезов [7, 12, 14, 20]. Строгая последовательность действий, включавшая тромбэктомию из дистального русла и адекватную интраоперационную гепаринизацию (с последующей нейтрализацией протамина сульфатом), позволила минимизировать риск раннего тромбоза.

Отдельного внимания заслуживает ортопедический этап. Стабилизация отломков бедренной кости и таза с помощью АВФ после сосудистой реконструкции является общепринятым стандартом. Такой подход предотвращает вторичное повреждение анастомозов острыми фрагментами костей и создает оптимальные условия для заживления мягких тканей [5, 13]. Атипичное проведение стержня-фиксатора в подвздошную кость вдоль пограничной (терминальной) линии было вынужденной мерой из-за обширного разрушения крыла, однако данная манипуляция позволила обеспечить достаточную биомеханическую стабильность тазового компонента. Применение провизорных швов и тугая тампонада ран служат элементами активной хирургической тактики, направленной

на профилактику раневой инфекции и подготовку раневых поверхностей к последующим этапам кожной аутопластики [20].

Результаты представленного клинического наблюдения согласуются с опытом зарубежных коллег, полученным при оказании помощи пострадавшим в ходе военных конфликтов в Ираке и Афганистане. Сходство фундаментальных подходов заключается в приоритете ранней реваскуляризации, использовании аутоотрансплантата БПВ и обязательной наружной фиксации костных отломков [4, 7]. Однако, как продемонстрировано в ряде современных исследований, в условиях проведения СВО хирургам часто приходится сталкиваться с более обширными разрушениями тканей, требующими нестандартных подходов [11, 12, 17]. Описанное клиническое наблюдение представляет особый интерес ввиду редкого сочетания огнестрельного перелома крыла подвздошной кости с многоуровневым (тройным) повреждением артериального русла бедра, что практически не освещено в профильной литературе. Несмотря на тяжесть сочетанной травмы и массивную острую кровопотерю (снижение уровня гемоглобина до 73 г/л на начальном этапе вмешательства), силами мультидисциплинарной бригады удалось одновременно выполнить полный объем реконструктивно-пластического пособия и стабилизировать состояние пострадавшего.

Проанализированный клинический пример подтверждает эффективность развертывания высокотехнологичной хирургической помощи на передовых этапах эвакуации при современных боевых действиях. Благоприятный исход обусловлен сокращением догоспитального этапа, проведением УЗАС в комплексе экспресс-диагностики, следованием принципам тактики DCS, а также готовностью бригады к сочетанным сосудистым и ортопедическим реконструкциям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный клинический случай сочетанного осколочного ранения таза и левой нижней конечности с многоуровневым повреждением бедренных артерий демонстрирует эффективность организации хирургической помощи в условиях ведения боевых действий. Применение тактики DCS, своевременная экспресс-диагностика с использованием ультразвуковых методов, выполнение сложной аутовенозной реконструкции артериального русла в сочетании со стабильной фиксацией костных отломков АВФ позволили сохранить жизнеспособность конечности, находившейся в состоянии декомпенсированной ишемии. Интраоперационная находка — закрытый отрыв интимы при макроскопически неизменной наружной оболочке сосуда — подчеркивает важность глубокого понимания биомеханики минно-взрывной травмы. Опыт лечения данного раненого свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования этапной системы оказания помощи, четкого междисциплинарного взаимодействия сосудистых хирургов и травматологов-ортопедов, а также готовности к выполнению симультанных реконструктивных вмешательств на этапе медицинского отряда специального назначения (военного госпиталя) первого эшелона.

Эвакуация раненого для проведения окончательного этапа лечения является логичным продолжением этапного лечения и залогом благоприятного функционального исхода.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ivchenko EV, Ovchinnikov DV. Main scientific and practical results of the study of combat pathology of the special military operation period at the Military Medical Academy. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(4):457-469. DOI:10.17816/rmmar636549. Russian (Ивченко Е. В., Овчинников Д. В. Основные научно-практические итоги изучения в военно-медицинской академии боевой патологии периода специальной военной операции // Известия Российской военно-медицинской академии. 2024. Т. 43, № 4. С. 457-469.)
2. Dorokhov AE, Akperova SR, Prosvetov SG. Analysis of the nature of injuries and wounds sustained during a special military operation. *Youth Innovative Bulletin*. 2023;12(S2):138-140. Russian (Дорохов А. Е., Акперова С. Р., Просветов С. Г. Анализ характера травм и ранений, полученных в ходе специальной военной операции // Молодежный инновационный вестник. 2023. Т. 12, № S2. С. 138-140.)

3. Trishkin DV. Results of the activities of the medical service of the armed forces of the Russian Federation in 2024 and tasks for 2025. *Military Medical Journal*. 2025;346(1):4-20. DOI:10.52424/00269050_2024_346_1_4. Russian (Тришкин Д. В. Итоги деятельности медицинской службы вооруженных сил российской федерации в 2024 году и задачи на 2025 год // Военно-медицинский журнал. 2025. Т. 346, № 1. С. 4-20.)
4. Prat D, Braun M, Givon A, Goldman S, Katorza E, Shapira S. How do gunshot and explosive injuries to the lower extremities differ in severity and treatment? A Comparative Study From the Israel-Gaza Conflict. *Clin Orthop Relat Res*. 2025;483(11):2037-2043. DOI:10.1097/CORR.0000000000003498.
5. Kotiv BN, Samokhvalov IM, Chuprina AP, Belskikh AN, Badalov VI, Alekseev ED, et al. Instructions for military field surgery. Ministry of Defense of the Russian Federation. Moscow, 2020. 488 p. Russian (Котив Б. Н., Самохвалов И. М., Чуприна А. П., Бельских А. Н., Бадалов В. И., Алексеев Е. Д. и др. Указания по военно-полевой хирургии / Министерство Обороны Российской Федерации. Москва, 2020. 488 с.)
6. Gavrilov EK, Ramazanov AYU, Goncharov AV, Lyabakh DD, Khasanov AR. Frequency and structure of combat gunshot vascular trauma in a level III forward medical facility in a modern armed conflict. *Angiology and Vascular Surgery*. 2024;30(2):143-150. DOI:10.33029/1027-6661-2024-30-2-143-150. Russian (Гаврилов Е. К., Рамазанов А. Ю., Гончаров А. В., Лябах Д. Д., Хасанов А. Р. Частота и структура боевой огнестрельной сосудистой травмы в передовой медицинской организации третьего уровня в современном вооруженном конфликте // Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского. 2024. Т. 30, № 2. С. 143-150.)
7. Sharrock AE, Tai N, Perkins Z, White JM, Remick KN, Rickard RF, et al. Management and outcome of 597 wartime penetrating lower extremity arterial injuries from an international military cohort. *J Vasc Surg*. 2019;70(1):224-232. DOI:10.1016/j.jvs.2018.11.024.
8. Levkin VG, Letskaya OA. Characteristics of disability due to injuries and mutilations sustained during a special military operation and rehabilitation measures. *Physical and Rehabilitation Medicine*. 2022;4(4):7-16. DOI:10.26211/2658-4522-2022-4-4-7-16. Russian (Лёвкин В. Г., Лецкая О. А. Характеристика инвалидности вследствие травм и увечий, полученных в ходе специальной военной операции, и реабилитационные мероприятия // Физическая и реабилитационная медицина. 2022. Т. 4, № 4. С. 7-16.)
9. Kharchenko OYu, Kazantsev AN, Alekseev OV, Makhmudov RM, Kholmatov VN, Tenishev RR. Removal of a false post-traumatic axillary artery aneurysm in a separate medical aeromobile unit of the special military operation zone. *Pirogov Journal of Surgery*. 2025;(6):122-127. DOI:10.17116/hirurgia2025061122. Russian (Харченко О. Ю., Казанцев А. Н., Алексеев О. В., Махмудов Р. М., Холматов В. Н., Тенишев Р. Р. Удаление ложной посттравматической аневризмы подмышечной артерии в условиях отдельного медицинского аэромобильного отряда зоны специальной военной операции // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2025. № 6. С. 122-127.)
10. Gavrilov EK, Zokhrabov FI, Khubulava GG. Ultrasound angioscanning in the early diagnosis of combat gunshot vascular trauma of the lower extremities. *Flebology*. 2023;17(4):320-328. DOI:10.17116/flebo202317041320. Russian (Гаврилов Е. К., Зохрабов Ф. И., Хубулава Г. Г. Ультразвуковое ангиосканирование в ранней диагностике боевой огнестрельной сосудистой травмы нижних конечностей // Флебология. 2023. Т. 17, № 4. С. 320-328.)
11. Kholmatov VN, Kazantsev AN, Bolibok NV, Belyai ZhM, Tenishev RR, Gaptrakipov IKh. Surgical treatment of a mine-blast injury with the formation of a false popliteal artery aneurysm in a military field hospital of the special military operation zone. *Polytrauma*. 2025;(3):44-50. DOI:10.24412/1819-1495-2025-3-44-50. Russian (Холматов В. Н., Казанцев А. Н., Болибок Н. В., Беляй Ж. М., Тенишев Р. Р., Гаптракипов И. Х. Хирургическое лечение минновзрывного ранения с формированием ложной аневризмы подколенной артерии в условиях военно-полевого госпиталя зоны специальной военной операции // Политравма. 2025. № 3. С. 44-50.)
12. Kazantsev AN, Vshivkov KN, Popov AA, Bushlanov PS, Gaptrakipov IKh, Pavlenko NA, et al. False aneurysm and arteriovenous fistula between the popliteal artery and popliteal vein one year after a shrapnel wound: surgical reconstruction in a military field hospital of a special military operation zone. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(4):220-226. DOI:10.29001/2073-8552-2025-40-4-220-226. Russian (Казанцев А. Н., Вшивков К. Н., Попов А. А., Бушланов П. С., Гаптракипов И. Х., Павленко Н. А. и др. Ложная аневризма и артериовенозная фистула между подколенной артерией и подколенной веной спустя год после осколочного ранения: хирургическая реконструкция в условиях военно-полевого госпиталя зоны специальной военной операции // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2025. Т. 40, № 4. С. 220-226.)
13. Trishkin DV, Kryukov EV, Davydov DV, Khominets VV, Brizhan LK, Kerimov AA. Improvement of external fixation as the basis for innovative staged treatment of wounded in the extremities. *Medical Bulletin of the Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko*. 2023;12(2):7-18. DOI:10.53652/2782-1730-2023-4-2-7-18. Russian (Тришкин Д. В., Крюков Е. В., Давыдов Д. В., Хоминец В. В., Брижань Л. К., Керимов А. А. Совершенствование наружной фиксации как основа инновационного этапного лечения раненных в конечности // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. 2023. Т. 12, № 2. С. 7-18.)
14. Merkulov DS, Fistal EYa, Demchuk VO. Revascularization operations in the treatment of combat surgical trauma. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2024;27(2):72-81. DOI:10.52581/1814-1471/89/08. Russian (Меркулов Д. С., Фисталь Э. Я., Демчук В. О. Реваскуляризирующие операции при лечении боевой хирургической травмы // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2024. Т. 27, № 2. С. 72-81.)
15. Rumyantsev AV, Volchikov VA, Bunin SA, Vasilchenko MV, Erofeev AA, Rychkov VL, et al. Anesthetic management of the wounded at the triage area stage during a special military operation. *Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;19(2):34-41. DOI:10.54866/27129632_2025_2_34. Russian (Румянцев А. В., Волчков В. А., Бунин С. А., Васильченко М. В., Ерофеев А. А., Рычков В. Л. и др. Анестезиологическое обеспечение раненных на этапе сортировочной площадки в ходе проведения специальной военной операции // Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе. 2025. Т. 19, № 2. С. 34-41.)
16. Yazenok AV, Ivanov AA, Zakharov MV, Marukhov AV, Popov AV, Agafonov PV, et al. Features of acute kidney injury in the wounded in a modern armed conflict. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2025;44(1):49-59. DOI:10.17816/rmmar643630. Russian (Язенко А. В., Иванов А. А., Захаров М. В., Марухов А. В., Попов А. В., Агафонов П. В. и др. Особенности острого повреждения почек у раненных в современном вооруженном конфликте // Изве-

стия Российской военной-медицинской академии. 2025. Т. 44, № 1. С. 49-59.)

17. Kazantsev AN. Surgical treatment of patients with false aneurysms of peripheral arteries after a shrapnel wound in a military field hospital in a combat zone. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2025. DOI:10.1007/s12055-025-02080-w.
18. Alcala E, García Romero JM, Guerrero Morales PH, De Noriega Guzmán D, Morales Rubio A. Gunshot-induced popliteal artery pseudoaneurysm: a case report. *Cureus.* 2025;17(6):e85660. DOI:10.7759/cureus.85660.
19. Kyshtymov SA, Belov AK, Simashko AA, Grigoriev EG. Mine-blast injury of the knee joint with damage to the popliteal artery. *Polytrauma.* 2025;(1):41-45. DOI:10.24412/1819-1495-2025-1-41-45. Russian (Кыштымов С. А., Белов А. К., Симашко А. А., Григорьев Е. Г. Минно-взрывная травма коленного сустава с повреждением подколенной артерии // Политравма. 2025. № 1. С. 41-45.)
20. Perekhodov SN, Onnitshev IE, Kozlov NS, Kuzminov AD. Modern approach to the treatment of gunshot wounds. *Surgeon.* 2025; (5-6):8-20. DOI:10.33920/med-15-2503-01. Russian (Переходов С. Н., Онницев И. Е., Козлов Н. С., Кузьминов А. Д. Современный подход в лечении огнестрельной раны // Хирург. 2025. № 5-6. С. 8-20.)
21. Zakharov PA, Ovchinnikova AA, Tolkachev YaD, Gladyshev NS, Pecherskaya MS, Emelin AM, et al. Structural and ultrastructural changes in striated skeletal muscle tissue after high-energy injuries in the early post-traumatic period. *Morphology.* 2025;163(4):363-377. DOI:10.17816/morph.688357. Russian (Захаров П. А., Овчинникова А. А., Толкачев Я. Д., Гладышев Н. С., Печерская М. С., Емелин А. М. и др. Структурные и ультраструктурные изменения поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани после высокоэнергетических повреждений в ранний посттравматический период // Морфология. 2025. Т. 163, № 4. С. 363-377.)
22. Krainyukov PE, Shershnev SP, Rybchinsky SS. Ultrasound diagnostics in military personnel during a special military operation: current organizational and diagnostic aspects. *Military Medical Journal.* 2024;345(10):50-57. DOI:10.52424/00269050_2024_345_10_50. Russian (Крайнюков П. Е., Шершнева С. П., Рыбчинский С. С. Ультразвуковая диагностика у военнослужащих в условиях проведения специальной военной операции: актуальные организационные и диагностические аспекты // Военно-медицинский журнал. 2024. Т. 345, № 10. С. 50-57.)

Сведения об авторах:

Казанцев Антон Николаевич (автор для переписки) — военный врач ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России; ул. Окуловой, д. 84, г. Иваново, Россия, 153020. <https://orcid.org/0000-0002-1115-609X>. E-mail: dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Бушланов Павел Сергеевич — военный врач ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России; ул. Окуловой, д. 84, г. Иваново, Россия, 153020. <https://orcid.org/0000-0001-7075-2599>

Чаава Арон Игоревич — военный врач ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России; ул. Окуловой, д. 84, г. Иваново, Россия, 153020. <https://orcid.org/0009-0007-6075-1024>

Шенгелия Нодар Гиевич — военный врач ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России; ул. Окуловой, д. 84, г. Иваново, Россия, 153020. <https://orcid.org/0009-0003-2319-3132>

Эмбрехт Дмитрий Юрьевич — военный врач ФГКУ «36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск» Минобороны России; ул. Окуловой, д. 84, г. Иваново, Россия, 153020. <https://orcid.org/0009-0008-3241-1409>

Статья поступила в редакцию 17.03.2026

Рецензирование пройдено 26.03.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Kazantsev Anton Nikolaevich (author for correspondence) — military physician, 36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense; Okulova st., 84, Ivanovo, Russia, 153020. <https://orcid.org/0000-0002-1115-609X>. E-mail: dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Bushlanov Pavel Sergeevich — military physician, 36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense; Okulova st., 84, Ivanovo, Russia, 153020. <https://orcid.org/0000-0001-7075-2599>

Chaava Aron Igorevich — military physician, 36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense; Okulova st., 84, Ivanovo, Russia, 153020. <https://orcid.org/0009-0007-6075-1024>

Shengelia Nodar Gievich — military physician, 36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense; Okulova st., 84, Ivanovo, Russia, 153020. <https://orcid.org/0009-0003-2319-3132>

Embrekht Dmitry Yuryevich — military physician, 36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Troops of the Russian Ministry of Defense; Okulova st., 84, Ivanovo, Russia, 153020. <https://orcid.org/0009-0008-3241-1409>

Received 17.03.2026

Review completed 26.03.2026

Passed for printing 30.05.2026



ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЯЗАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗА ПРИ ПОСЛЕДСТВИЯХ МИННО-ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА

POSSIBILITIES OF USING A CONNECTED TOTAL ENDOPROSTHESIS IN THE CONSEQUENCES OF MINE-BLAST INJURY TO THE KNEE JOINT

Яковчук Д.Е. Yakovchuk D.E.
Ахтямов И.Ф. Akhtyamov I.F.
Ардашев С.А. Ardashev S.A.
Гильмутдинов И.Ш. Gilmutdinov I.Sh.
Загидуллин М.В. Zagidullin M.V.
Паназдырь В.Н. Panazdyr V.N.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Kazan State Medical University,

ГАОУЗ «Республиканская клиническая больница Минздрава Республики Татарстан», Republican Clinical Hospital,

г. Казань, Россия Kazan, Russia,

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Минздрава России, Donetsk State Medical University,

г. Донецк, Россия Donetsk, Russia

Последствия минно-взрывных повреждений коленного сустава у пациентов трудоспособного возраста представляют сложную клиническую проблему и традиционно рассматриваются как показание к артродезированию.

Цель — продемонстрировать возможность восстановления функции коленного сустава с использованием связанного (шарнирного) эндопротеза при последствиях тяжелой минно-взрывной травмы.

Материалы и методы. Представлено клиническое наблюдение пациента 40 лет с последствиями многооскольчатого взрывного повреждения коленного сустава, осложненными выраженным посттравматическим артрозом, грубой нестабильностью и утратой опороспособности конечности. Выполнено тотальное эндопротезирование коленного сустава связанной шарнирной конструкцией.

Результаты. В послеоперационном периоде (через 6 месяцев) восстановлены анатомическая ось конечности, стабильность сустава и его опороспособность. Достигнуто значительное снижение болевого синдрома, объем движений в суставе составил от 0° до 110°.

Заключение. Тотальное связанное эндопротезирование может рассматриваться как эффективная органосохраняющая альтернатива артродезу коленного сустава у тщательно отобранных пациентов молодого, трудоспособного возраста.

Ключевые слова: коленный сустав; минно-взрывная травма; посттравматический артроз; тотальное эндопротезирование

The consequences of mine-explosive injuries to the knee joint in patients of working age represent a complex clinical problem and are traditionally considered as an indication for arthrodesis.

Objective — to demonstrate the possibility of restoring knee joint function using a linked (hinge) endoprosthesis in the aftermath of severe mine blast injury.

Materials and methods. This case report describes a 40-year-old patient with sequelae of a multifragmentary blast injury to the knee joint, complicated by severe post-traumatic arthrosis, severe instability, and loss of weight-bearing ability. A total knee arthroplasty with a linked hinge joint was performed.

Results. Postoperatively (after 6 months), the anatomical axis of the limb, joint stability, and weight-bearing capacity were restored. Pain was significantly reduced, and the range of motion in the joint was from 0° to 110°.

Conclusion. Total knee arthroplasty can be considered as an effective organ-preserving alternative to knee arthrodesis in carefully selected young, working-age patients.

Keywords: knee joint; mine blast injury; post-traumatic arthrosis; total joint replacement

Застарелые минно-взрывные ранения коленного сустава у молодых участников боевых действий представляют собой одну из наиболее сложных

проблем современной военно-полевой травматологии и ортопедии [1]. Характеризуясь массивным разрушением костных и мягкотканых структур, они

зачастую приводят к стойкой инвалидизации пациентов трудоспособного возраста с высокими функциональными запросами [2]. Особую тяжесть

Для цитирования: Яковчук Д.Е., Ахтямов И.Ф., Ардашев С.А., Гильмутдинов И.Ш., Загидуллин М.В., Паназдырь В.Н. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЯЗАННОГО ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗА ПРИ ПОСЛЕДСТВИЯХ МИННО-ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ КОЛЕННОГО СУСТАВА // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 99-105.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/692>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-99-105

подобных травм подтверждают экспериментальные данные, демонстрирующие, что для возникновения контузионных изменений сустава (таких как гемартроз или перелом) требуется воздействие снаряда с высокой кинетической энергией [3]. Клиническая статистика свидетельствует, что тяжелые открытые повреждения, в том числе с разможением тканей, составляют значительную часть боевых травм конечностей, требуя от хирурга взвешенного выбора между реконструкцией и ампутацией [4].

В мировой практике накоплен значительный опыт применения эндопротезирования при дегенеративных заболеваниях и свежих перипротезных переломах у пациентов пожилого возраста [5, 6]. Имеются единичные сообщения об использовании артропластики в качестве первичного или отсроченного метода лечения после огнестрельных и взрывных повреждений конечностей [7, 8]. Однако существующие публикации в основном посвящены опыту прошлых конфликтов, а пациенты, как правило, были старше.

В современных условиях остается принципиально неизученным вопрос о возможностях технического исполнения, безопасности и целесообразности тотального эндопротезирования коленного сустава связанной конструкцией у молодых пациентов (в возрасте 30–40 лет) с последствиями (свыше 12 месяцев) сложных минно-взрывных повреждений, сопровождающихся грубыми посттравматическими деформациями, дефектами костной ткани и нестабильностью. В доступной литературе ограничены данные об использовании современных ревизионных и модульных систем для восстановления функции коленного сустава у военнослужащих, получивших тяжелые осколочные ранения. Традиционно в подобных ситуациях методом выбора считается артродез, который, обеспечивая опороспособность, лишает сустав подвижности, что критично для качества жизни активных пострадавших работоспособного возраста [9].

Представленное клиническое наблюдение описывает редкую для гражданского специализированного стационара хирургическую стратегию. Она заключается в выполнении тотального шарнирного эндопротезирования с использованием современных ревизионных систем у военнослужа-

щего с застарелым многоосколочным взрывным ранением дистального метадиафиза бедренной кости и структур коленного сустава. Данный подход рассматривается как альтернатива традиционно выполняемому в таких ситуациях артродезу.

Описание этого случая призвано продемонстрировать техническую исполнимость и клиническую эффективность высокотехнологичного вмешательства в крайне сложной ситуации — при восстановлении функции коленного сустава у молодого пациента после тяжелой боевой травмы. Полученный опыт обосновывает расширение показаний к артропластике при аналогичных повреждениях и способствует накоплению данных для последующего совершенствования профильных клинических рекомендаций.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент К., 40 лет (ранее — военнослужащий), поступил в специализированную общегражданскую клинику в плановом порядке через 12 месяцев после минно-взрывной травмы. При поступлении предъявлял жалобы на невозможность опоры на левую нижнюю конечность, практически полное отсутствие активных и пассивных движений в левом коленном суставе, а также выраженный болевой синдром в покое, резко усиливающийся при попытках форсированных движений или осевой нагрузки (интенсивность по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) — 8–9 баллов).

Анамнез заболевания. Травма получена в результате взрывного воздействия с множественным осколочным поражением мягких тканей левого коленного сустава. В течение первого месяца после ранения в условиях полевого госпиталя пациенту выполнялись регулярные перевязки, повторные хирургические обработки ран, а также комплексная профилактика инфекционных осложнений. Оперативные вмешательства на костных структурах не проводились. В последующие месяцы у пострадавшего зафиксированы стойкая утрата функции нижней конечности и неуклонное нарастание болевого синдрома.

Объективный статус. Левая нижняя конечность находилась в положении разгибательной контрактуры коленного сустава. В околоуставной зоне визуализировались множественные

втянутые рубцы после заживления осколочных ранений.

На рентгенограммах левого коленного сустава (рис. 1) определялся застарелый многоосколочный перелом мыщелков бедренной кости с грубым нарушением конгруэнтности суставных поверхностей и признаками частичной остеорепаляции между фрагментами. Костные отломки мыщелков были смещены кзади и проксимально. Это привело к утрате анатомической опоры для мыщелков большеберцовой кости и выраженному разрушению опорной площадки бедра. Описанные изменения обуславливали фиксированный задний подвывих голени (рис. 2) и полную утрату опороспособности конечности.

Лабораторное обследование накануне оперативного вмешательства. В общем анализе крови уровень лейкоцитов составлял $7,60 \times 10^9/\text{л}$ (норма — $4,00–9,00 \times 10^9/\text{л}$), что свидетельствовало об отсутствии системного воспалительного ответа. Отмечался незначитель-

Рисунок 1
Рентгенограмма правого коленного сустава в прямой проекции: определяется многоосколочный перелом дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей с грубой деформацией

Figure 1
Anteroposterior radiograph of the right knee showing a comminuted fracture of the distal femur and proximal tibia with severe deformity



ный относительный гранулоцитоз (74,2 [47,0–72,0] %), обусловленный, вероятно, хроническим посттравматическим процессом. Показатели эритроцитарного звена и тромбоцитарного гемостаза находились в пределах референсных значений: гемоглобин — 139 г/л, гематокрит — 40,0 %, тромбоциты — 317×10^9 /л.

Биохимический анализ крови подтверждал сохранную функцию печени и почек: аланинаминотрансфераза — 22,2 Ед/л, аспартатаминотрансфераза — 20,0 Ед/л, общий билирубин — 4,6 мкмоль/л, глюкоза — 5,3 ммоль/л, общий белок — 72,6 г/л, креатинин — 77 мкмоль/л (расчетная скорость клубочковой фильтрации — 106,4 мл/мин/1,73 м²), мочевины — 4,4 ммоль/л.

Параметры коагулограммы также соответствовали нормативным значениям: активированное частичное тромбопластиновое время — 23,2 с, протромбиновое время — 10,0 с, международное нормализованное отношение — 0,94, фибриноген — 3,99 г/л.

Результаты предоперационного лабораторного обследования не выявили признаков активного инфекционно-воспалительного процесса или значимых нарушений со стороны внутренних органов. Физиологические показатели периферической крови, отсутствие биохимических отклонений и сохранная функция гемостаза позволили расценить соматический статус пациента как компенсированный, а риск планового хирургического вмешательства — как низкий. Данные серологических исследований от 07.11.2025 (отрицательные результаты на ВИЧ, сифилис, гепатиты В и С) исключили специфические инфекционные противопоказания к тотальному эндопротезированию.

Ход оперативного вмешательства. Плановое оперативное вмешательство выполнено под спинномозговой анестезией. Доступ к коленному суставу осуществили по стандартному переднесрединному разрезу с медиальной парапателлярной артротомией. После вскрытия полости сустава произвели его ревизию с иссечением рубцово-измененных мягких тканей и удалением нежизнеспособных костных фрагментов.

Интраоперационно верифицированы выраженная несостоятельность связочного аппарата и значительный дефицит костной опоры, ранее зафик-

Рисунок 2

Внешний вид левой нижней конечности до операции. Определяются последствия застарелого многооскольчатого перелома мыщелков бедренной кости

Figure 2

Preoperative appearance of the left lower limb demonstrating consequences of a chronic comminuted fracture of the femoral condyles



сированные при лучевой диагностике (рис. 3). Выявленные разрушения исключали возможность достижения стабильности за счет мягкотканного баланса, что сделало невозможным применение стандартных первичных или полусвязанных конструкций.

Подготовку костных лож выполняли с максимальным сохранением жизнеспособной костной ткани. В связи с наличием массивного посттравматического дефекта использовали принципы ревизионной артропластики. Были применены удлинненные интрамедуллярные ножки бедренного и большеберцового компонентов, обеспечившие надежную фиксацию имплантата и распределение нагрузки на интактные метадиафизарные отделы костей.

С учетом выраженной интраоперационной нестабильности и невозможности восстановления мягкотканного баланса выполнено тотальное эндопротезирование коленного сустава связанной (шарнирной) конструкцией. Выбор данного имплантата был обусловлен необходимостью обеспечения первичной механической жесткости, восстановления анатомической оси нижней конечности и создания условий для ранней функциональной реабилитации.

После фиксации компонентов достигнуты правильные осевые взаимоотношения сегментов и стабильность конечности во всем диапазоне пассив-

ных движений. Рана ушита послойно, организовано активное дренирование.

Послеоперационный период протекал без осложнений. На контрольных рентгенограммах левого коленного сустава в прямой (рис. 4) и боковой (рис. 5) проекциях определялось правильное положение компонентов эндопротеза. Визуализировались восстановление анатомической оси конечности и стабильная фиксация зоны застарелого

Рисунок 3

Состояние костно-суставного блока после резекции, демонстрирующее отсутствие стабильности и полную разобщенность мыщелков

Figure 3

Bone-joint block after resection demonstrating instability and complete separation of the femoral condyles



перелома за счет интрамедуллярной ножки бедренного компонента.

Восстановление функции сустава началось с первых суток. Проводились ранняя активизация пациента, этапная реабилитация и механотерапия. К моменту выписки болевой синдром снизился до 2–3 баллов по ВАШ.

Рекомендации при выписке: ходьба на костылях с дозированной нагрузкой (до 3 месяцев); продолжение разработки движений в суставе; контрольные осмотры через 1, 3 и 6 месяцев.

Рекомендации на отдаленный период: пожизненное ограничение ударных и экстремальных нагрузок; поддержание оптимальной массы тела; обращение к врачу при боли или отеке; превентивная антибиотикотерапия при инвазивных процедурах.

ОБСУЖДЕНИЕ

Краткосрочный и среднесрочный прогноз (от 1 года до 5 лет) для паци-

ента расценивается как благоприятный в отношении купирования болевого синдрома, восстановления опороспособности нижней конечности и возможностей базового самообслуживания. Ожидается полное возвращение пострадавшего к самостоятельному передвижению без средств дополнительной опоры. Ключевыми предикторами успешного функционального исхода служат молодой возраст пациента (40 лет), отсутствие тяжелой сопутствующей соматической патологии, стабильная фиксация ревизионного имплантата, а также раннее начало и высокая мотивация к реабилитации [2, 3].

Важность этапного хирургического лечения и адекватной первичной хирургической обработки при минно-взрывных ранениях коленного сустава, особенно сопряженных с повреждением подколенной артерии, подчеркивается многими авторами [4]. В представленном клиническом наблюдении благодаря купированию локального инфекционного процесса и полноценному заживлению мягких тканей к моменту госпитализации удалось миновать промежуточные этапы и сразу выполнить окончательную реконструкцию сустава.

Принятие решения о сохранении конечности при высокоинтенсивных повреждениях представляет собой сложную клиническую задачу. Согласно литературным данным [2], абсолютными показаниями к первичной ампутации считаются необратимая ишемия сегмента и разможение более 1/3 объема тканей. В описанном случае, несмотря на критический характер костной деструкции, сохранность мягкотканного покрова и магистрального кровотока позволила успешно реализовать органосберегающую реконструктивную тактику вместо ампутации.

Ключевые факторы риска возможных отдаленных осложнений включают:

- механические: асептическое расшатывание компонентов, износ полиэтиленового вкладыша и перипротезные переломы на фоне высокой физической активности молодого пациента;
- инфекционные: риск развития поздней гематогенной инфекции, который может быть повышен у пациентов с обширным исходным разрушением тканей;
- функциональные: неполное восстановление амплитуды движений

Рисунок 5

Рентгенограмма правого коленного сустава в боковой проекции после тотального шарнирного эндопротезирования

Figure 5
Postoperative lateral radiograph after total hinged knee arthroplasty showing stable fixation of prosthetic components

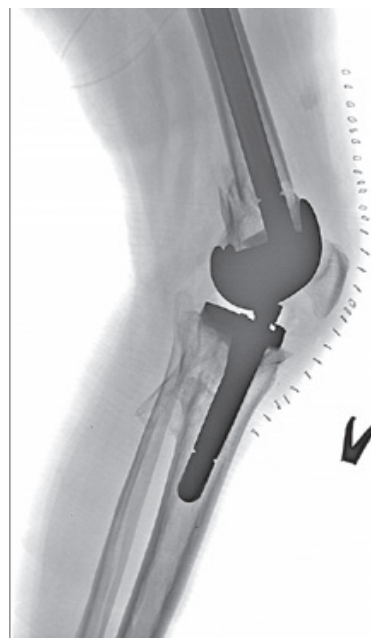
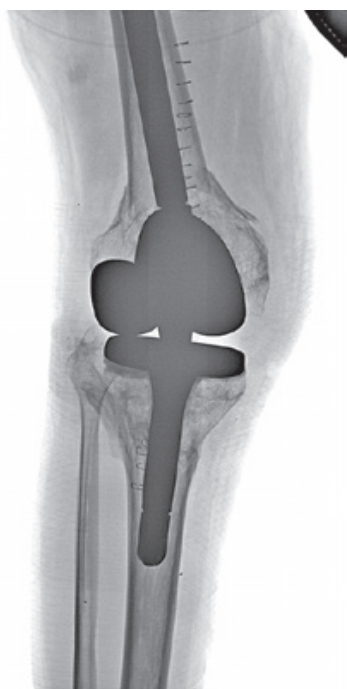


Рисунок 4

Рентгенограмма правого коленного сустава в прямой проекции после тотального шарнирного эндопротезирования: компоненты имплантата в правильном положении, восстановлена ось конечности

Figure 4
Postoperative anteroposterior radiograph after total hinged knee arthroplasty showing correct implant positioning and restored limb alignment



и дефицит силы окружающих сустав мышц в сравнении со здоровой конечностью.

Социально-профессиональный прогноз зависит от динамики функционального восстановления. Пациенту рекомендовано избегать ударных нагрузок (бега, прыжков), контактных видов спорта и подъема тяжестей свыше 15–20 кг. Возможность возвращения к труду с высокой физической нагрузкой сомнительна. Тем не менее ожидается значительное улучшение качества жизни, что позволит сохранить мобильность и социальную активность [7].

В контексте научной литературы прогноз после применения связанного (шарнирного) эндопротезирования при тяжелой посттравматической патологии у молодых пациентов рассматривается как осторожно оптимистичный. Исследования подтверждают хорошие функциональные результаты в среднесрочной перспективе. Однако авторы подчеркивают повышенный риск механических осложнений и необходимость ревизий в отдаленном периоде по сравнению с артропластикой при первичном остеоартрозе [5, 8].

Возможность экстраполяции прогностических оценок на других раненых с аналогичными повреждениями высока. Индивидуальный результат будет напрямую зависеть от описанных выше предикторов (возраст, объем костной потери, состояние мягких тканей, отсутствие инфекции) [3, 6]. Данный случай показывает, что тотальное шарнирное эндопротезирование служит жизнеспособной альтернативой артродезу, но требует от пациента понимания долгосрочных рисков и пожизненного наблюдения.

Новизна наблюдения заключается в расширении традиционных показаний к первичному сложному эндопротезированию. В литературе подобные вмешательства описаны преимущественно при дегенеративных заболеваниях или периапартулярных переломах у пожилых пациентов [1, 2], а также в единичных публикациях после боевых травм прошлых конфликтов [3]. В данном клиническом случае представлен молодой пациент (40 лет) с застарелым (12 месяцев) минно-взрывным повреждением, при котором методом выбора долгое время считался артродез. Это восполняет пробел в знаниях о лечении данной категории пострадавших с высокими функциональными запросами.

Результаты, согласующиеся с ранее опубликованными сведениями

Техническая исполнимость и принципы. Представленный клинический случай подтверждает данные литературы о том, что реконструкция сустава при массивной потере костной ткани и грубой нестабильности требует реализации принципов ревизионной артропластики. К ним относятся использование связанного (шарнирного) имплантата, применение длинных интрамедуллярных ножек для шунтирования дефекта и восстановление анатомической оси конечности [5, 9]. Достигнутая стабильность и стойкое купирование болевого синдрома полностью соответствуют ключевым целям подобных вмешательств, описанным в систематических обзорах [5, 7].

Риск инфекционных осложнений. Отсутствие инфекционных контаминаций в послеоперационном периоде, несмотря на тяжелую первичную травму, является благоприятным признаком, но требует осторожной интерпретации. В литературе подчеркивается,

что пациенты с масштабной деструкцией мягких тканей в анамнезе (особенно после взрывных ранений) составляют группу высокого риска манифестации инфекции как в раннем, так и в отдаленном периодах [3, 10]. Благоприятный исход в нашем наблюдении обусловлен длительным (12 месяцев) интервалом до момента артропластики, отсутствием признаков локального воспаления на этапе госпитализации и адекватной периоперационной антибиотикопрофилактикой. Такой подход согласуется с клиническими рекомендациями, которые предписывают откладывать эндопротезирование до полной эпителизации раневых каналов и формирования зрелых рубцов [3].

Функциональный результат. Восстановление опороспособности нижней конечности и достижение удовлетворительной амплитуды движений в суставе (от 0° до 110° к 6 месяцам наблюдения) в нашем случае перекликается с исходами первичного эндопротезирования при тяжелой травме у гериатрических пациентов [2] и существенно превосходит функциональные возможности, обеспечиваемые артродезом [11].

Результаты, требующие объяснения и вызывающие дискуссию

Противопоставление артродезу. Решение в пользу тотальной артропластики является дискуссионным в отношении сложившейся в военно-полевой хирургии концепции, согласно которой артродез признается методом выбора при субтотальном разрушении сустава с выраженным костным дефектом, особенно в условиях высокого риска латентной инфекции [3, 11]. Выбор органосберегающей тактики в нашем наблюдении обусловлен уникальным сочетанием факторов: молодым возрастом пациента, его высокими функциональными запросами и категорическим отказом от полного обездвиживания конечности. Тем не менее авторы признают, что артродезирование обеспечивает более предсказуемую долговечную опороспособность с минимальным риском механической нестабильности в отдаленном периоде [11]. Предложенный подход позволяет перенести акцент с гарантированной жесткой опорности на качество жизни, что для данного пациента являлось абсолютным приоритетом.

Долгосрочный прогноз у молодого пациента. Наибольшую неопределенность вызывает долгосрочный прогноз. Литературные данные однозначно указывают на повышенный риск асептического расшатывания компонентов, износа полиэтиленового вкладыша и механических поломок связанных конструкций у молодых, физически активных лиц [5, 7]. Срок службы имплантата, составляющий 15–20 лет и приемлемый в гериатрической практике, для 40-летнего мужчины с высокой вероятностью означает необходимость выполнения одной или нескольких сложных ревизионных операций в будущем [5]. Таким образом, при улучшении качества жизни в кратко- и среднесрочной перспективе (до 10 лет) выбранное решение потенциально сопряжено с повторными высокотехнологичными вмешательствами в отдаленные сроки. Альтернативной тактикой могло бы стать достижение консолидации путем повторной агрессивной костной пластики и остеосинтеза с отсроченной артропластикой. Однако данный многоэтапный подход был отвергнут ввиду его длительности, непредсказуемости исхода и уже сформировавшегося тяжелого фиброзно-костного анкилоза сустава.

Выводы и практические рекомендации

1. Тотальное шарнирное эндопротезирование может рассматриваться как технически исполнимая и клинически эффективная органосберегающая альтернатива артродезу у тщательно отобранных молодых пациентов с застарелыми минно-взрывными ранениями коленного сустава, приоритетом для которых является сохранение мобильности и качества жизни.

2. Ключевыми условиями для реализации данной тактики служат полное заживление мягких тканей, стойкое купирование локального инфекционного процесса, высокие функциональные запросы пострадавшего, его информированное согласие с долгосрочными рисками, а также наличие хирургической бригады, владеющей технологиями сложной ревизионной артропластики.

3. Описанный клинический случай является единичным, в связи с чем широкое внедрение метода в рутинную практику преждевременно. Для формулирования четких показаний

требуется дальнейшее накопление опыта, проведение многоцентровых исследований и длительный катамнестический мониторинг.

4. Пациенты, перенесшие шарнирное эндопротезирование после тяжелой боевой травмы, должны находиться под пожизненным динамическим наблюдением ортопеда из-за высокого риска манифестации поздних механических и инфекционных осложнений в отдаленном периоде.

5. Продемонстрированный подход не опровергает надежность артродезирования, но расширяет спектр реконструктивных возможностей в экстренных клинических ситуациях. Он требует персонализированного подхода к лечению и осторожности при экстраполяции выводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный клинический случай демонстрирует, что тотальное шарнирное эндопротезирование коленного

сустава является технически исполнимой и клинически эффективной реконструктивной стратегией при лечении застарелых минно-взрывных ранений у молодых пациентов. Данный метод обеспечивает сохранение мобильности конечности и более высокое качество жизни по сравнению с традиционным артродезом. Успешный функциональный результат достигнут благодаря персонализированному отбору пострадавшего (отсутствие признаков латентной инфекции, высокий реабилитационный потенциал), строгому соблюдению принципов ревизионной артропластики и раннему началу восстановительного лечения. Однако предложенная тактика сопряжена с серьезными долгосрочными рисками — асептической нестабильностью и износом компонентов имплантата, что диктует необходимость пожизненного диспансерного наблюдения.

Представленное наблюдение обосновывает целесообразность пересмотра

консервативных стандартов в военной травматологии и рассмотрения артропластики в качестве жизнеспособной альтернативы у строго определенной категории раненых. С целью определения четких показаний к методу необходимы дальнейшее накопление клинического опыта, проведение проспективных исследований и разработка специализированных протоколов ведения таких пациентов.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование выполнено в рамках гранта ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, при финансовой поддержке Государственной программы «Приоритет — 2030».

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Khominets VV, Kudyashev AL, Dresvyannikov AS, Denisov AV, Miyaev AV, Kurinnoy ED, et al. Experimental assessment of the severity of contusion injury of the knee and elbow joints. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2016;2(54):126–130. Russian (Хоминец В. В., Кудяшев А. Л., Дресвянников А. С., Денисов А. В., Мияев А. В., Куринной Е. Д. и др. Экспериментальная оценка степени тяжести контузионной травмы коленного и локтевого суставов // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2016. № 2(54). С. 126–130.)
2. Krivenko SN, Popov SV, Medvedev AD. Limb injuries in combat trauma. In: *Innovations in traumatology, orthopedics and rehabilitation: proceedings of the VI Congress of Traumatologists*. 2023; P. 102–104. Russian (Кривенко С. Н., Попов С. В., Медведев А. Д. Повреждения конечностей при боевой травме // Инновации в травматологии, ортопедии и реабилитологии: материалы VI съезда травматологов. 2023. С. 102–104.)
3. Kyshtymov SA, Belov AK, Simashko AA, Grigoriev EG. Mine-blast injury of the knee joint with popliteal artery damage. *Polytrauma*. 2025; (1):41–45. Russian (Кыштымов С. А., Белов А. К., Симашко А. А., Григорьев Е. Г. Минно-взрывная травма коленного сустава с повреждением подколенной артерии // Политравма. 2025. № 1. С. 41–45.)
4. Khominets VV, Belov AK, Simashko AA, Grigoriev EG. Modern approaches to the treatment of sequelae of mine-blast injuries of the lower extremities. *Polytrauma*. 2023; (4):15–22. Russian (Хоминец В. В., Белов А. К., Симашко А. А., Григорьев Е. Г. Современные подходы к лечению последствий минно-взрывных
5. Parratte S, Ollivier M, Argenson JN. Primary total knee arthroplasty for acute fracture around the knee. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018;104(1 Suppl):S71–S80.
6. Sarzaee MM, Omidian MM, Kazemian G, Manafi A. Acute primary total knee arthroplasty for proximal tibial fractures in elderly. *Arch Bone Jt Surg*. 2017;5(5):302–307.
7. Hašpl M, Pečina M, Orlić D, Čičak N. Arthroplasty after war injuries to major joints. *Mil Med*. 1999;164(5):353–356.
8. Sambri A, Parisi SC, Zunarelli R, Di Prinzio L, Morante L, Lonardo G, et al. Megaprosthesis in non-oncologic settings- a systematic review of the literature. *J Clin Med*. 2023;12(12):4151. DOI: 10.3390/jcm12124151.
9. Berend KR, Lombardi AV Jr. Distal femoral replacement in nontumor cases with severe bone loss and instability. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(2):485–492.
10. Toepfer A, Harrasser N, Petzschner I, Pohlig F, Lenze U, Gerdesmeyer L, et al. Short- to long-term follow-up of total femoral replacement in non-oncologic patients. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):498. DOI: 10.1186/s12891-016-1355-6.
11. Theil C, Schneider KN, Gosheger G, Schmidt-Braekling T, Ackmann T, Dieckmann R, et al. Revision TKA with a distal femoral replacement is at high risk of reinfection after two-stage exchange for periprosthetic knee joint infection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022;30(3):899–906. DOI: 10.1007/s00167-021-06474-2.
12. Zak L, Tiefenboeck TM, Wozasek GE. Knee arthrodesis in severe injured knee joints. *J Trauma Treat*. 2016;5(1).

Сведения об авторах

Яковчук Даниил Евгеньевич (автор для переписки) — студент 6-го курса специальности «Лечебное дело» ФГБОУ ВО Казанский

Information about authors:

Yakovchuk Daniil Evgenievich (author for correspondence) — 6th-year medical student, Kazan State Medical University; Butlerova St.,

ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия, 420012. <https://orcid.org/0009-0008-5632-0229>
E-mail: daniilyakovchuuk@gmail.com

Ахтямов Ильдар Фуатович — д.м.н. профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия, 420012. <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>.
E-mail: yalta60@mail.ru

Ардасhev Сергей Александрович — врач травматолог-ортопед отделения ортопедии № 1 ГАУЗ «РКБ МЗ РТ», Оренбургский тракт, д. 138, г. Казань, Россия, 420064; аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия, 420012. <https://orcid.org/0000-0003-4847-2392>.
E-mail: ardashev-sergei@mail.ru

Гильмутдинов Ильдар Шавкатович — врач травматолог-ортопед отделения ортопедии № 1 ГАУЗ «РКБ МЗ РТ», Оренбургский тракт, д. 138, г. Казань, Россия, 420064; аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия, 420012. <https://orcid.org/0000-0003-4329-6510>.
E-mail: Kostolom52@yandex.ru

Загидуллин Марсель Васильевич — врач травматолог-ортопед отделения ортопедии № 1 ГАУЗ «РКБ МЗ РТ», Оренбургский тракт, д. 138, г. Казань, Россия, 420064; аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия, 420012. <https://orcid.org/0009-0009-4790-1627>.
E-mail: zmvkazan@mail.ru

Паназдырь Владислав Николаевич — студент 6-го курса специальности «Лечебное дело» ФГБОУ ВО ДонГМУ Минздрава России; пр-т Ильича, д. 16, г. Донецк, Донецкая Народная Республика, 283003. <https://orcid.org/0009-0003-3391-3412>.
E-mail: pan.vlad51130@gmail.com

49, Kazan, Russia, 420012. <https://orcid.org/0009-0008-5632-0229>
E-mail: daniilyakovchuuk@gmail.com

Akhlyamov Ildar Fuatovich — MD, PhD, professor, chief of department of traumatology, orthopedics and surgery of extreme conditions, Kazan State Medical University; Butlerova St., 49, Kazan, Russia, 420012. <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>. E-mail: yalta60@mail.ru

Ardashev Sergey Alexandrovich — orthopedic surgeon, orthopedic department No. 1, Republican Clinical Hospital, Orenburgsky Tract, 138, Kazan, Russia, 420064; postgraduate, department of traumatology, orthopedics, and surgery of extreme conditions, Kazan State Medical University; Butlerova St., 49, Kazan, Russia, 420012. <https://orcid.org/0000-0003-4847-2392>. E-mail: ardashev-sergei@mail.ru

Gilmudtinov Ildar Shavkatovich — orthopedic surgeon, orthopedic department No. 1, Republican Clinical Hospital, Orenburgsky Tract, 138, Kazan, Russia, 420064. Postgraduate (specialty, department), Kazan State Medical University; Butlerova St., 49, Kazan, Russia, 420012. <https://orcid.org/0000-0003-4329-6510>. E-mail: Kostolom52@yandex.ru

Zagidullin Marsel Vasylovich — orthopedic surgeon, orthopedic department No. 1, Republican Clinical Hospital, Orenburgsky Tract, 138, Kazan, Russia, 420064. Postgraduate (specialty, department), Kazan State Medical University; Butlerova St., 49, Kazan, Russia, 420012. <https://orcid.org/0009-0009-4790-1627>. E-mail: zmvkazan@mail.ru

Panazdyr Vladislav Nikolaevich — 6th-year medical student, Donetsk State Medical University; Prospect Ilyicha, 16, Donetsk, Donetsk People's Republic, 283003. <https://orcid.org/0009-0003-3391-3412>.
E-mail: pan.vlad51130@gmail.com

Статья поступила в редакцию 17.01.2026

Рецензирование пройдено 26.03.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Received 17.01.2026

Review completed 26.03.2026

Passed for printing 30.05.2026



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПЕННОГО БАРБОТАЖНО-ФЛОТАЦИОННОГО ДЕБРИДМЕНТА В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ

EFFECTIVENESS OF FOAM BUBBLE-FLOTATION DEBRIDMENT TECHNOLOGY IN THE TREATMENT OF PURULENT WOUNDS OF SOFT TISSUE

Остроушко А.П. Глухов А.А. Андреев А.А. Лаптиёва А.Ю. Земсков А.М. Подвигина В.С.
Ostroushko A.P. Glukhov A.A. Andreev A.A. Laptiyova A.Yu. Zemskov A.M. Podvigina V.S.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России,

ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж»,

г. Воронеж, Россия

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,

Clinical Hospital "RZhD-Medicine",

Voronezh, Russia

Частота развития раневой инфекции в общей хирургии варьирует от 10 до 35 % среди всех пациентов хирургического стационара. При экстренной патологии доля нагноений послеоперационных ран достигает 25–30 %, что в 2–3 раза выше, чем при плановых вмешательствах. Инфицирование ран существенно влияет на показатели заболеваемости и смертности. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования механизмов раневого процесса, разработка эффективных методов воздействия на него, оптимизация системной патогенетической терапии и создание персонализированных подходов к лечению.

Цель исследования — разработать технологию пенного барботажно-флотационного дебридмента (ПБФД) и устройство для ее осуществления, а также изучить эффективность данного метода в местном лечении экспериментальных гнойных ран мягких тканей.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе Научно-исследовательского института экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России на 72 половозрелых самцах крыс линии Wistar с моделированными гнойными ранами в области бедра. Объем лечения зависел от группы исследования: в 1-й контрольной группе выполняли ежедневные перевязки с изотоническим раствором натрия хлорида, во 2-й — перевязки дополняли сеансами барботажной санации (БС) в изотоническом растворе натрия хлорида; в опытной — сеансами ПБФД. Животных выводили из эксперимента на 1, 3, 7 и 10-е сутки от начала лечения. Для оценки течения раневого процесса и динамики заживления применяли планиметрические, лабораторные и статистические методы исследования.

Результаты. Технология ПБФД гнойных ран обеспечила оптимальные условия для заживления за счет нормализации pH ран, что привело к ускорению сроков купирования отека на 24,33 % и гиперемии на 24,52 %, в сравнении с использованием БС. Применение разработанного подхода позволило значимо снизить показатели воспаления и бактериальной об-

The incidence of wound infection in general surgery ranges from 10 % to 35 % of all surgical inpatients. In emergency cases, the incidence of postoperative wound suppuration reaches 25–30 %, which is 2–3 times higher than in elective procedures. Wound infection significantly impacts morbidity and mortality. Therefore, further research into the mechanisms of wound healing, the development of effective interventions, the optimization of systemic pathogenetic therapy, and the creation of personalized treatment approaches are needed.

Objective — to develop the foam bubble-flotation debridement (FBFD) technology and a device for its implementation, as well as to study the effectiveness of this method in the local treatment of experimental purulent wounds of soft tissues.

Materials and methods. The study was conducted at the Research Institute of Experimental Biology and Medicine of the N.N. Burdenko Voronezh State Medical University on 72 sexually mature male Wistar rats with simulated purulent wounds in the thigh area. The volume of treatment depended on the study group: in the 1st control group, only daily dressings with an isotonic solution of sodium chloride were performed; in the 2nd control group, dressings were supplemented with bubbling sanitation sessions in an isotonic solution of sodium chloride; and in the experimental group, with bubbling-flotation debridement sessions. The animals were removed from the experiment on days 1, 3, 7, and 10 from the start of treatment for the purulent wound. Objective, planimetric, laboratory, and statistical research methods were used to assess the course of the wound process and the dynamics of wound healing.

Results. The use of FBFD technology for purulent wounds allowed for optimal conditions for healing due to the change in the pH of the wounds, which led to 24.33 % reduction in the time required to reduce swelling and 24.52 % reduction in the time required to reduce hyperemia, compared to the use of bubbling sanitation. The use of the

Для цитирования: Остроушко А.П., Глухов А.А., Андреев А.А., Лаптиёва А.Ю., Земсков А.М., Подвигина В.С. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПЕННОГО БАРБОТАЖНО-ФЛОТАЦИОННОГО ДЕБРИДМЕНТА В ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 106-115.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/657>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-106-115

семенности ран, что способствовало равномерному развитию полноценной грануляционной ткани, закрытию раневого дефекта до 93,72 % на 10-е сутки от начала лечения.

Заключение. Процесс заживления ран представляет собой комплексное взаимодействие временных, микробиологических, иммунологических и физико-химических факторов, тесно взаимосвязанных между собой. Наиболее сильные корреляции обнаружены между сроком наблюдения и pH раны, сроком наблюдения и ее площадью, а также между бактериальной обсемененностью и размером раневого дефекта, что подчеркивает ключевую роль этих факторов в регенерации.

Ключевые слова: раны; дебридмент; барботажная санация; гнойные раны; раневая инфекция

developed technology significantly reduced inflammation and bacterial contamination in the wounds, which contributed to the uniform development of healthy granulation tissue and the closure of the wound defect to 93.72 % on the 10th day of treatment.

Conclusion. The wound healing process is a complex interaction of temporal, microbiological, immunological, and physico-chemical factors, all of which are closely interrelated. The strongest relationships were found between the duration of observation and the pH of the wound, the duration of observation and the area of the wound, as well as between bacterial contamination and the area of the wound, which emphasizes the key role of these factors in the regeneration process.

Keywords: wounds; debridement; bubbling sanitation; purulent wounds; wound infection

Проблема лечения гнойных ран мягких тканей остается одной из самых значимых в современной хирургии. Несмотря на тысячелетнюю историю изучения этого вопроса, его окончательного решения не найдено до сих пор [1–3]. Более того, в XXI веке задачи гнойной хирургии приобрели еще более острый характер. Это связано с комплексом факторов: глобальным ростом антибиотикорезистентности, изменением структуры возбудителей, старением населения и увеличением числа пациентов с тяжелой сопутствующей патологией (сахарным диабетом, ожирением, иммунодефицитными состояниями и др.), значительно отягощающей течение раневого процесса [2, 3, 4]. К примеру, сахарный диабет — один из главных факторов риска тяжелого течения инфекционных осложнений. Синдром диабетической стопы, развивающийся у 15–25 % пациентов с диабетом, в 50–70 % случаев осложняется гнойно-некротическим процессом, который нередко приводит к высокой ампутации конечности [5, 6].

Частота развития раневой инфекции в общей хирургии варьирует от 10 до 35 % среди всех пациентов хирургического стационара [7, 8]. При наличии патологии, требующей экстренного вмешательства, частота нагноений операционных ран достигает 25–30 %, что в 2–3 раза выше, чем при плановых вмешательствах [7, 9]. Инфицирование послеоперационных ран существенно влияет на показатели заболеваемости и смертности: по последним данным, оно является причиной более 2 млн внутрибольничных инфекций в США [10]. Следует отметить, что нагноение тканей в области вмешательства не только удлинит сроки госпитализации в среднем на 10–14 дней, но и может нивелировать результат самой операции, приводя к формированию

грубых рубцов, лигатурных свищей, послеоперационных грыж и длительной нетрудоспособности пациента [11].

По данным зарубежных исследований, стоимость лечения одного пациента с инфицированной раной может превышать стоимость первичной операции в 3–5 раз. В масштабах страны прямые и косвенные затраты, связанные с лечением раневой инфекции, исчисляются миллиардами долларов ежегодно [12, 13].

На сегодняшний день гнойные раны мягких тканей рассматриваются не просто как локальный дефект, а как системный патологический процесс, вовлекающий весь организм. Они служат входными воротами для инфекции, приводя к сепсису, септическому шоку и полиорганной недостаточности, которые остаются основными причинами летальности в хирургических стационарах [9].

Таким образом, проблема лечения гнойных ран мягких тканей сохраняет свою исключительную актуальность в современной хирургии. Высокая частота встречаемости, рост антибиотикорезистентности, тяжесть течения на фоне коморбидной патологии, значительные экономические потери и социальные последствия делают данный вопрос междисциплинарным, требующим объединения усилий хирургов, микробиологов, фармакологов и реабилитологов.

Несмотря на появление новых антибактериальных препаратов, совершенствование хирургической техники и разработку инновационных раневых покрытий, количество нерешенных вопросов не уменьшается. Это диктует необходимость дальнейших научных исследований, направленных на изучение механизмов раневого процесса, разработку эффективных методов

воздействия на него, оптимизацию системной патогенетической терапии и создание персонализированных подходов к лечению пациентов с учетом индивидуальных особенностей и факторов риска.

Цель исследования — разработать технологию пенного барботажно-флотационного дебридмента (ПБФД) и устройство для ее осуществления, а также изучить эффективность ее применения в местном лечении экспериментальных гнойных ран мягких тканей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе Научно-исследовательского института экспериментальной биологии и медицины ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России на 72 половозрелых самцах крыс линии Wistar массой 280–320 г.

Всем животным моделировали гнойные раны в области бедра. Предварительно участок кожи на наружной поверхности бедра выбривали. После общего обезболивания препаратом «Золетил-100» в дозировке 8 мг/кг производили двукратную обработку подготовленного участка кожи 0,05% водным раствором хлоргексидина биглюконата и ограничивали операционное поле. С целью создания идентичной модели раневого процесса во всех группах исследования рану наносили скальпелем по пластиковому шаблону диаметром 1,5 см. Выполняли иссечение кожи, подкожной клетчатки и поверхностной фасции. Смоделированную «чистую» рану промывали 0,9% раствором хлорида натрия.

Для моделирования инфекционного процесса на подготовленную раневую поверхность наносили суточную взвесь культуры *Staphylococcus aureus* в объеме 1 мл (концентрация 10^9 ми-

кробных тел в 1 мл), после чего рану ушивали. Концентрацию микробных тел определяли предварительно по стандарту мутности. Признаки нагноения регистрировали на 2-е сутки: отмечали появление отека, гиперемии в области дефекта и гнойного экссудата. На 3-и сутки визуализировали сформированную модель острого гнойного воспаления мягких тканей с обильным отделяемым. Затем снимали швы, что сопровождалось выделением 2–3 мл мутного экссудата. После этого на поверхность раны накладывали асептическую повязку.

Лечение гнойных ран начинали через 72 ч от начала эксперимента (срок, необходимый для формирования гнойного очага). Этот момент служил отправной точкой для отсчета периода наблюдения за результатами терапии.

Объем лечебных мероприятий зависел от группы исследования: в 1-й контрольной группе (n = 24) выполняли только ежедневные перевязки с изотоническим раствором натрия хлорида без специфического лечения; во 2-й контрольной группе (n = 24) перевязки дополняли сеансами барботажной санации (БС) в аналогичном растворе в течение 3 минут; в опытной группе (n = 24) перевязки дополняли сеансами ПБФД в изотоническом растворе натрия хлорида с добавлением синдетного пенообразователя (рН = 5,5–6,0) в течение 3 минут во время ежедневной обработки. Рандомизацию животных проводили с использованием метода конвертов (табл. 1).

Для выполнения сеансов БС и ПБФД было разработано специальное устройство (патент RU 209244 U1, правообладатель — ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России).

Животных выводили из эксперимента на 1, 3, 7 и 10-е сутки от начала лечения гнойной раны.

С целью оценки раневого процесса и динамики заживления ран в группах исследования применяли клинические, планиметрические и лабораторные методы. Клинические методы включали в себя оценку рН раны, объема раневого отделяемого, сроков купирования отека и гиперемии, появления грануляций и эпителизации, планиметрические — оценку площади раневой поверхности по методу Л.Н. Поповой, лабораторные — оценку показателей общего анализа крови (уровней лейкоцитов, лимфоцитов,

гранулоцитов, эритроцитов и концентрации гемоглобина) и показателей окислительного стресса (малонового диальдегида (МДА), 2,4-динитрофенилгидразин-производных (ДНФГ)), а также определение бактериальной обсемененности.

Все манипуляции с лабораторными животными осуществляли в соответствии с принципами биоэтики, правилами лабораторной практики (GLP) и нормативными требованиями: Закона РФ от 14.05.1993 № 4979-1 «О ветеринарии» (с изменениями от 02.07.2021), Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза «О защите животных, используемых в научных целях», ГОСТа № 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами», ГОСТа 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур», ГОСТа 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России (протокол № 2 от 23.03.2020 г.).

Для статистической обработки данных был использован пакет программ STATGRAPHICS Centurion 18, версия 18.1.12 (Statgraphics Technologies, Inc., США). Проверку характера распределения признаков проводили с использованием критериев Шапиро – Уилка или Колмогорова – Смирнова. При распределении, отличном от нормального, данные представляли в виде ме-

дианы и интерквартильного размаха (Me [Q₁; Q₃]). Межгрупповые сравнения осуществляли методом дисперсионного анализа (ANOVA) с расчетом 95,0% доверительных интервалов. Применяли также парный и канонический корреляционный анализ. Критический уровень статистической значимости при проверке гипотез принимали равным $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении уровня рН ран на 1-е сутки после начала лечения статистически значимых различий между группами выявлено не было. На 3-е сутки от начала лечения данный показатель в опытной группе составил 7,71 [7,00; 8,81], в 1-й контрольной — 8,03 [7,45; 8,72], во 2-й контрольной — 8,19 [7,45; 8,74]. На 7-е сутки наименьший показатель был зарегистрирован в опытной группе — 5,83 [5,01; 6,54]. Следует отметить, что данный уровень рН соответствовал рН неповрежденной кожи.

При сравнении эффективности применения БС (2-я контрольная группа) и ПБФД (опытная группа) отмечались достоверные различия начиная с 1-х суток лечения. В опытной группе сокращение отделяемого до скудного было зарегистрировано спустя 78,77 [76,83; 80,97] ч от начала лечения, во 2-й контрольной группе потребовалось на 33,36 % времени больше. Купирование отека и гиперемии в опытной группе наблюдалось через 78,03 [73,67; 80,77] ч и 77,71 [75,64; 80,64] ч от начала лечения, во 2-й контрольной — через 104,09 [102,24; 105,77] ч и 102,96 [100,49; 104,84] ч соответственно. Наиболее раннее появление грануляций и эпителизации отмечалось в опытной

Таблица 1
Характеристика групп исследования
Table 1
Characteristics of the study groups

Группы исследования Research groups	Характеристика групп исследования Characteristics of research groups	Количество животных Number of animals
1-я контрольная 1st control	Без лечения Without treatment	24
2-я контрольная 2nd control	Барботажная санация Bubbling sanitation	24
Опытная Experimental	Пенный барботажно-флотационный дебридмент Foam bubbling and flotation debridement	24

группе — через 70,58 [69,56; 71,72] ч и 83,17 [81,47; 84,89] ч от начала лечения, во 2-й контрольной — через 86,87 [84,37; 89,54] ч и 104,20 [101,60; 105,79] ч соответственно.

При оценке динамики площади раневой поверхности на 1-е сутки от начала лечения статистически значимых межгрупповых различий не регистрировали. В дальнейшем наиболее высокая скорость заживления наблюдалась в опытной группе при применении ПБФД. На 3-е сутки от начала лечения площадь раневой поверхности в 1-й контрольной группе составила 58,32 [55,82; 60,82] % от исходной, во 2-й контрольной группе данный показатель был меньше на 14,68 %, а в опытной — на 22,73 %. На 7-е и 14-е сутки минимальная площадь раневого дефекта была зафиксирована в опытной группе — 16,98 [16,46; 17,63] % и 6,28 [5,58; 6,96] % соответственно.

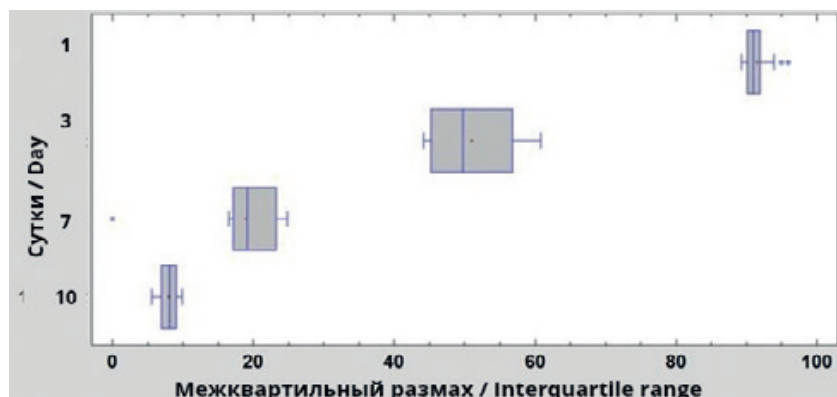
На представленном графике Box Plot (рис. 1) наглядно отражено распределение значений площади раневой поверхности по суткам наблюдения во всех сериях эксперимента. На 1-е сутки межквартильный размах во всех группах находился в пределах от 30 до 60 % при медиане около 45 %. Наибольший разброс и вариабельность данных зафиксированы на 3-и сутки исследования, при этом распределение значений внутри квантилей оставалось симметричным. По мере увеличения сроков наблюдения отмечалась выраженная и статистически значимая тенденция к

Рисунок 1

График Box Plot, отражающий динамику площади раневой поверхности в группах исследования

Figure 1

A Box Plot graph reflecting the dynamics of the wound surface area in the study groups



снижению медианных значений площади ран, а также смещение межквартильного размаха в сторону минимальных параметров (к 7-м суткам — до 16–25 %, к 10-м суткам — до 5–12 %). Полученные результаты планиметрического анализа надежно верифицируют достоверное влияние разработанной технологии обработки раневой поверхности и фактора времени на скорость эпителизации дефектов (рис. 1).

При анализе результатов общего анализа крови на 1-е сутки после начала лечения статистически значимых различий между группами выявлено не было. Для оценки выраженности воспалительного процесса изучали содержание лейкоцитов, гранулоцитов и лимфоцитов (табл. 2).

На 3-и сутки исследования в 1-й контрольной группе уровень лейкоцитов составил 24,81 [24,04; 25,61] $\times 10^9/\text{л}$, во 2-й контрольной группе он был ниже на 6,29 %, а в опытной — на 12,72 %. На 7-е и 14-е сутки отмечалось значительное снижение уровня лейкоцитов при применении БС и ПБФД. При этом наименьший показатель был зарегистрирован в опытной группе на 14-е сутки — 14,88 [14,01; 15,97] $\times 10^9/\text{л}$, что было достоверно ниже уровня во 2-й контрольной группе.

При оценке содержания лимфоцитов отмечали достоверные различия при сравнении 2-й контрольной и опытной групп с 1-й контрольной группой в течение всего периода наблюдения. На 3-и сутки в 1-й контрольной группе

Таблица 2
Динамика показателей синдрома воспаления по данным общего анализа крови, ед $\times 10^9/\text{л}$, Ме [Q₁; Q₃]

Table 2
Dynamics of indicators of inflammation syndrome according to the general blood test, units $\times 10^9/\text{l}$, Me [Q₁; Q₃]

Показатель Indicator	Сутки Day	Группы исследования / Research groups		
		1-я контрольная 1st control	2-я контрольная 2nd control	опытная experimental
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$ Leukocytes, $10^9/\text{l}$	3	24.81 [24.04; 25.61]	23.25 [22.72; 23.83]*	22.01 [21.08; 22.64]*#
	7	25.15 [24.03; 25.99]	19.86 [18.24; 21.41]*	19 [18.21; 19.77]*
	10	24.82 [24.41; 25.57]	17.61 [17.08; 18.68]*	14.88 [14.01; 15.97]*#
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$ Lymphocytes, $10^9/\text{l}$	3	24.98 [24.19; 25.58]	17.9 [16.59; 20.6]*	19.36 [18.29; 20.58]*
	7	24.73 [24.1; 25.59]	19.22 [17.69; 20.96]*	19.66 [18.0; 20.88]*
	10	25.17 [24.32; 25.61]	17.63 [16.04; 19.29]*	17.47 [15.5; 21.0]*
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$ Granulocytes, $10^9/\text{l}$	3	7.83 [7.03; 8.69]	7.91 [7.53; 8.49]	6.06 [5.39; 6.79]*#
	7	7.87 [7.35; 8.62]	8.27 [7.58; 8.74]	5.93 [5.4; 6.7]*#
	10	7.87 [7.34; 8.77]	6.17 [3.61; 8.78]	5.65 [3.73; 6.72]*

Примечание. Здесь и в таблицах 4 и 5: различия статистически значимы: * — при сравнении с 1-й контрольной группой по U-критерию Манна — Уитни; # — при сравнении со 2-й контрольной группой по U-критерию Манна-Уитни.

Note. Here and in Tables 4 and 5: differences are statistically significant: * - when compared with the 1st control group according to the Mann-Whitney U-test; # - when compared with the 2nd control group according to the Mann-Whitney U-test.

концентрация лимфоцитов достигала $24,81 [24,04; 25,61] \times 10^9/\text{л}$, во 2-й контрольной она была ниже на 28,34 %, а в опытной — на 22,50 %. На 7-е сутки в 1-й контрольной группе данный показатель составил $24,73 [24,1; 25,59] \times 10^9/\text{л}$, во 2-й контрольной был ниже на 22,24 %, в опытной — на 20,50 %. Содержание лимфоцитов в 1-й контрольной группе достигало $25,17 [24,32; 25,61] \times 10^9/\text{л}$, во 2-й контрольной было ниже на 29,96 %, в опытной — на 30,59 %. Отсутствие статистически значимых различий между 2-й контрольной и опытной группами может быть ассоциировано со сходной эффективностью санации методами БС и ПБФД, обеспечивающими ускоренное купирование стресс-реакции на повреждение и стихание острой фазы воспаления.

При анализе количества гранулоцитов значимых межгрупповых различий между контрольными сериями зарегистрировано не было. На 3-и сутки исследования концентрация гранулоцитов в 1-й контрольной группе достигала $7,83 [7,03; 8,69] \times 10^9/\text{л}$, тогда как в опытной группе данный параметр был ниже на 22,61 %. На 7-е и 14-е сутки содержание гранулоцитов в 1-й контрольной группе составило $7,87 [7,35; 8,62] \times 10^9/\text{л}$ и $7,87 [7,34; 8,77] \times 10^9/\text{л}$, а в опытной — было ниже на 24,65 % и 28,21 % соответственно. Стабильное снижение пула гранулоцитов в опытной группе свидетельствует о более быстром разрешении локальной воспалительной реакции.

Для оценки взаимосвязей между концентрацией лейкоцитов, площадью раневой поверхности и сроком динамического наблюдения был проведен корреляционный анализ Пирсона (рис. 2).

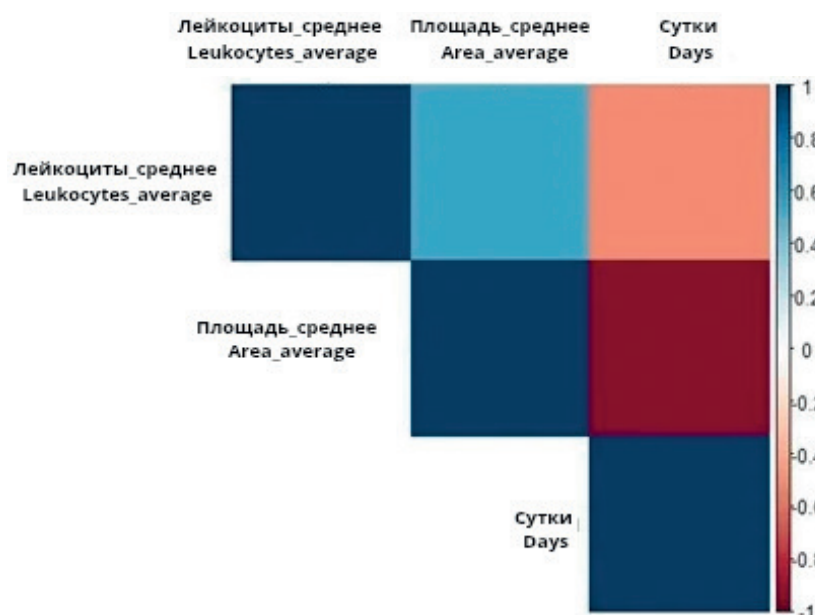
Выполненный анализ выявил положительную корреляционную связь средней силы между концентрацией лейкоцитов и площадью раневой поверхности ($r = 0,6$). Данный результат свидетельствует о том, что более высокие значения лейкоцитов ассоциированы с большей площадью раневого дефекта. Это может отражать роль воспалительного процесса в замедлении заживления.

Зарегистрирована отрицательная связь средней силы между динамикой площади раневой поверхности и сроком наблюдения ($r = -0,4$). Выявленная взаимосвязь демонстрирует типичный процесс заживления ран, характе-

Рисунок 2

Матрица коэффициентов корреляции Пирсона (r) между уровнем лейкоцитов, площадью раневой поверхности и сроком наблюдения
Figure 2

Matrix of Pearson correlation coefficients (r) between leukocyte level, wound surface area and follow-up period



ризующийся уменьшением площади раневого дефекта с течением времени во всех экспериментальных группах.

Следует отметить разнонаправленный характер корреляционных связей. Данные изменения полностью согласуются с патофизиологией раневого процесса. При наличии выраженного воспаления, сопровождающегося ростом концентрации лейкоцитов, отмечается замедление заживления гнойной раны, увеличение экссудации и усиление местных признаков альтерации.

Положительная корреляционная связь средней силы между концентрацией лейкоцитов и со временем от начала лечения ($r = 0,40$; $p < 0,05$) может быть обоснована спецификой динамики показателей в разных группах. В контрольных сериях высокий уровень лейкоцитоза не только сохранялся, но и нарастал на поздних сроках. В то же время в опытной группе происходило их закономерное снижение, что, вероятнее всего, связано с успешным применением технологии ПБФД.

Для исключения признаков анемического синдрома оценивали количество эритроцитов и концентрацию гемоглобина (табл. 3). При сравнении концентрации гемоглобина значимых межгрупповых различий выявлено не было.

При оценке уровня эритроцитов на 3-и сутки исследования в 1-й кон-

трольной группе данный показатель составил $7,17 [6,24; 9,38] \times 10^{12}/\text{л}$, во 2-й контрольной — был выше на 11,44 %, в опытной — ниже на 6,42 %. На 7-е сутки в 1-й контрольной группе он достигал $7,78 [6,78; 9,36] \times 10^{12}/\text{л}$, во 2-й контрольной — был ниже на 1,03 %, в опытной — на 15,04 %. На 10-е сутки уровень эритроцитов в 1-й контрольной группе составил $8,27 [6,97; 8,89] \times 10^{12}/\text{л}$, во 2-й контрольной был ниже на 18,98 %, в опытной — на 21,89 %. Следует отметить, что этот показатель во всех группах на протяжении всего исследования оставался в пределах референтных значений.

При оценке взаимосвязи между количеством эритроцитов и площадью раневой поверхности статистически значимой корреляционной связи выявлено не было (рис. 3).

Для оценки уровня окислительно-го стресса был проведен анализ содержания продуктов биохимического окисления — МДА и ДНФГ (табл. 4). На 1-е и 3-и сутки от начала лечения значимых различий между группами не установлено. На 7-е сутки исследования в 1-й контрольной группе содержание МДА составило $38,53 [61; 42,65]$ нмоль/мл, ДНФГ — $67,34 [66,29; 68,84]$ ед. опт. пл./мл; во 2-й контрольной группе эти показатели были ниже на 2,39 % и 0,04 %, а в опытной — на 14,07 % и 11,98 % соответственно. На 14-е

сутки статистически значимые различия наблюдались только при сравнении опытной группы с 1-й и 2-й контрольными по содержанию МДА. Данный показатель в опытной группе составил 22,88 [22, 32; 23, 67] нмоль/мл, тогда как в 1-й контрольной группе он был выше на 34,57 %, а во 2-й контрольной — на 34,09 %.

При оценке бактериальной обсемененности раневой поверхности на 1-е сутки от начала лечения статистически значимых различий между группами не выявлено (табл. 5). На 3-и и 7-е сутки исследования отмечали зна-

чимые различия при сравнении 2-й контрольной и опытной групп с 1-й контрольной группой. В 1-й контрольной группе уровень бактериальной обсемененности составил 5,33 [5,00; 6,00] lg КОЕ/мл экссудата, во 2-й контрольной — был ниже на 43,71 %, в опытной — на 59,29 %. На 14-е сутки исследования минимальные значения бактериальной обсемененности были зарегистрированы в опытной группе, что составило 1,50 [1,00; 2,00] lg КОЕ/мл экссудата и имело статистически значимые различия при сравнении с 1-й и 2-й контрольными группами.

Для оценки взаимосвязей между уровнем микробной обсемененности, площадью раневой поверхности и сроком наблюдения проведен ранговый корреляционный анализ Пирсона (рис. 4). Выявлена выраженная отрицательная связь между динамикой площади раневой поверхности и сутками от начала лечения гнойной раны ($r = -0,97$). Данная закономерность свидетельствует о естественном течении процесса заживления во всех группах исследования.

Зарегистрирована также положительная корреляционная связь средней

Таблица 3
Динамика показателей анемического синдрома по данным общего анализа крови, Ме [Q₁; Q₃]

Table 3
Dynamics of indicators of anemia syndrome according to the data of the general blood test, Me [Q₁; Q₃]

Показатель Indicator	Сутки Day	Группы исследования / Research groups		
		1-я контрольная 1st control	2-я контрольная 2nd control	опытная experimental
Эритроциты, ед × 10 ¹² /л Erythrocytes, units × 10 ⁹ /l	3	7.17 [6.24; 9.38]	7.99 [6.37; 9.42]	6.71 [6.26; 6.97]
	7	7.78 [6.78; 9.36]	7.7 [6.67; 8.9]	6.61 [6.22; 6.93]
	10	8.27 [6.97; 8.89]	6.7 [6.05; 8.13]	6.46 [6.21; 6.90]*
Гемоглобин, ед/л Hemoglobin, units/l	3	151.83 [136.0; 166.0]	150.17 [138.0; 163.0]	142.00 [134.0; 150.0]
	7	158.67 [131.0; 169.0]	145.83 [130.0; 171.0]	150.83 [136.0; 169.0]
	10	150.83 [130.0; 171.0]	149.5 [137.0; 162.0]	154.17 [148.0; 162.0]

* — различия статистически значимы при сравнении с 1-й контрольной группой по U-критерию Манна — Уитни.

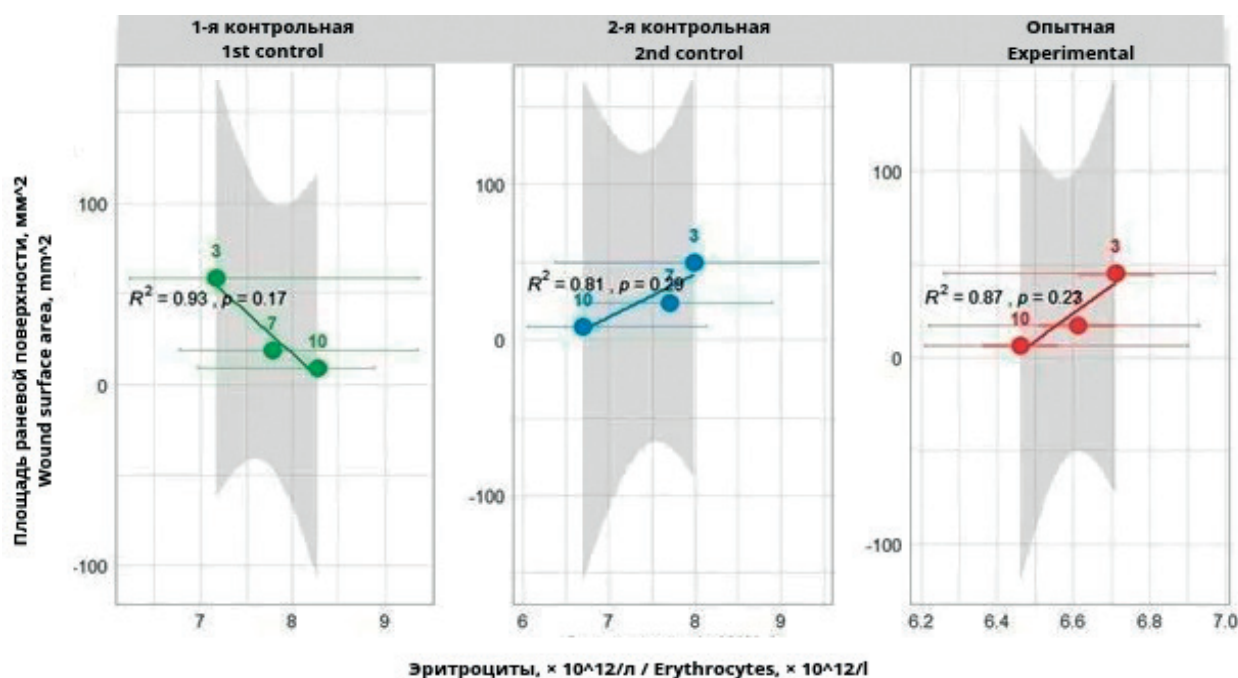
* — the significance of differences when compared with the 1st control group according to the Mann-Whitney U-test.

Рисунок 3

Корреляционный анализ зависимости площади раневого дефекта от уровня эритроцитов

Figure 3

Correlation analysis of the dependence of the area of the wound defect on the level of red blood cells



Примечание. Точки — медианы, кресты — 95% ДИ, цифры — сутки наблюдения.

Note. Dots are medians, crosses are 95% CI, numbers are days of observation.

силы между динамикой площади раневой поверхности и уровнем бактериальной обсемененности раны ($r = 0,57$). Обнаруженное соотношение указывает на то, что более высокая микробная нагрузка ассоциирована с большей площадью раневого дефекта, и подтверждает роль бактериальной контаминации в замедлении процессов регенерации. Умеренная отрицательная связь при корреляционном анализе была установлена между бактериальной обсемененностью и временем от начала лечения ($r = -0,45$). Данный результат указывает на значимость снижения микробной нагрузки в процессе заживления.

Проведен корреляционный анализ Пирсона для оценки взаимосвязей между изучаемыми показателями: сроком наблюдения, уровнем лейкоцитов, бактериальной обсемененностью, pH ран и площадью раневой поверхности (рис. 5).

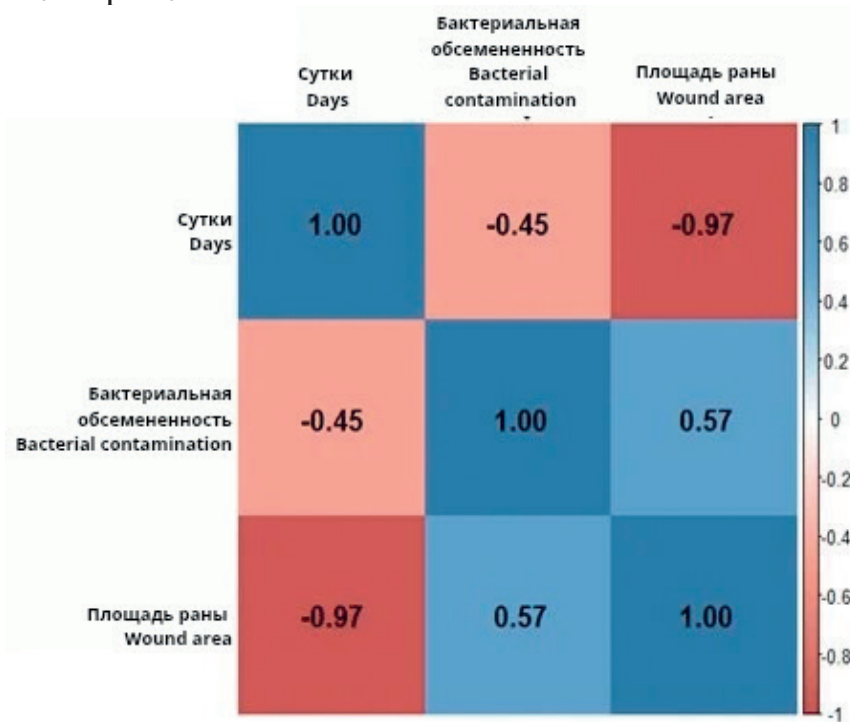
Выявлен ряд закономерных взаимосвязей. Наиболее сильные отрицательные корреляции обнаружены между сроком наблюдения и pH раневой среды ($r = -0,96$), а также между сроком наблюдения и площадью раневой поверхности ($r = -0,95$). Это отражает физиологическую динамику заживления: с течением времени происходит закономерный сдвиг pH раневой среды в кислую сторону и сокращение площади раневого дефекта. Зарегистрированы также отрицательные корреляционные связи времени от начала лечения с бактериальной обсемененностью ($r = -0,76$) и концентрацией лейкоцитов ($r = -0,66$). Полученные данные свидетельствуют о снижении микробной нагрузки и стихании воспалительной реакции по мере заживления.

Рисунок 4

Матрица коэффициентов корреляции Пирсона (r) между уровнем бактериальной обсемененности, площадью раневой поверхности и сроком наблюдения

Figure 4

Matrix of Pearson correlation coefficients (r) between the level of bacterial contamination, the area of the wound surface and the period of observation



Анализ взаимосвязей между показателями, характеризующими патофизиологию раневого процесса, демонстрирует выраженные положительные корреляционные связи. Динамика изменения pH раневой среды ассоциирована с площадью раневой поверхности ($r = 0,90$) и бактериальной обсемененностью ($r = 0,73$). Полученные данные подтверждают, что защелачивание раневой среды коррелирует с длительным течением раневого процесса, повышением интен-

сивности воспаления и замедлением заживления.

Следует отметить взаимосвязь бактериальной обсемененности с другими показателями. Наличие выраженной связи с площадью раневой поверхности ($r = 0,88$) указывает на прямую зависимость: чем выше микробная нагрузка, тем обширнее раневой дефект и длительнее процесс заживления. Взаимосвязь бактериальной обсемененности с концентрацией лейкоцитов ($r = 0,83$) демонстрирует закономерный

Таблица 4
Динамика показателей окислительного стресса в группах исследования, Me [Q₁; Q₃]
Table 4
Dynamics of oxidative stress indicators in the study groups, Me [Q₁; Q₃]

Показатель Indicator	Сутки Day	Группы исследования / Research groups		
		1-я контрольная 1st control	2-я контрольная 2nd control	опытная experimental
Малоновый диальдегид, нмоль/мл Malonic dialdehyde, nmol/ml	3	35.13 [32.61; 37.79]	34.39 [32.39; 35.97]	32.34 [29.64; 34.99]
	7	38.53 [32.61; 42.65]	37.61 [34.38; 40.31]	33.11 [31.57; 34.30]#
	10	30.79 [29.14; 33.02]	30.68 [29.31; 32.9]	22.88 [22.32; 23.67]*#
2,4-динитрофенилгидразин-производные, опт пл/мл 2,4-dinitrophenylhydrazine derivatives, wholesale pl/ml	3	68.90 [67.13; 71.02]	68.98 [67.84; 69.79]	67.34 [65.11; 70.6]
	7	67.34 [66.29; 68.84]	67.31 [66.1; 70.7]	59.27 [56.28; 62.06]*#
	10	58.91 [57.14; 60.13]	56.02 [52.49; 60.04]	55.29 [52.4; 60.04]

патофизиологический ответ организма на наличие гнойного очага и бактериальную контаминацию.

Наличие взаимосвязи бактериальной обсемененности с pH раневой среды ($r = 0,73$) свидетельствует о влиянии pH на контаминацию раневой поверхности, защелачивание которой может способствовать усугублению течения раневого процесса.

Количество лейкоцитов, являющееся маркером ответа макроорганизма на воспаление, коррелирует с бактериальной обсемененностью ($r = 0,83$). Это патофизиологически обосновано и отражает местную защитную реакцию на наличие гнойного очага. Кроме того, отмечена умеренная корреляционная связь между концентрацией лейкоцитов и pH раневой среды ($r = 0,64$).

Площадь раневой поверхности, являющаяся одним из основных интегральных показателей заживления, демонстрирует выраженные корреляционные связи со всеми изучаемыми факторами. Помимо уже упомянутой связи со сроками наблюдения ($r = -0,95$), она тесно коррелирует с pH раневой среды ($r = 0,90$) и бактериальной обсемененностью ($r = 0,88$), а также умеренно связана с концентрацией лейкоцитов ($r = 0,65$). Данные взаимосвязи отражают значимость многофакторного влияния на заживление раны.

Кластеризация изучаемых переменных на корреляционной матрице выявила две основные группы показателей. Первый кластер формируют сроки наблюдения, которые отрицательно коррелируют со всеми остальными переменными. Второй кластер включает pH раневой среды, площадь раневой поверхности, концентрацию лейкоцитов и бактериальную обсемененность, образующие между собой сеть положительных корреляций. Такое разделение подчеркивает двухфакторную структуру процесса заживления: фактор времени, определяющий общую динамику, и фактор текущего состояния, характеризующий патофизиологические особенности течения раневого процесса.

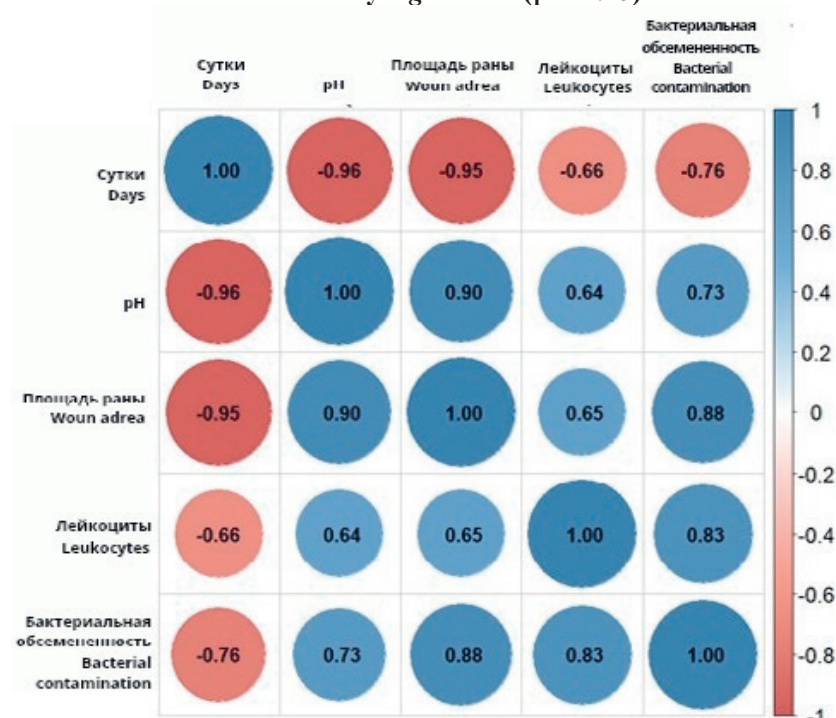
Полученные корреляционные взаимосвязи формируют логичную патофизиологическую картину, согласно которой эффективное заживление (уменьшение площади раны) сопровождается снижением pH (закислением среды), уменьшением бактериальной

Рисунок 5

Матрица коэффициентов корреляции Пирсона (r) между уровнем бактериальной обсемененности, площадью раневой поверхности, уровнем лейкоцитов, pH ран и сроком наблюдения. Размер круга пропорционален силе корреляции, цвет указывает на направление связи: синий — положительная корреляция, красный — отрицательная. Все коэффициенты статистически значимы ($p < 0,05$)

Figure 5

Matrix of Pearson correlation coefficients (r) between the level of bacterial contamination, wound surface area, leukocyte level, wound pH, and follow-up period. The size of the circle is proportional to the strength of the correlation. The color indicates the direction of the relationship: blue is a positive correlation, red is a negative one. All coefficients are statistically significant ($p < 0.05$)



обсемененности и снижением концентрации лейкоцитов, что было наиболее выражено при применении технологии ПБФД (опытная группа). Напротив, замедленное заживление характеризуется высокими значениями всех этих показателей (1-я контрольная группа).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана технология ПБФД раневой поверхности, основанная на реализации эффектов барботажа, флотации и воздействия синтетного пенообразователя на мягкие ткани. Для реализации метода сконструировано оригинальное устройство (патент RU 209244 U1),

Таблица 5
Уровень бактериальной обсемененности в группах исследования, микробных тел на мл экссудата, Ме [Q₁; Q₃]

Table 5
The level of bacterial contamination in the study groups, microbial bodies per ml of exudate, Me [Q₁; Q₃]

Сутки Day	Группы исследования / Research groups		
	1-я контрольная 1st control	2-я контрольная 2nd control	опытная experimental
1	9.50 [9; 10]	9.33 [9; 10]	9.00 [8; 10]
3	7.17 [6; 8]	4.67 [4; 5]*	3.67 [3; 5]*
7	5.33 [5; 6]	3.00 [2; 4]*	2.17 [2; 3]*
10	5.33 [4; 6]	3.33 [3; 4]	1.50 [1; 2]*#

обеспечивающее проведение качественной санации раневого ложа.

Применение разработанной технологии при лечении гнойных ран позволило создать условия для ускорения регенерации за счет оптимизации рН среды, что привело к сокращению сроков купирования локального отека на 24,33 % и гиперемии на 24,52 % по сравнению с изолированным использованием БС.

Использование ПБФД способствовало снижению интенсивности воспалительной реакции за счет ускоренного очищения раневой поверхности,

обеспечивало равномерное развитие полноценной грануляционной ткани и приводило к раннему закрытию раневого дефекта: редукция площади достигала 93,72 % на 14-е сутки от начала лечения.

Проведенный корреляционный анализ Пирсона подтвердил, что процесс заживления ран представляет собой комплексное взаимодействие временных, микробиологических, гематологических и физико-химических факторов, тесно взаимосвязанных друг с другом. Наиболее сильные связи обнаружены между сроком наблюдения и

рН среды, сроком наблюдения и площадью раны, а также между бактериальной обсемененностью и площадью дефекта, что подчеркивает ключевую роль данных параметров в процессе регенерации.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Abaev Yu. K. Modern features of the etiology and pathogenesis of wound infection. *Bulletin of Surgery named after I. I. Grekov*. 2021; 180(2):107-112. Russian (Абаев Ю. К. Современные особенности этиологии и патогенеза раневой инфекции // *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2021; Т. 180, № 2. С. 107–112.)
2. Eriksson E, Liu PY, Schultz GS, Martins-Green MM, Tanaka R, Weir D, et al. Chronic wounds: treatment consensus. *Wound Repair Regen*. 2022;30(2):156-171. DOI: 10.1111/wrr.12994.
3. Atepileva A, Ogay V, Kudaibergen G, Kaukabaeva G, Nurkina A, Mukhambetova A, et al. Exploring the antibacterial and regenerative properties of a two-stage alginate wound dressing in a rat model of purulent wounds. *Biomedicine*. 2024;12(9):2122. DOI: 10.3390/biomedicine12092122.
4. Andreev AA, Glukhov AA, Lobas SV, Ostroushko AP. Experimental testing of the method of programmed barbotage wound debridement. *Bulletin of Experimental and Clinical Surgery*. 2016; 9(4):314-321. Russian (Андреев А. А., Глухов А. А., Лобас С. В., Остроушко А. П. Экспериментальная апробация метода программной барботажной санации ран // *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2016. Т. 9, № 4. С. 314–321. DOI: 10.18499/2070-478X-2016-9-4-314-321.)
5. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic foot ulcers: a review. *JAMA*. 2023; 330(1): 62–75.
6. Galstyan GR, Antsiferov MB, Guryeva IV. Diabetic foot syndrome: clinical guidelines and treatment algorithms. *Diabetes mellitus*. 2023; 26(2):112-126. Russian (Галстян Г. Р., Анциферов М. Б., Гурьева И. В. Синдром диабетической стопы: клинические рекомендации и алгоритмы лечения // *Сахарный диабет*. 2023. Т.26, № 2. С. 112–126.)
7. Mikhailova EA, Gusmanov VG. Epidemiology of purulent-septic complications in a multidisciplinary hospital. *Modern problems of health care and medical statistics*. 2022; (3):124-136. Russian (Михайлова Е. А., Гусманов В. Г. Эпидемиология гнойно-септических осложнений в многопрофильном стационаре // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2022. № 3. С. 124–136.)
8. Berrios-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, et al. Centers for disease control and prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2023 update. *JAMA Surgery*. 2023; 158(5): e234567.
9. World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection. 2nd ed. Geneva: WHO Press. 2023. 210 p.
10. Zabaglo M, Leslie SW, Sharman T. Postoperative wound infections. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024.
11. Gillespie BM, Kang E, Roberts S, et al. The impact of surgical site infections on hospital length of stay and costs: a systematic review. *International Journal of Surgery*. 2021; 92: 106025
12. Zimlichman E, Henderson D, Tamir O. The economic burden of surgical site infections: a systematic review. *Journal of Hospital Infection*. 2024; 136: 45–54.
13. Guest JF, Fuller GW, Vowden P. Health economic burden of different wound types in the UK. *BMJ Open*. 2023; 13: 4: e067892.

Сведения об авторах:

Остроушко Антон Петрович — к.м.н., доцент, доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, г. Воронеж, Россия; ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036; врач-хирург ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж»; пер. Здоровья, д. 2, г. Воронеж, Россия, 394024. <http://orcid.org/0000-0003-3656-5954>

Глухов Александр Анатольевич — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России; ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036. <http://orcid.org/0000-0001-9675-7611>

Information about authors:

Ostroushko Anton Petrovich — candidate of medical sciences, associate professor, associate professor of department of general and outpatient surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Voronezh, Russia; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036; surgeon, Clinical Hospital "RZhD-Medicine", Voronezh; Pereulok Zdorovya, 2, Voronezh, Russia, 394024. <http://orcid.org/0000-0003-3656-5954>

Glukhov Alexander Anatolyevich — MD, PhD, professor, chief of department of general and outpatient surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036. <http://orcid.org/0000-0001-9675-7611>

Андреев Александр Алексеевич — д.м.н., доцент, профессор кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России; ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036. <http://orcid.org/0000-0001-8215-7519>

Лаптиёва Анастасия Юрьевна (автор для переписки) — к.м.н., доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России; ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036; врач-хирург, ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж»; пер. Здоровья, д. 2, г. Воронеж, Россия, 394024. <http://orcid.org/0000-0002-3307-1425>
E-mail: laptievaa@mail.ru

Земсков Андрей Михайлович — студент 4-го курса лечебного факультета, ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России; ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036. <http://orcid.org/0009-0000-8193-1939>

Подвигина Виктория Сергеевна — студентка 4-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, Россия, 394036. <http://orcid.org/0000-0002-3792-9791>

Статья поступила в редакцию 30.03.2026

Рецензирование пройдено 22.04.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Andreev Alexander Alekseevich — MD, PhD, associate professor, professor of department of general and outpatient surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036. <http://orcid.org/0000-0001-8215-7519>

Laptiyova Anastasia Yuryevna (corresponding author) — candidate of medical sciences, associate professor of department of general and outpatient surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036; surgeon, Clinical Hospital "RZHD-Medicine", Voronezh; Pereulok Zdorovya, 2, Voronezh, Russia, 394024. <http://orcid.org/0000-0002-3307-1425>
E-mail: laptievaa@mail.ru

Zemskov Andrey Mikhailovich — 4th year student of the Faculty of Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036. <http://orcid.org/0009-0000-8193-1939>

Podvigina Victoria Sergeevna — 4th year student of the Faculty of Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko; Studencheskaya St., 10, Voronezh, Russia, 394036. <http://orcid.org/0000-0002-3792-9791>

Received 30.03.2026

Review completed 22.04.2026

Passed for printing 30.05.2026

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВА АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ

THE PROBLEM OF CHOOSING TREATMENT FOR ACHILLES TENDON RUPTURE

Турлыбеков Б.С. Ахтямов И.Ф. Казбеков А.Б. Немальцев И.Ю.
Turlybekov B.S. Akhtyamov I.F. Kazbekov A.B. Nemaltsev I.Yu.

Национальный научный центр травматологии и ортопедии
имени академика Н.Д. Батпенова,
г. Астана, Республика Казахстан

ФГБОУ ВО «Казанский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
г. Казань Россия,

НАО «Медицинский университет Астана»,
г. Астана, Республика Казахстан,

ГБУЗ «Республиканский клинический
госпиталь ветеранов войн»,
г. Уфа, Россия

National Research Center of Traumatology
and Orthopedics named after Academician N.D. Batpenov,
Astana, Republic of Kazakhstan,

Kazan State Medical University,
Kazan, Russia,

Astana Medical University,
Astana, Republic of Kazakhstan,

Republican Clinical Hospital for War Veterans,
Ufa, Russia

Цель — всесторонний анализ современных методов лечения свежих разрывов ахиллова сухожилия, включая сравнительную оценку эффективности, безопасности (профиля осложнений) и функциональных исходов хирургических (открытых и малоинвазивных) и консервативных подходов, интегрированных с протоколами ранней функциональной реабилитации, а также определение перспективных направлений и формулирование практических рекомендаций для персонализированного выбора тактики лечения.

Материалы и методы. Систематический обзор литературы проведен путем поиска в базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science и Cochrane Library. Критерии включения: рандомизированные контролируемые исследования; проспективные и ретроспективные когортные исследования; систематические обзоры и метаанализы, посвященные лечению острых разрывов. Обязательные требования к публикациям: размер выборки ≥ 40 пациентов; срок наблюдения ≥ 6 месяцев; наличие оценки функциональных исходов (ATRS, возвращение к активности) и осложнений. Методологическое качество оценивалось по шкалам RoB 2.0, ROBINS-I и системе GRADE. Процесс отбора визуализирован согласно протоколу PRISMA 2020.

Результаты. При использовании идентичных современных протоколов ранней функциональной реабилитации долгосрочные (12–24 мес.) исходы и качество жизни после хирургического и консервативного лечения статистически сопоставимы (высокий уровень доказательств). Ключевое различие заключается в профиле осложнений: хирургическое вмешательство (особенно малоинвазивное) значительно снижает риск повторного разрыва (2–5 % против 8–12 %), однако сопряжено с риском инфекции, повреждения нервов и раневых осложнений. Консервативный подход минимизирует операционные риски, но сохраняет более высокую вероятность свежих разрывов, которую можно снизить посредством внедрения ускоренных протоколов. Ранняя контролируемая мобилизация и дозированная нагрузка — критические факторы успеха, улучшающие результаты при обоих методах. Малоинвазивные техники снижают частоту осложнений со стороны мягких тканей по сравнению с открытыми операциями, сохраняя низкий риск повторного разрыва. Данные об эффективности адьювантной

Objective — a comprehensive analysis of modern methods for treating fresh Achilles tendon ruptures, including a comparative assessment of the efficacy, safety (complication profile), and functional outcomes of surgical (open and minimally invasive) and conservative approaches integrated with early functional rehabilitation protocols, as well as identifying promising areas and formulating practical recommendations for personalized selection of tactics.

Materials and methods. A systematic literature review was conducted by searching the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Cochrane Library databases. Inclusion criteria: randomized controlled trials; prospective and retrospective cohort studies; systematic reviews and meta-analyses devoted to the treatment of acute ruptures. Mandatory publication requirements: sample size ≥ 40 patients; follow-up period ≥ 6 months; availability of assessment of functional outcomes (ATRS, return to activity) and complications. Methodological quality was assessed using the RoB 2.0, ROBINS-I, and GRADE scales. The selection process was visualized according to the PRISMA 2020 protocol.

Results. Using identical modern early functional rehabilitation protocols, long-term (12–24 months) outcomes and quality of life after surgical and conservative treatment are statistically comparable (high level of evidence). The key difference lies in the complication profile: surgery (especially minimally invasive) significantly reduces the risk of re-rupture (2–5 % versus 8–12 %), but is associated with a risk of infection, nerve damage, and wound complications. A conservative approach minimizes surgical risks, but maintains a higher risk of fresh ruptures, which can be reduced by implementing accelerated protocols. Early controlled mobilization and graduated loading are critical success factors, improving outcomes with both methods. Minimally invasive techniques reduce the incidence of soft tissue complications compared to open surgery, while maintaining a low risk of rerupture. Data on the effectiveness of adjuvant PRP therapy remain controversial and do not support its significant impact on clinical outcomes.

Для цитирования: Турлыбеков Б.С., Ахтямов И.Ф., Казбеков А.Б., Немальцев И.Ю. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ РАЗРЫВА АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 2. С. 116-123.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/619>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-2-116-123

PRP-терапии остаются противоречивыми и не подтверждают ее значимого влияния на клинические исходы.

Заключение. Выбор между хирургическим и консервативным лечением должен основываться на персонализированной оценке факторов: возраста, уровня физической активности, сопутствующих заболеваний и характеристик разрыва. Для молодых активных пациентов предпочтительна малоинвазивная хирургия (минимизация риска повторного разрыва), для пациентов старшей возрастной группы с коморбидными состояниями — консервативное функциональное лечение. Строгое соблюдение протокола ранней реабилитации — обязательное условие успеха независимо от выбранного метода. Перспективными направлениями являются разработка предиктивных моделей для персонализации выбора тактики, исследование регенеративных технологий и интеграция цифровых инструментов в процесс восстановления.

Ключевые слова: ахиллово сухожилие; разрыв; хирургическое лечение; консервативное лечение; малоинвазивная хирургия; функциональная реабилитация; PRP-терапия; метаанализ

Conclusion. The choice between surgical and conservative treatment should be based on a personalized assessment of factors including age, activity level, comorbidities, and rupture characteristics. For young, active patients, minimally invasive surgery is preferred (to minimize the risk of re-rupture), while for older patients with comorbid conditions, conservative functional treatment is recommended. Strict adherence to early rehabilitation protocols is a prerequisite for success, regardless of the chosen method. Promising areas include the development of predictive models for personalized treatment decisions, research into regenerative technologies, and the integration of digital tools into the recovery process.

Keywords: Achilles tendon; rupture; surgical treatment; conservative treatment; minimally invasive surgery; functional rehabilitation; PRP therapy; meta-analysis

Ахиллово сухожилие — самое мощное и биомеханически нагружаемое сухожилие опорно-двигательного аппарата человека, которое при этом в высокой степени подвержено разрывам. Данная патология характерна для лиц в возрасте 30–50 лет, ведущих активный образ жизни или занимающихся спортом. Она приводит к выраженному нарушению ходьбы, бега и прыжков, что обуславливает значительную социально-экономическую нагрузку [1]. Эпидемиологические исследования последних лет констатируют устойчивую тенденцию к росту частоты разрывов ахиллового сухожилия. Это связывают как с увеличением вовлеченности населения в рекреационный спорт, так и с накоплением инволюционных изменений в сухожильной ткани у поколения беби-бумеров [2, 3].

Современные стратегии лечения сформировались в результате многолетней дискуссии между сторонниками хирургического и консервативного подходов. Исторически оперативное вмешательство рассматривалось как золотой стандарт, обеспечивающий анатомически точное сопоставление концов сухожилия, высокую первичную прочность и минимальный риск повторного разрыва. Однако этот подход неизбежно сопряжен с рисками, присущими любой операции: инфекциями, проблемами заживления раны, повреждением икроножного нерва и тромбозомболическими осложнениями [4]. Консервативное лечение, основанное на длительной иммобилизации в гипсовой повязке, хотя и позволяло избежать операционных рисков, демонстрировало неприемлемо высокую частоту повторных разрывов и при-

водило к стойким функциональным дефицитам, таким как гипотрофия икроножной мышцы и снижение силы подошвенного сгибания [5].

Переломным моментом, изменившим парадигму лечения, стало внедрение и широкое признание концепции ранней функциональной реабилитации. Эта концепция, подкрепленная данными доказательной медицины, утверждает, что контролируемая, дозированная нагрузка и ранняя мобилизация в специальном функциональном ортезе (брейсе) с регулируемым углом подошвенного сгибания стимулируют регенерацию сухожильной ткани, предотвращают тяжелые атрофические изменения мышц и в конечном итоге улучшают долгосрочные функциональные результаты независимо от выбранного первичного метода лечения (оперативного или консервативного) [6, 7].

Параллельно произошла значительная эволюция хирургических технологий. На смену обширным открытым доступам пришли малоинвазивные (мини-открытые) и перкутанные (чрескожные) методики шва сухожилия. Эти подходы, предполагающие использование специальных инструментов и проводниковых систем, позволяют минимизировать травму паратенона и кожных покровов, существенно снижая риск инфекционных и раневых осложнений при сохранении надежности фиксации [8, 9].

Еще одним актуальным направлением является изучение биологических методов адъювантной терапии, таких как инъекции обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP), применение факторов роста или коллагеновых матриц.

Их потенциальная роль заключается в модуляции процесса заживления, ускорении регенерации и, возможно, улучшении качества формирующейся рубцовой ткани, хотя уровень доказательств их эффективности при свежих разрывах остается противоречивым и требует дальнейшего изучения [10, 11].

Таким образом, современная проблематика выбора лечения разрыва ахиллового сухожилия сместилась из плоскости простого противопоставления «оперативное лечение против консервативного» в плоскость стратификации риска и персонализации тактики. Выбор оптимальной стратегии для конкретного пациента должен основываться на комплексной оценке множества факторов: возраста, уровня физической активности и требований к функции, наличия коморбидных заболеваний (сахарный диабет, нейропатия, сосудистая патология), характеристик разрыва (уровень, степень диастаза, качество тканей), а также доступности квалифицированной хирургической помощи и реабилитационных ресурсов [12].

Целью настоящего обзора является систематизация современных данных (с акцентом на период 2019–2024 гг.) по сравнительной эффективности, безопасности и функциональным исходам различных методов лечения свежих разрывов ахиллового сухожилия, а также формулирование на этой основе практических рекомендаций и обозначение перспективных направлений для дальнейших исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был проведен систематический обзор литературы. Поиск релевант-

ных публикаций осуществлялся в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science и Cochrane Library. Период поиска был ограничен 2000–2024 гг., с особым вниманием к работам, опубликованным за последние 5 лет (2019–2024 гг.). Стратегия поиска включала использование ключевых слов и их комбинаций: «Achilles tendon rupture», «acute rupture», «surgical repair», «conservative treatment», «non-operative management», «minimally invasive surgery», «percutaneous repair», «functional rehabilitation», «early mobilization», «platelet-rich plasma», «PRP», «outcomes», «re-rupture», «complications».

Критерии включения:

- тип исследований: рандомизированные контролируемые испытания (РКИ), проспективные и ретроспективные когортные исследования, систематические обзоры и метаанализы;
- популяция (участники): взрослые пациенты (≥ 18 лет) со свежим подкожным разрывом ахиллова сухожилия;
- вмешательство и сравнение: сопоставление различных хирургических методик между собой, сравнение хирургического и консервативного подходов, а также оценка различных протоколов реабилитации;
- исходы: обязательная оценка минимум одного из таких показателей, как частота повторных разрывов, функциональные исходы по валидизированным шкалам (Achilles Tendon Total Rupture Score — ATRS, Heel-Rise Test), сроки возвращения к прежнему уровню физической активности или спорту, общая частота осложнений, качество жизни (по опросникам SF-36, EQ-5D);

- период наблюдения: не менее 6 месяцев с момента травмы/вмешательства.

Критерии исключения:

- описательные отчеты о клинических случаях (case reports) и серии случаев (case series) без контрольной группы;
- исследования, посвященные исключительно хроническим разрывам, тендинопатиям или иным патологиям ахиллова сухожилия;
- экспериментальные (выполненные *in vivo* на животных или *in vitro*) и чисто биомеханические исследования;
- публикации с высоким риском систематической ошибки, оцененным по шкалам RoB 2 (для РКИ) или ROBINS-I

(для нерандомизированных исследований);

- дублирующиеся публикации и повторные сообщения об одних и тех же когортах пациентов;

Отбор публикаций и оценку их методологического качества проводили два независимых исследователя; возникающие разногласия разрешались путем консенсуса. Для оценки убедительности доказательств использовалась система GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations). Визуализация процесса отбора представлена в виде блок-схемы, соответствующей рекомендациям PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 2020 [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В соответствии со стратегией поиска и критериями отбора для детального анализа было включено 67 публикаций. В их числе: 22 рандомизированных контролируемых исследования, 14 систематических обзоров и метаанализов, 28 проспективных и ретроспективных когортных исследований, а также 3 клинические рекомендации. Для наглядного представления ключевых аспектов, проанализированных в литературе, и соответствующих им современных выводов данные систематизированы в таблице.

Сравнительный анализ хирургического и консервативного лечения

Метаанализы последних лет демонстрируют, что при использовании современных протоколов реабилитации различия между хирургическим и консервативным лечением по функциональным исходам становятся минимальными. Согласно систематическому обзору и метаанализу S. Deng и соавт. [14], а также рандомизированному исследованию K. Willits и соавт. [15], консервативное лечение в сочетании с ускоренной реабилитацией обеспечивает результаты, сопоставимые с хирургическим вмешательством. Наиболее убедительные данные представлены в метаанализе Y. Ochen и соавт. [16], в котором было исследовано более 4000 пациентов. Авторы продемонстрировали отсутствие статистически значимых различий в показателях функции по шкале ATRS

и качестве жизни между группами через 12 месяцев после травмы. Эти выводы впоследствии были подтверждены в многоцентровом исследовании UKSTAR [17] и в крупном рандомизированном исследовании S.B. Myhrvold и соавт. [18], в котором сравнивались консервативное лечение, открытая операция и малоинвазивная хирургия на фоне единого протокола реабилитации.

Хирургические техники:

эволюция и современный выбор

Современная хирургическая мысль развивается в направлении минимизации ятрогенной травмы. Малоинвазивные (мини-открытые) методики, включая использование специализированных проводниковых систем (например, типа PARS или Achillon®), позволяют через разрезы длиной 2–3 см выполнить прочный шов сухожилия с соблюдением анатомических принципов. Перкутанные (чрескожные) техники еще менее инвазивны, однако требуют высокой квалификации хирурга из-за рисков неудовлетворительного сопоставления концов сухожилия и повреждения нервных структур. Ряд сравнительных исследований подтвердил преимущества малоинвазивных технологий. Так, M.D. Porter и соавт. [29] показали сопоставимые функциональные результаты открытого и чрескожного восстановления при меньшей травматичности последнего. Аналогичные выводы были получены Y. Li и соавт. [20], которые продемонстрировали снижение частоты раневых осложнений после мини-открытого восстановления при сохранении надежности шва сухожилия. Систематический обзор G. Caruso и соавт. (2024) указывает, что, хотя малоинвазивные технологии снижают частоту глубоких инфекций с > 7 до < 2 %, риск транзиторной или стойкой нейропатии икроножного нерва (*n. suralis*) остается их «ахиллесовой пятой» и может достигать 3–8 % в зависимости от конкретной модификации шва [21]. Таким образом, выбор между открытым, мини-открытым и перкутанным доступами должен быть строго индивидуализирован. Он обязан учитывать точную локализацию разрыва (включая дистальные отрывы, где применимы технологии фиксации типа SpeedBridge™), состояние мягких тканей и опыт операционной бригады.

Таблица

Систематизация современных данных по лечению разрыва ахиллова сухожилия

Table

Systematization of current data on the treatment of Achilles tendon rupture

Исследуемый аспект/вопрос Aspect/question under study	Ключевые выводы на основе данных последних 5 лет Key findings based on the last 5 years of data	Уровень доказательств (GRADE) Level of evidence (GRADE)	Основные релевантные источники Main relevant sources
Сравнительная эффективность: хирургия vs консервативное лечение Comparative effectiveness: surgery vs. conservative treatment	При использовании идентичных современных протоколов функциональной реабилитации долгосрочные (12–24 мес.) функциональные исходы (ATRS, качество жизни) статистически и клинически сопоставимы When using identical modern functional rehabilitation protocols, long-term (12–24 months) functional outcomes (ATRS, quality of life) are statistically and clinically comparable	Высокий (крупные рандомизированные контролируемые испытания и метаанализы) High (large randomized controlled trials and meta-analyses)	Y. Ochen и соавт., 2019 [16]; M.L. Costa и соавт., 2020 [17]; S.B. Myhrvold и соавт., 2022 [18] Y. Ochen et al., 2019 [16]; M.L. Costa et al., 2020 [17]; S.B. Myhrvold et al., 2022 [18]
Риск повторного разрыва (перуртуры) Risk of re-rupture (rerupture)	Хирургическое лечение, особенно малоинвазивное, достоверно снижает риск повторного разрыва (2–5 %) по сравнению с консервативным лечением (8–12 %). Ускоренные функциональные протоколы снижают этот риск в консервативных группах до 5–7 % Surgical treatment, especially minimally invasive, significantly reduces the risk of re-rupture (2–5 %) compared to conservative treatment (8–12 %). Accelerated functional protocols reduce this risk in conservative groups to 5–7 %.	Высокий High	S. Deng и соавт., 2017 [14]; S.B. Myhrvold и соавт., 2022 [18]; K. Willits и соавт., 2010 [17] S. Deng et al., 2017 [14]; S.B. Myhrvold et al., 2022 [18]; K. Willits et al., 2010 [17]
Профиль специфических осложнений Profile of specific complications	Хирургия: повышенный риск инфекции (1–7 %), повреждения икроножного нерва (1–4 %), проблем с заживлением раны. Консервативное лечение: основной риск — повторный разрыв. Риск тромбоэмболии сопоставим Surgery: increased risk of infection (1–7 %), sural nerve injury (1–4 %), and wound healing problems. Conservative treatment: the main risk is re-rupture. The risk of thromboembolism is comparable.	Высокий High	H. Lohrer и соавт., 2016 [4]; G. Caruso и соавт., 2024 [21]; H.E. Магнитская и соавт., 2024 [25] H. Lohrer et al., 2016 [4]; G. Caruso et al., 2024 [21]; N.E. Magnitskaya et al., 2024 [25]
Возвращение к спорту и труду Return to sports and work	Пациенты после хирургии в среднем на 1–2 месяца быстрее возвращаются к спортивной деятельности в первые 6–9 месяцев. К 12–24 месяцам различия в проценте вернувшихся к прежней активности нивелируются (до 80–90 % в обеих группах) Patients return to sports activity on average 1–2 months faster after surgery in the first 6–9 months. By 12–24 months, the differences in the percentage of those returning to previous activity even out (up to 80–90 % in both groups).	Средний Average	O. Westin и соавт., 2018 [24]; J.A. Zellers и соавт., 2016 [27] O. Westin et al., 2018 [24]; J.A. Zellers et al., 2016 [27]

Малоинвазивная методика против открытой хирургии Minimally invasive versus open surgery	Малоинвазивные методики обеспечивают сопоставимую прочность фиксации, значительно снижают риск инфекций и проблем с раной, но могут ассоциироваться с несколько более высоким риском нейропатии (повреждение нерва). Выбор зависит от опыта хирурга, локализации разрыва и оснащения Minimally invasive techniques provide comparable fixation strength and significantly reduce the risk of infection and wound complications, but may be associated with a slightly higher risk of neuropathy (nerve damage). The choice depends on the surgeon's experience, the location of the tear, and the equipment available.	Средний/высокий Average/high	M.D. Porter и соавт., 2020 [19]; G. Caruso и соавт., 2024 [21]; Y. Li и соавт., 2021 [20] M.D. Porter et al, 2020 [19]; G. Caruso et al, 2024 [21]; Y. Li et al, 2021 [20]
Влияние ранней функциональной реабилитации The impact of early functional rehabilitation	Ранняя контролируемая мобилизация и дозированная осевая нагрузка (с 1–2-й недели) безопасны, улучшают ранние функциональные показатели, сокращают сроки реабилитации и не повышают риск повторных разрывов ни при хирургическом, ни при консервативном лечении. Является ключевым модификатором успеха лечения Early controlled mobilization and graduated axial loading (from 1–2 weeks) are safe, improve early functional outcomes, shorten rehabilitation time, and do not increase the risk of recurrent ruptures with either surgical or conservative treatment. This is a key modifier of treatment success.	Высокий High	Y. Wu и соавт., 2016 [6]; K.W. Barfod и соавт., 2014 [22]; R. Kastoft и соавт., 2019 [23] Y. Wu et al, 2016 [6]; K.W. Barfod et al, 2014 [22]; R. Kastoft et al, 2019 [23]
Экономическая эффективность (cost-effectiveness) Cost-effectiveness	Консервативное лечение с функциональным брейсингом, как правило, более рентабельно (менее затратно для системы здравоохранения). Хирургия может быть экономически оправдана у молодых активных пациентов за счет большего прироста QALY (качественных лет жизни) и предотвращения затрат на лечение переломов Conservative treatment with functional bracing is generally more cost-effective (less expensive for the healthcare system). Surgery may be economically justified in young, active patients due to greater gains in QALYs (quality-adjusted life years) and avoidance of resurgence treatment costs.	Средний Average	M.L. Costa и соавт., 2020 [17]; O. Westin и соавт., 2019 [26] M.L. Costa et al., 2020 [17]; O. Westin et al., 2019 [26]
Эффективность адъювантной PRP-терапии Efficacy of adjuvant PRP therapy	Текущие данные не подтверждают значимого влияния PRP на снижение риска повторного разрыва или достоверного улучшения долгосрочных функциональных исходов после острого разрыва. Возможны положительные эффекты на раннюю регенерацию и снижение болевого синдрома, но доказательства ограничены Current data do not support a significant effect of PRP in reducing the risk of re-rupture or significantly improving long-term functional outcomes after acute rupture. Positive effects on early regeneration and pain reduction are possible, but the evidence is limited.	Низкий/средний Low/medium	E.T. Hurley и соавт., 2019 [28]; V.Y. Moraes и соавт., 2014 [29] E.T. Hurley et al., 2019 [28]; V.Y. Moraes et al., 2014 [29]

Функциональная реабилитация как краеугольный камень успеха

Данные последних лет однозначно подтверждают, что именно протокол реабилитации, а не только характер первичного вмешательства, определяет долгосрочный результат лечения. Современный стандарт предполагает полный отказ от длительной (6–8 недель) иммобилизации в пользу ранней контролируемой мобилизации. Пациент начинает дозированную осевую нагрузку в специальном функциональном брейсе уже через 1–2 недели после травмы или операции, с постепенным увеличением амплитуды движений и степени механического воздействия. РКИ К. Barfod и соавт. (2014), а также R. Kastoft и соавт. (2019) продемонстрировали, что такая тактика не только безопасна, но и приводит к более высоким функциональным результатам в среднесрочной перспективе [22, 23]. Данная закономерность справедлива как для послеоперационных, так и для консервативных протоколов ведения пациентов.

Персонализация выбора тактики: современный алгоритм

На основании синтеза полученных данных предложен следующий алгоритм принятия клинических решений:

- для молодых пациентов (возраст < 50–55 лет) с высоким уровнем спортивной активности (включая профессиональных спортсменов), а также при значительном диастазе концов сухожилия (> 1 см) или неудовлетворительном качестве сухожильной ткани предпочтительным является хирургическое лечение (в первую очередь, малоинвазивное). Основная цель — максимальное снижение риска повторного разрыва и ускоренное возвращение к прежнему уровню нагрузок;
- для пациентов старшей возрастной группы (> 60 лет) с отягощенным соматическим анамнезом (сахарный диабет, нейропатия, сосудистая патология, ожирение, курение), существенно повышающим риск послеоперационных и раневых осложнений, а также для лиц с низкими функциональными запросами методом выбора служит консервативное лечение по современному протоколу ранней функциональной реабилитации;
- для пациентов промежуточной группы (средний возраст, умеренная физическая активность, отсутствие

тяжелой коморбидности) оба подхода признаются в равной степени обоснованными. Решение должно приниматься совместно с пациентом после подробного обсуждения баланса возможных рисков и преимуществ, с обязательным учетом его личных предпочтений, а также доступности квалифицированной реабилитационной помощи.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ позволяет констатировать, что в лечении свежих разрывов ахиллова сухожилия за последнее десятилетие достигнут значительный прогресс. Он обусловлен двумя взаимосвязанными факторами: развитием малоинвазивных хирургических технологий и внедрением в повседневную клиническую практику протоколов ранней функциональной реабилитации. Это привело к сближению долгосрочных результатов различных стратегий и позволило сместить фокус с вопроса «какой метод лучше?» на вопрос «какой метод оптимален для данного конкретного пациента?»

Ключевым выводом, подтвержденным крупнейшими РКИ последних лет [17, 18], является то, что при условии адекватной реабилитации функциональные исходы перестают быть определяющим аргументом в пользу того или иного подхода. Решающее значение приобретают профиль осложнений и экономическая эффективность. Анализ экономической эффективности показал, что при сопоставимых функциональных результатах различия между подходами определяются прежде всего стоимостью лечения осложнений и длительностью восстановления. По данным O. Westin и соавт. [24], современные консервативные протоколы могут обладать благоприятным соотношением стоимости и эффективности у определенных групп пациентов. Хирургическое вмешательство минимизирует риск повторного разрыва, однако это сопряжено с вероятностью специфических операционных и раневых осложнений. В то же время анализ отдаленных результатов показывает необходимость тщательного учета хирургических осложнений, включая нейропатию, нарушения заживления ран и повторные вмешательства [25]. Консервативное лечение, будучи в целом более безопасным в плане системных и инфекционных рисков, характе-

ризуется более высокой частотой повторных разрывов, которая, впрочем, может быть существенно снижена за счет применения ускоренных протоколов мобилизации.

Важным клиническим следствием является необходимость получения осознанного информированного согласия пациента. Врач должен донести до больного не упрощенную дихотомию, где операция позиционируется как надежный, но рискованный метод, а консервативная терапия — как безопасный, но менее эффективный вариант. Важно продемонстрировать сложный баланс современных доказательных данных: оба подхода при правильном выполнении обеспечивают полноценное функциональное восстановление, однако имеют различную «цену» в виде структуры потенциальных рисков. Дополнительным подтверждением данной концепции являются результаты рандомизированного исследования O. Westin и соавт. [26], показавшего сопоставимые долгосрочные результаты хирургического и консервативного лечения при условии ранней функциональной реабилитации. При этом для пациентов, ориентированных на возвращение к спортивной деятельности, особое значение имеют сроки восстановления, которые подробно проанализированы в систематическом обзоре J.A. Zellers и соавт. [27].

Перспективные направления дальнейших исследований тесно связаны с глобальными трендами развития медицинской науки.

Персонализация и предиктивное моделирование. Необходима разработка прогностических алгоритмов на основе искусственного интеллекта. Анализируя комплексные данные пациента (возраст, пол, индекс массы тела, уровень физической активности, МРТ-характеристики и генетические маркеры), такие системы способны прогнозировать индивидуальный риск повторного разрыва при консервативном ведении или вероятность раневых осложнений при хирургическом вмешательстве, помогая практикующему врачу в выборе оптимальной тактики.

Биологическое усиление регенерации (биоаугментация). Несмотря на значительный интерес к применению PRP, современные данные не подтверждают ее однозначной клинической эффективности. Согласно метаанализу E.T. Hurley и соавт. [28] и системати-

ческому обзору Cochrane VY. Moraes и соавт. [29], использование PRP при повреждениях мягких тканей опорно-двигательного аппарата не сопровождается устойчивым улучшением клинических исходов по сравнению со стандартным лечением. Тем не менее поиск эффективных биологических адъювантов продолжается. В фокусе внимания исследователей находится использование мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток, специфических факторов роста и биоинженерных матриц (скаффолдов). Их роль может стать ключевой при лечении застарелых (хронических) разрывов или при операциях на дегенеративно измененных, структурно компрометированных сухожильных тканях.

Цифровая реабилитация (телереабилитация). Перспективным является внедрение носимых сенсоров (датчиков движения) и мобильных приложений для удаленного мониторинга биомеханики ходьбы, контроля выполнения упражнений и дозирования осевой нагрузки. Это позволит повысить приверженность пациентов к лечению, что критически важно в условиях ограниченной доступности

специализированных реабилитационных центров.

Долгосрочные клинические исследования. Существует дефицит рандомизированных контролируемых испытаний с периодом наблюдения 5–10 лет. Проспективный мониторинг необходим для оценки отдаленных последствий травмы, таких как развитие вторичного остеоартрита голеностопного сустава, формирование хронического болевого синдрома и стойкий дефицит силы подошвенного сгибания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные данные высокого уровня доказательности подтверждают, что хирургическое и консервативное лечение свежих разрывов ахиллова сухожилия, проводимое в рамках протоколов ранней функциональной реабилитации, обеспечивает сопоставимые высокие долгосрочные функциональные результаты и качество жизни пациентов. Хирургическое вмешательство, особенно с применением малоинвазивных методик, остается методом выбора для лиц молодого и среднего возраста с высоким уровнем физической активности, так как значительно снижает риск более грозного осложнения — повтор-

ного разрыва. Современное консервативное лечение, основанное на принципах ранней контролируемой мобилизации в функциональном ортезе, является безопасной, эффективной и экономически целесообразной альтернативой, особенно для пациентов старшей возрастной группы, с отягощенным коморбидным фоном или низкими функциональными потребностями.

Ключевым фактором успеха независимо от выбранного первичного метода лечения служит неукоснительное соблюдение протокола контролируемой функциональной реабилитации. Выбор оптимальной тактики должен носить строго персонализированный характер, учитывающий возраст, уровень активности, общее состояние здоровья пациента, и основываться на принципах совместного принятия решений врачом и пациентом.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Huttunen TT, Kannus P, Rolf C, Felländer-Tsai L, Mattila VM. Acute Achilles tendon ruptures: incidence of injury and surgery in Sweden between 2001 and 2012. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2419–2423.
2. Lantto I, Heikkinen J, Flinkkilä T, Ohtonen P, Leppilähti J. Epidemiology of Achilles tendon ruptures: increasing incidence over a 33-year period. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(1):e133–e138.
3. Ganestam A, Kallemose T, Troelsen A, Barfod KW. Increasing incidence of acute Achilles tendon rupture and a noticeable decline in surgical treatment from 1994 to 2013. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(12):3730–3737.
4. Lohrer H, David S, Nauck T. Surgical treatment for acute Achilles tendon rupture: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1229–1236.
5. Möller M, Movin T, Granhed H, Lind K, Faxén E, Karlsson J. Acute rupture of tendon Achillis. A prospective randomised study of comparison between surgical and non-surgical treatment. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(6):843–848.
6. Wu Y, Lin L, Wang Q, et al. Functional rehabilitation versus traditional immobilization for acute Achilles tendon rupture: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1530–1541.
7. Mark-Christensen T, Troelsen A, Kallemose T, Barfod KW. Functional rehabilitation vs immobilization after acute Achilles tendon rupture: meta-analysis of RCTs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(6):1852–1859.
8. Cretnik A, Kosanovic M, Smrkolj V. Percutaneous suturing of the ruptured Achilles tendon under local anesthesia. *J Foot Ankle Surg.* 2004;43(2):72–81.
9. Assal M, Jung M, Stern R, Rippstein P, Delmi M, Hoffmeyer P. Limited open repair of Achilles tendon ruptures: a technique with a new instrument and findings of a prospective multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(2):161–170.
10. Lyras DN, Kazakos K, Verettas D, Polychronidis A, Simopoulos C, Botaitis S, et al. Immunohistochemical study of angiogenesis after local administration of platelet-rich plasma in a patellar tendon defect. *Int Orthop.* 2010;34(1):143–148. DOI: 10.1007/s00264-009-0728-y
11. Andarawis-Puri N, Flatow EL, Soslowsky LJ. Tendon basic science: development, repair, regeneration, and healing. *J Orthop Res.* 2015;33(6):780–784.
12. Silbernagel KG, Brorsson A, Lundberg M. The majority of patients return to work after Achilles tendon rupture: a registry-based study. *PLoS One.* 2020;15(5):e0233501.
13. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
14. Deng S, Sun Z, Zhang C, Chen G, Li J. Surgical treatment versus conservative management for acute Achilles tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56(6):1236–1243.
15. Willits K, Amendola A, Bryant D, Mohtadi NG, Giffin JR, Fowler P, et al. Operative versus nonoperative treatment of acute Achilles tendon ruptures: a multicenter randomized trial using accelerated functional rehabilitation. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(17):2767–2775.
16. Ochen Y, Beks RB, van Heijl M, Hietbrink F, Leenen LPH, van der Velde D, et al. Operative treatment versus nonoperative treatment of

- Achilles tendon ruptures: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2019;364:k5120.
17. Costa ML, Achten J, Marian IR, Dutton SJ, Lamb SE, Olliviere B, et al. Plaster cast versus functional brace for non-surgical treatment of Achilles tendon rupture (UKSTAR): multicentre randomised controlled trial and economic evaluation. *Lancet*. 2020;395(10222):441-448.
 18. Myhrvold SB, Brouwer EF, Andresen TKM, Rydevik K, Amundsen M, Grün W, et al. Nonoperative treatment, open repair, or minimally invasive surgery for acute achilles tendon rupture. *N Engl J Med*. 2022;386(15):1409-1420.
 19. Porter MD, Shadbolt B, White J, Papanicolaou A. Percutaneous repair compared with open repair of acute Achilles tendon rupture: a prospective randomised trial. *Foot Ankle Int*. 2020;41(5):556-564.
 20. Li Y, Liu S, Zhao C, et al. Mini-open versus percutaneous repair for acute Achilles tendon rupture: a comparative study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):1001.
 21. Caruso G, Caldaria A, Cofano C, et al. Open versus percutaneous repair in the treatment of acute achilles tendon rupture: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(9):1382.
 22. Barfod KW, Bencke J, Lauridsen HB, Ban I, Ebskov L, Troelsen A. Nonoperative dynamic treatment of acute achilles tendon rupture: the influence of early weight-bearing on clinical outcome. A blinded, randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(18):1497-1503.
 23. Kastoft R, Bencke J, Speedtsberg MB, Penny JØ, Barfod K. Early weight-bearing in nonoperative treatment of acute Achilles tendon rupture did not influence mid-term outcome: a blinded, randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(9):2781-2788. DOI: 10.1007/s00167-018-5058-4.
 24. Westin O, Svensson M, Nilsson Helander K, Samuelsson K, Grävare Silbernagel K, Olsson N, et al. Cost-effectiveness analysis of surgical versus non-surgical management of acute Achilles tendon ruptures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(10):3074-3082. DOI: 10.1007/s00167-018-4953-z.
 25. Magnitskaya NE, Logvinov AN, Ryazantsev MS, Andreev PS, Vasiliev IA, Bessonov DA, et al. Remote results and complications of surgical treatment of patients with Achilles tendon ruptures. *Genius of Orthopedics*. 2024; 30(1):28-37. Russian (Магнитская Н. Е., Логвинов А. Н., Рязанцев М. С., Андреев П. С., Васильев И. А., Бессонов Д. А. и др. Отдалённые результаты и осложнения хирургического лечения пациентов с разрывами ахиллова сухожилия // Гений ортопедии. 2024. Т. 30, № 1. С. 28-37.)
 26. Westin O, Nilsson Helander K, Grävare Silbernagel K, et al. Acute Achilles tendon rupture: a randomized controlled study comparing surgical and nonsurgical treatments combined with early rehabilitation. *Am J Sports Med*. 2018;46(11):2367-2375.
 27. Zellers JA, Carmont MR, Grävare Silbernagel K. Return to play post-Achilles tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of rate and measures of return to play. *Br J Sports Med*. 2016; 50(21):1325-1332.
 28. Hurley ET, Lim Fat D, Moran CJ, Mullett H. The Efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of tendinopathy: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Am J Sports Med*. 2019;47(3):752-761.
 29. Moraes VY, Lenza M, Tamaoki MJ, Faloppa F, Belloti JC. Platelet-rich therapies for musculoskeletal soft tissue injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(4):CD010071.

Сведения об авторах:

Турлыбеков Бахытжан Салдарович — врач травматолог-ортопед отделения травматологии № 2 ННЦТО имени академика Н.Д. Батпеннова; просп. Аблайхана, д. 15 а, г. Астана, Республика Казахстан, 010000. <https://orcid.org/0009-0001-5979-527X>

Ахтямов Ильдар Фуатович — д.м.н. профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, Россия. 420012. <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

Казбеков Аблайхан Болатулы (автор для переписки) — врач травматолог-ортопед, ассистент Научно-образовательного центра хирургии имени Г.В. Цоя НАО «Медицинский университет Астана»; ул. Бейбитшилики, д. 49 а, г. Астана, Республика Казахстан, 010000. <https://orcid.org/0000-0001-8443-8306>.
E-mail: ablaikhankazbekov@gmail.com

Немальцев Иван Юрьевич — врач травматолог-ортопед, заведующий травматолого-ортопедического отделения ГБУЗ РКГВБ; ул. Тукаева, д. 48, г. Уфа, Россия, 450057. <https://orcid.org/0009-0002-1235-8328>

Статья поступила в редакцию 04.03.2026

Рецензирование пройдено 22.04.2026

Подписано в печать 30.05.2026

Information about authors:

Turlybekov Bakhytzhon Saldarovich — traumatologist-orthopedist of department of traumatology No. 2 of National Research Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician N.D. Batpenov; Prospect Ablaikhan, 15 a, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000. <https://orcid.org/0009-0001-5979-527X>

Akhtyamov Ildar Fuatovich — MD, PhD, professor, head of department of traumatology, orthopedics, and surgery of extreme conditions, Kazan State Medical University; Butlerova St., 49, Kazan, Russia. 420012. <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

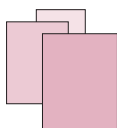
Kazbekov Ablaikhan Bolatuly (corresponding author) — traumatologist-orthopedist, assistant professor of G.V. Tsoi Scientific and Educational Center of Surgery, Astana Medical University; Beibitshilik St., 49a, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000. <https://orcid.org/0000-0001-8443-8306>.
E-mail: ablaikhankazbekov@gmail.com

Nemaltsev Ivan Yurievich — traumatologist-orthopedist, head of traumatology and orthopedic department, Republican Clinical Hospital for War Veterans; Tukaeva St., 48, Ufa, Russia, 450057. <https://orcid.org/0009-0002-1235-8328>

Received 04.03.2026

Review completed 22.04.2026

Passed for printing 30.05.2026



РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКАЦИЙ

Источник: Fu X, Wang ZY, Qin YJ, Cao XX, Deng WS, Dai C, et al. *Epidemiology, risk factors, and predictive modelling of post-traumatic sepsis: a retrospective cohort study* = Эпидемиология, факторы риска и прогностическое моделирование посттравматического сепсиса: ретроспективное когортное исследование. *Risk Manag Healthc Policy*. 2025;18:3449-3464. DOI: 10.2147/RMHP.S542208.

Актуальность. Данное исследование направлено на оценку спектра распространения и эпидемиологических характеристик посттравматического сепсиса, а также на выявление связанных с ним факторов риска.

Методы. В ретроспективном исследовании были проанализированы данные 722 пациентов с травматическими повреждениями. Пациенты были госпитализированы в отделение неотложной помощи Третьей больницы Хэбэйского медицинского университета в период с 1 января 2021 г. по 30 ноября 2023 г. Участники были разделены на две группы: с сепсисом и без него. Пациенты с диагнозом сепсис были дополнительно разделены на подгруппы выживших и невыживших. Были собраны демографические данные пациентов, характеристики травм и клинические переменные. Возникновение сепсиса оценивалось в течение первой недели после травмы. Для выявления независимых факторов риска посттравматического сепсиса был проведен многовариантный логистический регрессионный анализ.

Результаты. Среди 722 пациентов с травмами у 189 развился сепсис. В группе с сепсисом травмы в основном были вызваны дорожно-транспортными происшествиями (54,5 %), падениями с высоты (17,46 %), травмами от сдавливания (13,76 %) и падениями/столкновениями (11,64 %). В отличие от этого, случаи без сепсиса (n = 533) были преимущественно вызваны падениями/столкновениями (43,15 %) и дорожно-транспортными происшествиями (36,02 %). Легочная инфекция была основным очагом как у выживших (95,62 %), так и у умерших (100 %), при этом у некоторых пациентов наблюдалось несколько очагов инфекции. Прогностическая модель посттравматического сепсиса, включающая 10 переменных, таких как продолжительность госпитализации и количество очагов травмы, показала отличные результаты (AUROC 0,998). Модель смертности от сепсиса, основанная на пяти переменных, включая возраст и очаги травмы, также показала высокую точность (AUROC 0,969).

Выводы. Дорожно-транспортные происшествия были основной причиной посттравматического сепсиса. Ключевые факторы риска включали тяжесть травмы, уровень С-реактивного белка и продолжительность госпитализации. Независимыми предикторами 28-дневной смертности были возраст, оценка степени органной недостаточности и применение вазоактивных препаратов.

Источник: Hinrichs K, Hamsen U, Deffner T, Nojack A, Hierundar A. *DIVI recommendation: basic psychological care on the intensive care unit after severe injury and multiple trauma : a DIVI recommendation of the trauma and psychological care structures sections* = Рекомендация DIVI: базовая психологическая помощь в отделении интенсивной терапии после тяжелых и множественных травм: рекомендация DIVI в разделах травматологии и психологической помощи. *Chirurgie (Heidelb)*. 2025;96(10):837-842. German. DOI: 10.1007/s00104-025-02359-z.

Невыявленные и нелеченные психические расстройства после тяжелой травмы могут существенно повлиять на заживление и восстановление пациентов с тяжелыми травмами.

Каждый пациент с политравмой должен быть обследован на предмет психологического стресса в отделении интенсивной терапии. Обследование следует проводить на ранней стадии, после того как пациент придет в себя, будет ориентироваться в пространстве, демонтировать нормальные показатели внимания и отсутствие делирия в течение 48 часов. Для обследования следует использовать Фрайбургский скрининговый опросник (The Freiburg Screening Questionnaire (FSQ)). Для этого не требуется помощь психолога.

Результаты обследования должны быть задокументированы в выписном эпикризе. В случаях аномальных результатов обследования к лечению пациента следует привлечь психолога. Психофармакологическое лечение при остром психологическом стрессе не рекомендуется.

Источник: Hualparuca-Olivera L, Vigo-Ayasta E, Torales J, Ramos-Vera C, Caycho-Rodríguez T, Calle-Arancibia M, et al. *A systematic review and meta-analysis of the global prevalence of ICD-11 complex post-traumatic stress disorder in the community* = Систематический обзор и метаанализ глобальной распространенности комплексного посттравматического стрессового расстройства (по МКБ-11) в обществе. *Int J Soc Psychiatry*. 2026;72(1):21-29. DOI: 10.1177/00207640251368064.

Актуальность. Комплексное посттравматическое стрессовое расстройство (КПТСР) включено в 11-ю Международную классификацию болезней (МКБ-11) для описания симптоматики, вызванной экстремальными, длительными или множественными формами травмы.

Целью настоящего систематического обзора и метаанализа была оценка распространенности данного расстройства в социуме за период одного месяца.

Методы. Был проведен систематический поиск в четырех базах данных (Google Scholar, PubMed, Web of Science и Scopus), где соответствующие исследования были подвергнуты четким критериям отбора, в результате чего было включено 16 исследований и 22 показателя величины эффекта. Характеристики исследований обобщены в таблицах. Проведена оценка методологического качества. Результаты были обобщены с использованием метаанализа с моделью случайных эффектов.

Результаты. В целом полученные данные показали умеренную распространенность КПТСР в данной популяции (PREV = 8,59 %, 95% ДИ [5,84 %, 11,34 %], I² = 98,6 %). Модераторный анализ показал, что распространенность значительно различается в зависимости от континента, масштаба исследования, типа выборки, страны и языка.

Выводы. Результаты данного исследования убедительно свидетельствуют о том, что 9 из 100 человек в обществе подвержены риску развития КПТСР, что делает его предметом пристального внимания и определяет соответствующую государственную политику. В будущих исследованиях следует более подробно изучить распространенность КПТСР среди конкретных групп населения, переживших определенные эпизоды травмы.

Источник: Ksenchyna K, Ksenchyn O, Dmytriiev D, Nazarchuk O. Wound infection and pain one month after trauma: an underestimated threat = Раневая инфекция и боль через месяц после травмы: недооцененная угроза. *Front Pain Res (Lausanne)*. 2025;6:1647785. DOI: 10.3389/fpain.2025.1647785.

Актуальность. Боль является распространенным осложнением после боевых травм конечностей. Роль повреждения нервов в развитии посттравматической боли признана и описана в литературе, однако суперинфекция как потенциальный фактор изучена недостаточно.

Цель — установить взаимосвязь между характеристиками микробиоты раны, приемом различных групп антибиотиков и развитием хронической боли у пациентов с травматическими повреждениями конечностей.

Методы. Проведено проспективное исследование, в котором приняли участие 56 пациентов. Все участники были мужчинами в возрасте 25 лет и старше. Кроме того, обязательным критерием включения в исследование было наличие длительного заживления раны (более 1 месяца). Проводилось микробиологическое исследование содержимого раны. Оценивалась частота применения различных антибиотиков для борьбы с инфекцией. Одновременно оценивалась интенсивность боли с помощью числовой шкалы оценки боли. Пациенты были разделены на две группы: неосложненная инфекция и суперинфекция. Статистический анализ проводился с использованием t-критерия, точного критерия Фишера и множественной линейной регрессии.

Результаты. Суперинфекция была выявлена у 50 % пациентов. Она показала значимую связь с повышенной интенсивностью боли ($p < 0,01$). На основании результатов регрессионного анализа установлено, что суперинфекция является независимым предиктором тяжести боли ($\beta = 1,31$; $p = 0,001$). Применение аминогликозидов и карбапенемов показало тенденцию к увеличению показателей боли, хотя статистическая значимость достигнута не была.

Выводы. Суперинфекция раны является характерным фактором риска развития хронической боли после травматического повреждения. Ранний микробиологический мониторинг и осторожное применение нейротоксичных антибиотиков могут уменьшить длительную боль у пациентов. Для более глубокого понимания процессов и факторов, способствующих развитию болевого синдрома, необходимы дальнейшие исследования микробно-нейроиммунных взаимодействий с учетом длительности применения антибиотиков и их комбинаций.

Источник: Melkamu H, Abebe K, Negash F, Yohannes B, Yirdaw H, Meseret M. Isolated retroperitoneal duodenal perforation after blunt abdominal trauma, an often-missed injury: a case report = Изолированная перфорация забрюшинного пространства двенадцатиперстной кишки после тупой травмы живота как часто пропускаемая травма: описание клинического случая. *Int J Surg Case Rep*. 2025;135:111889. DOI: 10.1016/j.ijscr.2025.111889.

Актуальность. Абдоминальная травма часто сопровождается повреждениями двенадцатиперстной кишки. Хотя большинство случаев (75 %) происходит после проникающего ранения, оставшиеся случаи связаны с тупой травмой и часто остаются незамеченными, если не проявлять высокую степень настороженности. Описывается изолированная ретроперитонеальная перфорация двенадцатиперстной кишки после тупой травмы живота с задержкой в диагностике и лечении.

Описание случая. В травматологический центр с тупой травмой живота поступил 38-летний мужчина. Через 7 дней после травмы ему была проведена оперативная ревизия из-за сохраняющейся боли и болезненности в правом верхнем квадранте живота, а также выполнено восстановление двенадцатиперстной кишки, дренирование абсцесса, пилорическая эксклюзия с гастроеюностомией по поводу перфорации двенадцатиперстной кишки. Через несколько дней после операции он был выписан из больницы в нормальном состоянии.

Клиническое обсуждение. Изолированное повреждение двенадцатиперстной кишки встречается редко из-за ретроперитонеального расположения и близости ко многим органам и структурам, включая печень, правую почку, общий желчный проток и толстую кишку. Следовательно, изолированный разрыв двенадцатиперстной кишки является примечательным исключением, особенно в случаях, когда причиной является тупая травма. Тяжесть повреждения двенадцатиперстной кишки после тупой травмы живота может быть недооценена или вовсе упущена из виду, поскольку отсутствуют значи-

тельные внешние признаки повреждения. Существует широкий спектр вариантов лечения, зависящих от клинической ситуации.

Выводы. Высокая степень настороженности и ранняя диагностика имеют решающее значение для снижения заболеваемости и смертности, а также для улучшения исходов у пациентов с повреждением двенадцатиперстной кишки.

Источник: Nguyen HH, Tong J, Varone A, Fransman RB, Stein DM, Guardiani E, et al. Penetrating laryngeal trauma: management of severe injuries without open reduction internal fixation = Проникающая травма гортани: лечение тяжелых травм без открытой репозиции и внутренней фиксации. *Laryngoscope*. 2025;135(10):3774-3782. DOI: 10.1002/lary.32306.

Актуальность. Традиционно переломы щитовидного и перстневидного хрящей со смещением или множественными линиями перелома лечатся открытой репозицией и внутренней фиксацией (ОРВФ). На практике у пациентов с проникающей травмой гортани могут быть небольшие фрагменты хряща, которые трудно позиционировать и зафиксировать. В данном исследовании изучаются результаты лечения пациентов с применением и без применения метода ОРВФ.

Методы. Было проведено ретроспективное исследование пациентов в возрасте 18 лет и старше с проникающими травмами гортани, которые проходили лечение в одном травматологическом центре I уровня, входящем в состав многопрофильной университетской больницы, в период с 2012 по 2022 г. Зарегистрированы демографические данные, характеристики травмы и методы лечения переломов. Первичным результатом была зависимость от трахеостомы на момент последнего наблюдения. Вторичные результаты включали время до удаления ларингеального стента, время до деканюляции трахеостомы, время до удаления зонда для кормления, голосовую функцию и продолжительность пребывания в больнице.

Результаты. В исследование были включены 32 пациента (мужчины — 31 (97 %)). Средний возраст составил 35 лет. Средний балл шкалы тяжести травмы (ISS) составил 19 (диапазон: 5–59); 26 (81 %) пациентов получили огнестрельные ранения, 6 (19 %) — ножевые. У 22 (69 %) пациентов была травма 3-й степени или выше по шкале Шефера — Фурмана. Из 22 (69 %) пациентов, нуждавшихся в трахеостомии, 20 (91 %) перенесли деканюляцию трахеостомы и возобновили пероральное питание. Только 5 (17 %) пациентов перенесли открытую репозицию и внутреннюю фиксацию. Все выжившие пациенты могли говорить на момент последнего наблюдения, за исключением двух пациентов, неспособных говорить по неврологическим причинам.

Выводы. У пациентов с проникающей травмой гортани 3-й степени или выше по классификации Шефера — Фурмана, которым проводилось лечение без открытой репозиции и внутренней фиксации, наблюдалось хорошее восстановление проходимости дыхательных путей, голоса и глотания.

Источник: Polmear MM, Kakalecik J, Croft C, Hagen JE. Early care of polytraumatized patients: a framework for orthopaedic surgeons = Ранняя помощь пациентам с политравмой. Основы для хирургов-ортопедов. *J Am Acad Orthop Surg*. 2025;33(19):e1113-e1125. DOI: 10.5435/JAAOS-D-24-00990.

Роль хирургов-ортопедов на начальном этапе оказания помощи при травмах неясна и зачастую их задействуют в недостаточной степени.

Расширенная программа оказания первой помощи при травмах (ATLS) — это программа обучения и система для проведения первоначальных вмешательств при угрозе жизни и опасности для конечностей. Программа ATLS была разработана хирургом-ортопедом Джеймсом Стайнером (James Styner) для систематической оценки и лечения пациентов с травмами после того, как его семья получила неоптимальную первичную помощь после авиакатастрофы в 1976 г. В ходе первичного и вторичного осмотров в рамках ATLS проводится множество ортопедических обследований. Понимание иерархии и последовательности этих вмешательств может улучшить интеграцию ортопедии в более широкую программу реанимации и хирургического лечения. Тренировка по программе ATLS не является стандартной в программах ортопедической резидентуры в США. Фундаментальное понимание параметров вентилиции легких и протоколов реанимации улучшает принятие решений об объеме ортопедического хирургического вмешательства в остром периоде. Определение показаний к экстренным вмешательствам среди специалистов других хирургических специальностей улучшает междисциплинарное планирование хирургических операций.

Цель данного обзора — ответить на вопрос: «Что необходимо сделать сейчас, используя структуру опроса ATLS, и как ортопед может внести свой вклад?» Кроме того, целью было ознакомить ортопедов, выполняющих вспомогательные функции и имеющих хирургические и нехирургические обязанности, с программой ATLS, описав основные протоколы и доказательства ее эффективности.

Источник: Madani N, Halayqeh S, Almahariq H, Al-Badawi A, Alomari M, Haddad B. Prognostic role of serum interleukin-6 levels in polytrauma patients: a comprehensive narrative review = Прогностическая роль уровня интерлейкина-6 в сыворотке крови у пациентов с политравмой: всесторонний обзор литературы. *J Trauma Inj*. 2026;39(1):4-13. DOI: 10.20408/jti.2025.0081.

Политравма вызывает сложную системную воспалительную реакцию. Ранняя идентификация пациентов высокого риска имеет большое значение для своевременного проведения вмешательств и улучшения результатов лечения. Интерлей-

кин-6 (ИЛ-6), быстро индуцируемый провоспалительный цитокин, рассматривается как потенциальный биомаркер прогноза при травме.

В данном обзорном исследовании обобщены имеющиеся данные о прогностической роли ИЛ-6 у пациентов с поли-травмой, рассмотрены его биологические функции, кинетика после травмы и связь с клиническими исходами, такими как острый респираторный дистресс-синдром, синдром полиорганной недостаточности, поступление в отделение интенсивной терапии и смертность. Было доказано, что уровни ИЛ-6 коррелируют с показателями тяжести травмы и лучше прогнозируют осложнения, чем многие другие маркеры воспаления в основном благодаря раннему повышению и длительному присутствию в кровообращении. Кроме того, измерение уровня ИЛ-6 может помочь в принятии хирургических решений, особенно при выборе кандидатов для проведения стратегий по принципу damage control по сравнению с окончательным лечением. По сравнению с другими цитокинами и белками острой фазы воспаления ИЛ-6 демонстрирует превосходную временную чувствительность и прогностическую точность на ранней стадии после травмы. Несмотря на вариативность методов измерения и влияние внешних искажающих факторов, ИЛ-6 обладает значительным потенциалом в качестве клинического инструмента для ранней сортировки пациентов, стратификации риска и потенциального терапевтического воздействия при травмах.

Для более широкого внедрения и интеграции ИЛ-6 в клинические алгоритмы необходимы стандартизированные протоколы и более масштабные многоцентровые исследования.

Источник: Giacalone M, Fiumedinisi F, Glaab R, Marti R, Plock JA, Frueh FS. Challenges and opportunities of early brachial plexus reconstruction in polytrauma: case report and review of the literature = Проблемы и возможности ранней реконструкции плечевого сплетения при политравме: описание случая и обзор литературы. *J Clin Med.* 2026;15(3):1300. DOI: 10.3390/jcm15031300.

Актуальность. Оценка и лечение повреждений плечевого сплетения у пациентов с политравмой часто представляют собой сложную задачу из-за сопутствующих травм, требующих спасательных мероприятий. Кроме того, роль немедленного неврологического обследования при закрытых постганглионарных повреждениях нерва остается предметом дискуссий.

Описание случая. В статье описано наблюдение 21-летнего мужчины с повреждением плечевого сплетения в подключичной области, «плавающим плечом» и разрывом подмышечной артерии после мотоциклетной аварии. Ранее междисциплинарное вмешательство включало восстановление сосудов, стабилизацию костей и исследование плечевого сплетения. Реконструкция нервов с использованием трансплантатов и пересадок привела к нормальному функциональному восстановлению, предотвратила дегенеративные изменения и способствовала ранней реабилитации.

Выводы. Данный случай подчеркивает преимущества раннего обследования и лечения сложных повреждений плечевого сплетения у пациентов с политравмой для улучшения функциональных результатов и качества жизни.

Источник: Naumann A, Hinwood M, Balogh ZJ. Cognitive dysfunction after polytrauma in the absence of traumatic brain injury: a systematic review of incidence = Когнитивные нарушения после политравмы при отсутствии черепно-мозговой травмы: систематический обзор распространенности. *J Trauma Acute Care Surg.* 2026; Jan 21. DOI: 10.1097/TA.0000000000004877.

Актуальность. У пациентов с политравмой часто наблюдаются долгосрочные осложнения, в том числе когнитивные нарушения. Хотя черепно-мозговая травма (ЧМТ) является признанной немодифицируемой причиной, пациенты с политравмой, вероятно, столкнутся с когнитивными проблемами, потенциально связанными с системным воспалением и многочисленными хирургическими вмешательствами, даже в отсутствие ЧМТ. Цель данного обзора — описать частоту возникновения и выявить факторы, связанные с когнитивной дисфункцией у взрослых пациентов с множественными травмами без ЧМТ.

Методы. Проведен систематический поиск в базах данных MEDLINE, CINAHL, EMBASE и Scopus для выявления исследований, посвященных когнитивной дисфункции у взрослых с политравмой, за исключением черепно-мозговых травм. Оценка исследований проводилась с использованием контрольных списков программы развития навыков критической оценки (Critical Appraisal Skills Programme), а полученные результаты были обобщены в описательной форме.

Результаты. Из 2719 выявленных статей (включая одну, найденную путем поиска по цитируемым источникам) 47 были полностью проанализированы, в результате чего для включения в исследование было отобрано 10 когортных исследований. Сообщаемая частота когнитивной дисфункции среди пациентов с множественными травмами без ЧМТ значительно варьировалась (от 0 до 60 %). При этом в большинстве исследований (8 из 10) отмечалась частота 30 % и выше. Не было достигнуто консенсуса относительно связи других изученных факторов с когнитивной дисфункцией. Было установлено, что индекс тяжести травмы не связан с когнитивной дисфункцией в отдельных исследованиях, в которых анализировался этот фактор.

Заключение. Данный обзор указывает на высокую распространенность когнитивных нарушений у пациентов с множественными повреждениями без ЧМТ. Доказательная база ограничена неоднородностью критериев включения и показателей когнитивных результатов.

Основные выводы. Множественные травмы ассоциированы с долгосрочной когнитивной дисфункцией даже без первичного повреждения головного мозга. Этот аспект заболевания, связанного с множественными травмами, требует даль-

нейшего изучения для выявления предикторов и потенциальных профилактических и терапевтических вмешательств. Необходима также стандартизированная отчетность для мониторинга заболеваемости и распространенности.

Источник: Li H, Peng J, Mao Z, Liu C, Cui Y, Zhou F. Association between the stress hyperglycemia ratio and multiple organ dysfunction syndrome incidence in trauma patients: a retrospective cohort study = Взаимосвязь между соотношением стрессовой гипергликемии и частотой возникновения синдрома полиорганной недостаточности у пациентов с травмами: ретроспективное когортное исследование. *Injury*. 2026;57(1):112880. DOI: 10.1016/j.injury.2025.112880.

Актуальность. Пациенты с травмами испытывают значительный стресс, приводящий к физиологическим и патологическим изменениям. Тяжелая травма может привести к синдрому полиорганной недостаточности (СПОН). Цель данного исследования — оценить связь между коэффициентом стрессовой гипергликемии (КСГ) и СПОН у пациентов с травмами.

Методы. Клинические данные 784 пациентов с травмами были извлечены из базы данных MIMIC-IV (3.1). На основании клинических диагнозов пациенты с травмами были разделены на группу с диабетом и группу без диабета. Каждая группа была дополнительно разделена на три подгруппы в соответствии с тертилями КСГ. Итогом стало развитие СПОН в течение 7 дней после поступления в отделение интенсивной терапии. С помощью логистической регрессии исследована связь между тертилями КСГ и СПОН. Проведено также дополнительное исследование с использованием ограниченных кубических сплайнов (ОКС) для подтверждения полученных результатов.

Результаты. Были проанализированы данные 784 пациента с травмами. Среди пациентов без диабета более высокий показатель КСГ последовательно и значимо ассоциировался с повышенным риском развития СПОН. При анализе по тертилям и сравнении с первым тертилем третий тертиль показал нескорректированное отношение шансов (ОШ) 2,48 (95 % ДИ: 1,57–3,98, $p < 0,001$). Эта ассоциация оставалась значимой после корректировки на ковариаты (скорректированное ОШ = 2,10, 95 % ДИ: 1,20–3,72, $p = 0,010$). Эта нелинейная ассоциация была дополнительно подтверждена анализом с использованием ограниченных кубических сплайнов, который выявил закономерность риска с незначительными изменениями в первом тертиле, умеренным увеличением риска во втором тертиле и продолжающимся увеличением, которое в конечном итоге стабилизировалось на высоком уровне в третьем тертиле. Напротив, в группе пациентов с травмой и диабетом не было выявлено значимой связи между высоким показателем КСГ и СПОН.

Выводы. В группе пациентов с травмами без диабета повышенная частота сердечных сокращений (ЧСС) показала значимую связь с возникновением СПОН, тогда как в группе пациентов с травмами и диабетом значимой ассоциации между высокой ЧСС и СПОН не наблюдалось.

Источник: Oochit K, Imran MA, Marsh A. Early vs. late definitive fixation of pelvic ring fractures in resuscitated polytraumatized patients: a systematic review and meta-analysis = Ранняя и поздняя окончательная фиксация переломов тазового кольца у реанимированных пациентов с политравмой: систематический обзор и метаанализ. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2025;146(1):18. DOI: 10.1007/s00402-025-06152-9.

Целью данного систематического обзора является сравнение краткосрочных клинических результатов ранней (РОФ) и поздней окончательной фиксации (ПОФ) у пациентов с множественными травмами и переломами тазового кольца (ПТК).

Методы. В соответствии с рекомендациями PRISMA в июне 2022 г. был проведен всесторонний поиск с использованием булевых операторов в следующих базах данных: Embase, Medline и Cochrane Library. В исследование были включены работы, сравнивающие РОФ и ПОФ у пациентов с политравмой и ПТК, определяемой как ISS > 15 баллов. Во всех включенных когортах окончательная фиксация проводилась после гемодинамической стабилизации или адекватного ответа на реанимационные мероприятия. Для метаанализа объединенных исходных данных использовались методы Мантеля — Хензеля и обратной дисперсии. Методологическое качество исследований оценивалось с помощью шкалы Ньюкасл-Оттава.

Результаты. Из 869 проанализированных исследований в метаанализ было включено 10 работ, охватывающих в общей сложности 2918 пациентов. Все включенные исследования были ретроспективными. Рандомизированных исследований выявлено не было. Наиболее распространенной временной точкой, используемой в 7 исследованиях для определения РОФ, были первые сутки после госпитализации. Наиболее распространенными причинами ПОФ были выбор хирурга, доступность специалиста тазовой хирургии и перевод из других больниц. Метаанализ показал, что РОФ ассоциировалась с сокращением продолжительности пребывания в больнице (средневзвешенная разница = $-3,52$ дня; 95% доверительный интервал: $[-5,43$ до $-1,62]$, $p < 0,0003$) и более низкой частотой ОРДС (относительный риск = 0,50; 95% доверительный интервал: $[0,26$ до $0,96]$, $p = 0,04$). Не было обнаружено значимой связи между РОФ и ПОФ в отношении смертности, продолжительности пребывания в отделении интенсивной терапии, полиорганной недостаточности, сепсиса и инфекции в области хирургического вмешательства.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ранняя окончательная фиксация может быть безопасным и жизнеспособным вариантом без повышенного риска осложнений и смертности. Однако адекватность реанимационных мероприятий и оценка физиологического резерва должны быть сопоставлены с рисками хирургической фиксации у всех пациентов. Необходимы дальнейшие проспективные валидационные исследования для проверки прогностической способности различных предложенных моделей оказания травматологической помощи и стратификации пациентов для ранней окончательной фиксации.

БИБЛИОГРАФИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЛИТРАВМЫ

Публикации

Авсейцева Т. Ю., Иволгин А. Ф., Есипов А. В., Литвиненко И. В., Цыган Н. В. Шкала вегетативных расстройств при позвоночно-спинномозговой травме // Госпитальная медицина: наука и практика. 2025. Т. 8, № 4. С. 42-50. DOI: 10.34852/GM3CVKG.2025.54.83.037.

Апагуни А. Э., Посух В. В., Эсеналиев А. А., Арзуманов С. В., Колесников С. П. Анализ досуточной летальности у пациентов с политравмой // Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 9.

Апагуни А. Э., Фарсян Д. Л., Апагуни В. В., Апагуни А. А., Мойсияди С. А. Лечение обширных ран с использованием PRP-терапии и аутодермопластики у пациентов с политравмой // Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 10-11.

Апагуни А. Э., Фарсян Д. Л., Арзуманов С. В., Вахтин В. В. Тактика ведения пациентов с гемотораксом в составе политравмы // XII Всероссийский Приоровский форум, посвященный 140-летию Н.Н. Приорова : сборник работ, Москва, 12–13 декабря 2025 года. Москва: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова», 2025. С. 15-16.

Атаев А. Р., Гасанов А. И., Атаев Э. А., Ганиев М. Х. Синдром жировой эмболии при политравме // Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 19-20.

Буранова С. А., Кабанов А. А. Клинические аспекты лечения детей с политравмой в условиях реанимационного отделения // Современные аспекты медицины и биологии : материалы XIV Всероссийской и II Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Ижевск, 07–29 апреля 2025 года. Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, 2025. С. 359-361.

Валиев Э. Ю., Б. Р. Каримов, З. Р. Хасанов, А. У. Норполовнов Сравнительная оценка двухэтапной хирургической тактики при политравме с повреждениями опорно-двигательного аппарата // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию основания Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии СГМУ, Саратов, 19 ноября 2025 года. Саратов: Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, 2025. С. 14-15.

Валиев Э. Ю., Каримов Б. Р., Хасанов З. Р., Норполовнов А. У. Результаты двухэтапного лечения нестабильных повреждений костей таза у больных с политравмой // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию основания Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии СГМУ, Саратов, 19 ноября 2025 года. Саратов: им. В.И. Разумовского, 2025. С. 15-17.

Вахтин В. В., Апагуни А. Э., Арзуманов С. В., Даньшин М. Е., Апагуни В. В., Апагуни К. А. Применение прп-терапии на Третьем этапе реабилитации у пациентов с политравмой при наличии внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости // XII Всероссийский Приоровский форум, посвященный 140-летию Н.Н. Приорова : сборник работ, Москва, 12–13 декабря 2025 года. Москва: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова», 2025. С. 45-46.

Гноевых В. В., Манохин А. В. Влияние локализации источника кровотечения на характер распространения гематом при сочетанной травме таза // Актуальные вопросы хирургии : материалы Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи, посвященной 30-летию образования кафедры общей и оперативной хирургии с топографической анатомией и курсом стоматологии Ульяновского государственного университета и памяти первого заведующего кафедрой профессора Островского В. К., Ульяновск, 05–06 июня 2025 года. Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2025. С. 74-77.

Горбач А. Е. Анализ организации и особенности подходов оказания скорой медицинской помощи при политравме на догоспитальном этапе // Военная медицина. 2025. № 4(77). С. 9-15. DOI: 10.51922/2074-5044.2025.4.9.

Гуляев Н. И., Костыря Ю. Е., Костыря А. Ф., Костыря Е. Ю. Ранняя реабилитация пациентов при политравме с ушибом легких с использованием газовых смесей, содержащих оксид азота и гелий // Терапевтическая патология военного времени :

материалы 2-й научно-практической конференции, посвященной памяти академика Ф.И. Комарова, Красногорск, 28 ноября 2025 года. Красногорск: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий - Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневского», 2025. С. 15-16.

Гуманенко Е. К., Я. В. Гавришук, М. Н. Правосуд, М. Ю. Абдельазиз Объективный выбор рациональной тактики хирургической стабилизации переломов длинных костей при политравмах // Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 56-58.

Дац А. В., Горбачева С. М., Дац Л. С. Неотложная медицинская помощь при политравме : учебное пособие. 2-е издание, переработанное и дополненное. Иркутск : Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, 2025. 144 с.

Жуков А. И., Заднепровский Н. Н., Иванов П. А. Нестабильные повреждения таза и нестабильная гемодинамика у пострадавших с политравмой // X Международный Пироговский форум травматологов-ортопедов : сборник материалов, Самара, 16–17 октября 2025 года. Казань: Медицинский издательский дом «Практика», 2025. С. 116.

Зубрилова Е. Г., Стрельченко Ю. И., Калинин А. Г., Дей В. В. Тактика и диагностика пострадавших с сочетанной нейрохирургической травмой в условиях военного времени // Военная и тактическая медицина, медицина неотложных состояний. 2025. № 4(19). С. 36-39. DOI: 10.55359/2782-3296.2025.51.99.004.

Казинец Е. А. Экстракорпоральная гемокоррекция при политравме // Форум анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2025) : сборник тезисов Съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов, Москва, 04–06 октября 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 131-132.

Костыря Ю. Е., Гуляев Н. И., Костыря А. Ф., Костыря Е. Ю. Ранняя реабилитация пациентов с политравмой и ушибом легких с использованием газовых смесей, содержащих оксид азота и гелий // Форум анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2025) : сборник тезисов Съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов, Москва, 04–06 октября 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 177-178.

Мануковский В. А., Тулупов А. Н., Демко А. Е., Киселев М. А. Разрыв грудного отдела нисходящей аорты при политравме // Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 130-131.

Мухамеджанов И. Р., Щеголев А. В., Лахин Р. Е., Емельянов А. А. Динамика показателей гемостаза и воспаления как прогностический фактор летальности при тяжелой сочетанной травме: ретроспективное когортное исследование // Здравоохранение Дальнего Востока. 2026. № 1(107). С. 38-42. DOI: 10.33454/1728-1261-2026-1-38-42.

Мухачева С. Ю., Чернявский В. В., Родькин Д. А., Львов Е. В., Салимзянова Т. Е. Прогностическая значимость концепции «золотой час» для пациентов с сочетанной травмой // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Медицина катастроф – 2024» совместно с 6-й Всероссийской научно-практической конференцией с международным участием «Первая помощь – 2024», Москва, 25–27 сентября 2024 года. Москва: Колмогоров, 2024. С. 163-165.

Наимов А. М., Каримов К. К., Парпиев Ф. М., Тешаев Ф. Ф., Амонов А. И., Негматов С. З. Профилактика и лечебный подход для снижения летальности при политравме // X Международный Пироговский форум травматологов-ортопедов : Сборник материалов, Самара, 16–17 октября 2025 года. Казань: Медицинский издательский дом «Практика», 2025. С. 169-170.

Налбандян Р. Т., Громова А. А., Мединский П. В., Никонов А. В., Дворникова М. А., Челпаченко О. Б. и др. Хирургическое лечение ребенка 7 лет с минно-взрывной травмой левого плеча и левой ягодичной области с проникающим ранением брюшной полости // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2025. Т. 13, № 4. С. 430-439. DOI: 10.17816/PTORS688627.

Оленев Е. А., Жуков Д. В., Выговский Н. В., Черепанов В. Г. Актуальные вопросы клинических и организационных проблем политравмы // Клиническая медицина. 2025. Т. 103, № 10-11. С. 720-730. DOI: 10.30629/0023-2149-2025-103-10-11-720-730.

Рыбина Д. М., Борисов А. Ю., Махмутов Р. В., Науменко М. В. Нутритивная поддержка как обязательный компонент лечения и реабилитации пациентов с политравмой // Оптимальное питание - основа продолжительной и активной жизни : сборник статей XIX Международного конгресса диетологов и нутрициологов, посвященного 95-летию ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, 17–18 ноября 2025 года. Москва: ООО «Торус Пресс», 2025. С. 566-572.

Сбитнев И. В., Рассказов А. Р., Петрушин М. А., Рева В. А. Понятие «реанимационный контроль повреждений»: scoring-обзор литературы // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. 2025. Т. 14, № 4. С. 763-776. DOI: 10.23934/2223-9022-2025-14-4-763-776.

Тер-Погосян З. Р., Саргсян М. Н., Авагян Г. Р., Чарчян А. Г. Дисбаланс цитокиновой регуляции при политравме и сепсисе // Материалы научно-практических конференций в рамках 11-го Российского конгресса лабораторной медицины 2025 года : сборник тезисов, Москва, 01–03 октября 2025 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательско-полиграфическое объединение «У Никитских ворот», 2025. С. 80.

Тер-Погосян З. Р., Саргсян М. Н., Закарян Э. Ж., Чарчян А. Г. Роль цитокинов в направленности Т-клеточного иммунного ответа при травматической болезни // Материалы научно-практических конференций в рамках 11-го Российского конгресса

лабораторной медицины 2025 года : сборник тезисов, Москва, 01–03 октября 2025 года. Москва: ООО «Издательско-полиграфическое объединение «У Никитских ворот», 2025. С. 170.

Хаджиев З. Б., Гринь А. А., Природов А. В. Оценка эффективности консервативного и хирургического методов лечения пострадавших с нестабильными переломами крестца // *Нейрохирургия*. 2025. Т. 27, № 4. С. 46-55. DOI: 10.63769/1683-3295-2025-27-4-46-55.

Цоколов А. В., Каленов И. В., Кабанов А. И., Петров А. Л., Амелин В. В., Хохряков А. В. и др. Авиамедицинская эвакуация раненых и больных хирургического профиля // *Клиническая медицина*. 2025. Т. 103, № 10-11. С. 807-813. DOI: 10.30629/0023-2149-2025-103-10-11-807-813.

Чеканов И. Д., Смолькина А. В., Емелькин Н. В., Чулакова А. М. Роль высокопроводниковой анестезии на гемодинамику при политравме с шоком // *Актуальные вопросы хирургии : материалы Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи, посвященной 30-летию образования кафедры общей и оперативной хирургии с топографической анатомией и курсом стоматологии Ульяновского государственного университета и памяти первого заведующего кафедрой профессора Островского В. К., Ульяновск, 05–06 июня 2025 года*. Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2025. С. 183-185.

Шагивалеев Н. А., Михайленко Б. С., Соколов Д. А., Шагивалеев Н. А. Осложнения и морфологические изменения со стороны ЦНС при тяжелых сочетанных травмах // *Морфология и нейронауки : материалы Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Н.И. Одноралова, Воронеж, 05–06 декабря 2025 года*. Воронеж: ООО Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2025. С. 74-79.

Шарипов И. А., Каримов М. И., Щеглов И. П., Цакадзе К. Д., Михайлов В. А., Ефремов А. Ю. Ранние реберно-плевральные осложнения у пострадавших с травмой груди при политравме // *Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях : сборник тезисов X юбилейного национального конгресса с международным участием. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМА, Санкт-Петербург, 28 февраля – 01 2025 года*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025. С. 209-210.

Anees H, Khassawna TE, Heiß C, Biehl C. Polytrauma in the DACH region : comparison of trauma registry data from Germany, Austria and Switzerland = Политравма в регионе DACH: сравнение данных регистров травм из Германии, Австрии и Швейцарии. *Unfallchirurgie (Heidelb)*. 2026;129(3):192-200. German. DOI: 10.1007/s00113-025-01674-8.

Bauer A, Savukoski S, Dettner A, Braun CK, Schultze A, Achatz G, et al. Early inflammatory activation of platelets and neutrophils by volume resuscitation in a human whole blood model mimicking a severe trauma-related micromilieu = Ранняя воспалительная активация тромбоцитов и нейтрофилов при восполнении объема циркулирующей крови в модели с использованием цельной крови человека, имитирующей микросреду, связанную с тяжелой травмой. *Shock*. 2026;65(3):471-480. DOI: 10.1097/SHK.0000000000002762.

Brown A, Hus A, Bundschu I, Rogers L, Indorewala Y, Kata A, et al. Association of Unplanned ICU admission and clinical outcomes in trauma patients with severe sepsis = Взаимосвязь между незапланированной госпитализацией в отделение интенсивной терапии и клиническими исходами у пациентов с травмами и тяжелым сепсисом. *J Surg Res*. 2026;319:100-107. DOI: 10.1016/j.jss.2026.01.017.

Bryant WK, Shewakramani S. Emergency management of renal and genitourinary trauma: best practices update = Неотложная помощь при травмах почек и мочеполовой системы: обновление передовых методов. *Emerg Med Pract*. 2026;27(Suppl 6):1-40.

Chen J, Vuong K, Balogh ZJ. Early versus delayed fixation of maxillofacial fractures in polytrauma: a systematic review = Ранняя и отложенная фиксация челюстно-лицевых переломов при политравме: систематический обзор. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2026;52(1):58. DOI: 10.1007/s00068-026-03127-2.

Deininger MM, Wassersteiner P, Haehn N, Huth J, Marx G, Weber CD et al. Association between sustained moderate hyperglycemia within first 48 hours and poor functional outcome after polytrauma: a retrospective cohort study = Взаимосвязь между устойчивой умеренной гипергликемией в течение первых 48 часов и неблагоприятным функциональным исходом после политравмы: ретроспективное когортное исследование. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2026;52(1):63. DOI: 10.1007/s00068-026-03099-3.

Denzel A, Keß A, Kleber C, Osterhoff G. Comparison of long-term patient- reported outcome and quality of life 10 years after severe trauma versus polytrauma = Сравнение долгосрочных результатов, сообщаемых пациентами, и качества жизни через 10 лет после тяжелой травмы и политравмы. *PLoS One*. 2026;21(3):e0345816. DOI: 10.1371/journal.pone.0345816.

Gage CB, Powell JR, Kamholz JC, Riel KM, van den Bergh SL, Nassal MM, et al. Characteristics of prehospital trauma patients receiving advanced airways: a national descriptive study = Характеристики пациентов с травмами, получавших расширенную помощь при проблемах с проходимостью дыхательных путей на догоспитальном этапе: национальное описательное исследование. *Prehosp Emerg Care*. 2026; Feb 18:1-6. DOI: 10.1080/10903127.2026.2618587.

Horner E, McGee KC, Tullie S, Naumann DN, Acharjee A, Lissillour T, et al. Major traumatic and severe thermal injuries lead to immediate and persistent elevations in circulating concentrations of resistin that are associated with poor clinical outcomes and impaired innate immune responses = Тяжелые травматические повреждения и сильные термические ожоги приводят к немедленному и стойкому повышению концентрации резистина в крови, что связано с неблагоприятными клиническими исходами и нарушением врожденного иммунного ответа. *Biomolecules*. 2026;16(3):443. DOI: 10.3390/biom16030443.

Huang W, Braschi C, Jin F, Lewis M, Demetriades D. Severe splenic injuries in patients with multiple trauma = Тяжелые повреждения селезенки у пациентов с множественными травмами. *JAMA Surg*. 2026;161(4):413-423. DOI: 10.1001/jamasurg.2026.0016.

Kildal D, Braunschweig R, Reske S, Egenrieder N, Voge D, Beer M. Classification of incidental findings in polytrauma computed tomography = Классификация случайных находок при компьютерной томографии при политравме. *Insights Imaging*. 2026;17(1):58. DOI: 10.1186/s13244-026-02229-0.

Klimek O, Dudek J, Czeszyk A, Sierant B, Górecka W, Gogolewski G, et al. The Importance of the "Damage Control" strategy in multiple organ injuries, pathophysiology and principles of hemorrhage control = Важность стратегии «контроля повреждений» при полиорганных травмах, патофизиология и принципы контроля кровотечений. *J Clin Med*. 2026;15(7):2549. DOI: 10.3390/jcm15072549.

Lee JT, Camacho MA, Diercks DB, Kalva SP, Khan Suheb MZ, Khosa F, et al. ACR Appropriateness Criteria® Major Blunt Trauma: Update 2025 = Критерии целесообразности ACR® для тяжелых тупых травм: обновление 2025 года. *J Am Coll Radiol*. 2026; Feb 27:S1546-1440(26)00057-8. DOI: 10.1016/j.jacr.2026.01.030.

Li Y, Lang L, Zhang J, Bao Q, Long R, Huang Z, et al. Chinese expert consensus on the prehospital management of major trauma = Китайский экспертный консенсус по догоспитальной помощи при тяжелых травмах. *Chin J Traumatol*. 2026;29(2):79-89. DOI: 10.1016/j.cjtee.2026.01.002.

Liu J, Zhang T, Pan X, Yu A, Chen Q, Ye P. Emergency management of severe polytrauma with traumatic diaphragmatic hernia via EMSS: case report and literature review = Экстренное лечение тяжелой политравмы с травматической диафрагмальной грыжей с использованием системы EMSS: описание случая и обзор литературы. *Int J Surg Case Rep*. 2026;138(3):382-388. DOI: 10.1097/RCS9.0000000000000099.

Luo D, Shen S, Zhou Z, Wang B, Ge J, Zhuo N. Staged treatment of osteonecrosis of the femoral head induced by delayed treatment of polytrauma complicated by chronic acetabular fracture and hip dislocation: a case report = Поэтапное лечение остеонекроза головки бедренной кости, вызванного отсроченным лечением политравмы, осложненной хроническим переломом вертлужной впадины и вывихом бедра: описание клинического случая. *Front Surg*. 2026;13:1775612. DOI: 10.3389/fsurg.2026.1775612.

Mert Ü, Groven RVM, Qin K, Greven J, Balmayor ER, Molines TE, et al. Attenuating pulmonary injury and inflammation with C5/CD14 inhibition therapy: results from a porcine polytrauma model with blunt chest trauma = Снижение повреждения и воспаления легких с помощью терапии ингибиторами C5/CD14: результаты, полученные на свиной модели политравмы с тупой травмой грудной клетки. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2026;52(1):114. DOI: 10.1007/s00068-026-03157-w.

Montgomery JC, Lewis H, Knox H, Dudko C, Biswas S. When life-threatening injuries overshadow soft tissue trauma: a missed morel-lavallée lesion = Когда опасные для жизни травмы затмевают повреждения мягких тканей: пропущенное образование Мореля-Лавалле. *Cureus*. 2026;18(3):e104806. DOI: 10.7759/cureus.104806.

Newbern OC, Waldrop J, Kuszajewski M, Simmons VC. Simulation-based training to promote whole blood administration protocol among critical care transport of trauma patients = Обучение с использованием симуляторов для повышения эффективности протокола переливания цельной крови при транспортировке пациентов с травмами в критическом состоянии. *Air Med J*. 2026;45(2):121-125. DOI: 10.1016/j.amj.2025.10.013.

Nguyen F, Shetty AK. Post-traumatic stress disorder: pathogenesis, epidemiological characteristics, animal models, and potential therapeutic strategies = Посттравматическое стрессовое расстройство: патогенез, эпидемиологические характеристики, модели на животных и потенциальные терапевтические стратегии. *Mil Med Res*. 2026;13(1):100005. DOI: 10.1016/j.mmr.2026.100005.

Pazin GS, Senzano MMS, Colombani I, Ayrisono MLS, Fraga GP, et al. Emergency surgical approach for abdominal trauma in a patient with Crohn's disease: case report and literature review = Экстренное хирургическое вмешательство при травме живота у пациента с болезнью Крона: описание случая и обзор литературы. *Int J Surg Case Rep*. 2026;138(4):1492-1501. DOI: 10.1097/RCS9.0000000000000316.

Raksin PB. Polytrauma considerations = Вопросы, касающиеся политравмы. *Neurosurg Clin N Am*. 2026;37(2):247-255. DOI: 10.1016/j.nec.2025.12.010.

Sobba W, Lin LJ, Sanchez-Navarro GE, De Tolla J, Ayalon O, Hacquebord JH. Effect of time to surgery on surgical site infection in open distal radius fractures: a review of the ACS Trauma Quality Improvement Program Database = Влияние времени до операции на частоту инфекций в области хирургического вмешательства при открытых переломах дистального отдела лучевой кости: обзор базы данных Программы повышения качества травматологической помощи Американского колледжа хирургов. *Hand (N Y)*. 2026;21(3):358-364. DOI: 0.1177/15589447241305422.

Teuben MPJ, Veenstra A, Pape HC. Acute management of spinal fractures: What you need to know = Оказание неотложной помощи при переломах позвоночника: что вам нужно знать. *J Trauma Acute Care Surg*. 2026; Mar 24. DOI: 10.1097/TA.0000000000004916.

Vattipally VN, Dewan A, Jilala RR, Aude CA, Kramer P, Jo J, et al. Sex-based differences in early neurological recovery after traumatic spinal cord injury = Гендерные различия в раннем неврологическом восстановлении после травматического повреждения спинного мозга. *J Trauma Acute Care Surg*. 2026; Mar 19. DOI: 10.1097/TA.0000000000004875.

Vyas AK, Misra S. Prevention of brachial plexus injuries: a comprehensive review of causes, challenges and protective strategies = Профилактика травм плечевого сплетения: всесторонний обзор причин, проблем и стратегий защиты. *Indian J Orthop*. 2026;60(3):725-740. DOI: 10.1007/s43465-025-01655-4.

Wallen TE, Rivera-Figueroa KL, Odum JD, Vollmer G, Zheng L, Dababneh MN, et al. Plasma regulates homeostatic pulmonary endothelial signaling to mitigate vascular leak following polytrauma and hemorrhagic shock = Плазма регулирует гомеостатическую передачу сигналов в эндотелии легких, уменьшая сосудистую проницаемость после политравмы и геморрагического шока. *bioRxiv [Preprint]*. 2026; 4:2026.03.04.709561. DOI: 10.64898/2026.03.04.709561.

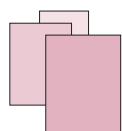
Waydhas C, Bieler D, Schweigkofler U. The importance of the composition and activation of trauma teams = Важность формирования и активации травматологических бригад. *Chirurgie (Heidelb)*. 2026;97(4):339-348. German. DOI: 10.1007/s00104-026-02465-6.

Yang S, Li G, Li Y, Long Y, Zhang J, Liu L, et al. In-hospital deep vein thrombosis after tibial plateau fractures: incidence, laterality/anatomy, and risk factors in a multicenter retrospective cohort of 3366 patients = Внутрибольничный тромбоз глубоких вен после переломов плато большеберцовой кости: частота, латеральность/анатомия и факторы риска в многоцентровом ретроспективном когортном исследовании 3366 пациентов. *J Orthop Traumatol*. 2026; Mar 26. DOI: 10.1186/s10195-026-00916-8.

Ye P, Zhou X, Wang S, Yang C, Yang G, Yu A. Staged management of severe polytrauma with pericardial and diaphragmatic rupture and open pelvic ring injury: a case report with literature review = Поэтапное лечение тяжелой политравмы с разрывом перикарда и диафрагмы и открытым повреждением тазового кольца: описание случая с обзором литературы. *Int J Surg Case Rep*. 2026;138(3):412-418. DOI: 10.1097/RC9.000000000000109.

Zhou MF, Xing ZY, Xing RJ, Li TY, Li BG, Liu W, et al. Minimally invasive treatment for critical multiple trauma with traumatic diaphragmatic hernia combined with pelvic and acetabular fractures: a rare case report = Малоинвазивное лечение критической множественной травмы с травматической диафрагмальной грыжей в сочетании с переломами таза и вертлужной впадины: редкий клинический случай. *Front Med (Lausanne)*. 2026;13:1722340. DOI: 10.3389/fmed.2026.1722340.





ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ПОЛИТРАВМА/POLYTRAUMA»

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научно-практический журнал «Политравма/Polytrauma» – регулярное печатное издание для клиницистов, научных работников и руководителей органов здравоохранения. Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным теоретическим, клиническим и экспериментальным исследованиям, заметки из практики, дискуссии, обзоры литературы, информационные материалы, посвященные актуальным проблемам политравмы.

Основные разделы журнала: «Передовая статья», «Организация специализированной медицинской помощи», «Оригинальные исследования», «Новые медицинские технологии», «Анестезиология и реаниматология», «Клинические аспекты хирургии», «Клинические аспекты травматологии и ортопедии», «Клинические аспекты нейрохирургии», «Функциональная, инструментальная и лабораторная диагностика», «Реабилитация», «Экспериментальные исследования», «Случай из практики».

Журнал «Политравма/Polytrauma» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по отраслям науки: 14.01.00 – клиническая медицина; 14.03.00 – медико-биологические науки. Группы специальностей научных работников: 14.01.15 – травматология и ортопедия (медицинские науки), 14.01.17 – хирургия (медицинские науки), 14.03.03 – патологическая физиология (медицинские науки), 14.03.03 – патологическая физиология (биологические науки), 3.1.10. – нейрохирургия (медицинские науки), 3.1.12. – анестезиология и реаниматология (медицинские науки).

ПОРЯДОК ПОДАЧИ РУКОПИСИ

Рукопись должна быть направлена в редакцию в электронном виде в соответствии с нижеизложенными требованиями через сайт журнала <http://poly-trauma.ru> – на странице пользователя, согласно инструкции.

При невозможности или затруднении загрузки на сайт допускается отправка материалов на электронный адрес редакции: mail@poly-trauma.ru – в форме присоединенных файлов.

При подаче рукописи в редакцию журнала необходимо дополнительно предоставить файлы, содержащие сканированные изображения заполненных и заверенных СОПРОВОДИТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ (в формате *.pdf):

1. **Первая страница рукописи** с визой руководителя учреждения, заверенной печатью.
2. **Письмо-сопровождение** на имя Главного редактора с печатью и подписью руководителя организации, подтверждающее передачу прав на публикацию, с указанием, что: 1) рукопись не находится на рассмотрении в другом издании; 2) не была ранее опубликована; 3) содержит полное раскрытие конфликта интересов; 4) все авторы ее читали и одобрили; 5) в материале нет сведений, не подлежащих опубликованию; 6) автор(ы) несут ответственность за достоверность представленных в рукописи материалов. Письмо должно быть собственноручно подписано всеми авторами.
3. **Информация о конфликте интересов/спонсорстве.** Авторы должны раскрыть потенциальные и явные конфликты интересов, связанные с рукописью. Конфликтом интересов может считаться любая ситуация (финансовые отношения, служба или работа в учреждениях, имеющих финансовый или политический интерес к публикуемым материалам, должностные обязанности и др.), способная повлиять на автора рукописи и привести к сокрытию, искажению данных или изменить их трактовку.

Желательно перечислить источники финансирования работы. Если конфликта интересов нет, то пишется: «Конфликт интересов не заявляется». Выявленное редакцией сокрытие потенциальных и явных конфликтов интересов со стороны авторов может стать причиной отказа в рассмотрении и публикации рукописи.

Необходимо указывать источник финансирования как научной работы, так и процесса публикации статьи (фонд, коммерческая или государственная организация, частное лицо и др.). Указывать размер финансирования не требуется. Если вышеперечисленные аспекты работы проводились без участия спонсоров, авторы должны это также указать. Предоставляется на отдельном листе, отдельным файлом, подписывается всеми авторами.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Редакция журнала «Политравма/Polytrauma» стремится придерживаться неукоснительного соблюдения принципов редакционной этики, изложенных в рекомендациях Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE) и международного Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics – COPE).

Политика конфиденциальности

Персональные данные (имена, места работы, должности, научные звания, телефоны, почтовые адреса и адреса электронной почты), предоставленные авторами редакции журнала «Политравма/Polytrauma», будут использованы исключительно для целей, обозначенных журналом, и не будут подвергаться дополнительной обработке, использоваться для каких-либо других целей или предоставляться другим лицам и организациям.

Информация о соответствии этическим нормам

Проведение и описание всех клинических исследований должно быть в полном соответствии со стандартами CONSORT.

Если в статье имеется описание исследований с участием людей, необходимо указать, соответствовали ли они этическим стандартам биоэтического комитета (входящего в состав учреждения, в котором выполнялась работа), разработанными в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2024 г. Все лица, участвующие в исследовании, должны дать информированное согласие на участие в исследовании.

В статьях, описывающих эксперименты на животных, необходимо указать, что они проводились в соответствии с этическими принципами и нормами, изложенными в Директиве 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях, а также в соответствии с требованиями ГОСТ 33215-2014 и ГОСТ 33216-2014. Копии всех материалов хранятся у авторов. В обоих случаях необходимо указать, был ли протокол исследования одобрен этическим комитетом (с приведением названия соответствующей организации, ее расположения, номера протокола и даты заседания комитета).

Оригинальность и плагиат

Авторы обязаны направлять в редакцию только оригинальные работы. При упоминании работ других авторов необходимо соблюдать точность при цитировании и указании источника. Публикации, которые оказали значительное влияние при подготовке исследования или определили его формат, также должны быть упомянуты.

Все статьи, поступающие в редакцию, проходят обязательную проверку с помощью системы «Антиплагиат».

Множественные, повторные или конкурирующие публикации

Материалы, описывающие содержание одного и того же исследования, не должны публиковаться более чем в одном журнале. Отправка рукописи более чем в один журнал считается неэтичной и неприемлемой. Охраняемые авторским правом материалы, уже опубликованные ранее, не могут быть отправлены в журнал для публикации. Кроме того, материалы, находящиеся на рассмотрении в редакции журнала, не могут быть отправлены в другой журнал для публикации в качестве авторской статьи.

При подаче статьи автор должен информировать редактора обо всех предшествующих представлениях работы, которые могут рассматриваться как дублирующая или двойная публикация. Автор должен предупредить редактора, если в рукописи содержится информация, опубликованная автором в предшествующих сообщениях или представленная для другой публикации. В таких случаях в новой статье должны присутствовать ссылки на предшествующий материал.

В случае выявления неэтичного поведения, даже спустя годы после публикации, редакция вправе отозвать статью из научного оборота.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

Политика разделов. Все рукописи статей, которые подаются в редакцию журнала, должны быть оформлены в соответствии с международными стандартами надлежащей публикационной практики.

При подготовке статей, отражающих результаты рандомизированных клинических исследований с параллельными группами, рекомендуется использовать CONSORT 2010 (The CONSolidated Standards of Reporting Trials – Консолидированные стандарты отчетности исследований).

Исследования с участием лабораторных животных *in vivo* могут опираться на ARRIVE (The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research – Руководство для отчетности по исследованиям на животных).

Для статей, отражающих результаты обсервационных исследований (случай-контроль или когортное исследование), приемлем стандарт STROBE (The STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology – Руководство по отчетности при обсервационных исследованиях в эпидемиологии).

При подготовке систематических обзоров рекомендуется PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – Предпочтительные моменты отчетности для систематических обзоров и мета-анализов).

При описании клинических случаев – CARE (The CARE Guidelines: Consensus-based Clinical Case Reporting Guideline Development – Руководство по отчетности о клинических случаях).

При подготовке статей, отражающих результаты качественных исследований – SRQR (Standards for Reporting Qualitative Research: a synthesis of recommendations – Стандарты отчетности качественных исследований: обобщение рекомендаций).

При подготовке статей, отражающих результаты прогностических исследований, – STARD 2015 (An Updated List of Essential Items for Reporting Diagnostic Accuracy Studies – Обновленный список представления результатов исследований по диагностической точности).

Объем полного текста рукописи (оригинальные исследования, лекции, обзоры), в том числе таблицы и список литературы, не должен превышать 5000 слов. Объем статей, посвященных описанию клинических случаев, не более 3000 слов; краткие сообщения и письма в редакцию – в пределах 1500 слов.

Файлы с текстом статьи должны содержать всю информацию для публикации. Текстовая информация предоставляется в редакторе Microsoft Word; таблицы и графики – в Microsoft Excel; фотографии и рисунки – в формате TIF с разрешением 300 точек, векторные изображения – в EPS, EMF, CDR. Размер изображения должен быть не менее 4,5 × 4,5 см, по площади занимать не более 100 см².

Формат текста рукописи. Текст должен быть напечатан шрифтом Times New Roman, размер 14 pt, междустрочный интервал 1,0 pt, размер полей не менее 2,5 см с каждой стороны страницы. Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в верхнем или нижнем правом углу, начиная с титульной.

Титульный лист содержит название статьи, фамилии, имена и отчества авторов, полное официальное название учреждения(й), где выполнялась работа на русском и английском языках; фамилию и ученое звание руководителя; фамилию, электронный адрес, телефон и почтовый адрес с индексом автора, ответственного за переписку с редакцией.

Авторство. Данные об авторах указываются в последовательности, которая определяется их совместным решением и подтверждается подписями на титульном листе. Указываются: полные ФИО, место работы всех авторов, их должности. Если в авторском списке представлены более 4 авторов, обязательно указание вклада в данную работу каждого автора.

Иные лица, внесшие вклад в выполнение работы, недостаточный для признания авторства, должны быть перечислены (с их письменного согласия) в разделе «Благодарность» после текста статьи.

Резюме и ключевые слова. Авторское резюме (русский и английский вариант) объемом не более 250 слов должно быть компактным и структурированным и иметь основные разделы: введение; цель; материалы и методы; результаты; заключение. Далее необходимо указать 4-8 ключевых слов (Ключевые слова: ...), способствующих индексированию статьи в поисковых системах.

Рубрикация. Оригинальная статья должна соответствовать общепринятому шаблону: введение, цель и задачи, методы (материал и методы), результаты, обсуждение, заключение (выводы). В больших статьях главы «Результаты» и «Обсуждение» могут иметь подзаголовки. В обзорах, описаниях случаев возможна другая структура текста.

Введение должно содержать краткое описание проблемы, которой посвящено исследование и обоснование актуальности и необходимости проведения работы. В конце раздела содержится цель исследования.

Главная задача раздела «**Материалы и методы**» состоит в максимально ясном изложении дизайна и методов исследования с целью обеспечения воспроизводимости полученных результатов. Методы и процедуры исследования, а также оборудование (с указанием в скобках названия производителя) описываются настолько подробно, насколько это необходимо, чтобы другие исследователи могли воспроизвести полученные результаты. При описании методологии исследования, в обязательном порядке указываются: критерии включения/исключения, описание метода рандомизации, первичные и вторичные конечные точки исследования, описание методов статистического анализа, этические аспекты исследования. Авторам рекомендуется использовать соответствующие рекомендации по структуре отчетности в зависимости от типа исследования согласно «EQUATOR NETWORK».

Раздел «**Материалы и методы**» также должен включать заявление, указывающее, что исследование было одобрено ответственным этическим комитетом (учреждения или национальным) или освобождено от необходимости этой оценки. При отсутствии официального этического комитета в этом заявлении указывается, что исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской Декларации.

Персональная информация о пациенте не подлежит опубликованию. Пациент (родитель / опекун) должен дать письменное информированное согласие на публикацию.

Раздел «**Результаты**» должен содержать описание популяции исследования, включая количество выбывших пациентов и причины выбывания из исследования, а также, отклонения от протокола. Должны быть изложены все данные по первичным и вторичным конечным точкам, заявленным в разделе «**Методы**». При этом в тексте следует привести только наиболее важные данные, дополненные таблицами и рисунками. Описываются изменения в тестируемых гипотезах или конечных точках, которые произошли в течение или после окончания исследования.

В разделе «**Обсуждение**» предлагается интерпретация основных результатов исследования и сопоставление их с известными данными отечественной и зарубежной литературы, а также вывод о том, соответствуют ли полученные результаты результатам аналогичных исследований. Необходимо отметить, какой вклад делает выполненная работа в уже имеющиеся знания в данной области. Отмечаются ограничения и недостатки исследования, а также как ограничения данного исследования могут быть преодолены.

Выводы должны сопоставляться с целями исследования и подтверждаться фактами, изложенными в работе.

Статистический анализ. Описание процедуры статистического анализа является неотъемлемым компонентом раздела «Материал и методы». Необходимо привести полный перечень всех использованных статистических методов анализа и критериев проверки гипотез. Недопустимо написание фраз типа «использовались стандартные статистические методы» без их конкретного указания. Обязательно указывается принятый в данном исследовании критический уровень значимости «р» (например, «Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05»). В каждом конкретном случае указывается фактическая величина достигнутого уровня значимости «р» для используемого статистического критерия (а не просто «р < 0,05» или «р > 0,05»). Кроме того, необходимо указывать

конкретные значения полученных статистических критериев (например, критерий «Хи-квадрат» = 12,3 (число степеней свободы $df = 2$, $p = 0,0001$). Необходимо дать определение всем используемым статистическим терминам, сокращениям и символическим обозначениям (например, M – выборочное среднее, m (SEM) – ошибка среднего, STD – выборочное стандартное отклонение, p – достигнутый уровень значимости).

При использовании выражений типа $M \pm m$ необходимо указать значение каждого из символов, а также объем выборки (n). Если используемые статистические критерии имеют ограничения по их применению, укажите, как проверялись эти ограничения и каковы результаты этих проверок (например, при использовании параметрических методов необходимо указать, как подтверждался факт нормальности распределения выборки). Следует избегать неконкретного использования терминов, имеющих несколько значений (например, существует несколько вариантов коэффициента корреляции: Пирсона, Спирмена и др.). Средние величины не следует приводить точнее, чем на один десятичный знак по сравнению с исходными данными, среднеквадратичное отклонение и ошибку среднего – еще на один знак точнее.

Если анализ данных производился с использованием статистического пакета программ, то необходимо указать название этого пакета и его версию.

Библиографические ссылки должны быть сверены с оригиналами и приведены под заголовком «Литература» на отдельном листе в порядке цитирования либо в алфавитном порядке – для обзоров литературы. В тексте дается ссылка на порядковый номер цитируемой работы в квадратных скобках [1] или [1, 2]. Каждая ссылка в списке – с новой строки (колонкой). Авторы должны использовать не более 15 литературных источников последних 5 лет. В обзорах – до 50 источников.

Согласно требованиям таких международных систем цитирования, как Web of Science и Scopus, список литературы должен быть представлен на русском и на английском языках. За правильность приведенных в списке литературы данных ответственность несут автор(ы).

Библиографическое описание на русском языке выполняется на основе ГОСТ Р 7.0.5-2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской Национальной Организацией по Информационным стандартам (National Information Standards Organisation – NISO), принятому National Library of Medicine (NLM) для баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database) NLM: <http://www.nlm.nih.gov/citingmedicine>.

В библиографическом описании приводятся фамилии авторов до шести, после чего, для отечественных публикаций следует указать «и др.», для зарубежных – «et al.». При описании статей из журналов указывают в следующем порядке выходные данные: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год, том, номер, страницы (от и до). При описании статей из сборников указывают выходные данные: фамилия, инициалы, название статьи, название сборника, место издания, год издания, страницы (от и до).

Иллюстрации (рисунки, графики, схемы, фотографии) представляются отдельными файлами в указанном выше формате. Подписи к иллюстрациям с нумерацией рисунка прилагаются в отдельном файле в формате Microsoft Word. В тексте и на левом поле страницы указываются ссылки на каждый рисунок в соответствии с первым упоминанием в тексте. Иллюстрации должны быть четкими, пригодными для воспроизведения, их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригинальный источник и представить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

Таблицы нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (приемлемо не больше пяти). Каждый столбец должен иметь краткий заголовок, пропуски в строках (за отсутствием данных) обозначаются знаком тире. На данные из других источников необходима ссылка. Дублирование одних и тех же сведений в тексте, графиках, таблице недопустимо.

Сокращения. Следует ограничиться общепринятыми сокращениями (ГОСТ 7.0.12-2011 для русского и ГОСТ 7.11-78 для иностранных европейских языков), избегая новых без достаточных на то оснований. Аббревиатуры расшифровываются при первом использовании терминов и остаются неизменными по всему тексту. Сокращения, аббревиатуры в таблице разъясняются в примечании.

Английский язык и транслитерация. При транслитерации рекомендуется использовать стандарт BGN/PCGN (United States Board on Geographic Names / Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use), рекомендованный международным издательством Oxford University Press, как «British Standard». Для транслитерации текста в соответствии со стандартом BGN можно воспользоваться ссылкой <http://ru.translit.ru/?account=bgn>. Англоязычное название статьи должно быть грамотно с точки зрения английского языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию.

ФИО необходимо писать в соответствии с заграничным паспортом, или так же, как в ранее опубликованных в зарубежных журналах статьях. Авторам, публикующимся впервые и не имеющим заграничного паспорта, следует воспользоваться стандартом транслитерации BGN/PCGN (см. ниже).

Необходимо указывать официальное англоязычное название учреждения. Наиболее полный список названий учреждений и их официальной англоязычной версии можно найти на сайте РУНЭБ eLibrary.ru.

Англоязычная версия резюме статьи должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной и быть грамотной с точки зрения английского языка.

Для выбора ключевых слов на английском следует использовать тезаурус Национальной медицинской библиотеки США – Medical Subject Headings (MeSH).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Представление статьи для публикации в журнале «Политравма/Polytrauma» подразумевает согласие авторов с опубликованными правилами. Редакция журнала ведет переписку с автором, ответственным за связь с редакцией.

Все статьи, поступающие в журнал «Политравма/Polytrauma», проходят предварительную проверку ответственным редактором журнала на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена авторам на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, отсутствия научной значимости.

После предварительной проверки ответственный редактор передает статью эксперту по биомедицинской статистике для проверки корректности выполненного статистического анализа.

В случае положительного ответа статья отправляется рецензенту с указанием сроков рецензирования. Автору отправляется соответствующее уведомление. В спорных случаях редактор может назначить дополнительное рецензирование. Однако окончательное решение принимает главный редактор.

При принятии решения о доработке статьи рецензии и комментарии рецензентов отправляются авторам. На доработку статьи дается 2 месяца. Если в течение этого срока авторы не представили исправленный вариант статьи и не уведомили редакцию о планируемых действиях, статья снимается с регистрации и передается в архив.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции и текст рецензий.

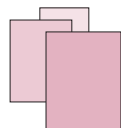
Если принято решение о принятии статьи к публикации, редакция уведомляет авторов о сроках публикации. На электронный адрес автора для переписки высылаются корректура, которую необходимо вычитать и вернуть в редакцию с предлагаемым списком исправлений в течение 3 календарных дней. В противном случае статья будет опубликована без авторских правок.

После выхода публикации авторам предоставляется копия статьи в виде файла PDF. Печатный вариант журнала может быть приобретен через агентства по подписке.

Информация о правилах для авторов доступна на сайте журнала:

<http://poly-trauma.ru/index.php/pt/pages/view/rules>





ПОЛИТРАВМА/POLYTRAUMA

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Научно-практический журнал «Политравма/Polytrauma» создан в соответствии с рекомендациями Всероссийской научно-практической конференции «Политравма: диагностика, лечение и профилактика осложнений» (29-30 сентября 2005 г., г. Ленинск-Кузнецкий).

Учредителем издания является Благотворительный Фонд центра охраны здоровья шахтеров (г. Ленинск-Кузнецкий).

Главный редактор журнала – Заслуженный врач РФ, д.м.н., профессор, академик РАЕН В.В. Агаджанян.

В редакционную коллегию и редакционный совет журнала входят крупнейшие клиницисты и ученые России, стран СНГ и зарубежья.

Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам политравмы. Объем издания 100 страниц. Периодичность издания 4 раза в год.

ЧИТАТЕЛЬСКАЯ АУДИТОРИЯ

Врачи, научные работники, преподаватели и студенты медицинских учебных заведений. Материалы, публикуемые в журнале, будут интересны руководителям учреждений здравоохранения, сотрудникам фирм-производителей медицинской техники, оборудования и расходных материалов.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ

- Редакционная подписка, подписка через почтовые отделения связи.
- Крупнейшие библиотеки России, стран СНГ.
- НИИ травматологии и ортопедии России, стран СНГ и зарубежья, более чем 200 специализированных травматологических центров, институты усовершенствования врачей, медицинские академии и университеты.
- Международные медицинские симпозиумы, научно-практические конференции, круглые столы, ярмарки, выставки.



МЕДИЦИНСКАЯ РЕКЛАМА

Журнал «Политравма/Polytrauma» – это специализированное издание, на страницах которого может размещаться рекламная информация по медицинской тематике.

Публикуемые в журнале рекламные материалы соответствуют Законам Российской Федерации «О рекламе», «О лекарственных средствах», «О наркотических средствах и психотропных веществах».

Журнал оказывает информационную поддержку в продвижении на рынок конкурентоспособной продукции, проектов, научных разработок и высоких технологий.

Приглашаем к сотрудничеству фирмы, научно-исследовательские институты, учреждения здравоохранения, общественные организации, представляющие отрасли современной медицины применительно к тематике журнала.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ МАКЕТАМ

Для размещения в журнале принимаются готовые макеты только векторных форматов CDR, PDF или EPS. Все текстовые составляющие должны быть переведены в кривые. Растровые составляющие предоставляются в цветовом пространстве CMYK, разрешение 300 dpi (для полноцветных страниц). Для остальных страниц допускается предоставление макетов в формате CDR и EPS в цветовом пространстве CMYK с использованием только цветовых каналов К (black) и М (magenta).

Возможные размеры макетов:

195 × 285 мм, 170 × 120 мм, 170 × 65 мм, 115 × 120 мм,
115 × 80 мм, 55 × 120 мм, 55 × 80 мм

E-mail: mail@poly-trauma.ru

Интернет-сайт: www.poly-trauma.ru

