



ЖУРНАЛ
НЕОТЛОЖНАЯ
ХИРУРГИЯ

имени И.И. Джанелидзе

№3
2026

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



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

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

ISSN: 2712 — 9632

Периодичность издания: 4 раза в год

Главный редактор:
д.м.н. профессор
Парфенов Валерий Евгеньевич

Заместители главного редактора:
д.м.н. профессор
Мануковский Вадим Анатольевич
д.м.н. профессор
Самохвалов Игорь Маркеллович
д.м.н. профессор Демко Андрей Евгеньевич

Секретарь:
д.м.н. доцент Насер Надежда Рамезовна

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

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

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

**Журнал
НЕОТЛОЖНАЯ ХИРУРГИЯ
им. И.И. Джанелидзе
2026 № 3 (24)**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

к.м.н. доцент В.С. Афончиков (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент И.М. Барсукова (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.Г. Вербицкий (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.Е. Демко (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор Е.В. Зиновьев (Санкт-Петербург, Россия), к.м.н. Д.В. Кандыба (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.А. Мануковский (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент Н.Р. Насер (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.Е. Парфенов (Санкт-Петербург, Россия), чл.-корр. РАН, д.м.н. профессор С.С. Петриков (Москва, Россия), д.м.н. профессор В.Е. Савелло (Санкт-Петербург, Россия), к.м.н. доцент Д.В. Свиство (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор И.М. Самохвалов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент Д.А. Суров (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.Н. Тулупов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.В. Хоминев (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор С.А. Шляпников (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.В. Щеголев (Санкт-Петербург, Россия).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

к.м.н. доцент Х.Э. Анваров (Ташкент, Узбекистан), д.м.н. профессор К.В. Атаманов (Новосибирск, Россия), д.м.н. академик РАН С.Ф. Багненко (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент С.С. Багненко (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.И. Бадалов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. И.М. Батыршин (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор И.Г. Беленький (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. член-корр. РАН А.М. Беляев (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор И.В. Бойков (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.В. Бондаренко (Барнаул, Россия), д.м.н. профессор А.В. Борсуков (Смоленск, Россия), д.м.н. профессор П.Г. Брюсов (Москва, Россия), д.м.н. профессор В.А. Бывальцев (Иркутск, Россия), д.м.н. профессор Н.И. Вишняков (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.А. Волчков (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. академик РАН Д.А. Гранов (Санкт-Петербург, Россия), к.м.н. С.В. Дорогинин (Смоленск, Россия), д.м.н. член-корр. РАН А.А. Гринь (Москва, Россия), д.м.н. профессор А.А. Завражных (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор М.Ю. Кабанов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент А.М. Карачун (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент Н.А. Касимовская (Москва, Россия), д.м.н. Ю.Б. Кашанский (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор Б.Н. Котив (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. М.Н. Кравцов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. академик РАН В.В. Крылов (Москва, Россия), д.м.н. доцент А.Л. Кудяшев (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.Н. Лапшин (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент Р.Е. Лахин (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор Е.Ю. Левчик (Екатеринбург, Россия), д.м.н. профессор В.М. Луфт (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. академик РАН Н.А. Майстренко (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор Д.А. Маланин (Волгоград, Россия), д.м.н. доцент Б.В. Мартынов (Санкт-Петербург, Россия), к.м.н. А.И. Махновский (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. Е.Б. Милюевская (Россия, Москва), д.м.н. профессор И.П. Миннуллин (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.Г. Мирошниченко (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.П. Орлов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент А.В. Осипов (Россия, Москва), д.м.н. профессор С.В. Петров (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. Л.П. Пивоварова (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор С.А. Повзун (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.А. Поликарпов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор М.Л. Рогаль (Москва, Россия), д.м.н. профессор Н.Н. Рухляда (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор А.А. Суфианов (Тюмень, Россия), д.м.н. доцент А.А. Солодов (Москва, Россия), д.м.н. профессор А.В. Савелло (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. доцент А.П. Спасова (Петрозаводск, Россия), д.м.н. профессор А.А. Сперанская (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.В. Стрижелецкий (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н., доцент В.М. Теплов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. член-корр. РАН Р.М. Тихилов (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор В.Н. Троян (Москва, Россия), д.м.н., доцент Д.Б. Туляганов (Ташкент, Узбекистан), д.м.н. профессор А.М. Хаджибаев (Ташкент, Узбекистан), д.м.н. профессор Н.Н. Хачатрян (Москва, Россия), д.м.н. академик РАН Г.Г. Хубулава (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. академик РАН М.Ш. Хубутя (Москва, Россия), д.м.н. профессор С.И. Шляффер (Россия, Москва), д.м.н. профессор О.Н. Эргашев (Санкт-Петербург, Россия), д.м.н. профессор П.К. Яблонский (Санкт-Петербург, Россия).

К публикации принимаются только научные статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции.



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

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

ISSN: 2712 — 9632

Frequency of publication: 4 times a year

Editor-in-Chief:

Dr.Sci. (Medicine) professor Parfyonov Valeriy
Evgenievich

Deputy chief editors:

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

Secretary:

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

Publishing house: GBU “St. Petersburg
Institute of Emergency Medicine named after
I.I. Dzhaneldidze”

Address of the editorial office and publishing house:
192242, Saint-Petersburg, Budapestskaya st., 3,
letter A

Tel.: +7 (812) 774-86-75

+7 (812) 384-46-64

E-mail: nh@emergency.spb.ru

info@emergency.spb.ru

<http://emerg-surgery.ru/>

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

EDITORIAL BOARD:

Ph.D. associate professor V.S. Afonchikov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor I.M. Barsukova (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.G. Verbitsky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.E Demko. (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor E.V. Zinoviev (St. Petersburg, Russia), Ph.D. D.V. Kandyba (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.A. Manukovsky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor N.R. Nasser (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.E. Parfenov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor of RAS S.S. Petrikov (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.E. Savello (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor I.M. Samokhvalov (St. Petersburg, Russia), Ph.D. associate professor D.V. Svistov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate Professor D.A. Surov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) Professor A.N. Tulupov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.V. Khominets (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor. S.A. Shlyapnikov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.V. Shchegolev (St. Petersburg, Russia).

EDITORIAL COUNCIL:

Ph.D. associate professor Kh. Anvarov (Tashkent, Uzbekistan), Dr.Sci. (Medicine) associate professor K.V. Atamanov (Novosibirsk, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of RAS S.F. Bagnenko (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor S.S. Bagnenko (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.I. Badalov (Санкт-Петербург, Россия), Dr.Sci. (Medicine) I.M. Batyrshin (Санкт-Петербург, Россия), Dr.Sci. (Medicine) professor I.G. Belenky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) cor. memb. of RAS A.M. Belyaev (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor I.V. Boykov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.V. Bondarenko (Barnaul, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.V. Borsukov (Smolensk, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor P.G. Bryusov (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.A. Byvaltsev (Irkutsk, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.A. Volchikov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of RAS D.A. Granov (St. Petersburg, Russia), Ph.D. S.V. Doroginin (Smolensk, Russia), Dr.Sci. (Medicine) cor. memb. of RAS A.A. Grin (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.A. Zavrazhnov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor M.Y. Kabanov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor A.M. Karachun (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor N.A. Kasimovskaya (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) Yu.B. Kashansky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor B.N. Kotiv (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) M.N. Kravtsov (Saint-Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of RAS V.V. Krylov (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor A.L. Kudiashev (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.N. Lapshin (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor R.E. Lakhin (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor E.Y. Levchik (Ekaterinburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.M. Luft (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of the RAS N.A. Maistrenko (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor D.A. Malanin (Vologograd, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor B.V. Martynov (St. Petersburg, Russia), Ph.D. A.I. Makhnovsky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) E.B. Milievskaya (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor I.P. Minnullin (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.G. Miroshnichenko (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.P. Orlov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor A.V. Osipov (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) S.P. Nokhrin (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor S.V. Petrov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) L.P. Pivovarova (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor S.A. Povzun (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.A. Polikarpov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor M.L. Rogal (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor N.N. Rukhlyada (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor S.I. Shliafer (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor A.A. Solodov (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) Professor A.V. Savello (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor A.P. Spasova (Petrozavodsk, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.A. Speranskaia (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.V. Strizheletsky (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor A.A. Sufianov (Tyumen, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor V.M. Teplov (Saint-Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) cor. memb. of RAS R.M. Tikhilov (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor V.N. Trojan (Moscow, Russia), MD associate professor D. Tulyaganov (Tashkent, Uzbekistan), Dr.Sci. (Medicine) professor A.M. Khadzhibaev (Tashkent, Uzbekistan), Dr.Sci. (Medicine) professor N.N. Khachatryan (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of RAS G.G. Khubulava (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) academician of RAS M.Sh. Khubutia (Moscow, Russia), Dr.Sci. (Medicine) associate professor O.N. Ergashev (St. Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor N.I. Vishnyakov (Saint-Petersburg, Russia), Dr.Sci. (Medicine) professor P.K. Yablonsky (St. Petersburg, Russia).

Only the articles prepared with Author,s guidelines are accepted for publication. When submitting an article to the Editorial Board, the authors accept the terms and condition of the public offer agreement. Editorial opinion does not always coincide with the opinion of the authors.



СОДЕРЖАНИЕ

ЮБИЛЕИ

КАНДЫБА Д.В.	7
РЫСЕВ А.В.	8

ХИРУРГИЯ

1. ТЕРАПИЯ РАН И ОЖОГОВ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ С ИНСТИЛЛЯЦИЕЙ И ЭКСПОЗИЦИЕЙ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР <i>Г.И. АДЖИЕВ, Е.В. ЗИНОВЬЕВ, П.К. КРЫЛОВ, В.О. СИДЕЛЬНИКОВ ФОН ЭССЕН, М.Д. ХАНЕВИЧ</i>	9
2. ОДНОПОРТОВАЯ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКАЯ ХОЛЕЦИСТЭКТОМИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНДОХИРУРГИЧЕСКИХ АРТИКУЛИРУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ <i>И.М. БАТЫРШИН, Н.Н. ИГНАТЕНКО, Ю.С. ОСТРОУМОВА, А.Е. ДЕМКО</i>	17
3. СИНДРОМ БУРХАВЕ: НОВЫЙ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ENDOVAC-ТЕХНОЛОГИИ <i>М.И. САФОВ, А.Н. ТУЛУПОВ, А.Е. ДЕМКО, Ю.Н. УЛЬЯНОВ, А.А. ЕСЕНОКОВ, В.С. КОПАЕВ</i>	24
4. ПРИМЕНЕНИЕ ENDOVAC-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СИНДРОМЕ БУРХАВЕ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ) <i>М.И. САФОВ, А.Е. ДЕМКО, А.Н. ТУЛУПОВ, Ю.Н. УЛЬЯНОВ, В.С. КОПАЕВ.</i>	30

НЕЙРОХИРУРГИЯ

1. ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОКТЕВОГО НЕРВА: МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ КУБИТАЛЬНОГО КАНАЛА <i>Е.А. ПЕТРЕНКО, А.И. ГАЙВОРОНСКИЙ, Д.Е. АЛЕКСЕЕВ, Л.И. ЧУРИКОВ, В.Е. ПАРФЕНОВ.</i>	35
2. ДИАГОНАЛЬНЫЕ РАНЕНИЯ КАК ОТДЕЛЬНЫЙ ВИД ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ЧЕРЕПНО- МОЗГОВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ <i>С.А. ЛАНДИК, Р.И. ИСАЕВ, Д.В. СВИСТОВ.</i>	47
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРЕХКОЛОННЫМИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ И ЗАКРЫТЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ПРОДОЛЖЕННОЕ ПРОСПЕКТИВНОЕ КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ <i>А.О. КЕЛИН, В.А. МАНУКОВСКИЙ, Г.И. АНТОНОВ, Г.Е. ЧМУТИН.</i>	58
4. ИНТРАКРАНИАЛЬНЫЕ ТЕКСТИЛОМЫ (ГОССИПИБОМЫ) КАК ПОКАЗАНИЕ К ПОВТОРНЫМ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИМ ВМЕШАТЕЛЬСТВАМ У ПОСТРАДАВШИХ С ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫМИ РАНЕНИЯМИ <i>Г.М. АЙСАЕВ, Д.В. СВИСТОВ, К.Н. БАБИЧЕВ, Д.М. ИСАЕВ, К.А. ЧЕМОДАКОВА, В.К. КУУЛАР, Е.В. СТАФЕЕВСКАЯ, Б.Г. АДЛЕЙБА, З.Г. АДИЛЬСУЛТАНОВА, М.Е. ГУРСКИЙ .</i>	74
5. ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ КТ-НАВИГАЦИЯ ПРИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: КРИВАЯ ОБУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХИРУРГИЧЕСКОЙ БРИГАДЫ <i>В.И. МАНАЩУК, А.А. СУФИАНОВ, А.В. САВЕЛЛО, А.Г. ШАПКИН, Д.Н. НАБИЕВ, В.А. МАНУКОВСКИЙ</i>	89

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

1. РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОСТНОЙ ТКАНИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) <i>Д.В. ДЕРКАЧЕВ, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ, В.С. ДЕРКАЧЕВ, Е.В. ЗИНОВЬЕВ, Д.Ю. РЕФИЦКАЯ, Б.А. МАЙОРОВ</i>	101
--	-----



2. ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРЕННОГО ЗАДНЕМЕДИАЛЬНОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА ИЗ ПОЛОЖЕНИЯ НА ЖИВОТЕ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ МЕДИАЛЬНОГО МЫШЕЛКА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ
Б.А. МАЙОРОВ, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ, Г.Д. СЕРГЕЕВ, М.А. СЕРГЕЕВА 115
3. ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭКЗОГЕННОГО ОСТЕОМИЕЛИТА ПОСЛЕ ОСТЕОСИНТЕЗА ЗАКРЫТЫХ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ
И.П. КОНДРАТЬЕВ, С.А. ШЛЯПНИКОВ, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ, Е.К. ГУМАНЕНКО, С.А. ЛИННИК, В.О. ЦАПЕНКО, Е.А. ПИСТЮЛЬГА 127
4. КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТАКТИКИ DAMAGE CONTROL ORTHOPAEDICS ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ И КОСТЕЙ ТАЗА У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ
И.Ю. ХОДЖАНОВ, Ф.М. МАХСУДОВ, Л.А. АМОНОВ 133

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

1. РОЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОДИКИ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРОГО ХОЛЕЦИСТИТА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЕГО ФОРМ
А.Б. ВАЛЬЧИНСКАЯ, А.Е. ДЕМКО, И.М. БАТЫРШИН, А.Я. ЛАТЫШЕВА, А.О. ПАРФЕНОВ . . . 144
2. ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ МЕТОДИКИ ВНУТРИВОКСЕЛЬНОГО НЕКОГЕРЕНТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ДИФфуЗИОННО-ПЕРфуЗИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛАЦЕНТЫ ПРИ ПРЕЭКЛАМПСИИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
Е.А. КИРИЛЛОВА, В.О. БАШИРОВА, И.А. МАЩЕНКО, Г.Е. ТРУФАНОВ 158

АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ, РЕАНИМАТОЛОГИЯ И ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ

1. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТКАНЕВОГО МЕТАБОЛИЗМА У РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С КРОВОПОТЕРЕЙ ЛЕГКОЙ, СРЕДНЕЙ И ТЯЖЕЛОЙ СТЕПЕНЕЙ
А.Н. ГРИЦАЙ, А.В. ЩЕГОЛЕВ, В.С. АФОНЧИКОВ, О.В. ОРЛОВА, Ф.С. ТОРОПОВ 169
2. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВОЙ АНЕСТЕЗИИ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ НАДКЛЮЧИЧНЫМ ДОСТУПОМ ПРИ РАНЕНИЯХ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ: СЕРИЯ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ
Р.Е. ЛАХИН, А.С. КУСАЙ, Р.Р. КАСИМОВ, М.В. ГАНЖА, Д.Р. МАСЛОВ, И.Р. МУХАМЕДЖАНОВ, В.Г. ЦВЕТКОВ 182
3. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ СИСТЕМНОГО AL-АМИЛОИДОЗА, ПРОЯВИВШЕГОСЯ РЕЦИДИВИРУЮЩЕЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОНКОКИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТЬЮ
В.М. ЛУФТ, А.М. СЕРГЕЕВА, Г.А. ПИЧУГИНА, А.В. ЛАПИЦКИЙ, М.В. НАНИЕВА, Г.А. РЫСЕВ, А.Д. ЦАРЕГОРОДЦЕВА, Д.А. ДЮДИКОВА, О.В. АЛЕКСЕЕНКО 191

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ

1. АВТОПАРК СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В РОССИИ
И.М. БАРСУКОВА, Е.Ю. ТЯВОКИНА, М.С. КЛИМАНЦЕВА, А.О. БУМАЙ 199
2. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ
В.А. МАНУКОВСКИЙ, В.Е. ПАРФЕНОВ, А.Е. ДЕМКО, А.Ю. КАСЬКОВ, В.Н. ЛАПШИН, В.С. АФОНЧИКОВ 205
3. ЭКОНОМИКА ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА В СТАЦИОНАРАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
А.И. МАХНОВСКИЙ, И.М. БАРСУКОВА 211



CONTENTS

PERSONALIA

KANDYBA D.V.	7
RYSEV A.V.	8

SURGERY

1. NEGATIVE PRESSURE WOUND AND BURN THERAPY WITH INSTILLATION AND DWELL TIME: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW <i>G.I. ADZHIEV, E.V. ZINOVIEV, P.K. KRYLOV, V.O. SIDELNIKOV VON ESSEN, M.D. KHANEVICH.</i>	9
2. SINGLE-PORT LAPAROSCOPIC CHOLECYSTECTOMY USING ENDOSURGICAL ARTICULATING INSTRUMENTS <i>I.M. BATYRSHIN, N.N. IGNATENKO, YU.S. OSTROUMOVA, A.E. DEMKO.</i>	17
3. BOERHAAVE SYNDROME: A NEW WAY OF USING ENDOVAC TECHNOLOGY <i>M.I. SAFOEV, A.N. TULUPOV, A.E. DEMKO, YU.N. ULYANOV, A.A. ESENOKOV, V.S. KOPAEV.</i>	24
4. USING ENDOVAC TECHNOLOGY IN THE BOERHAAVE SYNDROME TREATMENT: A CLINICAL CASE <i>M.I. SAFOEV, A.E. DEMKO, A.N. TULUPOV, Y.N. ULYANOV, V.S. KOPAEV</i>	30

NEUROSURGERY

1. SURGICAL TREATMENT OF COMBAT INJURIES TO THE ULNAR NERVE: A MODIFIED INTERVENTIONAL TECHNIQUE IN THE CUBITAL CANAL AREA <i>E.A. PETRENKO, A.I. GAYVORONSKIY, D.E. ALEKSEEV, L.I. CHURIKOV, V.E. PARFENOV</i>	35
2. DIAGONAL GUNSHOT CRANIOCEREBRAL INJURIES: A SEPARATE ENTITY IN TRAUMATIC BRAIN INJURY <i>S.A. LANDIK, R.I. ISAEV, D.V. SVISTOV</i>	47
3. TREATMENT RESULTS OF PATIENTS WITH THREE-COLUMN GUNSHOT AND CLOSED FRACTURES OF THE THORACOLUMBAR SPINE: A CONTINUED PROSPECTIVE COHORT STUDY <i>A.O. KELIN, V.A. MANUKOVSKY, G.I. ANTONOV, G.E. CHMUTIN</i>	58
4. INTRACRANIAL TEXTILOMAS (GOSSYPIBOMAS) AS AN INDICATION FOR REPEATED NEUROSURGICAL INTERVENTIONS IN PATIENTS WITH CRANIOCEREBRAL INJURIES <i>G.M. AYSAYEV, D.V. SVISTOV, K.N. BABICHEV, D.M. ISAEV, K.A. CHEMODAKOVA, V.K. KUULAR, YE.V. STAFEYEVSKAYA, B.G. ADLEYBA, Z.G. ADILSULTANOVA, M.E. GURSKIY</i>	74
5. INTRAOPERATIVE CT-NAVIGATION FOR PEDICLE SCREW FIXATION OF THE LUMBOSACRAL SPINE: LEARNING CURVE AND RADIATION SAFETY OF THE SURGICAL TEAM <i>V.I. MANASHCHUK, A.A. SUFIANOV, A.V. SAVELLO, A.G. SHAPKIN, D.N. NABIEV, V.A. MANUKOVSKY</i>	89

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

1. REGENERATIVE POTENTIAL OF BONE TISSUE AND MODERN PRINCIPLES OF REPLACEMENT OF BONE DEFECTS (LITERATURE REVIEW) <i>D.V. DERKACHEV, I.G. BELENKIY, V.S. DERKACHEV, E.V. ZINOVIEV, D.YU. REFITSKAYA, B.A. MAYOROV</i>	101
2. EXTENDED POSTEROMEDIAL APPROACH IN THE PRONE POSITION FOR OSTEOSYNTHESIS OF MEDIAL TIBIAL CONDYLE FRACTURES <i>B.A. MAYOROV, I.G. BELENKIY, G.D. SERGEEV, M.A. SERGEEVA</i>	115
3. PREDICTORS OF EXOGENOUS OSTEOMYELITIS AFTER INTERNAL FIXATION OF CLOSED LONG-BONE FRACTURES <i>I.P. KONDRATEV, S.A. SHLYAPNIKOV, I.G. BELENKIY, E.K. GUMANENKO, S.A. LINNIK, V.O. TSAPENKO, E.A. PISTULGA</i>	127



4. CLINICAL JUSTIFICATION FOR THE USE OF DAMAGE CONTROL ORTHOPAEDICS TACTICS IN FRACTURES OF THE LONG BONES OF THE EXTREMITIES AND PELVIC BONES IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA
I.YU. KHODZHANOV, F.M. MAKHSUDOV, L.A. AMONOV 133

DIAGNOSTIC RADIOLOGY

1. THE ROLE OF ULTRASOUND TECHNIQUE IN THE DIAGNOSIS OF ACUTE CHOLECYSTITIS AND DIFFERENTIATION OF ITS FORMS
A.B. VALCHINSKAYA, A.E. DEMKO, I.M. BATYRSHIN, A.YA. LATYSHEVA, A.O. PARFENOV 144
2. THE POTENTIAL OF INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION MRI IN THE ASSESSMENT OF PLACENTAL DIFFUSION-PERFUSION CHANGES IN PRE-ECLAMPSIA: A PILOT STUDY
E.A. KIRILLOVA, V.O. BASHIROVA, I.A. MASHCHENKO, G.E. TRUFANOV. 158

ANESTHESIOLOGY, CRITICAL CARE MEDICINE AND INTENSIVE CARE

1. ANALYSIS OF CHANGES IN HEMODYNAMIC PARAMETERS AND TISSUE METABOLISM IN INJURED AND WOUNDED PATIENTS WITH MILD, MODERATE, AND SEVERE BLOOD LOSS
A.N. GRITSAY, A.V. SHCHEGOLEV, V.S. AFONCHIKOV, O.V. ORLOVA, F.S. TOROPOV. 169
2. ULTRASOUND-GUIDED SUPRACLAVICULAR BRACHIAL PLEXUS BLOCK IN PATIENTS WITH UPPER EXTREMITY INJURIES: A CASE SERIES
R.E. LAKHIN, A.S. KUSAI, R.R. KASIMOV, M.V. GANZHA, D.R. MASLOV, I.R. MUKHAMEDZHANOV, V.G. TSVETKOV. 182
3. A CLINICAL CASE OF SYSTEMIC AL-AMYLOIDOSIS MANIFESTED AS RECURRENT DYNAMIC SMALL BOWEL OBSTRUCTION
V.M. LUFT, A.M. SERGEEVA, G.A. PICHUGINA, A.V. LAPITSKY, M.V. NANIEVA, G.A. RYSEV, A.D. TSAREGORODTSEVA, D.A. DYUDIKOVA, O.V. ALEKSEENKO 191

ORGANIZATION OF HEALTH CARE AND PUBLIC HEALTH

1. AMBULANCE VEHICLES IN RUSSIA
I.M. BARSUKOVA, E.YU. TYAVOKINA, M.S. KLIMANTSEVA, A.O. BUMAY 199
2. DIGITALIZATION IN HEALTHCARE: CHALLENGES OF DIGITAL LITERACY AND DATA ANALYSIS TOOLS
V.A. MANUKOVSKY, V.E. PARFENOV, A.E. DEMKO, A.YU. KASKOV, V.N. LAPSHIN, V.S. AFONCHIKOV. 205
3. ECONOMICS OF ACUTE PANCREATITIS IN ST. PETERSBURG HOSPITALS
A.I. MAKHNOVSKY, I.M. BARSUKOVA 211



**25 ИЮЛЯ 2026 ГОДА ОТМЕТИЛ СВОЙ ЮБИЛЕЙ
ГЛАВНЫЙ ВРАЧ НИИ ИМЕНИ И.И.ДЖАНЕЛИДЗЕ –
ДМИТРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ КАНДЫБА**

Дмитрий Вячеславович — специалист в области сосудистой нейрохирургии. Врач-нейрохирург и врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению высшей квалификационной категории. Выполнил более 5000 операций.

В 2019 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности: нейрохирургия.

Член ассоциации нейрохирургов. Член Российского научного общества специалистов по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению. Член Европейского общества нейрорадиологов.

С 2013 по 2022 годы занимал должность руководителя научного отдела эндоваскулярной хирургии НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе.

Научно-практическая работа Кандыбы Д.В. посвящена изучению вопросов хирургии сосудистых заболеваний головного и спинного мозга, внутрисосудистому лечению острого ишемического инсульта, развитию внутрисосудистых методов лечения экстренной патологии в условиях многопрофильного стационара скорой медицинской помощи.

С 2022 года является Главным врачом института скорой помощи.

Награжден Орденом Мужества.

Указом Президента Российской Федерации Владимира Путина от 7 февраля 2025 года главному врачу НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе Дмитрию Кандыбе присвоено звание Заслуженный врач Российской Федерации

Этого почетного звания удостоиваются высокопрофессиональные врачи за заслуги в охране здоровья населения, оказание медицинской помощи с использованием в практике работы современных достижений медицинской науки и техники.

Уважаемый Дмитрий Вячеславович!

Редакция журнала "Неотложная Хирургия" поздравляет Вас с Юбилеем!

Желаем Вам успехов и процветания, воплощения в жизнь самых смелых планов, реализации всех начинаний. Пусть надежной основой новых достижений станут Ваши деловые качества, талант руководителя, доверие и поддержка коллег, партнеров, верность друзей.

Примите самые искренние пожелания доброго здоровья, неиссякаемого жизнелюбия, благополучия!

*Редакция журнала "Неотложная Хирургия"
НИИ Скорой Помощи имени И. И.Джанелидзе*



**21.10.2026 ОТМЕТИТ СВОЙ ЮБИЛЕЙ
АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ РЫСЕВ**

Рысев А.В. закончил ВМА им. С.М. Кирова в 1979 году по специальности «Лечебное дело». В 1987 году окончил факультет руководящего состава по специальности – терапия, ВМА им. С.М. Кирова.

Рысев Александр Васильевич во время службы в ВС. РФ проявил себя как знающий опытный врач и организатор, завершил службу главным терапевтом Ленинградского военного округа в период с 2000 по 2007 г. После увольнения в запас Рысев А.В. продолжал работать терапевтом консультантом в 442 окружном госпитале. Одновременно с этим, с 2005 г. занимался педагогической деятельностью. С 2006 по 2023 г. – доцент кафедры терапии и ревматологии СЗГМУ, по совместительству. С 2010 по 2014 гг. работал доцентом кафедры терапии усовершенствования врачей ВМА им.

С.М. Кирова. Кандидат медицинских наук (2003 г.). Заслуженный врач РФ.

С января 2014 г. Рысев А.В. работал в НИИ им. И.И. Джанелидзе на должности заместителя главного врача по терапии, с 2017 г. старший научный сотрудник отдела неотложной кардиологии и ревматологии. Благодаря научным знаниям, клиническому опыту и организаторским способностям, преобразовал работу терапевтического отдела. Автор более 200 печатных работ, активно продолжает заниматься преподавательской и научной деятельностью, участвует в работе конференций и симпозиумов.

За последние 3 года А.В.Рысев опубликовал 27 печатных работ, 6 методических пособий.

В 2023 г. Александр Васильевич Рысев был награжден почетной грамотой общества «За доблестный труд во благо жизни пациентов».

Редакция журнала "Неотложная Хирургия" поздравляет Александра Васильевича Рысева с юбилеем!

*Примите наши сердечные поздравления по случаю дня Вашего рождения.
От всей души желаем Вам долгих и счастливых лет жизни в полном здравии
и в окружении любящих Вас людей. Интересных, продуктивных идей
и возможностей для их воплощения, бодрости духа и отличного настроения!
Ваши профессиональные и организаторские способности помогли сплотить вокруг себя
дружный коллектив и достичь успехов в реализации различных задач.
Пусть дело, которому Вы отдаете душевные силы, опыт и знания,
приносит радость и желание новых профессиональных свершений!*

*Редакция журнала "Неотложная Хирургия"
НИИ Скорой Помощи имени И. И.Джанелидзе*



УДК 617.51/.55-001.17-089 : 615.832
DOI: 10.54866/27129632_2026_3_9_16

ТЕРАПИЯ РАН И ОЖОГОВ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ С ИНСТИЛЛЯЦИЕЙ И ЭКСПОЗИЦИЕЙ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

© Г.И. АДЖИЕВ¹, Е.В. ЗИНОВЬЕВ^{1,2,3}, П.К. КРЫЛОВ¹, В.О. СИДЕЛЬНИКОВ ФОН ЭССЕН^{1,2}, М.Д. ХАНЕВИЧ³

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Ожоговая травма сопряжена с высоким риском инфекционных осложнений и трудностями подготовки раневого ложа к пластическому закрытию. Терапия ран отрицательным давлением с инстилляцией и экспозицией (NPWT-i) является перспективным дополнением к стандартной вакуум-терапии (NPWT), обеспечивая циклическое введение топического раствора с последующей аспирацией.

ЦЕЛЬ: систематический анализ отечественных и зарубежных публикаций 2020–2026 гг., посвященных применению NPWT-i в комбустиологии, критическая оценка доказательной базы и определение перспективных направлений дальнейших исследований.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed, eLibrary, Cochrane Library по ключевым словам «negative pressure wound therapy instillation», «NPWT-i», «NPWTi-d», «вакуум-терапия», «комбустиология», «ожоги». В обзор включены публикации преимущественно за 2021–2026 гг., для методологического обоснования привлечены ключевые источники более ранних лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Зарубежные метаанализы (Gabriel A. и соавт., 2021; L. De Pellegrin и соавт., 2023) продемонстрировали, что NPWT-i по сравнению со стандартной NPWT снижает бактериальную обсемененность в 4,4 раза, повышает шансы закрытия раны в 2,39 раза и достоверно сокращает число хирургических обработок. Рандомизированное контролируемое исследование Milcheski D.A. и соавт. (2025) с участием 120 пациентов показало, что NPWT-i сокращает время до закрытия раны (6,1 против 10,0 сут. при стандартной NPWT; $p < 0,001$). Среди отечественных работ, напрямую сравнивших NPWT-i со стандартной NPWT, следует выделить исследование Аветяна Н.А. и соавт. (2026; $n = 35$) при инфекциях кожи и мягких тканей, осложненных сепсисом, и исследование Чиникова М.А. и соавт. (2025; $n = 25$) при гнойно-некротических заболеваниях мягких тканей.

ВЫВОД. NPWT-i является перспективным методом подготовки раневого ложа у обожженных, однако доказательная база ограничена преимущественно сериями клинических случаев. Необходимо проведение многоцентровых рандомизированных контролируемых испытаний, специально спланированных для ожоговой популяции, с последующей разработкой клинических рекомендаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: терапия ран отрицательным давлением, NPWT, NPWT-i, инстилляционная комбустиология, ожоги, раневой процесс.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Аджиев Г.И., Зиновьев Е.В., Крылов П.К., Сидельников Фон Эссен В.О., Ханевич М.Д. Терапия ран и ожогов отрицательным давлением с инстилляцией и экспозицией: систематический литературный обзор // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 9–16.



NEGATIVE PRESSURE WOUND AND BURN THERAPY WITH INSTILLATION AND DWELL TIME: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

© G.I. ADZHIEV¹, E.V. ZINOVIEV^{1,2,3}, P.K. KRYLOV¹, V.O. SIDELNIKOV VON ESSEN^{1,2}, M.D. KHANEVICH³

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State Pediatric Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: Burn injury is associated with a high risk of infectious complications and difficulties in wound bed preparation for surgical closure. Negative pressure wound therapy with instillation and dwell time (NPWTi-d) is a promising adjunct to standard negative pressure wound therapy (NPWT), providing cyclic instillation of a topical solution followed by aspiration.

OBJECTIVE: The aim of the article is to systematically analyze domestic and international publications on the use of NPWTi-d in combustiology from 2020–2026, critically assess the evidence base, and identify prospective research directions.

MATERIAL AND METHODS: Literature search was conducted in PubMed, eLibrary, and Cochrane Library databases using the keywords “negative pressure wound therapy instillation”, “NPWT-i”, “NPWTi-d”, “vacuum therapy”, “combustiology”, “burns”. Publications from 2021–2026 were primarily included; key earlier sources were used for methodological grounding.

RESULTS: International meta-analyses (Gabriel et al., 2021; De Pellegrin et al., 2023) demonstrated that NPWTi-d versus standard NPWT increases the likelihood of bacterial bioburden reduction 4.4-fold, raises wound closure odds 2.39-fold, and significantly reduces the number of surgical debridements. A randomized controlled trial by Milcheski et al. (2025) in 120 patients showed that NPWTi-d reduced time to wound closure (6.1 vs. 10.0 days for standard NPWT; $p < 0.001$). Among domestic studies directly comparing NPWTi-d with standard NPWT, two merit attention: the study by N.A. Avetyan et al. (2026; $n = 35$) in skin and soft tissue infections complicated by sepsis, and the study by M.A. Chinikov et al. (2025; $n = 25$) in purulent-necrotic soft tissue diseases.

CONCLUSION: NPWTi-d is a promising method for wound bed preparation in burn patients; however, the evidence base remains limited mainly to case series. Multicenter randomized controlled trials specifically designed for the burn population are needed, followed by the development of clinical guidelines.

KEYWORDS: negative pressure wound therapy, NPWT, NPWTi-d, instillation, combustiology, burns, wound healing.

TO CITE THIS ARTICLE: Adzhiev G.I., Zinoviev E.V., Krylov P.K., Sidelnikov von Essen V.O., Khanevich M.D. Negative pressure wound and burn therapy with instillation and dwell time: a systematic literature review. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanlidze*. 2026;(3):9-16. (In Russ.).

Обоснование

Ожоговая травма остается одной из ведущих проблем здравоохранения во всем мире. Стандартом хирургического лечения обожженных является раннее иссечение некротических тканей с одномоментной аутодермопластикой расщепленным трансплантатом. Однако выполнить первичную кожную пластику в оптимальные сроки удастся не всегда — в связи с глубиной и обширностью поражения, инфекционными осложнениями, тяжестью общего состояния пострадавшего и дефицитом донорских участков. В этих условиях особую актуальность приобретают

технологии, позволяющие ускорить подготовку раневого ложа к реконструктивно-пластическому этапу лечения [1, 2].

NPWT (терапия ран отрицательным давлением) прочно вошла в арсенал хирургов различных специальностей. NPWTi-d (терапия ран отрицательным давлением с инстилляцией и экспозицией) является закономерным развитием данной технологии: помимо управляемого субатмосферного давления обеспечивается циклическое введение и задержка (экспозиция) топического раствора в раневом ложе с последующей его эвакуацией. Методика впервые коммерциали-



зирована в 2011 г. и в настоящее время все более широко применяется при лечении сложных ран различной этиологии [3, 4]. В отечественной хирургии первые результаты сравнительного применения NPWT-i при инфекционных поражениях мягких тканей опубликованы Н.А. Аветяном и соавторами в 2026 г. [10].

Цель исследования: систематический анализ отечественных и зарубежных публикаций 2021–2026 гг., посвященных применению NPWT-i в комбустиологии, критическая оценка доказательной базы и определение перспективных направлений дальнейших исследований. Для обеспечения полноты обзора привлечены ключевые публикации более раннего периода, заложившие методологическую основу применения вакуум-инстилляционной терапии.

Материал и методы исследования

Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed, eLibrary и Cochrane Library по ключевым словам «negative pressure wound therapy instillation», «NPWT-i», «NPWTi-d», «вакуум-терапия ран», «комбустиология», «ожоги». Приоритет отдавался публикациям 2021–2026 г., отдельные источники 2020 г. включены ввиду их методологической значимости. Критерии включения: клинические исследования, систематические обзоры, метаанализы и диссертационные работы по применению NPWT и NPWT-i при ожоговых и смежных ранах. Критерии исключения: описания единичных случаев без клинических данных, публикации не на русском или английском языках.

Результаты исследования

Принципы стандартной NPWT

Положительные эффекты стандартной NPWT заключаются в локальном улучшении кровообращения, стимуляции неоангиогенеза и роста грануляционной ткани, непрерывном удалении экссудата, уменьшении перифокального отека, а

также сокращении площади и глубины раневого дефекта. Воздействие вакуума создает закрытую регулируемую среду с защитой раны от внешней контаминации [2, 5].

Д.О. Вагнер и соавторы (2021) указывают, что результаты опубликованных исследований не позволяют сделать однозначный вывод о снижении бактериальной обсемененности ожоговых ран на фоне стандартной NPWT [1]. М.Ф. Черкасов и соавторы (2024) на основании десятилетнего опыта лечения 128 пациентов с осложненными послеоперационными ранами показали, что стандартная NPWT достоверно ускоряет переход раневого процесса в стадию регенерации: грануляционная ткань формировалась к 8-м суткам в 76,6 % случаев, а площадь ран уменьшалась на $62,1 \pm 2,5$ % к 16-м суткам [6].

Отличительные особенности NPWT-i

NPWT-i объединяет преимущества стандартной NPWT с дополнительными механизмами очищения раневого ложа. R.P. Silverman (2023) в обзоре 1878 публикаций, из которых 29 соответствовали критериям включения (около 1108 пациентов), классифицировал механизмы действия NPWT-i по трем направлениям: очищение раневого ложа, удаление экссудата и инфекционных материалов, стимуляция грануляционной ткани [3].

Трехфазный цикл NPWT-i включает: 1) инстилляцию раствора (изотонический раствор натрия хлорида, полигексанида, гипохлорита, повидон-йода и др.) через ретикулопористую губку; 2) фазу экспозиции (6–20 мин), во время которой раствор разжижает детрит и воздействует на микробные биопленки; 3) фазу аспирации под отрицательным давлением (чаще –125 мм рт. ст.) в течение 2–3,5 ч, обеспечивающую эвакуацию раствора, экссудата и некротических масс [3].

Сравнительная характеристика механизмов действия NPWT и NPWT-i представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика механизмов действия NPWT и NPWT-i

Механизм действия	NPWT	NPWT-i
Защита от внешней контаминации	Да	Да
Поддержание влажной раневой среды	Да	Да
Удаление экссудата	Да	Да, усиленное
Сближение краев раны	Да	Да
Стимуляция грануляции	Да	Да, усиленная
Очищение раневого ложа (растворение и вымывание)	Нет	Да
Воздействие на биопленку	Нет	Да

Отечественный опыт применения вакуум-терапии в комбустиологии

Д.О. Вагнер, Е.В. Зиновьев, В.В. Солошенко и С.Г. Шаповалов провели ретроспективный анализ

всех случаев применения NPWT в отделе термических поражений СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе за 2017–2020 годы. Из 6764 пострадавших с ожоговой травмой вакуумная терапия применена



у 56 пациентов (0,8 %); медиана возраста — 49 [40; 59] лет, средняя площадь глубоких ожогов — 8 [5; 19] % поверхности тела. Запланированных результатов удалось достичь у 49 (88 %) пациентов, основным осложнением стала разгерметизация повязок — 9 случаев (16 %) [1].

В последующей публикации когорта расширена до 91 пациента (173 сеанса NPWT) за 2017–2021 гг. Приживление трансплантатов более 90 % достигнуто во всех 14 случаях их фиксации под NPWT. Авторы формулируют эмпирические рекомендации по диапазонам давления и режимам для различных типов ожоговых ран, подчер-

кивая необходимость стандартизации протоколов [2].

Наиболее масштабным отечественным исследованием по данной теме является диссертационная работа Д.Н. Марченко (2022), выполненная на базе НИИ ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар) [7]. В исследование включены 73 пациента с глубокими ожогами II–III степени площадью 3–20 % поверхности тела. Основная группа (38 пациентов, NPWT) в сравнении с группой контроля (35 пациентов, классическое лечение) продемонстрировала статистически значимые преимущества (табл. 2) [8].

Таблица 2. Сравнительные результаты применения NPWT при глубоких ожогах (Д.Н. Марченко, 2022)

Показатель	Основная группа (NPWT)	Группа сравнения	p
Койко-дни до аутодермопластики (отсроченной)	7,7 ± 3,9	14,4 ± 4,7	< 0,0001
Среднее число операций	2,4 ± 0,8	5,0 ± 1,8	< 0,0001
Длительность госпитализации, сут.	14,3 ± 5,1	22,3 ± 9,0	< 0,0001
Отличное приживление (96–100 %) при первичной пластике	85,0 %	66,7 %	$\chi^2 = 51,8$ p < 0,01

М.В. Варганов, А.А. Микличев и К.Д. Богданов (2020) провели сравнительное исследование предоперационной подготовки к аутодермопластике у пациентов с ожогами и хроническими язвами (n = 104). Наиболее эффективной оказалась схема NPWT в сочетании с Реамберинем без антибиотикотерапии: приживаемость кожного лоскута составила $90,0 \pm 9,9$ %, длительность предоперационного периода была меньше в 2,5 раза по сравнению с контролем [9].

М.А. Чиников и соавторы (2025) провели клиническое исследование эффективности NPWT-i с инстилляцией изотонического раствора натрия хлорида по сравнению со стандартной NPWT у 25 пациентов с гнойно-некротическими заболеваниями мягких тканей. Параметры NPWT-i: отрицательное давление –125 мм рт. ст. в течение 2 ч 30 мин, инстиляция 15 мл раствора с экспозицией 10 мин — три цикла в сутки. Результаты представлены в таблице 3 [11].

Н.А. Аветян и соавторы (2026) в проспективном нерандомизированном моноцентровом исследовании (СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе) сравнили NPWT-i (0,2 % раствор полигексанида, режим –125 мм рт. ст., экспозиция 10 мин) со стандартной NPWT у 35 пациентов с инфекциями кожи и мягких тканей, осложненными сепсисом (18 в группе NPWT-i, 17 — в группе NPWT). При использовании NPWT-i достоверно сокращались: время подготовки раны к закрытию (10 против 21 сут; p = 0,001), длительность госпитализации (36,4 против 47,7 сут; p = 0,002), продолжительность системной антибактериальной терапии (20 против 35 сут; p = 0,0001), число хирургических обработок (3,43 против 6,43; p = 0,0001), а также сроки нормализации маркеров воспаления (СРБ — к 7-м суткам, ПКТ — к 14-м суткам) и купирования полиорганной дисфункции по шкале SOFA (1–3 против 21 сут; p < 0,05) [10].

Таблица 3. Сравнительные результаты NPWT-i и NPWT (М.А. Чиников и соавт., 2025)

Показатель	NPWT-i (n = 15)	NPWT (n = 10)	p
Число операций	3,00 ± 0,82	5,50 ± 1,25	< 0,05
С-реактивный белок на 7-е сутки, мг/л	47,25 ± 32,26	99,65 ± 15,50	< 0,05
Длительность госпитализации, сут.	34,75 ± 4,65	43,00 ± 8,08	< 0,05
Доля грануляций на 7-е сутки, %	71,25 ± 5,06	48,60 ± 4,34	< 0,05

Данные исследования являются первыми отечественными работами, напрямую подтвердившими преимущества NPWT-i перед стан-

дартной NPWT. Ограничения обоих исследований: малая выборка и одноцентровый дизайн [10, 11].

**Зарубежный опыт применения NPWT-i**

Систематический обзор и метаанализ A. Gabriel и соавторов (2021) включил 13 сравнительных исследований (720 пациентов). NPWT-i продемонстрировала: достоверно меньшее число хирургических обработок ($p = 0,01$), более быстрое достижение готовности раны к закрытию ($p = 0,03$), вероятность снижения бактериальной обсемененности в 4,4 раза выше ($p = 0,003$), шансы закрытия раны в 2,39 раза выше ($p = 0,01$) [12].

Метаанализ L. De Pellegrin и соавторов (2023), охвативший 13 исследований (871 пациент) при травматических и ортопедических повреждениях, подтвердил достоверно более высокую частоту первичного закрытия ран и более низкую частоту осложнений при NPWT-i ($p < 0,05$) [13].

Систематический обзор R.P. Silverman (2023) (29 исследований, около 1108 пациентов) показал, что в рандомизированных испытаниях NPWT-i с полигексанидом приводила к значимому снижению числа операций (2,4–2,6 против 3,0 при стандартной NPWT; $p < 0,05$) и сокращению времени до закрытия раны (7,5–7,8 против 9,2 сут; $p < 0,05$) [3].

Систематический обзор J. Acosta и соавторов (2025) (21 источник, 178 пациентов, 213 ран) показал, что в 17 исследованиях (97,9 % ран) отмечено снижение объема некротических тканей, а в 8 исследованиях более 63 % пациентов полностью избежали повторных хирургических обработок [14].

Рандомизированное контролируемое исследование D.A. Milcheski и соавторов (2025) – наиболее крупное по данной теме ($n = 120$) – показало, что NPWT-i достоверно сокращала время до закрытия раны (6,1 против 10,0 сут при стандартной NPWT; $p < 0,001$) и число хирургических вмешательств (3,0 против 3,5; $p < 0,001$) [15].

E. Nuhiji (2024) в обзоре тенденций и инноваций в NPWT при ожоговых ранах (308 пациентов, 13 исследований) установил, что при NPWT-i (15 пациентов) средний балл боли составил $3,20 \pm 2,18$ из 10, время до закрытия раны – $7,73 \pm 4,01$ сут. В клинических случаях электрических ожогов NPWT-i способствовала формированию грануляционной ткани в течение 4–5 сут. [5].

L.G. Fernandez и соавторы (2024) в крупном сравнительном исследовании (371 пациент с некротизирующими инфекциями мягких тканей) показали, что летальность при NPWT-i составила 2,1 % против 10,7 % при стандартной NPWT и 16,2 % при влажных повязках ($p = 0,02$). NPWT-i ассоциирована с пятикратным повышением шансов закрытия раны по сравнению со стандартной NPWT (отношение шансов – ОШ = 5,28; 95 % доверительный интервал – ДИ: 2,40–11,61; $p < 0,001$) [16].

Технические аспекты применения NPWT-i в комбустиологии

На основании анализа включенных публикаций обобщены рекомендуемые параметры NPWT-i при ожоговой травме (табл. 4).

Таблица 4. Рекомендуемые параметры NPWT-i при ожоговой травме

Параметр	Рекомендуемое значение
Отрицательное давление	–25...–125 мм рт. ст.
Время экспозиции раствора	5–20 мин
Длительность цикла аспирации	2–3,5 ч
Инстиллят	Изотонический раствор натрия хлорида (первый выбор); растворы гипохлорита при острой инфекции
Объем инстиллята	Индивидуально, 15–30 мл и более (до полного пропитывания повязки)
Смена повязки	1 раз в 2–7 сут.
Длительность курса	4–17 сут.

Обсуждение

Анализ литературы выявляет ряд существенных ограничений доказательной базы.

Низкий уровень доказательности при ожогах. Подавляющее большинство публикаций по NPWT-i непосредственно в комбустиологии – серии клинических случаев с малым числом наблюдений. Рандомизированные контролируемые испытания, специально

спланированные для оценки NPWT-i у обожженных, на сегодняшний день отсутствуют [3, 5].

Гетерогенность параметров терапии. В различных исследованиях применяются существенно различающиеся режимы: давление от –25 до –125 мм рт. ст., время экспозиции 5–20 мин, разные инстиллянты, что затрудняет сопоставление результатов [3, 10].



Ограниченность отечественных исследований по NPWT-i. К настоящему времени опубликованы две отечественные работы, напрямую сравнивающие NPWT-i со стандартной NPWT: исследование Н.А. Аветяна и соавторов (2026), выполненное при инфекциях кожи и мягких тканей, осложненных сепсисом ($n = 35$), и исследование М.А. Чиникова и соавторов (2025), проведенное у пациентов с гнойно-некротическими заболеваниями мягких тканей ($n = 25$). Исследований по NPWT-i непосредственно при ожоговой травме в отечественной литературе не выявлено [10, 11].

Отсутствие специализированных клинических рекомендаций для комбустиологии. В 2019 г. P.J. Kim и соавторы опубликовали обновленный международный консенсус по применению NPWTi-d, разработанный международной мультидисциплинарной группой экспертов (13 специалистов из США, Канады, Европы и Японии) с использованием модифицированного метода Дельфи (порог согласия $\geq 80\%$). Консенсус включает рекомендации по показаниям, выбору раствора для инстилляции, параметрам давления и режимам терапии для различных типов ран, в том числе – полнослойных ожогов после некрэктомии. Вместе с тем данный документ носит общехирургический характер и не содержит рекомендаций, специально разработанных для комбустиологической популяции. Отечественные клинические рекомендации по применению NPWT-i при ожоговой травме на момент написания обзора отсутствуют [4, 17].

Перспективными направлениями являются: проведение многоцентровых рандомизированных контролируемых испытаний сравнения NPWT-i со стандартной NPWT при различных глубинах и площадях ожогов, разработка стандар-

тизированных протоколов с учетом фазы раневого процесса и локализации, изучение оптимальных инстиллятов, исследование NPWT-i в детской комбустиологии; фармакоэкономический анализ, разработка отечественных клинических рекомендаций.

Выводы:

1. NPWT-i является перспективным методом в арсенале комбустиологов, сочетающим преимущества стандартной NPWT с дополнительными механизмами очищения и деконтаминации раневого ложа.

2. Зарубежные систематические обзоры и метаанализы подтверждают, что NPWT-i обеспечивает четырехкратное повышение вероятности снижения бактериальной обсемененности, увеличение шансов закрытия раны в 2,39 раза и достоверное сокращение числа хирургических обработок.

3. Первые отечественные работы, напрямую сравнившие NPWT-i со стандартной NPWT, – исследование Н.А. Аветяна и соавторов (2026) при инфекциях кожи и мягких тканей, осложненных сепсисом ($n = 35$), и исследование М.А. Чиникова и соавторов (2025) при гнойно-некротических заболеваниях мягких тканей ($n = 25$) – продемонстрировали статистически значимое снижение числа хирургических обработок, уровня маркеров воспаления (СРБ, ПКТ), сроков подготовки раны к закрытию и длительности госпитализации [10, 11].

4. Необходимо проведение многоцентровых рандомизированных контролируемых испытаний, специально спланированных для ожоговой популяции, что позволит разработать обоснованные клинические рекомендации по применению NPWT-i в комбустиологии.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Шаповалов С.Г. Опыт применения метода вакуумной терапии в отделе термических поражений // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 3. С. 26–34. EDN: RVHVLE.
2. Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В. Терапия ран отрицательным давлением: показания и особенности проведения у пациентов с ожогами // Российские биомедицинские исследования. 2022. Т. 7, № 3. С. 4–8. DOI: 10.56871/8318.2022.28.85.001 EDN: UIFIVD.
3. Silverman R.P. Negative Pressure Wound Therapy With Instillation and Dwell Time: Mechanisms of Action Literature Review. *Eplasty*. 2023;23:e54. PMID: 37743964.
4. Bernatchez S.F. Current State of Science in Negative Pressure Wound Therapy. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2025;14(6):273–278. DOI: 10.1089/wound.2024.0180.



5. Nuhiji E. Trends and Innovation in Negative Pressure Wound Therapy: A Review of Burn Wound Management. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2024;13(8):403-414. DOI: 10.1089/wound.2023.0114.

6. Черкасов М.Ф., Галашокян К.М., Старцев Ю.М., Черкасов Д.М., Меликова С.Г., Рудкова К.Е. Десятилетний опыт применения вакуумных систем в лечении осложнённых послеоперационных ран различной этиологии // Медицинский вестник Юга России. 2024. Т. 15, № 3. С. 106–114. EDN: XRIFVN.

7. Марченко Д.Н. Совершенствование способов хирургического лечения в комбустиологии с применением вакуум-терапии: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.17 / Марченко Денис Николаевич. Краснодар, 2022. 178 с. EDN: CSOPYS.

8. Богданов С.Б., Марченко Д.Н., Иващук В.Ю. Совершенствование способов хирургического лечения в комбустиологии с применением вакуум-терапии // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. 2022. № 2. С. 57–62. DOI: 10.17116/plast.hirurgia202202157 EDN: KFKWHM.

9. Варганов М.В., Микличев А.А., Богданов К.Д. Особенности предоперационной подготовки пациентов с ожогами и хроническими язвами различной этиологии к аутодермопластике // Антибиотики и химиотерапия. 2020. Т. 65, № 11–12. С. 22–26. DOI: 10.37489/0235-2990-2020-65-11-12-22-26 EDN: OSIDKC.

10. Аветян Н.А., Батыршин И.М., Демко А.Е., Склизов Д.С., Остроумова Ю.С. Опыт лечения инфекций кожи и мягких тканей, осложненных сепсисом с использованием инстилляционных систем терапии отрицательного давления // Российский хирургический журнал. 2026. Т. 2, № 1. С. 24–32. DOI: 10.18705/3034-7270-2026-2-1-24-32 EDN: DVQSVH.

11. Chinikov M.A., Kislyakov V.A., Al-Araki M.K., et al. Negative Pressure Wound Therapy With Saline Instillation Improves Early Healing in Purulent Soft-Tissue Disease. *Cureus*. 2025;17(12):e100098. DOI: 10.7759/cureus.100098.

12. Gabriel A., Kahn K., Karmy-Jones R. Effects of Negative-Pressure Wound Therapy With Instillation versus Standard of Care in Multiple Wound Types: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Plast Reconstr Surg*. 2021;147(1S-1):60S–76S. DOI: 10.1097/PRS.0000000000007614.

13. De Pellegrin L., Feltri P., Filardo G., et al. Effects of negative pressure wound therapy with instillation and dwell time (NPWTi-d) versus NPWT or standard of care in orthoplastic surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2023;20(5):1580-1594. DOI: 10.1111/iwj.14072.

14. Acosta J., Galarza L., Marsh M., et al. Effectiveness of Negative Pressure Wound Therapy With Instillation and Dwell in Removing Nonviable Tissue, Promoting Granulation Tissue, and Reducing Surgical Debridements: A Systematic Literature Review. *Wound Repair Regen*. 2025;33(4):e70059. DOI: 10.1111/wrr.70059.

15. Milcheski D.A., Clivatti G.M., Santos Junior R.A., et al. Effectiveness of negative-pressure wound therapy with instillation compared to standard negative-pressure wound therapy and traditional gauze layer dressing for the treatment of acute traumatic wounds: A randomized controlled trial. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2025;100:208-218. DOI: 10.1016/j.bjps.2024.11.005.

16. Afzal H., Dawson E., Fonseca R., et al. Negative Pressure Wound Therapy With and Without Instillation in Necrotizing Soft Tissue Infections. *Surg Infect (Larchmt)*. 2024;25(3):199-205. DOI: 10.1089/sur.2023.299.

17. Kim P.J., Attinger C.E., Constantine T., et al. Negative pressure wound therapy with instillation: International consensus guidelines update. *Int Wound J*. 2020;17(1):174-186. DOI: 10.1111/iwj.13254.

REFERENCES

1. Wagner D.O., Zinovev E.V., Soloshenko V.V., Shapovalov S.G. Experience of using vacuum therapy in the burn department. *Mediko-biologicheskie i sotsialno-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021;(3):26-34. (In Russ.). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-26-34.

2. Vagner D.O., Zinoviev E.V. Negative pressure wound therapy: indications and features of treatment in burned patients. *Russian Biomedical Research*. 2022;7(3):4-8. DOI: 10.56871/8318.2022.28.85.001 EDN: UIFIVD.

3. Silverman R.P. Negative Pressure Wound Therapy With Instillation and Dwell Time: Mechanisms of Action Literature Review. *Eplasty*. 2023;23:e54. PMID: 37743964.

4. Bernatchez S.F. Current State of Science in Negative Pressure Wound Therapy. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2025;14(6):273-278. DOI: 10.1089/wound.2024.0180.

5. Nuhiji E. Trends and Innovation in Negative Pressure Wound Therapy: A Review of Burn Wound Management. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2024;13(8):403-414. DOI: 10.1089/wound.2023.0114.

6. Cherkasov M.F., Galashokan K.M., Startsev Yu.M., et al. Ten years' experience of vacuum systems in treatment of complicated postoperative wounds of various etiologies. *Medical Bulletin of the South of Russia*. 2024;15(3):106-114. (In Russ.). DOI: 10.21886/2219-8075-2024-15-3-106-114 EDN: XRIFVN.



7. Marchenko D.N. *Sovershenstvovanie sposobov khirurgicheskogo lecheniya v kombustologii s primeneniem vakuum-terapii [Improving surgical treatment methods in burn care using vacuum therapy]* [Ph.D. Medical dissertation]. Krasnodar; 2022. (In Russ.). EDN: CSOPYS.
8. Bogdanov S.B., Marchenko D.N., Ivashchuk V.Yu. Vacuum therapy in surgical treatment of thermal burns. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. 2022;(2):57-62. (In Russ.). DOI: 10.17116/plast.hirurgia202202157 EDN: KFKWHM.
9. Varganov M.V., Miklichev A.A., Bogdanov K.D. Features of preoperative preparation of patients with burns and chronic ulcers of various etiology for autodermoplasty. *Antibiotics and Chemotherapy*. 2020;65(11-12):22-26. (In Russ.). DOI: 10.37489/0235-2990-2020-65-11-12-22-26 EDN: OSIDKC.
10. Avetyan N.A., Batyrsin I.M., Demko A.E., et al. Experience in treating skin and soft tissue infections complicated by sepsis using instillation systems of negative pressure therapy. *Russian Surgical Journal*. 2026;2(1):24-32. DOI: 10.18705/3034-7270-2026-2-1-24-32 EDN: DVQSVH.
11. Chinikov M.A., Kislyakov V.A., Al-Ariki M.K., et al. Negative Pressure Wound Therapy With Saline Instillation Improves Early Healing in Purulent Soft-Tissue Disease. *Cureus*. 2025;17(12):e100098. DOI: 10.7759/cureus.100098.
12. Gabriel A., Kahn K., Karmy-Jones R. Effects of Negative-Pressure Wound Therapy With Instillation versus Standard of Care in Multiple Wound Types: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Plast Reconstr Surg*. 2021;147(1S-1):60S–76S. DOI: 10.1097/PRS.0000000000007614.
13. De Pellegrin L., Feltri P., Filardo G., et al. Effects of negative pressure wound therapy with instillation and dwell time (NPWTi-d) versus NPWT or standard of care in orthoplastic surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2023;20(5):1580-1594. DOI: 10.1111/iwj.14072.
14. Acosta J., Galarza L., Marsh M., et al. Effectiveness of Negative Pressure Wound Therapy With Instillation and Dwell in Removing Nonviable Tissue, Promoting Granulation Tissue, and Reducing Surgical Debridements: A Systematic Literature Review. *Wound Repair Regen*. 2025;33(4):e70059. DOI: 10.1111/wrr.70059.
15. Milcheski D.A., Clivatti G.M., Santos Junior R.A., et al. Effectiveness of negative-pressure wound therapy with instillation compared to standard negative-pressure wound therapy and traditional gauze layer dressing for the treatment of acute traumatic wounds: A randomized controlled trial. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2025;100:208-218. DOI: 10.1016/j.bjps.2024.11.005.
16. Afzal H., Dawson E., Fonseca R., et al. Negative Pressure Wound Therapy With and Without Instillation in Necrotizing Soft Tissue Infections. *Surg Infect (Larchmt)*. 2024;25(3):199-205. DOI: 10.1089/sur.2023.299.
17. Kim P.J., Attinger C.E., Constantine T., et al. Negative pressure wound therapy with instillation: International consensus guidelines update. *Int Wound J*. 2020;17(1):174-186. DOI: 10.1111/iwj.13254.

АВТОРЫ

Аджиев Гамид Ибрагимович – ORCID: 0009-0001-8578-7660

Зиновьев Евгений Владимирович, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-2493-5498, SPIN: 4069-2346

Крылов Павел Константинович, к.м.н. – ORCID: 0000-0003-2872-2008, SPIN: 5438-9944

Сидельников Фон Эссен Владимир Олегович, д.м.н., проф. – ORCID: 0009-0005-2675-3742

Ханевич Михаил Дмитриевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0009-0007-7224-824X

AUTHORS

Adzhiev Gamid Ibragimovich – ORCID: 0009-0001-8578-7660

Zinoviev Evgeniy Vladimirovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-2493-5498, SPIN: 4069-2346

Krylov Pavel Konstantinovich, Ph.D. – ORCID: 0000-0003-2872-2008, SPIN: 5438-9944

Sidelnikov von Essen Vladimir Olegovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0009-0005-2675-3742

Khanevich Mikhail Dmitrievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0009-0007-7224-824X



УДК 617-089

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_17_23

ОДНОПОРТОВАЯ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКАЯ ХОЛЕЦИСТЭКТОМИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНДОХИРУРГИЧЕСКИХ АРТИКУЛИРУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

© И.М. БАТЫРШИН^{1,2}, Н.Н. ИГНАТЕНКО¹, Ю.С. ОСТРОУМОВА¹, А.Е. ДЕМКО^{1,2}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Представлен клинический случай эффективного и безопасного хирургического лечения пациента, длительно страдающего желчнокаменной болезнью, с применением специальных лапароскопических инструментов, оборудованных системой поворота шарнирных наконечников при однопортовой холецистэктомии. Благодаря применению артикулирующих устройств в условиях ограниченного пространства удается оптимизировать их функциональную практичность по сравнению со стандартными манипуляторами. Возможность обеспечения псевдотриангуляции инструментов позволяет увеличить амплитуду движений, повысить точность действий хирургических манипуляций, а также достичь оптимального радиуса обзора области операционного вмешательства за счет исключения перекрестного пересечения инструментов и оптики. Благодаря этому удается в полной мере соблюсти критерии безопасности CVS (Critical View of Safety), принятые сообществом хирургов Российской Федерации.

ОБОСНОВАНИЕ. Неуклонный рост частоты встречаемости желчнокаменной болезни закрепляет ее в структуре ведущих хирургических нозологий. Нарушение сбалансированного питания, гиподинамия, а также хронический стресс выступают основными предикторами заболевания, преимущественно у лиц молодого возраста, снижающими их качество жизни. В связи с этим возрастает необходимость внедрения малоинвазивных методик оперативного вмешательства, обеспечивающих не только радикальное и безопасное устранение заболевания, но и удовлетворительный косметический эффект с сопоставимыми медицинскими затратами.

ЦЕЛЬ: продемонстрировать технику выполнения однопортовой лапароскопической холецистэктомии с применением эндохирurgical артикулирующих инструментов и провести сравнительный анализ с другими существующими методами оперативных вмешательств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Представлен клинический случай лечения пациентки 25 лет с длительным анамнезом желчнокаменной болезни. Ввиду высоких требований к косметическому результату больной выполнена однопортовая лапароскопическая холецистэктомия с использованием эндохирurgical артикулирующих инструментов через единый umbilical доступ. Несмотря на дефицит рабочего пространства, обусловленного методикой доступа, применение специализированного инструментария позволило нивелировать эргономические ограничения и обеспечить адекватную триангуляцию для оптимального выполнения всех интраоперационных этапов при строгом соблюдении критериев CVS.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Продемонстрированный способ не уступает общепринятой методике выполнения операции и позволяет обеспечить адекватную триангуляцию, соблюдение критериев CVS в условиях дефицита рабочего пространства, а также гарантирует высокий косметический эффект и сохраняет экономическую целесообразность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Однопортовая лапароскопическая холецистэктомия с применением эндохирurgical артикулирующих инструментов является хорошей альтернативой общепринятым оперативным методикам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: желчнокаменная болезнь, холецистолитиаз, однопортовая лапароскопическая холецистэктомия, артикулирующие инструменты, критерии CVS.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Батыршин И.М., Игнатенко Н.Н., Остроумова Ю.С., Демко А.Е. Однопортовая лапароскопическая холецистэктомия с применением эндохирurgical артикулирующих инструментов // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 17–23.



SINGLE-PORT LAPAROSCOPIC CHOLECYSTECTOMY USING ENDOSURGICAL ARTICULATING INSTRUMENTS

© I.M. BATYRSHIN^{1,2}, N.N. IGNATENKO¹, YU.S. OSTROUMOVA¹, A.E. DEMKO^{1,2}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

This paper presents a clinical case of effective and safe surgical treatment of a patient with long-standing gallstone disease using specialized laparoscopic instruments equipped with a rotating articulated tip system during single-port cholecystectomy. The use of articulating devices in limited space optimizes their functional usability compared to standard manipulators. The ability to pseudo-triangulate the instruments increases the range of motion, enhances surgical precision, and achieves an optimal field of view by eliminating instrument and optic cross-talk. This allows for full compliance with the CVS (Critical View of Safety) safety criteria adopted by the Russian Society of Surgeons.

RATIONALE: The steadily increasing incidence of gallstone disease has set it as a leading surgical disorder. Unbalanced diet, physical inactivity, and chronic stress are the main predictors of the disease, primarily in young adults, reducing their quality of life. This increases the need for minimally invasive surgical techniques that provide not only radical and safe treatment but also a satisfactory cosmetic result with comparable medical costs.

OBJECTIVE: The aim of the work is to demonstrate the technique of performing single-port laparoscopic cholecystectomy using endoscopic articulating instruments and to conduct a comparative analysis with other existing surgical techniques.

MATERIALS AND METHODS: This paper presents a clinical case of a 25-year-old female patient with a long history of cholelithiasis. Due to high cosmetic requirements, the patient underwent single-port laparoscopic cholecystectomy using endoscopic articulating instruments through a single umbilical incision. Despite the limited working space required by the access technique, the use of specialized instrumentation mitigated ergonomic limitations and ensured proper triangulation for optimal performance of all intraoperative stages while strictly adhering to CVS criteria.

RESULTS: The demonstrated method is comparable to the generally accepted surgical technique and ensures adequate triangulation, strict adherence to CVS criteria in conditions of limited working space, and guarantees a high cosmetic effect while maintaining cost effectiveness.

CONCLUSION: Single-port laparoscopic cholecystectomy using endoscopic articulating instruments is a good alternative compared to conventional surgical techniques.

KEYWORDS: cholelithiasis, cholecystolithiasis, single-port laparoscopic cholecystectomy, articulating instruments, CVS criteria.

TO CITE THIS ARTICLE: Batyrshin I.M., Ignatenko N.N., Ostroumova Yu.S., Demko A.E. Single-port laparoscopic cholecystectomy using endosurgical articulating instruments. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):17-23. (In Russ.).

Введение

Желчнокаменная болезнь (ЖКБ) — это широко распространенное заболевание, для которого характерно образование конкрементов различной этиологии в просвете желчного пузыря. Данная патология обусловлена наследственной предрасположенностью, наличием ряда хронических заболеваний, индивидуальными особенностями конкретного региона проживания и образа жизни человека, влекущими за собой метаболические нарушения. Распространенность ЖКБ среди взрослого населения во всем мире достигает достаточно высоких показателей, варьируя от 10 % до 30 %, доходя в отдельных случаях до чрезвычайно высоких показателей на уровне 45–80 % [1].

Урбанизация современного населения в совокупности со стремлением к самореализации и

карьерному росту обусловлены быстрым темпом городской жизни и дефицитом времени. Люди преимущественно молодого возраста отдают предпочтение фастфуду, который содержит высококалорийные углеводы и жиры, тем самым вытесняя сбалансированный рацион питания. Дисбаланс макронутриентов способствует предрасположенности к ожирению и повышению риска образования камней в желчном пузыре. Однако, помимо метаболических нарушений, есть еще ряд существенных причин возникновения данного заболевания, таких как наличие сахарного диабета, беременность и стресс [2]. Резкое снижение индекса массы тела, в частности после бариатрических операций, также приводит к повышению риска возникновения ЖКБ. Несмотря на стремительное развитие медицины, холецистолитиаз остается актуальным



за счет распространенности и тенденции к омоложению [3]. Наличие желчнокаменной болезни влечет за собой пищевые ограничения, рецидивирующие диспептические явления и спастические боли, негативно влияющие на качество жизни работоспособного населения разного возраста.

Эволюция в лечении желчнокаменной болезни прошла долгий путь становления от консервативного лечения (травы, желчегонные препараты, диеты) и открытых оперативных вмешательств до современных операций из малых доступов [4]. Первая в мире лапароскопическая холецистэктомия была выполнена немецким профессором E. Muhe в 1985 г. с помощью изобретенного им галлоскопа-лапароскопа. Однако его метод не был принят современниками. Уже через несколько лет, в 1987 г., французский профессор P. Mouret выполнил лапароскопическую холецистэктомию (ЛХЭ) с адгезиолизисом с использованием нескольких портов и видеомонитора. К началу 1990-х годов ЛХЭ получила широкое распространение в клинической практике. В 1991 г. в России была проведена первая лапароскопическая холецистэктомия при хроническом течении желчнокаменной болезни, которую выполнили Ю.И. Галлингер и А.Д. Тимошин. Методология выполнения данного оперативного вмешательства с течением времени претерпела значительные изменения. Одним из ключевых аспектов выполнения данной операции стал «критический взгляд безопасности» (CVS – Critical View of Safety), сформулированный S. Strasberg в 1995 г., а сама лапароскопическая холецистэктомия в последующем зарекомендовала себя как золотой стандарт в лечении желчнокаменной болезни [5]. В Российской Федерации в 2022 г. лапароскопическая холецистэктомия включена в стандарты оказания медицинской помощи взрослым при лечении ЖКБ¹. Техника проведения операции регулируется клиническими протоколами, утвержденными профильными медицинскими ассоциациями и Министерством здравоохранения, подразумевая постановку 3–4 троакаров с применением традиционных лапароскопических инструментов с целью достижения адекватной триангуляции для безопасного выполнения операции с реализацией ключевых пунктов CVS.

В условиях быстрого прогресса медицины и постоянно меняющихся потребностей современного общества возникает необходимость улучшения качества оказания медицинских услуг, в частности методик оперативного вмешательства. Его целью является снижение рисков послеоперационных осложнений, уменьшение послеоперационного болевого синдрома, сокращение койко-дней госпи-

тализации, достижение максимального косметического эффекта. Подтверждением служит исследование, проведенное S. Joseph и соавт., по результатам которого у 40 % опрошенных пациентов в приоритете выбора техники выполнения лапароскопической холецистэктомии был послеоперационный косметический эффект [6]. Стремление к минимизации хирургической травмы передней брюшной стенки и сокращению количества троакарных разрезов привело к появлению однопортовой холецистэктомии через разрез в пупочной области. На данный момент существует несколько методик выполнения данной операции. Одна из них запатентована в 2022 г. в г. Сочи хирургом С.П. Мужиковым и подразумевает единый интраумбиликальный доступ размером около 3 см с установкой независимых друг от друга трех рабочих троакарных портов [7]. Однако применение стандартного лапароскопического инструментария не позволяет достичь адекватной триангуляции, повышая при этом риски интраоперационных осложнений в связи с ограниченной визуализацией операционного поля. Появление лапароскопических инструментов с шарнирными наконечниками, а также изобретение и дальнейшее активное введение многоканальных SILS-портов позволили достичь определенного прогресса. Использование SILS-методики позволяет получить необходимый угол воздействия инструментов на орган-мишень с достижением полноценного радиуса обзора операционного поля [8]. Однако данный способ также имеет ряд недостатков. Ключевые из них – отсутствие в большинстве стационаров SILS-портов с комплектующим набором троакарных портов, которые служат дорогостоящим одноразовым расходным материалом, а также необходимость использования специальной 5-миллиметровой оптики. Еще один значительный недостаток – зависимость рабочих инструментов друг от друга при выполнении манипуляций. Это связано с тем, что SILS-порт, по сути, является единым монопортом, где установлен весь инструментарий. Он не позволяет изолировать движения отдельно используемого инструмента, что особенно ощутимо у пациентов с избыточной подкожно-жировой клетчаткой.

В статье приведен случай успешного лечения пациента с длительным течением желчнокаменной болезни с использованием трех отдельных троакарных портов, установленных через единый доступ посредством интраумбиликального разреза, а также с применением артикулирующих лапароскопических инструментов.

Клинический случай

Пациентка Б., 25 лет, обратилась в ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт

¹ Об утверждении стандарта медицинской помощи взрослым при остром холецистите (диагностика и лечение): приказ Минздрава России от 27 мая 2022 г. № 356н. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206290036>.

скорой помощи им И.И. Джанелидзе» в связи с наличием желчнокаменной болезни для выполнения планового оперативного вмешательства в объеме лапароскопической холецистэктомии. Из анамнеза выяснилось, что ранее пациентка страдала от лишнего веса, который был обусловлен нарушением режима питания. Первый приступ желчной колики больная перенесла 5 лет назад, в связи с чем обследовалась амбулаторно, в результате чего выявлена желчнокаменная болезнь. Приступ был купирован консервативно с последующими рекомендациями к оперативному вмешательству в плановом порядке. На протяжении последующих четырех лет рецидива приступов не наблюдалось. Однако год назад пациентка изменила пищевые привычки, скорректировала рацион питания и режим двигательной активности, что привело к значительному снижению ИМТ. Резкая потеря веса привела к учащению болевых приступов в правом подреберье, что обусловило необходимость повторного обследования пациентки. По результатам амбулаторно выполненного ультразвукового исследования органов брюшной полости отмечалось наличие множественных желчных камней до 1 см в диаметре. Диагноз подтвержден МРТ исследованием.

Отказ от принятого стандарта лечения желчнокаменной болезни, а именно выполнения лапароскопической холецистэктомии, пациентка объясняла неудовлетворенностью прогнозируемого послеоперационного косметического эффекта. Учитывая данные анамнеза, желание пациента и отсутствие противопоказаний, была предложена техника однопортовой холецистэктомии.

В ходе операции пациентке выполнен умбиликальный доступ, ограничивающийся точкой на 1 см выше края пупочного кольца. Операционный доступ увеличен за счет тракции кожно-подкожно-жирового лоскута во взаимно противоположном направлении к проекции прогнозируемых мест установки рабочих троакаров по медиальным краям прямых мышц живота.

Посредством доступа по Хассону обеспечивается установка троакара диаметром 10 мм через пупочное кольцо, проводится инсуффляция, заведение лапароскопа. Учитывая рецидивирующие приступы желчной колики, проводится предварительный осмотр зоны операции с целью исключения выраженного спаечного процесса, что может существенно повлиять на выбор доступа оперативного вмешательства. Убедившись в отсутствии интраабдоминальных находок, противоречащих однопортовой холецистэктомии, выполняется установка двух 5-миллиметровых портов в проекции медиального края правой и левой мышц живота на расстоянии 1 см от проведенной условной горизонтальной линии на уровне пупка во взаимно противоположном кра-



Рис. 1. МРТ органов брюшной полости в режиме холангиографии



Рис. 2. Доступ при однопортовой холецистэктомии

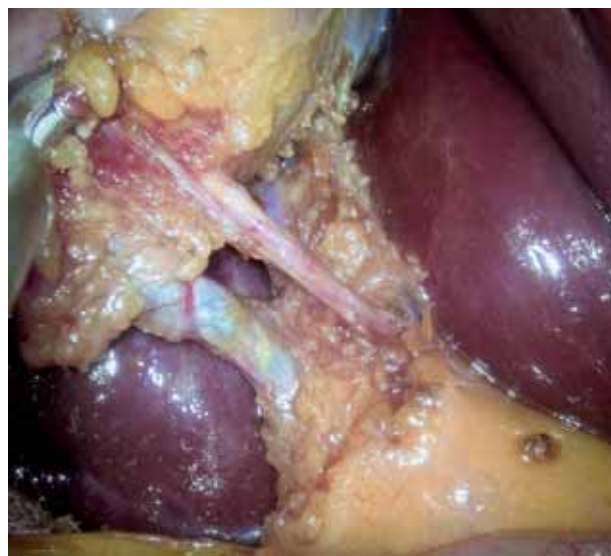


Рис. 3. Выделение структур с соблюдением критериев CVS

ниальном и каудальном направлениях, с визуальным образованием косой линии, ориентированной к зоне операции. Доступ предполагает дефицит рабочего пространства, в связи с чем применены специализированные артикулирующие инструменты с системой поворота шарнирных наконечников. После осуществления доступа выполнена типичная холецистэктомия с соблюдением CVS-критериев (выделение

треугольника Кало, нижней трети ложа желчного пузыря, а также идентификации двух трубчатых структур — пузырного протока и артерии).

После выделения артерии и протока желчного пузыря, а также его диссекции в нижней трети от ложа печени структуры клипированы в стандартном соотношении 2:1 с последующим пересечением холодными ножницами.

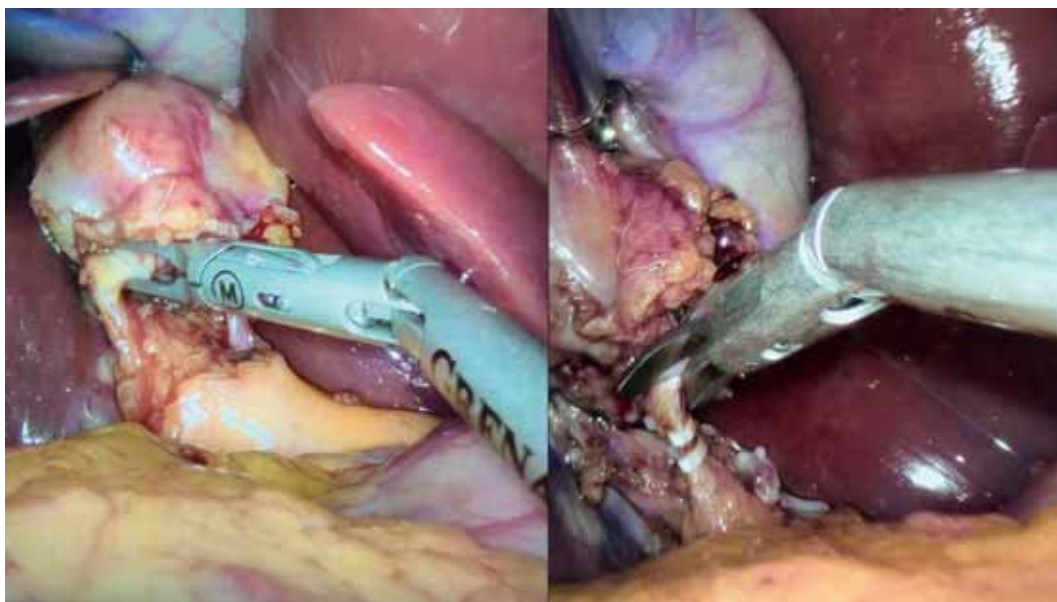


Рис. 4. Клипирование и пересечение структур артикулирующими инструментами



Рис. 5. Вид передней брюшной стенки после завершения операции



Рис. 6. Вид передней брюшной стенки после завершения операции

После выполнения ключевого этапа операции желчный пузырь полностью отделен от его ложа с последующей коагуляцией шарообразным электродом. Выполнен контроль гемостаза и отсутствия

инородных тел. Через 5-миллиметровый порт затягивающую нить к ране подтянут стерильный контейнер с желчным пузырем, 10- и 5-миллиметровый неактивные порты извлечены. При



одномоментном извлечении оставшегося порта диаметром 5 мм с манипулятором, захватывающим контейнер, под визуальным контролем из 1-сантиметрового доступа осуществлен захват затягивающей нити контейнера мягким зажимом по типу Шамлея с последующей его эвакуацией.

Дефекты ушиты узловыми швами нерассасывающейся нитью. При ушивании ран под визуальным контролем произведено их перекрытие в контрлатеральные стороны с дополнительным наложением одного узлового шва с каждой стороны для снижения натяжения с целью профилактики послеоперационной вентральной грыжи.

Послеоперационный период протекал без существенных жалоб. Учитывая выбор малоинвазивного доступа, интенсивность болевого синдрома в сравнении с общепринятой тактикой лапароскопической операции была менее выражена и не требовала медикаментозной коррекции [9]. В связи с этим послеоперационный период протекал с соблюдением ключевых принципов Fast Track. На 1-е сутки послеоперационного периода выполнен контроль клинико-лабораторной диагностики крови с последующим переводом пациента на амбулаторный этап лечения. Швы сняты на 7-е сутки послеоперационного периода.

Обсуждение

Ключевым аспектом в выполнении лапароскопических операций вне зависимости от доступа, является достижение адекватной триангуляции, целью которой является обеспечение достаточного радиуса обзора операционного поля и реализация функциональной возможности инструментария. При выполнении однопортовых оперативных вмешательств, в частности лапароскопической холецистэктомии, применение артикулирующих инстру-

ментов в сочетании с отдельной установкой портов из моноразреза функционально превосходит возможности стандартных манипуляторов. Чтобы показать преимущества артикулирующих инструментов при выполнении данной операции, нами использовался весь стандартный спектр инструментов, оснащенных поворотным механизмом рабочих бранш: диссектор, ножницы, клипатор диаметром рабочего инструмента 5 мм. Система поворота шарнирных наконечников в условиях ограниченного пространства оптимизирует функциональную полезность инструментов, обеспечивая удобный угол воздействия на всех этапах операции. Возможность достижения псевдотриангуляции инструментов позволяет увеличить амплитуду движений, повысить точность действий хирургических манипуляций и обеспечить увеличенный радиус обзора области оперативного вмешательства за счет исключения перекрестного пересечения инструментов.

Наш опыт показал, что использование артикулирующего инструментария является незаменимым аспектом при выполнении однопортовой холецистэктомии при соблюдении критериев CVS. Адекватная тракция, оптический контроль операционного поля, возможность изменения угла преломления рабочих инструментов при работе с пузырьным протоком и артерией позволяют, изменив угол воздействия, обеспечить визуальный контроль не только за браншами инструментов, но и за критически важными структурами. Помимо этого, данный метод экономически выгоден в связи с тем, что его функциональная возможность и достигаемый результат не уступают способам, при которых применяются одноразовые SILS-порты со специализированными для них инструментами, что значительно снижает затраты медицинского учреждения.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желчнокаменная болезнь: МКБ-10: K80.0, K80.1, K80.2, K80.3, K80.4, K80.5, K80.8, K82.0, K82.1, K82.2, K82.3, K82.4, K82.8, K83.1, K83.3, K83.8, K87.0, K91.5: клинические рекомендации / Министерство Здравоохранения Российской Федерации, Общероссийская общественная организация «Российское общество хирургов», Ассоциация «Эндоскопическое общество «РЭнДО», Российская Гастроэнтерологическая Ассоциация. М., 2024. / Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/877_1/.
2. Шаталов А.Д., Хацко В.В., Дудин А.М., Мамисашвили З.С., Страшко Е.Н. Современные представления об этиологии и патогенезе желчнокаменной болезни // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2022. Т. 26, № 4. С. 416–422. EDN: UAQZLS.
3. Никитин И.Г., Волнухин А.В. Желчнокаменная болезнь: эпидемиологические данные, ключевые аспекты патогенеза и коморбидности, актуальные терапевтические мишени // РМЖ. Медицинское обозрение. 2020. Т. 4, № 5. С. 290–296. DOI: 10.32364/2587-6821-2020-4-5-290-296.



4. Сахабетдинов Б.А., Бобрихина А.С., Гильмуллина А.З., Саитов Б.В., Петрова Д.В. История изучения и лечения желчнокаменной болезни // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2026. Т. 16, № 1. С. 157–163. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2026.1.EDU.1.

5. Тимербулатов М.В., Гришина Е.Е., Аитова Л.Р., Азиев М.М. Современные принципы безопасности при выполнении лапароскопической холецистэктомии // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2022. № 12. С. 104–108. DOI: 10.17116/hirurgia2022121104.

6. Баталова Ю.С., Нузова О.Б. Современные лапароскопические технологии при лечении желчнокаменной болезни // Оренбургский медицинский вестник. 2015. Т. 3, № 4. С. 61–67. EDN: VCYSVX.

7. Патент № 2793514 РФ, МПК А61В17/94, А61В17/00, А61В17/34, А61В1/313. Способ выполнения однопортовой холецистэктомии через единый лапароскопический доступ штатным лапароскопическим инструментарием: № 2022102421: заявл. 22.02.2022; опубл. 04.04.2023 / Мужиков С.П. — 19 с.: ил.

8. Яхин Р.Р. Однопортовая лапароскопическая холецистэктомия в лечении больных с неосложненной желчекаменной болезнью: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.17 / Яхин Рустем Рашитович. Казань, 2020. 128 с.

9. Алекберзаде А.В., Липницкий Е.М., Сундуков И.В., Бадалов Д.А. Ранние послеоперационные результаты однопортовой и многопортовой лапароскопической холецистэктомии // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2014. № 2 (102). С. 57а. EDN: SZWVEJ.

REFERENCES

1. Ministry of Health of the Russian Federation, ed. *Zhelchnokamennaya bolezni [Gallstone disease]: Clinical Guidelines*. Moscow; 2024. (In Russ.). https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/877_1/.

2. Shatalov A.D.1, Khatsko V.V.1, Dudin A.M., et al. Modern concepts about the etiology and pathogenesis of gallstone disease. *Vestnik of hygiene and epidemiology*. 2022;26(4):416-422. EDN: UAQZLS.

3. Nikitin I.G., Volnukhin A.V. Cholelithiasis: epidemiological data, key aspects of the pathogenesis and comorbidity, relevant therapeutic targets. *Russian Medical Inquiry*. 2020;4(5):290-296. (In Russ.). DOI: 10.32364/2587-6821-2020-4-5-290-296.

4. Sakhabetdinov B.A., Bobrikhina A.S., Gilmullina A.Z., et al. History of the study and treatment of cholelithiasis. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2026;16(1):157-163. (In Russ.). DOI: 10.20340/vmi-rvz.2026.1.EDU.1.

5. Timerbulatov M.V., Grishina E.E., Aitova L.R., Aziev M.M. Modern principles of safety in laparoscopic cholecystectomy. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2022;(12):104-108. (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia2022121104.

6. Batalova Yu.S., Nuzova O.B. Modern laparoscopic technologies in the treatment of gallstone disease. *Orenburg Medical Herald*. 2015;3(4):61-67. (In Russ.). EDN: VCYSVX.

7. Muzhikov S.P., inventor; Method for performing single-port cholecystectomy through single laparoscopic access using standard laparoscopic instrumentation. Russian Federation Patent No. 2793514. April 4, 2023. (In Russ.).

8. Yakhin R.R. *Odnoportovaya laparoskopicheskaya kholetsistektomiya v lechenii bolnykh s neoslozhnennoy zhelchekamennoy boleznью [Single-port laparoscopic cholecystectomy in the treatment of patients with uncomplicated gallstone disease]* [Ph.D. Medical dissertation]. Kazan; 2020. (In Russ.).

9. Alekberzade A.V., Lipnitskiy E.M., Sundukov I.V., Badalov D.A. Ranniye posleoperatsionnyye rezultaty odnoportovoy i mnogoportovoy laparoskopicheskoy kholetsistektomii [Early postoperative results of single-port and multi-port laparoscopic cholecystectomy]. *Experimental and Clinical Gastroenterology Journal*. 2014;(2):57a. (In Russ.). EDN: SZWVEJ.

АВТОРЫ

Батыршин Илдар Муллаянович, д.м.н. — ORCID: 0000-0003-0241-7902, SPIN: 5287-7599

Игнатенко Николай Николаевич — ORCID: 0009-0008-9901-1880

Остроумова Юлия Сергеевна, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-1540-7909, SPIN: 8888-4280

Демко Андрей Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

AUTHORS

Batyrshin Ildar Mullayanovich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0003-0241-7902

Ignatenko Nikolay Nikolaevich — ORCID: 0009-0008-9901-1880

Ostroumova Yulia Sergeevna, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-1540-7909

Demko Andrey Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-5606-288X



УДК 616.329-072.1

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_24_29

СИНДРОМ БУРХАВЕ: НОВЫЙ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ENDOVAC-ТЕХНОЛОГИИ

© М.И. САФОВЕВ¹, А.Н. ТУЛУПОВ^{1,2}, А.Е. ДЕМКО^{1,2}, Ю.Н. УЛЬЯНОВ¹, А.А. ЕСЕНОКОВ¹, В.С. КОПАЕВ²

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Для лечения синдрома Бурхаве успешно применяется EndoVAC-технология, при которой EndoVAC-система устанавливается антеградно, что сопряжено с высоким риском развития инфекционных осложнений, а также вызывает дискомфорт у пациентов. В данной статье описан новый более комфортный для пациента способ применения EndoVAC-технологии, в котором «губка» VAC-системы устанавливается ретроградно.

ЦЕЛЬ: совершенствование EndoVAC-технологии при лечении синдрома Бурхаве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: EndoVAC, синдром Бурхаве, эзофагоскопия.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Сафоев М.И., Тулупов А.Н., Демко А.Е., Ульянов Ю.Н., Есеноков А.А., Копеев В.С. Синдром Бурхаве: новый способ применения EndoVAC-технологии // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 24–29.

BOERHAAVE SYNDROME: A NEW WAY OF USING ENDOVAC TECHNOLOGY

© M.I. SAFOEV¹, A.N. TULUPOV^{1,2}, A.E. DEMKO^{1,2}, YU.N. ULYANOV¹, A.A. ESENOKOV¹, V.S. KOPAEV²

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

To treat Boerhaave syndrome, EndoVAC technology is successfully used, in which the EndoVAC system is installed antegradually, which has a high risk of developing infectious complications, and also causes discomfort in patients. This article describes a new more comfortable way for the patient to use EndoVAC technology, in which the “sponge” of the VAC system is installed retrogradely.

Purpose: Improvement of EndoVAC technology in the treatment of Boerhaave syndrome.

KEYWORDS: EndoVAC, Boerhaave syndrome, esofagoscopy.

TO CITE THIS ARTICLE: Safiev M.I., Tulupov A.N., Demko A.E., Ulyanov Yu.N., Esenokov A.A., Kopaev V.S. Boerhaave syndrome: a new way of using EndoVAC technology. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):24–29. (In Russ.).

Синдром Бурхаве (спонтанный разрыв пищевода) — редкое и жизнеугрожающее состояние, вызванное сильной рвотой, которое может привести к различным осложнениям, таким как гнилостный медиастинит, пиопневмоторакс, сепсис (рис. 2) [1, 2, 3]. Традиционные способы лечения спонтанных и травматических разрывов пищевода путем пассивного и активного дренирования желудка, длительного закрытого дренирования средостения через плевральную полость, а также путем проведения торакотомии или лапарото-

мии и зашивания дефектов открытым способом далеко не всегда эффективны [4, 5, 6].

Недостатками этих способов являются:

1. Постоянное поступление через рану пищевода в средостение и плевральную полость инфицированной слюны.

2. Отсутствие в связи с этим возможности необходимого для заживления сближения краев разрыва пищевода.

3. Высокая вероятность развития эмпиемы плевры с бронхоплевральным свищом и ригид-

ным легким, пневмонии, алиментарного истощения при длительном плевральном дренировании.

4. Большая травматичность доступа при открытом зашивании раны пищевода.

5. Высокая летальность.

6. Дороговизна.

В последние годы стал использоваться способ лечения разрывов и ранений пищевода путем продолженной активной аспирации из раны и средостения с использованием установленной эндоскопической путем EndoVAC-системы [3, 7, 8, 9]. Такая EndoVAC-система устанавливается антеградно (рис. 1, 3), что имеет высокий риск развития инфекционных осложнений, а также вызывает дискомфорт у пациентов. Их питание при этом осуществляется парентерально или через второй назоэзофагогастральный зонд.

Недостатками данного способа считаются:

1. Регургитация желудочного содержимого при питании через назоэзофагогастральный зонд.

2. Высокая вероятность развития аспирационных эндобронхита и пневмонии.

3. Постоянное раздражение и дискомфорт при продолжительном нахождении зонда (или 2 зондов) в носовых ходах.

4. Возможность смещения EndoVAC-системы при поворотах головы.

5. Большая доступность назогастрального зонда и EndoVAC-системы для случайного или преднамеренного удаления (выдергивания) пациентом.

6. Дороговизна из-за необходимости проведения продолжительного парентерального питания.

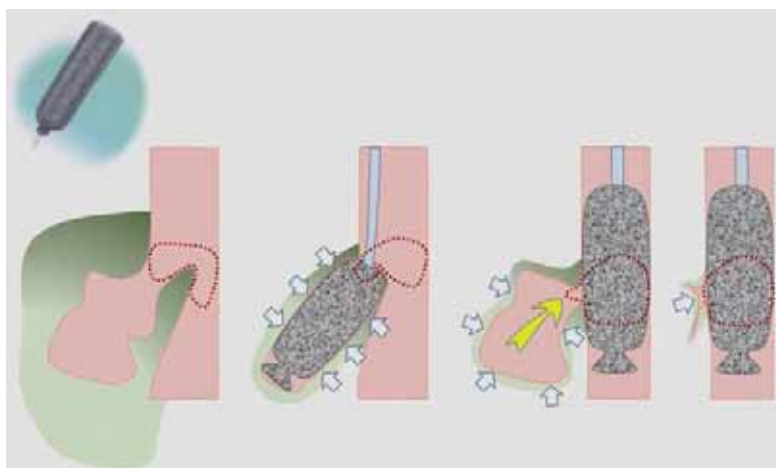


Рис. 1. Схема антеградной вакуумной аспирационной системы (Шишин К.В., 2019) [8]



Рис. 2. Дефект стенки пищевода с формированием абсцесса в средостении (указан стрелкой). Эзофагоскопия в белом свете [8]



Рис. 3. Установка антеградной эндоскопической VAC-системы в полость абсцесса в средостении (указана стрелкой). Эзофагоскопия в белом свете [8]

Задачей настоящего исследования стало повышение эффективности лечения разрывов пищевода путем совершенствования EndoVAC-технологии.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе лечения разрывов пищевода путем активной аспирации из раны пищевода с использованием установленной эндоскопическим путем EndoVAC-системы аспирацию из раны производят через зонд, выведенный через гастростому, а питание — через еюностому.

Заживление раны пищевода замедляют постоянное заглатывание слюны и регургитация (заброс в пищевод) желудочного содержимого, которые содержат соляную кислоту и пищеварительные ферменты. Они препятствуют выпадению фибрина и разрастанию грануляций в ране. Кроме этого, попадание содержимого желудка в трахею приводит к тяжелым аспирационным осложнениям (гнойный эндобронхит, пневмония, абсцессы легких). Все это имеет место при использовании прототипа, когда питание осуществляется через назоэзофагогастральный зонд. Желудочная регургитация существенно снижает, а нередко сводит на нет эффективность лечения разрывов пищевода. Абсолютно необходимым условием для решения поставленной задачи и заживления раны этого органа является постоянное опорожнение пищевода и желудка. Зонд EndoVAC-системы, выведенный согласно нашему предложению через гастростому, обеспечивает непрерывную аспирацию жидкости из раны и просвета пищевода, а еюностома предназначена для энтерального питания. Таким образом, в желудок пища и слюна не попадают, он опорожняется естественным путем, и угроза желудочной регургитации исключается.

Способ реализуется следующим образом. Вначале под местным обезболиванием эндоскопическим путем накладываются чрескожная гастростома и питательная еюностома. В начальном этапе, до формирования свища (5–8 суток), через гастростому вводится зонд с петлей на конце, затем при помощи видеогастроскопа и щипцов выводится наружу через рот. На перфорированном центральном конце зонда при помощи лигатур фиксируется губка, которая вместе с зондом под контролем эндоскопа низводится и устанавливается на уровне дефекта пищевода. Периферический конец зонда подтягивается и фиксируется снаружи к гастростоме (рис. 4). Аспирация через него осуществляется с разряжением 80–100 мм рт. ст. круглосуточно. При необходимости (пневмоторакс, экссудативный плеврит, эмпиема плевры) плевральная полость дренируется. Отри-

цательное давление создает благоприятные условия для адекватного опорожнения гнойника средостения и просвета пищевода, способствует уменьшению отека и формированию грануляций, что обеспечивает заживление раны пищевода. Питание осуществляется через наложенную еюностому. Смена EndoVAC-системы производится 1 раз в неделю. Продолжительность такого лечения определяется индивидуально и обычно составляет от 21 до 28 суток.

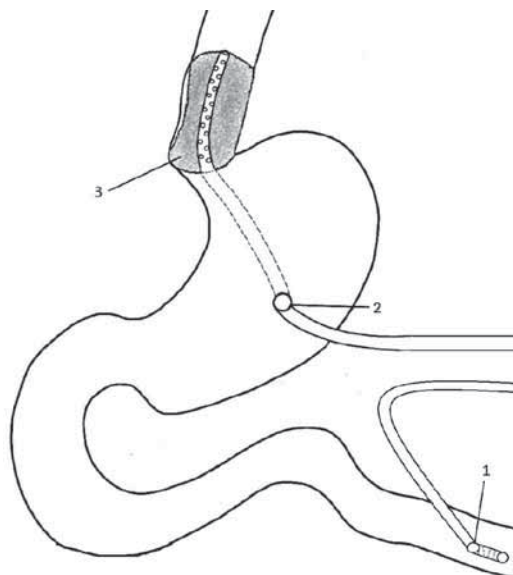


*Рис. 4. Схема ретроградной эндоскопической вакуумной аспирационной системы:
1 – еюностома, 2 – гастростома,
3 – EndoVAC-обтуратор в области раны пищевода*

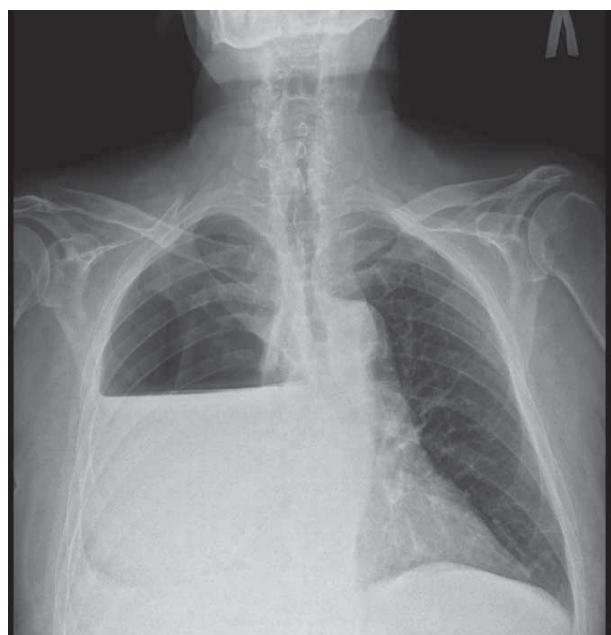


Рис. 5. Обзорная рентгенограмма груди в прямой проекции пациента С. при поступлении

Пример клинического применения

Пациент С., 71 г., доставлен в Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе 21.04.2024 в тяжелом состоянии с жалобами на боли в животе опоясывающего характера, преимущественно справа, тошноту, одышку, лихорадку. Болен в течение последних 2 суток. Накануне на фоне употребления алкогольных напитков была многократная рвота и мелена. При поступлении установлен диагноз тотального пиопневмоторакса справа (рис. 5).

В срочном порядке пациенту под местным обезболиванием выполнено дренирование правой плевральной полости, получен гной (1 л) с воздухом. По данным срочной видеоэзофагогастродуоденоскопии (ВЭГДС), пищевод проходим, его просвет деформирован, от 29 см до 37 см от резцов имеется полный дефект правой боковой стенки размерами 1×3 см (рис. 6), сообщающийся с правой плевральной полостью; края дефекта с обильными налетами фибрина; эндоскоп свободно введен в плевральную полость, которая накануне была дренирована; висцеральная и париетальная плевра с обильными налетами фибрина, в плевральной полости содержится непереваренная пища; выполнена санация остаточной плевральной полости с эвакуацией ее содержимого и обильным промыванием 0,5 % раствором Диоксидина. Диагноз: «Спонтанный разрыв пищевода (синдром Бурхаве), тотальный пиопневмоторакс справа».

Наложены эндоскопическим путем гастростома и видеоассистированная питательная еюностома. Заявляемым способом в пищевод эндоскопическим путем ретроградно установлена EndoVAC-система, которая менялась 1 раз в неделю 4 раза и 25.06.2024 удалена. Система обеспечивала эвакуацию из зоны разрыва от 1,5 до 0,8 л жидкости в сутки. Плевральный дренаж удален после купирования явлений медиастинита и эмпиемы плевры через 2 недели от момента поступления пациента. При обзорной рентгенографии груди с контрастированием пищевода 18.05.2024 его дефекта, а также признаков медиастинита и эмпиемы плевры не определяется; имеются плевральные наслоения справа (рис. 7).

При контрольной ВЭГДС через 1,5 мес. после поступления в области раны пищевода имеется неокрепший рубец, пищевод свободно проходим (рис. 8).

Больной начал питаться через рот. Удалены гастростома и еюностома. Еще через 1 неделю в удовлетворительном состоянии пациент выписан для амбулаторного лечения.

Преимущества разработанного нами способа перед известным представлены в таблице 1.



Рис. 6. Эндофото раны средней трети пищевода при поступлении



Рис. 7. Обзорная рентгенограмма груди в прямой проекции больного С. по окончании лечения



Рис. 8. Эндофото неокрепшего рубца средней трети пищевода по заживлении раны и завершении лечения



Таблица 1. Преимущества предлагаемого способа перед известными

Показатели	Известный способ	Предлагаемый способ
Выведение зонда через нос	Необходимо	Не требуется
Надежность фиксации EndoVAC-системы	Низкая	Высокая
Опасность случайного или преднамеренного удаления зонда и EndoVAC-системы пациентом	Высокая	Низкая
Вероятность развития аспирационных и инфекционных осложнений	Высокая	Низкая
Дороговизна лечения	Высокая	Низкая
Дискомфорт для пациента	Высокий	Низкий
Трудность (техника выполнения)	Высокая	Низкая
Риск вмешательства	Низкий	Низкий

Из представленных в таблице данных видно, что предлагаемый способ по сравнению с известным, несмотря на одинаково низкий риск, гораздо более безопасен, эффективен и дешев.

Новый способ дает возможность малоинвазивным путем, в комфортных условиях для

пациента эффективно санировать рану, просвет пищевода и абсцесс средостения, создать благоприятные условия для купирования медиастинита, предотвращения эмпиемы плевры и обеспечить заживление дефекта пищевода вторичным натяжением.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дамбаев Г. Ц., Полонянкин А. С., Вусик А. Н. и др. Апоплексия пищевода (синдром Бурхава) // Сибирское медицинское обозрение. 2024. № 1 (145). С. 98–101. DOI: 10.20333/25000136-2024-1-98-101 EDN: JWRYRK.
2. Ajani T., Loayza Pintado J., Derian N., et al. When Textbook Meets Reality: A Rare Case of Boerhaave's Syndrome With Mackler's Triad. *J Investig Med High Impact Case Rep.* 2026;14:23247096261416258. DOI: 10.1177/23247096261416258.
3. Chan C., Liang Y., Yip T.W.H., et al. Endoscopic Treatment of Boerhaave Syndrome Related Empyema. *Respirol Case Rep.* 2026;14(1):e70432. DOI: 10.1002/rccr.2.70432.
4. Даниелян Ш.Н., Абакумов М.М., Тарабрин Е.А., Рабаданов К.М. Хирургическое лечение спонтанного разрыва пищевода: многолетний опыт НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2021. № 5. С. 50–57. DOI: 10.17116/hirurgia202105150.
5. Pournaras D.J., Hardwick R.H., Safranek P.M., et al. Endoluminal Vacuum Therapy (E-Vac): A Treatment Option in Oesophagogastric Surgery. *World J Surg.* 2018;42(8):2507-2511. DOI: 10.1007/s00268-018-4463-7.
6. Chirica M., Kelly M.D., Siboni S., et al. Esophageal emergencies: WSES guidelines. *World J Emerg Surg.* 2019;14:26. DOI: 10.1186/s13017-019-0245-2.
7. Бурмистров М. В., Попов, В. А., Матвеев В. Ю. и др. Применение эндоскопической вакуумной терапии при спонтанном разрыве пищевода – синдроме Бурхава (клинический случай) // Поволжский онкологический вестник. 2025. Т. 16, № 1(62). С. 110–119. DOI: 10.32000/2078-1466-2025-1-110-119 EDN: ZFKIBX.
8. Тулунов А.Н., Мануковский В.А., Демко А.Е. и др. Неотложная хирургия груди и живота: руководство для врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 752 с. DOI: 10.33029/9704-7848-6-SUR-2024-1-752.
9. Wedemeyer J., Schneider A., Manns M.P., Jacobs S. Endoscopic vacuum-assisted closure of upper intestinal anastomotic leaks. *Gastrointest Endosc.* 2008;67(4):708-711. DOI: 10.1016/j.gie.2007.10.064.



REFERENCES

1. Dambaev G.T., Polonyankin A.S., Vusik A.N., et al. Oesophageal Apoplexy (Boerhaave Syndrome). *Siberian Medical Review*. 2024;(1):98–101. (In Russ.). DOI: 10.20333/25000136-2024-1-98-101 EDN: JWRYRK.
2. Ajani T., Loayza Pintado J., Derian N., et al. When Textbook Meets Reality: A Rare Case of Boerhaave's Syndrome With Mackler's Triad. *J Investig Med High Impact Case Rep*. 2026;14:23247096261416258. DOI: 10.1177/23247096261416258.
3. Chan C., Liang Y., Yip T.W.H., et al. Endoscopic Treatment of Boerhaave Syndrome Related Empyema. *Respirol Case Rep*. 2026;14(1):e70432. DOI: 10.1002/rcr2.70432.
4. Danielyan Sh.N., Abakumov M.M., Tarabrin E.A., Rabadanov K.M. Surgical treatment of spontaneous esophageal rupture: long-term experience of the Sklifosovsky Research Institute for Emergency Care. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2021;(5):50-57. (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia202105150.
5. Pournaras D.J., Hardwick R.H., Safranek P.M., et al. Endoluminal Vacuum Therapy (E-Vac): A Treatment Option in Oesophagogastric Surgery. *World J Surg*. 2018;42(8):2507-2511. DOI: 10.1007/s00268-018-4463-7.
6. Chirica M., Kelly M.D., Siboni S., et al. Esophageal emergencies: WSES guidelines. *World J Emerg Surg*. 2019;14:26. DOI: 10.1186/s13017-019-0245-2.
7. Burmistrov M.V., Popov V.A., Matveev V.Y. Use of endoscopic vacuum therapy for spontaneous esophageal rupture – Boerhaave syndrome (case report). *Oncology Bulletin of the Volga Region*. 2025;16(1):110-119. (In Russ.). DOI: 10.32000/2078-1466-2025-1-110-119 EDN: ZFKIBX.
8. Tulupov A.N., Manukovskiy V.A., Demko A.E., et al. *Neotlozhnaya khirurgiya grudi i zhivota [Emergency Thoracic and Abdominal Surgery]*: Moscow: GEOTAR-Media; 2024. (In Russ.). DOI: 10.33029/9704-7848-6-SUR-2024-1-752.
9. Wedemeyer J., Schneider A., Manns M.P., Jackobs S. Endoscopic vacuum-assisted closure of upper intestinal anastomotic leaks. *Gastrointest Endosc*. 2008;67(4):708-711. DOI: 10.1016/j.gie.2007.10.064.

АВТОРЫ

Сафоев Муса Искандерович, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-9358-875X

Тулупов Александр Николаевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0003-2696-4847, SPIN: 2507-6640

Демко Андрей Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Ульянов Юрий Николаевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-8777-4444, SPIN: 3810-3537

Есеноков Аслан Арсенович — ORCID: 0000-0003-4379-8879

Копяев Владислав Сергеевич — ORCID: 0000-0003-3179-9807, SPIN: 5540-4325

AUTHORS

Safoev Musa Iskanderovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-9358-875X

Tulupov Aleksandr Nikolayevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0003-2696-4847, SPIN: 2507-6640

Demko Andrey Evgenyevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Ulyanov Yuri Nikolayevich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-8777-4444, SPIN: 3810-3537

Esenokov Aslan Arsenovich — ORCID: 0000-0003-4379-8879

Kopyaev Vladislav Sergeyevich — ORCID: 0000-0003-3179-9807, SPIN: 5540-4325



УДК 616.329-072.1

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_30_34

ПРИМЕНЕНИЕ ENDOVAC-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СИНДРОМЕ БУРХАВЕ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

© М.И. САФОВЕВ¹, А.Е. ДЕМКО^{1,2}, А.Н. ТУЛУПОВ^{1,2}, Ю.Н. УЛЬЯНОВ¹, В.С. КОПАЕВ²

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Синдром Бурхава, или «банкетная болезнь», — редкое, опасное и труднодиагностируемое состояние, характеризующееся спонтанным трансмуральным разрывом пищевода. Механизм развития заключается во внезапном повышении внутрипищеводного давления в момент рвотных движений. Традиционные способы лечения синдрома Бурхава включают ушивание разрыва пищевода из торакотомного или лапаротомного доступов, однако они далеко не всегда эффективны. В связи с этим актуальным представляется применение при данной патологии EndoVAC-технологии.

ЦЕЛЬ: демонстрация случая применения EndoVAC-технологии в лечении синдрома Бурхава.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: EndoVAC, синдром Бурхава, эзофагоскопия.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Сафоев М.И., Демко А.Е., Тулупов А.Н., Ульянов Ю.Н., Копеев В.С. Применение EndoVAC-технологии при синдроме Бурхава (клиническое наблюдение) // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 30–34.

USING ENDOVAC TECHNOLOGY IN THE BOERHAAVE SYNDROME TREATMENT: A CLINICAL CASE

© M.I. SAFOEV¹, A.E. DEMKO^{1,2}, A.N. TULUPOV^{1,2}, Yu.N. ULYANOV¹, V.S. KOPAEV²

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Boerhaave syndrome is a rare, critical and diagnostically challenging condition characterized by transmural esophageal perforation. Boerhaave syndrome occurs during vomiting and retching, when intraesophageal pressure is increased. Traditional treatment includes thoracotomy and laparotomy, which may end up ineffective. This makes EndoVAC technology relevant in modern day.

Objective is to demonstrate a case of using EndoVAC technology in the treatment of the Boerhaave syndrome.

KEYWORDS: EndoVAC, Boerhaave syndrome, esofagoscopy.

TO CITE THIS ARTICLE: Safiev M.I., Demko A.E., Tulupov A.N., Ulyanov Yu.N., Kopaev V.S. Using EndoVAC technology in the Boerhaave syndrome treatment: a clinical case. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):30-34. (In Russ.).

Введение

Синдром Бурхава, или «банкетная болезнь», — редкое, опасное и трудно диагностируемое состояние, характеризующееся спонтанным трансмуральным разрывом пищевода, чаще всего слева на уровне нижней трети [1, 2]. Механизм развития заключается во внезапном повышении внутрипищеводного давления в момент рвотных движений до 150–200 мм рт. ст. при возникшем спазме крикоэзофагеального сфинктера [3, 4]. Традиционные спо-

собы лечения синдрома Бурхава включают в себя торакотомию или лапаротомию с ушиванием дефекта пищевода и миопластикой «на ножке», дренированием плевральной полости и средостения [3, 4]. Однако ушивание пищевода не всегда эффективно, и у значительного количества пациентов (до 40 %) на 5–6 сутки после операции может возникнуть несостоятельность наложенных швов [5]. Появление VAC-технологии изначально было предложено для лечения ран, однако успешно применяется для

лечения дефектов пищевода, в том числе и при синдроме Бурхаве [2, 6, 7].

Описание клинического наблюдения

Пациент П., 58 лет, 18.08.2025 поступил в СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе в состоянии средней тяжести с жалобами на боли в нижних отделах груди, одышку при физической нагрузке, общую слабость, учащенное и аритмичное сердцебиение. Из анамнеза известно, что за 6 часов до поступления после обильного застолья внезапно появились рвота, боли в животе с иррадиацией в левую половину груди и перебои в работе сердца. На момент осмотра сознание ясное, кожный покров обычной окраски и влажности. Температура тела 36,7 °С. Пульс 120 уд./мин. А/Д 150/90 мм рт. ст. Грудная клетка правильной формы, при аускультации — дыхание жесткое, ослаблено справа в нижних отделах. Пальпация грудной клетки безболезненная. Язык чистый, влажный. При визуальном осмотре живот не вздут, симметричный, равномерно участвует в акте дыхания. При аускультации живота перистальтика выслушивается, шума плеска нет. При пальпации он мягкий, безболезненный. Симптомы раздражения брюшины отсутствуют. Поколачивание по поясничной области безболезненное с обеих сторон. Физиологические отправления в норме. Лабораторные показатели в пределах нормы, за исключением умеренного лейкоцитоза (до $10,88 \times 10^9$ клеток в 1 л), нейтрофилия (95,9 %) и повышения уровня глюкозы (6,76 ммоль/л) крови. При электрокардиографии: тахисистолическая форма мерцания предсердий с частотой сокращений желудочков 140 в минуту, тенденция к отклонению ЭОС влево, признаки гипертрофии левого желудочка и метаболических и электролитных нарушений, не исключены фиброзные изменения в передне-перегородочной области. Рентгенография органов грудной клетки: малоинтенсивное

гомогенное овальное затенение в проекции среднего легочного поля справа (предположительно жидкость по косой междолевой щели). Инфильтративные изменения в видимых отделах легких достоверно не определяются. Двусторонний гидроторакс: до 4 ребра справа, до 5 ребра слева. Базальные отделы легких компримированы с обеих сторон.

По результатам исследований установлен диагноз: «Фибрилляция предсердий, впервые выявленная, неизвестной давности, тахисистолия. Гипертоническая болезнь III стадии, АГ контролируемая, риск ССО 4. ХСН I стадии, 3 ФК по NYHA. Двухсторонний гидроторакс».

При МСКТ груди с внутривенным болюсным контрастированием обнаружены ТЭЛА в виде немногочисленных мелких пристеночных тромботических масс единичных сегментарных ветвей правого легкого, в заднем средостении — отграниченное многокамерное жидкостное скопление с разнокалиберными пузырями газа, размерами до 74×101×151 мм, массивный правосторонний частично осумкованный гидропневмоторакс с субтотальным ателектазом правого легкого, частичные компрессионные ателектазы S7 и S9 левого легкого. Единичная субплевральная булла S1/2 слева». Произведена эзофагогастродуоденоскопия: на 38 см от резцов по левой боковой стенке пищевода имеется полный дефект с омытыми краями и налетами фибрина (рис. 1). Размер дефекта — 3,0×2,5 см, сообщается с плевральной полостью, в просвете большое количество зловонного желудочного содержимого.

Выполнено дренирование правой плевральной полости — получен воздух и 1500 мл мутного зловонного экссудата. Плевральная полость промыта. Налажена пассивная аспирация по Боброву. Установлен диагноз: «Спонтанный разрыв пищевода. Правосторонний субтотальный пиопневмоторакс».

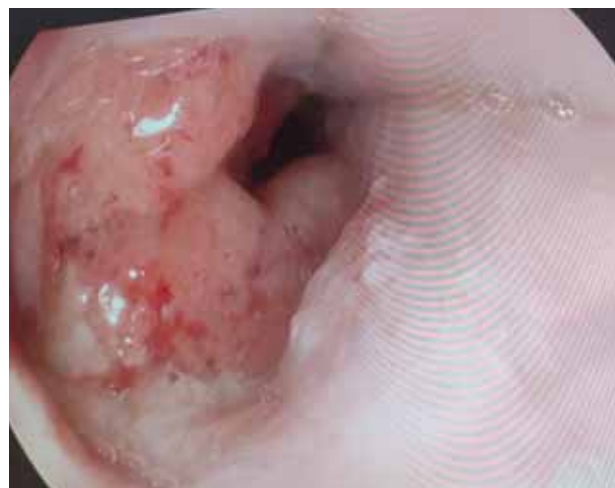
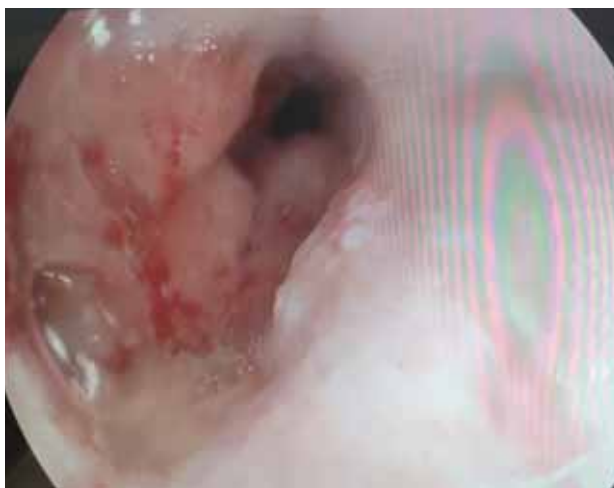


Рис. 1. Эндофото при фиброэзофагоскопии в начале лечения

В срочном порядке выполнена боковая торакотомия в VII межреберье слева, вскрыто заднее средостение. В области нижней трети пищевода по левой боковой стенке выявлен разрыв размером 3,5×2,5 см. Края разрыва плотные и отечные.

Дефект стенки пищевода ушит узловыми швами. Произведена санация заднего средостения. Через пищеводное отверстие диафрагмы сделана ревизия забрюшинного пространства, получено мутное отделяемое. Произведены санация забрюшинного пространства через пищеводное отверстие диафрагмы и его дренирование. В протекавшем крайне тяжело ближайшем послеоперационном периоде развился септический шок с переходом в тяжелый сепсис. Больной получал комплексное интенсивное лечение, которое включало антибактериальную, дезинтоксикационную, гемоконцентратную, кардиотонизирующую, иммуностимулирующую, антигипоксическую терапии, респираторную поддержку, комбинированное питание и др.

28.08.2025 при МСКТ груди с контрастированием пищевода с контрастным веществом в пищеводе и желудке отмечается его выход в заднее средостение и в обе плевральные полости. Потребовалось редренирование правой плевральной полости. В связи с несостоятельностью швов разрыва пищевода сделана видеолaparоскопически ассистированная энтеростомия по Витцелю с формированием межкишечного энтеро-энтероанастомоза. Переведен на питание через энтеростому.

03.09.2025, учитывая крайне тяжелое состояние пациента и нестабильность центральной гемодинамики, принято решение об установке EndoVAC-системы. Техника выполнения манипуляции заключалась в следующем: вырезана поролоновая «губка» VAC-системы с закругленными краями длиной 7 и диаметром 3 см. На ее проксимальном крае сделано отверстие, соответствующее диаметру назогастрального зонда. Дистальный конец зонда помещен в губку так, чтобы все его отверстия располагались внутри губки. Конец зонда прошит, фиксирован к дистальному краю obturator, оставлены концы лигатуры длиной 1 см. Губка дополнительно фиксирована двумя лигатурами по окружности. Эндоскопические щипцы заведены в рабочий канал эндоскопа, щипцами захвачены концы лигатуры дистального края губки. Через полость рта губка заведена в пищевод, установлена так, чтобы дефект пищевода был прикрыт ей на всем протяжении, а также на 1,5–2 см проксимальнее и дистальнее. С помощью второго зонда проксимальный конец зонда VAC-системы выведен через полость носа. Выполнен контроль положения



Рис. 2. Эндофото при фиброэзофагоскопии по завершении лечения



Рис. 3. Фото пациента П. перед выпиской из стационара



поролоновой губки. К зонду подключен аспиратор с отрицательным давлением 80–100 кПа. Эндоскоп удален. Зонд фиксирован к крылу носа узловым швом. Осложнений не было. За первые сутки получено до 300 мл мутного отделяемого с гноем и фибрином.

08.09.2025, спустя 5 суток, выполнена замена губки EndoVAC-системы по следующей методике. В пищевод введен эндоскоп. Под визуальным контролем ранее установленная поролонная губка удалена с периодическим введением физиологического раствора для устранения адгезии слизистой к губке. Губка извлечена, вместе с дистальным концом назогастрального зонда выведена через полость рта. Конец зонда с губкой отрезан и удален. При осмотре: дефект пищевода до 2,5×2,0 см. Слизистая пищевода на уровне дефекта, а также на 1,5–2 см проксимальнее и дистальнее изменена по типу «куриной кожи» за счет ее адгезии к губке, что говорило о правильном расположении системы. По ранее описанной методике установлена новая губка VAC-системы с новым назогастральным зондом.

В течение последующих 2 месяцев через каждые 5–7 суток производилась смена EndoVAC-систем пищевода. Выполнено 6 таких манипуляций. Питание проводилось через энтеростому.

30.10.2025 при МСКТ груди найдены лишь плевральные наслоения, при контрольной эндоскопии имеется поверхностная гранулирующая рана левой стенки нижней трети пищевода размерами 2×2 см. Удалены плевральные дренажи и энтеростома. Пациент переведен на самостоятельное питание по диете № 1.

10.11.2025 произведена контрольная эзофагогастродуоденоскопия: слизистая оболочка пище-

вода бледно-розовая, гладкая, в нижней трети гиперемированная, отечная. В 37–38 см от резцов по левой боковой стенке пищевода на месте ее разрыва определяется герметичный выпуклый участок диаметром около 1,5 см, выполненный незрелой рубцовой тканью (рис. 2).

Пациент выписан 12.11.2025 (рис. 3) на амбулаторный этап лечения. От него получено информированное согласие на опубликование данных его медицинской карты.

Обсуждение. Применение EndoVAC технологии демонстрирует высокую эффективность у пациентов с синдромом Бурхаве. Несмотря на эффективность метода, продемонстрированную существующими исследованиями и имеющимся практическим опытом, его выполнение требует соблюдения технических особенностей и высокого профессионализма медицинского персонала.

В процессе лечения возможен контроль эффективности метода: оценка слизистой оболочки пищевода на наличие описанного ранее симптома «куриной кожи» во время замены губки VAC-системы и периодических осмотров дефекта пищевода, а также оценка количества и характера отделяемого по назогастральному зонду. Тем не менее, данный метод является новым и высокотехнологичным, и не имеет широкого освещения в мировой литературе, что создает необходимость проведения соответствующих исследований для изучения его безопасности и эффективности метода.

Таким образом, данное клиническое наблюдение демонстрирует возможность и эффективность применения EndoVAC-технологии у пациентов с синдромом Бурхаве как малотравматичного способа лечения у пациентов крайне тяжелой категории.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демальдинов Д.А., Мустафин Р.Д., Куртусунов Б.Т., Рожкова С.В. Варианты хирургической тактики и структурные изменения в стенке пищевода при синдроме Бурхаве // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. 2024. Т. 19, № 3. С. 150–152. DOI: 10.25881/20728255_2024_19_3_150 EDN: CYFJTB.
2. Бурмистров М. В., Попов В. А., Матвеев В. Ю. и др. Применение эндоскопической вакуумной терапии при спонтанном разрыве пищевода — синдроме Бурхаве (клинический случай) // Поволжский онкологический вестник. 2025. Т. 16, № 1(62). С. 110–119. DOI: 10.32000/2078-1466-2025-1-110-119 EDN: ZFKIBX.
3. Дамбаев Г. Ц., Полонянкин А. С., Вусик А. Н. и др. Апоплексия пищевода (синдром Бурхаве) // Сибирское медицинское обозрение. 2024. № 1(145). С. 98–101. DOI: 10.20333/25000136-2024-1-98-101 EDN: JWRYRK.



4. Кочуков В.П. Спонтанный разрыв пищевода (синдром Бурхава) // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2012. № 7. С. 83–84. EDN: PEJXUN.
5. Бабич А.И. Хирургическая тактика у пациентов со спонтанным разрывом пищевода // Вестник Авиценны. 2020. Т. 22, № 2. С. 275–279. DOI: 10.25005/2074-0581-2020-22-2-275-279 EDN: YELUHP.
6. Abdulsada M., Sealock R.J., Cornwell L., Ketwaroo G.A. Endoluminal vacuum therapy of esophageal perforations. *VideoGIE*. 2019;22;5(1):8–10. DOI: 10.1016/j.vgie.2019.10.004.
7. Тулупов А.Н., Мануковский В.А., Демко А.Е. и др. Неотложная хирургия груди и живота: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 752 с. DOI: 10.33029/9704-7848-6-SUR-2024-1-752 EDN: DTFWEY.

REFERENCES

1. Demaldinov D.A., Mustafin R.D., Kurtusunov B.T. Variants of surgical tactics and structural changes in the esophageal wall in the Burhaave syndrome. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2024;19(3)150–152. (In Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2024_19_3_150 EDN: CYFJTB.
2. Burmistrov M.V., Popov V.A., Matveev V.Y., et al. Use of endoscopic vacuum therapy for spontaneous esophageal rupture – Boerhaave syndrome (case report). *Oncology Bulletin of the Volga Region*. 2025;16(1):110–119. (In Russ.). DOI: 10.32000/2078-1466-2025-1-110-119 EDN: ZFKIBX.
3. Dambaev G.T., Polonyankin A.S., Vusik A.N., et al. Oesophageal apoplexy (Boerhaave syndrome). *Siberian Medical Review*. 2024;(1):98–101. (In Russ.). DOI: 10.20333/25000136-2024-1-98-101 EDN: JWRYRK.
4. Kochukov V.P. The spontaneous rupture of the esophagus (the Boerhaave syndrome). *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2012;7:83–84. (In Russ.). EDN: PEJXUN.
5. Babich A.I. Surgical tactics in patients with spontaneous esophagus rupture. *Avicenna Bulletin*. 2020;22(2):275–279. (In Russ.). DOI: 10.25005/2074-0581-2020-22-2-275-279 EDN: YELUHP.
6. Abdulsada M., Sealock R.J., Cornwell L., Ketwaroo G.A. Endoluminal vacuum therapy of esophageal perforations. *VideoGIE*. 2019;22;5(1):8–10. DOI: 10.1016/j.vgie.2019.10.004.
7. Tulupov A.N., Manukovskiy V.A., Demko A.E., et al. *Neotlozhnaya khirurgiya grudi i zhivota [Non-emergency Thoracic and Abdominal Surgery]: A Guide for Physicians*. Moscow: GEOTAR-Media; 2024. (In Russ.). DOI: 10.33029/9704-7848-6-SUR-2024-1-752 EDN: DTFWEY.

АВТОРЫ

Сафоев Муса Искандерович, к.м.н. – ORCID: 0000-0002-9358-875X

Демко Андрей Евгеньевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Тулупов Александр Николаевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0003-2696-4847, SPIN: 2507-6640

Ульянов Юрий Николаевич, д.м.н. – ORCID: 0000-0001-8777-4444, SPIN: 3810-3537

Копеев Владислав Сергеевич – ORCID: 0000-0003-3179-9807, SPIN: 5540-4325

AUTHORS

Safoev Musa Iskanderovich, Ph.D. – ORCID: 0000-0002-9358-875X

Demko Andrey Evgenyevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Tulupov Aleksandr Nikolayevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0003-2696-4847, SPIN: 2507-6640

Ulyanov Yuri Nikolayevich, Dr.Sci. (Medicine) – ORCID: 0000-0001-8777-4444, SPIN: 3810-3537

Kopaev Vladislav Sergeyevich – ORCID: 0000-0003-3179-9807, SPIN: 5540-4325



УДК 616.833.35

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_35_46

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОКТЕВОГО НЕРВА: МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ КУБИТАЛЬНОГО КАНАЛА

© Е.А. ПЕТРЕНКО¹, А.И. ГАЙВОРОНСКИЙ¹, Д.Е. АЛЕКСЕЕВ¹, Л.И. ЧУРИКОВ¹, В.Е. ПАРФЕНОВ²

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ.

Группу заболеваний, обусловленную сдавливанием локтевого нерва патологически измененными тканями на любом участке по ходу его анатомического залегания, называют компрессионно-ишемической невропатией локтевого нерва. Достаточно часто данная патология возникает в самых узких местах по ходу нерва, одним из которых является кубитальный канал. В современных вооруженных конфликтах, в связи с применением новых видов оружия и большого разнообразия обстоятельств получения травм, компрессионно-ишемические невропатии, возникающие после боевых повреждений, приобретают особую клиническую значимость.

Несмотря на большое количество опубликованных исследований, посвященных лечению изолированных компрессионно-ишемических невропатий как патологии мирного времени, особенности патогенеза, клинического течения и лечения данного заболевания как следствия боевой травмы остаются недостаточно изученными.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: формирование представления об особенностях клинической картины, диагностики и лечения боевых повреждений локтевого нерва в области кубитального канала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании были применены следующие методы: наблюдение, сравнение, опрос, анализ вторичных данных, с помощью которых мы сформировали точное представление об особенностях ведения пациентов с посттравматической невропатией локтевого нерва. В исследование включены пациенты, проходящие лечение в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, среди которых ретроспективно были выделены 2 группы. В первой группе выполняли хирургическое лечение с применением дополнительных этапов, во второй группе — оперативное вмешательство по базовой методике. Критерии включения: боевая травма конечности в анамнезе, локализация раневого канала в радиусе 10–15 см от кубитального канала, отсутствие многоуровневого повреждения локтевого нерва. Такие травмы, несомненно, приводят к снижению качества жизни и невозможности осуществлять профессиональную деятельность, а в ряде случаев и к инвалидизации. Нами была разработана комплексная методика хирургического лечения боевых повреждений периферических нервов, заключающаяся в одномоментной декомпрессии, транспозиции и реконструкции ствола.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Комплексный анализ полученных данных, включающий оценку скорости восстановления утраченных функций, сроков появления первых признаков регенераторной активности и необходимости повторных оперативных вмешательств на локтевом нерве, показал, что выполнение реконструкции, декомпрессии и передней транспозиции участка нерва, проходящего в кубитальном канале, предупреждает развитие посттравматической невропатии. Отсутствие показаний к повторному хирургическому лечению наблюдалось в первой исследуемой группе, тогда как во второй были сформированы показания для проведения вмешательства на локтевом нерве в области кубитального канала через 6 и 12 месяцев в виде сохраняющегося болевого синдрома, фиброзного сдавления нерва по данным ультразвукового исследования и неудовлетворительной скорости восстановления.

ВЫВОДЫ. Своевременно не диагностированная компрессия локтевого нерва на отдаленных от раневого канала участках является фактором, ухудшающим регенерацию после реконструктивных операций и приводящим к неудовлетворительным функциональным результатам. Способ одномоментной декомпрессии, транспозиции и восстановления непрерывности увеличивает скорость и эффективность восстановления утраченной функции в зонах иннервации локтевого нерва, а также предотвращает развитие посттравматического синдрома кубитального канала.



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компрессионно-ишемическая невропатия, локтевой нерв, туннельная невропатия, боевая травма, кубитальный канал, огнестрельные ранения.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Петренко Е.А., Гайворонский А.И., Алексеев Д.Е., Чуриков Л.И., Парфенов В.Е. Хирургическое лечение боевых повреждений локтевого нерва: модифицированный метод вмешательства в области кубитального канала // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 35–46.

SURGICAL TREATMENT OF COMBAT INJURIES TO THE ULNAR NERVE: A MODIFIED INTERVENTIONAL TECHNIQUE IN THE CUBITAL CANAL AREA

© E.A. PETRENKO¹, A.I. GAYVORONSKIY¹, D.E. ALEKSEEV¹, L.I. CHURIKOV¹, V.E. PARFENOV²

¹ Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

JUSTIFICATION: A group of diseases caused by compression of the ulnar nerve by pathologically altered tissues in any area along its anatomical occurrence is called compression-ischemic neuropathy of the ulnar nerve. Quite often, this pathology occurs in the narrowest places along the nerve, which is the cubital canal. In modern armed conflicts, due to the use of new types of weapons and a wide variety of circumstances of injury, compression-ischemic neuropathies that occur after combat injuries acquire special clinical significance.

Despite the large number of published studies devoted to the treatment of isolated compression-ischemic neuropathies as a pathology of peacetime, the features of pathogenesis, clinical course and treatment of this pathology, as a consequence of combat trauma, remain insufficiently studied [3].

GOAL: The aim of the study is to form an idea of the features of the clinic, diagnosis and treatment of combat injuries of the ulnar nerve in the area of the cubital canal.

MATERIALS AND METHODS: The following methods were used in the study: observation, comparison, survey, analysis of secondary data, with the help of which we formed an accurate idea of the features of managing patients with post-traumatic ulnar neuropathy. The study included patients undergoing treatment at the neurosurgery clinic of the Kirov Military Medical Academy, among whom 2 groups were retrospectively identified: the first group underwent surgical treatment with additional steps, and the second group underwent basic surgical treatment for this pathology. The inclusion criteria were: a history of combat injury to a limb, localization of the wound canal within a radius of 10–15 cm from the cubital canal, absence of multilevel damage to the ulnar nerve. Such injuries undoubtedly lead to a decrease in the quality of life and the inability to carry out professional activities, and in some cases, to disability. We have developed a comprehensive technique for the surgical treatment of peripheral nerve injury, consisting of simultaneous decompression, transposition and reconstruction of the trunk.

RESULTS: A comprehensive analysis of the results obtained, including an assessment of the rate of recovery of lost functions, the timing of the appearance of the first signs of regenerative activity, and the need for repeated surgical intervention on the ulnar nerve, allowed us to form the idea that performing reconstruction, decompression, and anterior transposition of the nerve section passing through the cubital canal prevents the development of post-traumatic neuropathy. The absence of indications for repeated surgical treatment was observed in the 1st study group, while in the 2nd group indications were formulated for intervention on the ulnar nerve in the area of the cubital canal after 6 and 12 months, in the form of persistent pain syndrome, fibrous nerve compression according to ultrasound results, unsatisfactory speed of recovery.

CONCLUSIONS: Timely undiagnosed compression of the ulnar nerve in areas remote from the wound canal is a factor that aggravates regeneration after reconstructive surgery and leads to unsatisfactory functional results. The method of simultaneous decompression, transposition and restoration of continuity increases the speed and efficiency of restoration of lost function in the areas of innervation of the ulnar nerve, and also prevents the development of post-traumatic cubital canal syndrome.

KEYWORDS: compression-ischemic neuropathy, ulnar nerve, tunnel syndrome, combat trauma, cubital tunnel syndrome, gunshot injury, peripheral nerve injury.

TO CITE THIS ARTICLE: Petrenko E.A., Gayvoronskiy A.I., Alekseev D.E., Churikov L.I., Parfenov V.E. Surgical treatment of combat injuries to the ulnar nerve: a modified interventional technique in the cubital canal area. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):35–46. (In Russ.).



Введение

В условиях современных вооруженных конфликтов характер боевых травм претерпевает существенные изменения, сопровождаясь увеличением частоты сочетанных и множественных повреждений опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы [1]. Частота повреждений периферических нервов в современных условиях существенно возрастает вследствие увеличения числа минно-взрывных и осколочных ранений, что приводит к более тяжелым и комбинированным травмам с вовлечением нервных структур и требует специализированного подхода к лечению [4]. Одним из распространенных и клинически значимых последствий таких травм являются компрессионно-ишемические невропатии — патологические состояния, возникающие вследствие сдавления периферических нервов окружающими анатомическими структурами или рубцово-измененными тканями в результате повреждения боевыми снарядами [2, 3].

Данные повреждения играют важную роль в формировании болевого синдрома, двигательных и чувствительных расстройств, значительно снижая качество жизни пострадавших и усложняя реабилитацию [5]. В связи с этим возрастает необходимость своевременной диагностики, модифицированных подходов к лечению и реабилитации пострадавших с развившейся компрессионно-ишемической невропатией.

Посттравматическая компрессионная невропатия развивается вследствие сдавления измененными тканями нерва в условиях развития рубцово-спаечного процесса как исхода тканевой реакции после воздействия ранящего снаряда, в отличие от классических туннельных синдромов, возникающих при сдавлении нерва в пределах естественных анатомических каналов [6].

Рассматривая влияние компрессии на патогенетическом уровне, можно отметить, что она нарушает микроциркуляцию в эпинеуральных и перинеуральных сосудах. Это приводит к отеку, ишемии и демиелинизации волокон и, как следствие, замедляет аксональную регенерацию, что имеет особое значение в рассматриваемых нами случаях. Ущемление как в зоне канала, так и на всем протяжении нерва может значительно замедлить восстановление функции и ухудшить общий результат лечения.

Огнестрельные ранения, согласно раневой баллистике, в отличие от неогнестрельных травм сопровождаются появлением трех зон повреждения: 1 — зона раневого дефекта (канала), 2 — зона первичного (прямого) травматического некроза, 3 — зона молекулярного сотрясения [7].

В зонах первичного травматического некроза и молекулярного сотрясения протекает ряд патофизиологических реакций, результатом которых является формирование фиброзных изменений. Общая протяженность данной зоны составляет 8–12 см непосредственно от зоны раневого дефекта. Фиброз в зоне анатомических туннелей неизбежно приведет к компрессионно-ишемической невропатии [7]. На структуре боевых травм важным, но зачастую недооцениваемым и играющим важную роль фактором, препятствующим восстановлению функции локтевого нерва, является развивающаяся компрессия в кубитальном канале, а также любое вовлечение нерва в рубцово-спаечный конгломерат, ввиду нахождения ствола с вышеописанных зонах.

Согласно классификации Н. Seddon, при боевых травмах периферических нервов также часто встречается такой вид повреждения, как аксонотмезис, при котором сохранна эпинеуральная оболочка, но отмечается повреждение аксонов с развитием валлеровской дегенерации [8].

Такие клинико-электрофизиологические проявления могут ввести в заблуждение специалистов функциональной диагностики, что зачастую приводит к неверной оценке степени повреждения и, как следствие, к выбору неверной тактики лечения и оценке эффективности проводимого лечения.

Диагностика играет важную роль в выборе тактики хирургического лечения. Особое значение имеет ультразвуковое исследование (УЗИ), позволяющее установить морфологическую картину поражения периферических нервов: полного или частичного (краевого, бокового) повреждения, наличия невром (в том числе концевых), выявления признаков рубцово-спаечных изменений. УЗИ не менее информативно при оценке структурных изменений анатомического канала, которые должны обязательно визуализироваться, если повреждение находилось в непосредственной близости от него [9, 10]. Локтевой нерв должен исследоваться на всем своем протяжении для исключения возможного вовлечения его в рубец при сохранении целостности нервного ствола [10, 11]. В нашей практике отмечались травматические невропатии, сочетающие в себе как наличие повреждения локтевого нерва в области кубитального канала, требующего выполнения декомпрессии и транспозиции в мышечный туннель или подкожно, так и вовлечение анатомически целого нервного ствола в рубцовый конгломерат на удалении более 10 см от канала.

Таким образом, опираясь на знания о патофизиологических и патогенетических особенно-



стях течения раневого процесса и исходах тканевой реакции, методика и стандарты лечения данной патологии должны быть индивидуализированы [12]. При прямом повреждении нервного ствола и высоком риске развития рубцово-спаечного процесса в анатомическом канале оптимальной является одномоментная хирургическая коррекция с устранением последствий первичной травмы, декомпрессией и ревизией канала, поскольку отсрочка вмешательства снижает вероятность полноценного восстановления функции нерва и ухудшает исходы лечения.

Материалы и методы

В исследование включены 64 пациента, проходившие лечение в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова и в нейрохирургических отделениях военных госпиталей в 2022–2024 гг. по поводу боевых повреждений локтевого нерва. Возраст рассматриваемой когорты пациентов варьируется от 20 до 55 лет, все — лица мужского пола.

При осмотре пациентов использовался комплексный подход, включающий неврологический осмотр, ультразвуковое исследование (УЗИ) и электронейромиографию (ЭНМГ). ЭНМГ являлась ключевым методом функциональной диагностики, позволяя объективно определить характер и степень повреждения нерва, а также динамику его восстановления [11, 12].

Были выделены следующие группы: 1 группа (основная) — 36 пациентов с огнестрельным ранением локтевого нерва (полный и частичный анатомический перерыв, грубое внутривольное повреждение) в пределах 10 см от кубитального канала, проксимальнее или дистальнее, без признаков многоуровневого его повреждения (вовлечение в рубцово-спаечный процесс вне зоны основного раневого канала или анатомического туннеля). Данной группе пациентов была выполнена декомпрессия в кубитальном канале, перемещение и шов (или аутоневральная пластика) локтевого нерва.

2 группа (контрольная) — 28 пациентов с огнестрельным ранением локтевого нерва аналогичной локализации, без признаков многоуровневого его повреждения. Данной группе пациентов не были выполнены дополнительные этапы в процессе хирургического вмешательства, а осуществлена только его реконструкция (шов или аутоневральная пластика).

Для контроля восстановления утраченных функций двигательной активности, через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства, использовалась международная шкала оценок MRC (Britain's Medical Research Council), моди-

фицированная в институте нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко [12–14].

Необходимо внести ясность, какие функциональные двигательные нарушения будут наблюдаться у пациентов с травмой локтевого нерва на различном удалении ранения от кубитального канала (рис. 1).

Повреждение локтевого нерва выше зоны входа ствола в кубитальный канал сопровождается полным отсутствием двигательной активности в иннервируемых им мышцах предплечья и кисти (M0).

У 5 пациентов среди всех групп (3 пациента в первой группе, и 2 во второй) было выявлено наличие межневральных анастомозов Мартина-Грубера, что клинически проявлялось частичным сохранением двигательной активности в зоне иннервации локтевого нерва. Симптоматически это проявлялось: слабостью движений в мизинце, при сохраненной активности IV пальца кисти; атрофия мышц гипотенара выражена незначительно [15].

Чувствительность оценивалась по шкале «оценки результатов восстановления чувствительности» [13–15] через 3, 6 и 12 месяцев.

Оценку выраженности болевого синдрома проводили по 10-балльной шкале субъективной оценки боли ВАШ [17].

Для оценки качества жизни пациентов после проведенного хирургического лечения использовалась шкала SF-36 (Short Form-36) — неспецифический опросник из 36 пунктов, оценивающий качество жизни, связанное со здоровьем, через 8 шкал (от 0 до 100 баллов, где выше — лучше).

Хирургическое вмешательство в основной группе проводилось следующим образом. Выполнялся оперативный доступ непосредственно к месту повреждения локтевого нерва (участок полного или частичного анатомического перерыва) с расширением операционной раны до области кубитального канала. В некоторых случаях выполнялись два разреза: один — для декомпрессии и формирования мышечного туннеля, второй — для ревизии, невролиза и реконструкции в месте повреждения нерва. Формирование мышечного туннеля между локтевым сгибателем кисти и сгибателями пальцев представлено на рисунке 2, последующее проведение мобилизованного конца локтевого нерва внутрь этого туннеля — на рисунке 3. После иссечения концевых невром осуществлялось сшивание дистального и проксимального концов нерва с применением техники выполнения эпиневрального шва (рис. 4). Шов должен выполняться без натяжения [18, 19]. В контрольной группе оперативное пособие ограничивалось невролизом, иссечением концевых невром и выполнением шва конец в конец.

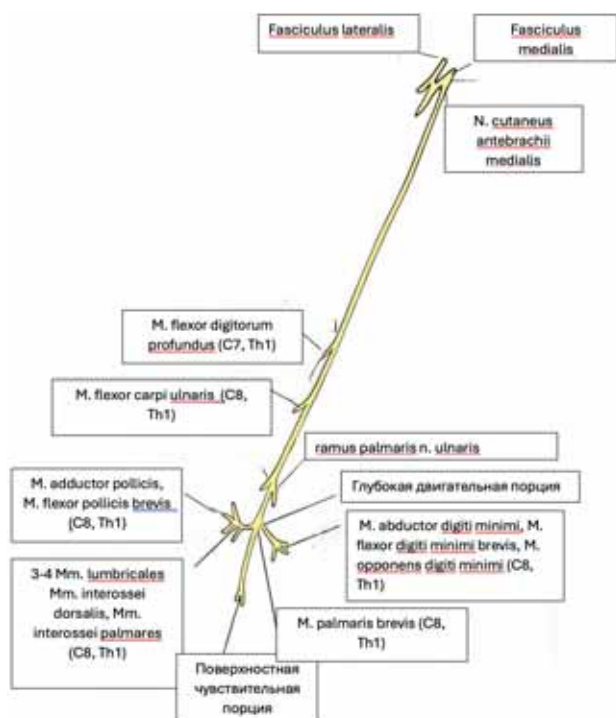


Рис. 1. Схема иннервации локтевого нерва [16]



Рис. 2. Формирование мышечного туннеля с использованием зажима Микучи. Формирование ложа для локтевого нерва

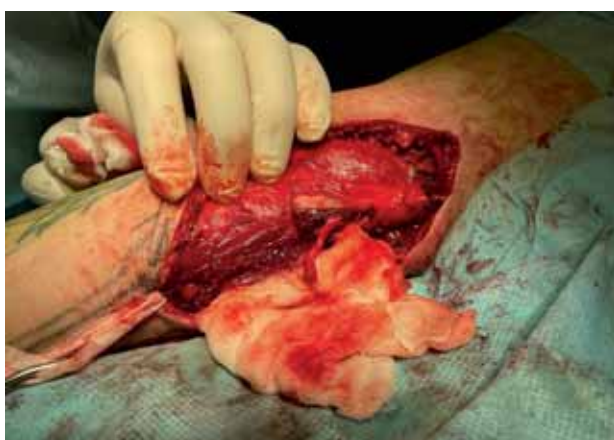


Рис. 3. Проведение проксимального конца локтевого нерва в мышечный туннель

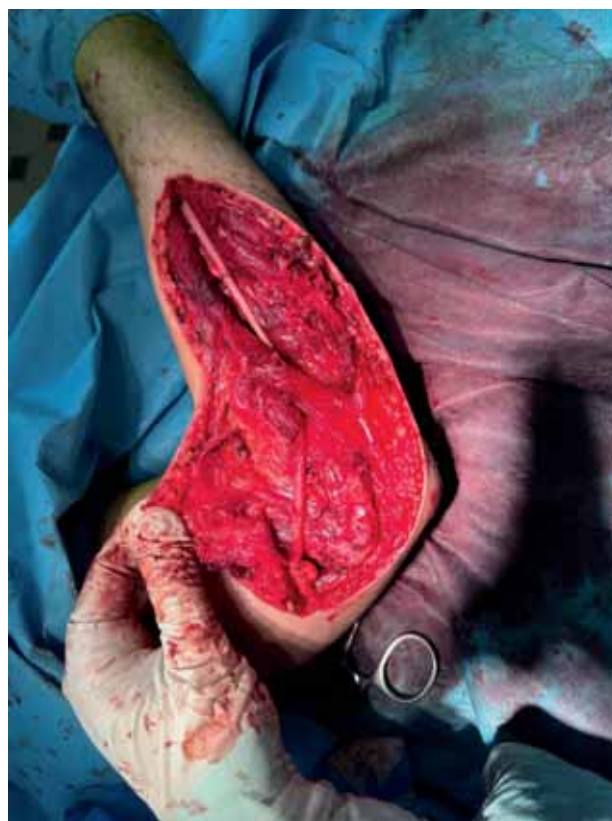


Рис. 4. Выполнен шов локтевого нерва без натяжения

Пациентам, у которых было осуществлено вынужденное сгибание в локтевом суставе, по окончании операции выполнялась иммобилизация (косынкой, гипсом или ортезом). В послеоперационном периоде всем исследуемым пациентам была назначена консервативная терапия для купирования болевого синдрома, нейротропные препараты, витамины группы В. После снятия швов и окончания иммобилизации проводились мероприятия лечебной физической культуры, массаж, электростимуляция денервированных мышц [20, 21].

Результаты

При сравнении техники выполнения оперативных вмешательств в основной и контрольной группах следует выделить следующие отличия: появле-



ние дополнительных этапов в виде декомпрессии локтевого нерва в кубитальном канале и его транспозиции в сформированный мышечный туннель. Среднее время операции с выполнением дополнительных этапов составило $151,3 \pm 62,2$ мин., что статистически значимо отличается от среднего времени выполнения вмешательства без дополнительных этапов — $121,1 \pm 46,3$ мин ($p < 0,05$). Средний объем кровопотери в 1-й группе составил $32,5 \pm 2,1$ мл, во 2-й — $18,4 \pm 2,1$ мл ($p < 0,05$). Средняя длина разреза кожи в основной группе составила $14,6 \pm 3,8$ см, в контрольной группе — $10,4 \pm 3,1$ см ($p < 0,05$).

Восстановление чувствительности (рис. 5)

Через 3 месяца:

1 группа: признаки восстановления чувствительности (S2) отмечались у 17 из 36 пациентов. S0 — у 16 человек, S3–4 — у 3.

2 группа: S2 — у 9 из 28 пациентов (S0 — у 17, S3–4 — у 2).

Через 6 месяцев:

1 группа: S2 — у 22 человек (S0 — у 7, S3 — у 6, S4 — у 2).

2 группа: S2 — у 13 пациентов (S0 — у 13, S3 — у 2).

Через 12 месяцев:

1 группа: S2 — у 26 человек (S0 — у 1, S3 — у 5, S4 — у 4).

2 группа: S2 — у 15 пациентов (S0 — у 8, S3 — у 3, S4 — у 2).

Восстановление двигательной активности (рис. 6)

Через 3 месяца при контрольном осмотре:

1 группа: признаки восстановления двигательной активности (M2) наблюдались у 6 из 36 человек. M0 — у 27, M3 — у 3.

2 группа: M2 — у 1 пациента из 28 (M0 — у 25, M3 — у 2).

Через 6 месяцев:

1 группа: M2 — у 17 (M0 — у 15, M3 — у 4).

2 группа: M2 — у 5 (M0 — у 21, M3 — у 2).

Через 12 месяцев:

1 группа: M2 — у 23 (M0 — у 3, M3 — у 7, M4 — у 3).

2 группа: M2 — у 10 (M0 — у 16, M3 — у 2).

Пациентами, включенными в первую группу, через 3 месяца отмечено снижение интенсивности боли с 4–6 баллов до 1–2, тогда как во второй группе средние показатели боли также имели тенденцию к снижению, но с более низкой скоростью и градацией: с 4–6 баллов до 2–3 баллов [22, 23]. Через 6 месяцев болевой синдром в 1 группе полностью регрессировал, во 2 группе у 27 пациентов отмечалось сохранение болевого синдрома, по ВАШ — 2 балла.

По данным ЭНМГ спустя 12 месяцев у части пациентов из 1 группы (9 человек) отмечалось нарушение проводимости по волокнам локтевого

нерва в виде выявления признаков выраженного тотального аксонального поражения, несмотря на признаки клинического улучшения после проведенного лечения. В группе 2 данные явления были отмечены у 5 пациентов.

По прошествии 12 месяцев после оперативного лечения для 22 пациентов из 2-ой исследуемой группы были определены показания для повторного хирургического вмешательства. Показаниями являлись: болевой синдром, не поддающийся коррекции консервативной терапией (16 пациентов) — по ВАШ 2–3 балла, отсутствие признаков восстановления двигательной и чувствительной активности у 6 пациентов через 12 месяцев. Данной категории пациентов проводилось хирургическое лечение: ревизия, невролиз нервного ствола, подмышечная / подкожная транспозиция нерва на переднюю поверхность кубитальной ямки.

Анализ показателей восстановления движения демонстрирует значительные различия между группами: в группе 1 восстановление движения наблюдалось у 33 из 36 пациентов (91 %), тогда как во 2 группе восстановление отмечалось лишь у 12 из 28 пациентов (43 %). Различия были статистически значимыми, точный критерий Фишера 0,00222 ($p < 0,05$).

Аналогичные результаты наблюдались при оценке восстановления чувствительности: в группе 1 восстановление чувствительности зафиксировано у 35 из 36 пациентов (97 %), тогда как во 2 группе — у 20 из 28 пациентов (71 %), что также было статистически значимо: точный критерий Фишера 0,0073 ($p < 0,05$).

Эти данные свидетельствуют о более высокой эффективности применяемого оперативного вмешательства в группе 1 относительно восстановления как движения, так и чувствительности.

При анализе анкет, заполненных пациентами для оценки удовлетворенности результатами лечения, было выявлено, что большинство пациентов 1-й группы удовлетворены исходами проведенного хирургического лечения. 27 (75 %) раненых удовлетворены возможностью вернуться к повседневной деятельности, но с ограничениями. Во 2-й группе такие результаты смогли продемонстрировать лишь только 37,2 % пациентов, у остальных качество жизни продолжало оставаться на низком уровне.

При анализе результатов тестирования через 12 месяцев по шкале SF-36 [24], выявлено, что в основной группе уровень качества жизни был значительно выше, чем в контрольной (рис. 7, 8).

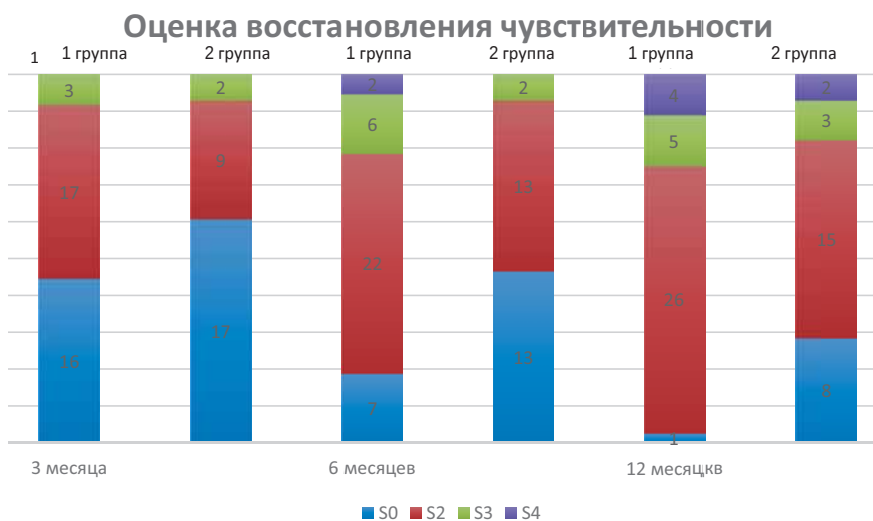


Рис. 5. Диаграмма, отображающая сравнение восстановления чувствительности через 3, 6, 12 месяцев после оперативного лечения в 1 и 2 группах

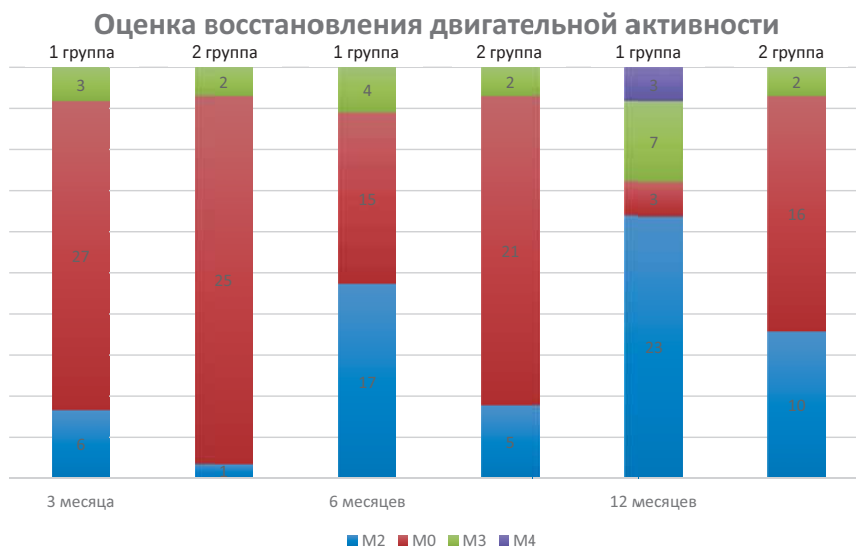


Рис. 6. Диаграмма, отображающая сравнение восстановления двигательной активности через 3, 6, 12 месяцев после оперативного лечения в 1 и 2 группах



Рис. 7. Пример результатов среднестатистической анкеты SF-36 после опроса раненого К. из основной группы



Рис. 8. Пример результатов среднестатистической анкеты SF-36 опроса раненого И. из контрольной группы

Обсуждение

Травмы локтевого нерва в области кубитального канала представляют собой сложную клиническую ситуацию, особенно при наличии грубого механического повреждения или полного перерыва. Выбор метода хирургического лечения зависит от характера травмы, области ранения, анатомических особенностей строения нерва, сроков обращения. В настоящем исследовании была проанализирована выборка из 64 пациентов, с травмой локтевого нерва в области кубитального канала и в радиусе 10 см от локализации канала, среди которых в 36 случаях одномоментно были выполнены транспозиция и шов локтевого нерва.

Важным и необходимым этапом хирургического вмешательства явились декомпрессия в анатомическом туннеле с последующей транспозицией локтевого нерва в сформированный мышечный туннель [19, 21]. Так как оба конца выделены из окружающих тканей на достаточном протяжении, появившаяся их подвижность позволила переместить нерв в мышечное ложе, что в ряде случаев не только благотворно повлияло на дальнейшее восстановление нерва (исключает возможность развития синдрома кубитального канала у пациента, и как следствие, снижает вероятность проведения повторного хирургического вмешательства), но и позволило выполнить шов нерва без натяжения, избежать аутопластики и придания вынужденного положения конечности.

Подобные исследования ранее не были описаны в литературе. Существуют лишь публикации, которые содержат сравнительный анализ случаев применения метода простой декомпрессии и хирургического лечения с выполнением транспозиции для травм мирного времени.

Анализ литературы показывает, что при хронической компрессии нерва часто применяются два

метода: простая декомпрессия и передняя транспозиция под мышцу. Согласно данным исследования Bartels и соавт. (2005) [25] в рандомизированном исследовании с участием 152 пациентов отличные и хорошие функциональные результаты через 12 месяцев были получены у 65 % пациентов после простой декомпрессии и у 70 % после транспозиции, при этом уровень осложнений был достоверно выше в группе транспозиции (31,1 % против 9,6 %). Авторы в своем исследовании склоняются к выполнению простой декомпрессии и не отмечают значительных различий между двумя группами. Однако мы не можем опираться на результаты описанного исследования, так как патогенез и морфология описываемой нами патологии разнятся с теми же показателями в структуре заболевания мирного времени.

При боевой травме нерва, как в нашем исследовании, патоморфология существенно отличается от хронической компрессии и требует кардинально другого подхода. Литературные данные, содержащие результаты выполнения одномоментного пособия, включающего декомпрессию, транспозиции и реконструкцию локтевого нерва при травмах, отсутствуют.

В опубликованной литературе, посвященной травмам локтевого нерва в области кубитального канала, отмечается значительное разнообразие хирургических подходов, однако отсутствуют актуальные систематизированные данные, касающиеся применения дополнительных этапов хирургического лечения в условиях травматического повреждения, особенно в контексте огнестрельных ранений [4, 7, 26, 27]. В частности, такие методы, как декомпрессия нерва в пределах кубитального канала, транспозиция нерва в мышечный туннель или его перемещение в подкожное ложе недостаточно представлены в клинических рекомендациях и описаниях конкретных случаев [17, 18, 28, 29].



Это затрудняет формирование единых протоколов ведения пациентов с травмой локтевого нерва, вызванной тяжелыми механическими повреждениями или действием боевого оружия. Между тем, в условиях военных действий и массового поступления раненых, именно такого рода повреждения могут представлять собой актуальную проблему, требующую четких алгоритмов диагностики и лечения.

Вывод

Описанный нами подход к лечению боевой травмы нервного ствола, хоть и требует продолжения исследований с дальнейшим наблюдением для оценки эффективности реиннервации и функционального восстановления, уже положительно зарекомендовал себя при выборе тактики ведения пациентов с боевым поражением

локтевого нерва на примере 36 описанных случаев с положительным исходом. Наша работа дополняет имеющиеся сведения, указывая на потенциальную эффективность одномоментного сочетания шва и транспозиции при боевых травмах.

Следовательно, одновременное проведение реконструкции, декомпрессии и транспозиции локтевого нерва выступает самым клинически обоснованным и рациональным методом лечения их боевых повреждений. Данная комплексная тактика не только служит профилактикой отдаленной туннельной невропатии, но и обеспечивает лучшее функциональное восстановление, сокращает сроки реабилитации и существенно уменьшает риск повторного хирургического вмешательства.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скоромец А.А., Герман Д.Г., Ирецкая М.В. и др. Туннельные компрессионно-ишемические моно- и мультиневропатии. 2-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 360 с.
2. Головачева В.А., Парфенов В.А., Головачева А.А. и др. Синдром кубитального канала: современные принципы диагностики и лечения // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2019. Т. 11, № 2S. С. 89–97. DOI: 10.14412/2074-2711-2019-2S-89-97.
3. Яриков А. В., Байтингер А. В., Логотов А. О. и др. Современные принципы диагностики и лечения невропатии локтевого нерва на уровне кубитального канала // Врач. 2023. Т. 34, № 10. С. 21–27. DOI: 10.29296/25877305-2023-10-04. EDN: BGYAFR.
4. Алексеев Е.Д. Дифференцированное лечение современных боевых огнестрельных повреждений периферических нервов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.18 / Алексеев Евгений Демидович. СПб., 1998. 22 с.
5. Коломенцев А.В., Литвиненко И.В., Цыган Н.В. и др. Особенности диагностики, лечения и курации пациентов с невропатическим болевым синдромом травматического генеза // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42, № 4. С. 357–367. DOI: 10.17816/rmmar611148 EDN: DACAAF.
6. Головачева В.А., Парфенов В.А., Головачева А.А. и др. Синдром кубитального канала: современные принципы диагностики и лечения // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2019. Т.11, № 2S. С. 89–97. DOI: 10.14412/2074-2711-2019-2S-89-97 EDN: TGXJJS.
7. Указания по военно-полевой хирургии / под ред. А.Н. Бельских, И.М. Самохвалова. М.: ГВМУ, 2013. 1056 с.
8. Seddon H.J. Three types of nerve injury. *Brain*. 1943;66(4):237-288. DOI: 10.1093/BRAIN/66.4.237
9. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / под ред. Митькова В.В. 2-е изд. М.: Издательский дом Видар-М, 2011. 712 с.
10. Салтыкова В.Г. Роль ультразвукового исследования в диагностике туннельных невропатий // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 4. С. 43–56. EDN: OJOZHF.
11. Орлов А.Ю., Джиганиа Р., Назаров А.С. и др. Дифференциальная диагностика невропатий локтевого нерва на уровне кубитального канала с конкурирующими заболеваниями // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2018. Т. 10, № 2. С. 5–11. DOI: 10.17816/mechnikov20181025-11.
12. 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. EDN: RCLBML.



13. Меркулов М.В. Оптимизация восстановления иннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей (экспериментально-клиническое исследование): автореф дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.15, 14.03.03 / Меркулов Максим Владимирович. М.: ЦИТО им. Н.Н. Приорова, 2014. 42 с.
14. Шевелев И.Н. Микрохирургия периферических нервов. Москва, 2011. 304 с.
15. Рассел С.М. Диагностика повреждения периферических нервов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 251 с. EDN: QLVVXR.
16. 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. М.: Медицина, 2003. XII, 424 с.
17. Одинак М.М., Живолупов С.А. Заболевания и травмы периферической нервной системы. СПб.: СпецЛит, 2009. 367 с.
18. Говенько Ф.С. Хирургия повреждений периферических нервов. СПб.: Феникс, 2010. 383 с.
19. Патент № 2850220 РФ, МПК А61В 17/56, А61В 8/08. Способ лечения огнестрельных ранений локтевого нерва в области локтевого сустава: № 2025107370/14: заявл. 27.03.2025; опубл. 06.11.2025 / Гайворонский А.И., Чуриков Л.И., Петренко Е.А. [и др.]; заявитель ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ. — 10 с.: ил.
20. Патент № 2040914 РФ, МПК А61В 17/3205, А61В 17/32. Устройство для забора икроножного нерва: № 4659185/14: заявл. 06.03.1989; опубл. 09.08.1995 / Говенько Ф.С.; заявитель Ленинградский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. А.Л. Поленова. — 7 с.: ил.
21. 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. Т. 9, №5. С. 62–63. EDN: SKDJSC.
22. Дубровский В.И. Повреждения периферических нервов // Лечебная физическая культура (кинезотерапия): Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., стер. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. С. 147–152.
23. Журбин Е.А., Гайворонский А.И., Железняк И.С. и др. Диагностическая точность ультразвукового исследования при повреждениях периферических нервов конечностей // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2017. Т. 19, № 3. С. 63–68. DOI: 10.17816/brmma12193.
24. Ware J.E. Jr., Sherbourne C.D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30(6):473-483. PMID: 1593914.
25. Bartels R.H., Verhagen W.I., van der Wilt G.J., et al. 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. 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. DOI: 10.17759/crps.2020090409 EDN: YKHVJO.
27. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронов Н.В. Реабилитация неврологических больных. 5-е изд. М., 2024. 558 с.
28. van Gent JA, Datema M, Groen JL, Pondaag W, Eekhof JL, Malessy MJ. Anterior subcutaneous transposition for persistent ulnar neuropathy after neurolysis. *Neurosurg Focus*. 2017;42(3):E8. DOI: 10.3171/2016.11.FOCUS16451
29. Мононевропатии: МКБ-10: G54.0, G54.1, G54.2, G54.3, G54.4, G54.5, G54.8, G54.9, G56.0, G56.1, G56.2, G56.3, G56.8, G56.9, G57.0, G57.2, G57.3, G57.4, G57.6, G58.8, G58.9, G59.8: клинические рекомендации / Министерство Здравоохранения Российской Федерации, Ассоциация нейрохирургов России, Всероссийское общество неврологов, Общероссийская общественная организация «Союз реабилитологов России», Ассоциация специалистов по клинической нейрофизиологии. М., 2025. / Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/988_1/.

REFERENCES

1. Skoromets A.A., German D.G., Iretskaya M.V., et al. *Tunnelnyye kompressionno-ishemicheskiye mono- i multinevropatii [Tunnel compression-ischemic mono- and multineuropathies]*. 2nd ed., rev. and enl. Moscow: GEOTAR-Media; 2013. (In Russ.).
2. Golovacheva V.A., Parfenov V.A., Golovacheva A.A., et al. Cubital tunnel syndrome: current principles of diagnosis and treatment. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019;11(2S):89-97. (In Russ.). DOI: 10.14412/2074-2711-2019-2S-89-97.



3. Yarikov A., Baytinger A., Logutov A., et al. Modern principles of diagnosis and treatment of ulnar nerve neuropathy at the cubital canal level. *Vrach*. 2023. T. 34, № 10. С. 21–27. (In Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2023-10-04 EDN: BGYAFR.
4. Alekseyev E.D. *Differentsirovannoye lecheniye sovremennykh boyevykh ognestrelnykh povrezhdeniy perifericheskikh nervov* [Differentiated treatment of modern combat-related gunshot injuries to the peripheral nerves] [Ph.D. Medical thesis]. St. Petersburg; 1998. (In Russ.).
5. Kolomentsev S.V., Litvinenko I.V., Tsygan N.V., et al. Features of diagnosis, treatment and curation of patients with neuropathic pain syndrome of traumatic genesis. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2023;42(4):357–367. (In Russ.). DOI: 10.17816/rmmar611148 EDN: DACAAF.
6. Golovacheva V.A., Parfenov V.A., Golovacheva A.A. Cubital tunnel syndrome: current principles of diagnosis and treatment. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika* = *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019;11(Suppl. 2):89–97 (In Russ.). DOI: 10.14412/2074-2711-2019-2S-89-97 EDN: TGXJJS.
7. Belskikh A.N., Samokhvalov I.M., eds. *Ukazaniya po voyenno-polevoy khirurgii* [Guidelines on Military Field Surgery]. Moscow; 2013. (In Russ.).
8. Seddon H.J. Three types of nerve injury. *Brain*. 1943;66(4):237–288. DOI: 10.1093/BRAIN/66.4.237.
9. Mitkov V.V., ed. *Prakticheskoye rukovodstvo po ultrazvukovoy diagnostike. Obshchaya ultrazvukovaya diagnostika* [A Practical Guide to Ultrasound Diagnostics. General Ultrasound Diagnostics]. 2nd ed. Moscow; 2011. (In Russ.).
10. Saltykova V.G. Tunnel neuropathy ultrasound diagnostics. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2011;(4):43–56. (In Russ.). EDN: OJOZHF.
11. Orlov A.Y., Jigania R., Nasarov A.S., et al. Differential diagnosis of patients with cubital tunnel syndrome and concurrent diseases. *Bulletin of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov*. 2018;10(2):5–11. (In Russ.). DOI: 10.17816/mechnikov20181025-11.
12. Zhivolupov S.A., Rashidov N.A., Samartsev I.N., Yakovlev E.V. Peculiarities of development of denervation-reinnervation process in traumatic neuropathies and plexopathies. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2013;(3):190–198. (In Russ.). EDN: RCLBML.
13. Merkulov M.V. *Optimizatsiya vosstanovleniya innervatsii tkaney pri povrezhdeniyakh perifericheskikh nervov konechnostey (eksperimentalno-klinicheskoye issledovaniye)* [Optimization of Tissue Innervation Recovery in Cases of Peripheral Nerve Injuries of the Limbs (An Experimental-Clinical Study)] [Dr. Sci. Medical thesis]. Moscow; 2014. (In Russ.).
14. Shevelev I.N. *Mikrokhirurgiya perifericheskikh nervov* [Microsurgery of Peripheral Nerves]. Moscow; 2011. (In Russ.).
15. Rassel S.M. *Diagnostika povrezhdeniya perifericheskikh nervov* [Diagnosis of Peripheral Nerve Injury]. Moscow; 2009. (In Russ.). EDN: QLVBXR.
16. Kolesnikov L.L., ed. *Terminologia Anatomica*. Moscow: Meditsina; 2003. (In Russ.).
17. Odinak M.M., Zhivolupov S.A. *Zabolevaniya i travmy perifericheskoy nervnoy sistemy* [Diseases and Injuries of the Peripheral Nervous System]. St. Petersburg; 2009. (In Russ.).
18. Govenko F.S. *Khirurgiya povrezhdeniy perifericheskikh nervov* [Surgery for Peripheral Nerve Injuries]. St. Petersburg: Feniks; 2010. (In Russ.).
19. Gaivoronskii I.V., Churikov L.I., Petrenko E.A., et al., inventors; Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, assignee. Method of Treating Gunshot Wounds to the Ulnar Nerve in the Elbow Joint Area. Russian Federation Patent No. 2850220. November 6, 2025. (In Russ.).
20. Govenko F.S., inventor; Leningradskiy nauchno-issledovatel'skiy nevrokhirurgicheskij institut im. A.L. Polenova, assignee. Device for taking sural nerve samples. Russian Federation Patent No. 2040914. August 9, 1995. (In Russ.).
21. Dzhiganiya R., Korotkevich M. M., Bersnev V. P. Osobennosti khirurgicheskogo lecheniya nevropatiy lokteвого нерва, vznikayushchikh posle travm lokteвого sustava [Characteristics of the Surgical Treatment of Ulnar Nerve Neuropathies Resulting from Elbow Joint Injuries]. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A. L. Polenov*. 2017;9(Suppl.):62–63. (In Russ.). EDN: SKDJSC.
22. Dubrovskiy V.I. Povrezhdeniya perifericheskikh nervov. In: *Lechebnaya fizicheskaya kultura (kinezoterapiya)* [Peripheral Nerve Injuries. In: *Therapeutic Physical Education (Kinesiotherapy)*]: Textbook for Students of Higher Educational Institutions. 2nd ed., rev. Moscow: 2001: 147–152. (In Russ.).
23. Zhurbin E.A., Gaivoronsky A.I., Zheleznyak I.S., et al. Diagnostic accuracy of ultrasound examination in injuries of peripheral nerves of limbs. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2017;19(3):63–68. (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma1219.



24. Ware J.E. Jr., Sherbourne C.D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30(6):473-483. PMID: 1593914.
25. Bartels R.H., Verhagen W.I., van der Wilt G.J., et al. 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 N.P., Adashiskaya G.A., Sanoyan T.R., Shupta A.A. Russian adaptation of the pain catastrophizing scale. *Clinical Psychology and Special Education*. 2020;9(4):169-187. (In Russ.). DOI: 10.17759/cpse.2020090409 EDN: YKHVJO.
27. Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonov N.V. *Reabilitatsiya nevrologicheskikh bolnykh [Rehabilitation of Neurological Patients]*. 5th ed. Moscow; 2024. (In Russ.).
28. van Gent J.A., Datema M., Groen J.L., Pondaag W., Eekhof J.L., Malessy M.J. Anterior subcutaneous transposition for persistent ulnar neuropathy after neurolysis. *Neurosurg Focus*. 2017;42(3):E8. DOI: 10.3171/2016.11.FOCUS16451
29. Ministry of Health of the Russian Federation, ed. *Mononevropatii [Mononeuropathies]*: Clinical Guidelines. Moscow; 2025. (In Russ.). https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/988_1/.

АВТОРЫ

Петренко Елизавета Алексеевна — ORCID: 0009-0006-6283-4088, SPIN: 3011-3081
Гайворонский Алексей Иванович, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0003-1886-5486; SPIN: 7011-6279
Алексеев Дмитрий Евгеньевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-8685-3965; SPIN: 9823-8976
Чуриков Леонид Игоревич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-4982-7848, SPIN: 5236-5732
Парфенов Валерий Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-3221-5466, SPIN: 4954-0377

AUTHORS

Petrenko Elizaveta Alekseyevna — ORCID: 0009-0006-6283-4088, SPIN: 3011-3081
Gayvoronskiy Alexey Ivanovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0003-1886-5486, SPIN: 7011-6279
Alekseev Dmitry Evgenievich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-8685-3965, SPIN: 9823-8976
Churikov Leonid Igorevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-4982-7848, SPIN: 5236-5732
Parfenov Valery Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-3221-5466, SPIN: 4954-0377



УДК 617.518

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_47_57

ДИАГОНАЛЬНЫЕ РАНЕНИЯ КАК ОТДЕЛЬНЫЙ ВИД ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

© С.А. ЛАНДИК¹, Р.И. ИСАЕВ², Д.В. СВИСТОВ¹

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБУ «413 Военный госпиталь» Минобороны России, Волгоград, Россия

РЕЗЮМЕ

Огнестрельные черепно-мозговые ранения остаются одной из наиболее тяжелых и прогностически неблагоприятных категорий травм, особенно в условиях современных вооруженных конфликтов. Среди всего спектра ранений черепа и головного мозга особую сложность представляют диагональные огнестрельные черепно-мозговые ранения (ДОЧМР). Их особенность заключается в транстенториальном характере раневого канала, что приводит к одновременному повреждению как супра-, так и субтенториальных структур головного мозга. Такая анатомическая локализация обуславливает крайне тяжелое состояние пациентов, высокую летальность и трудности в выборе оптимальной хирургической тактики.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: выявить группу раненых с ДОЧМР, оценить характерные внутричерепные повреждения, особенности оперативного лечения, ближайшие клинические и инструментальные результаты, а также выработать хирургическую тактику для улучшения исходов лечения данной группы раненых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В ретроспективное исследование включен 21 пациент с ДОЧМР, полученными в результате минно-взрывных осколочных ранений. Исключались случаи с множественными ранениями от двух и более снарядов. Проводилась оценка данных компьютерной томографии (СКТ), клинической картины, особенностей оперативного вмешательства и ближайших результатов лечения. Пациенты были разделены на две группы: с нисходящим (сверху вниз, 7 человек) и восходящим (снизу вверх, 14 человек) направлением раневого канала. Оценка исходов проводилась по контрольным СКТ, функциональному, соматическому и неврологическому статусу, а также по шкале комы Глазго (ШКГ) при выписке

РЕЗУЛЬТАТЫ. Все 21 пациент (мужчины, средний возраст 40 лет) имели одиночные изолированные слепые осколочные проникающие черепно-мозговые ранения и были госпитализированы в экстренном порядке в первые сутки. Ранняя послеоперационная смертность составила 16,7 % (3 пациента) и была связана с крайне тяжелым состоянием раненого. В 96 % случаев наблюдалась положительная динамика в виде регресса болевого синдрома, восстановления двигательных (94 %) и чувствительных (80 %) нарушений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ДОЧМР представляют собой сложную группу повреждений, требующих как супра-, так и субтенториальных этапов хирургического лечения. Выбор хирургической тактики определяется локализацией места ранения головы, направлением раневого канала, расположением ранящего снаряда, объемом очагов ушиба и внутричерепных гематом. Тщательное планирование и реализация хирургической стратегии значительно повышают шансы пациентов с ДОЧМР на благоприятный клинический исход.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагональные черепно-мозговые ранения, транстенториальные ранения, проникающие черепно-мозговые ранения, внутричерепные гематомы, боевые повреждения, военная нейротравма.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Ландик С.А., Исаев Р.И., Свистов Д.В. Диагональные ранения как отдельный вид огнестрельных черепно-мозговых повреждений // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 47–57.

DIAGONAL GUNSHOT CRANIOCEREBRAL INJURIES: A SEPARATE ENTITY IN TRAUMATIC BRAIN INJURY

© S.A. LANDIK¹, R.I. ISAEV², D.V. SVISTOV¹

¹ Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Institution “413 Military Hospital”, Volgograd, Russia



ABSTRACT

Gunshot cranial and brain injuries remain one of the most severe and prognostically unfavorable categories of trauma, especially in the context of modern armed conflicts. Among the entire spectrum of head and brain injuries, diagonal gunshot craniocerebral injuries (DGCI) present particular complexity. Their distinctive feature lies in the transtentorial nature of the wound track, leading to simultaneous damage to both supratentorial and subtentorial brain structures. Such anatomical localization results in an extremely severe patient condition, high mortality, and difficulties in selecting the optimal surgical strategy.

OBJECTIVE: The aim of this study was to identify a group of wounded patients with DGCI, evaluate characteristic intracranial injuries, describe the specifics of surgical treatment, assess immediate clinical and instrumental outcomes, and develop a surgical strategy to improve treatment outcomes for this group of patients.

MATERIALS AND METHODS: This retrospective study included 21 male patients with DGCI resulting from blast-fragmentation injuries. Cases with multiple injuries from two or more projectiles were excluded. Data from computed tomography (CT), clinical presentation, specifics of surgical intervention, and immediate treatment outcomes were evaluated. Patients were divided into two groups: those with descending (top-to-bottom, 7 individuals) and ascending (bottom-to-top, 14 individuals) wound track directions. Outcome assessment was based on follow-up CT scans, functional, somatic, and neurological status, as well as the Glasgow Coma Scale (GCS) at discharge.

RESULTS: All 21 patients (males, mean age 40) sustained single, isolated, blind, fragmentation-induced penetrating craniocerebral injuries and were emergently hospitalized within the first 24 hours. Early postoperative mortality was 16.7 % (3 patients) and was associated with the extremely severe initial condition of the wounded. Positive clinical dynamics was observed in 96 % of cases, manifesting as pain syndrome regression and recovery of motor (94 %) and sensory (80 %) functions.

CONCLUSION: DGCI represent a complex group of injuries requiring both supratentorial and subtentorial stages of surgical treatment. The choice of surgical tactics is determined by the location of the head wound, the direction of the wound track, the position of the projectile, and the volume of cerebral contusions and intracranial hematomas. Careful planning and implementation of the surgical strategy significantly increase the chances of a favorable clinical outcome for patients with DGCI.

KEYWORDS: diagonal craniocerebral injuries, transtentorial injuries, penetrating brain injuries, intracranial hematomas, combat injuries, military neurotrauma.

TO CITE THIS ARTICLE: Landik S.A., Isaev R.I., Svistov D.V. Diagonal gunshot craniocerebral injuries: a separate entity in traumatic brain injury. The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze. 2026;(3):47-57. (In Russ.).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДОЧМР	диагональные огнестрельные черепно-мозговые ранения
СКТ	спиральная компьютерная томография
СКТ-АГ	спиральная компьютерно-томографическая ангиография
ЧМР	черепно-мозговое ранение
ШКГ	шкала комы Глазго

Введение

В вооруженных конфликтах последних лет противоборствующими сторонами активно используются беспилотные летательные аппараты, широко применяется артиллерия, ракетное вооружение и мины, что обуславливает подавляющее преобладание осколочных ранений черепа и головного мозга над пулевыми [3].

На тяжесть изолированного черепно-мозгового ранения (ЧМР) влияет множество факторов, в том числе размер и форма ранящего снаряда, его кинетическая энергия в момент попадания в тело, расстояние от центра взрыва, применение защитного бронешлема, локализация входного отверстия, толщина костей черепа в области входного

отверстия, направление хода раневого канала, повреждение функционально значимых анатомических структур черепа и головного мозга, вне- и внутричерепных сосудов. Современные осколочные ранения (как и ранения специальными элементами, наполняющими штатные и самодельные взрывные устройства) благодаря малому размеру ранящего снаряда и высокой кинетической энергии (несмотря на малую массу) обладают исключительно высокой проникающей способностью.

Известно, что высокая смертность при проникающих ЧМР коррелирует с траекторией хода ранящего снаряда [5]. По виду раневого канала выделяют слепые, сквозные, касательные и рико-

шетирующие черепно-мозговые ранения [1]. В настоящее время принято разделение слепых проникающих ЧМР на 5 подвидов:

1. Простые ранения — раневой канал и инородное тело (ранящий снаряд) находятся в доле мозга, к которой прилежит огнестрельный перелом костей черепа.

2. Радиарные — ранящий снаряд достигает серповидного отростка;

3. Сегментарные — ранящий снаряд поражает одну или две соседние доли головного мозга, и раневой канал составляет хорду по отношению к окружности черепа;

4. Диаметральные — ранящий снаряд проникает через мозговое вещество по диаметру окружности черепа [2].

5. Диагональные огнестрельные черепно-мозговые ранения (ДОЧМР).

В ранней классификации ОЧМР (Бабчин И.С., 1954) к диагональным относили только сквозные ранения, когда раневой канал и инородное тело (ранящий снаряд) распространяется из базальных отделов черепа к конвексимальным [2]. Вместе с тем в современном конфликте наблюдаются частые случаи слепых ранений с отвесным направлением раневого канала от конвексимальных отделов больших полушарий головного мозга к основанию черепа и в заднюю черепную ямку в направлении сверху вниз (реже — в обратном направлении).

При таком ранении (транстенториальном или через вырезку намета) происходит повреждение структур больших полушарий головного мозга (чаще теменной и затылочной доли), задней черепной ямки, нередко, ствола мозга, сосудов вырезки намета и области притоков прямого синуса, намета мозжечка.

Повреждения стволовых структур, расположенных в вырезке намета (среднего мозга и моста), как правило, приводят к плохим клиническим исходам.

Расположение церебральных, артериальных и венозных сосудистых образований, характерный вид очагов ушиба, внутричерепных гематом приводит к необходимости выполнения оперативного лечения как на структурах конвексимальных отделах полушарий, так и на структурах задней черепной ямки.

В литературе представлено мало информации о диагональных черепно-мозговых ранениях, однако такие ранения часто встречается в клинической практике в рамках текущего вооруженного конфликта.

Цель исследования: выявить группу раненых с ДОЧМР, оценить характерные внутричерепные повреждения, особенности оперативного лечения, ближайшие клинические и инструментальные результаты, выработать хирургическую тактику с целью улучшения результатов лечения данной группы больных.

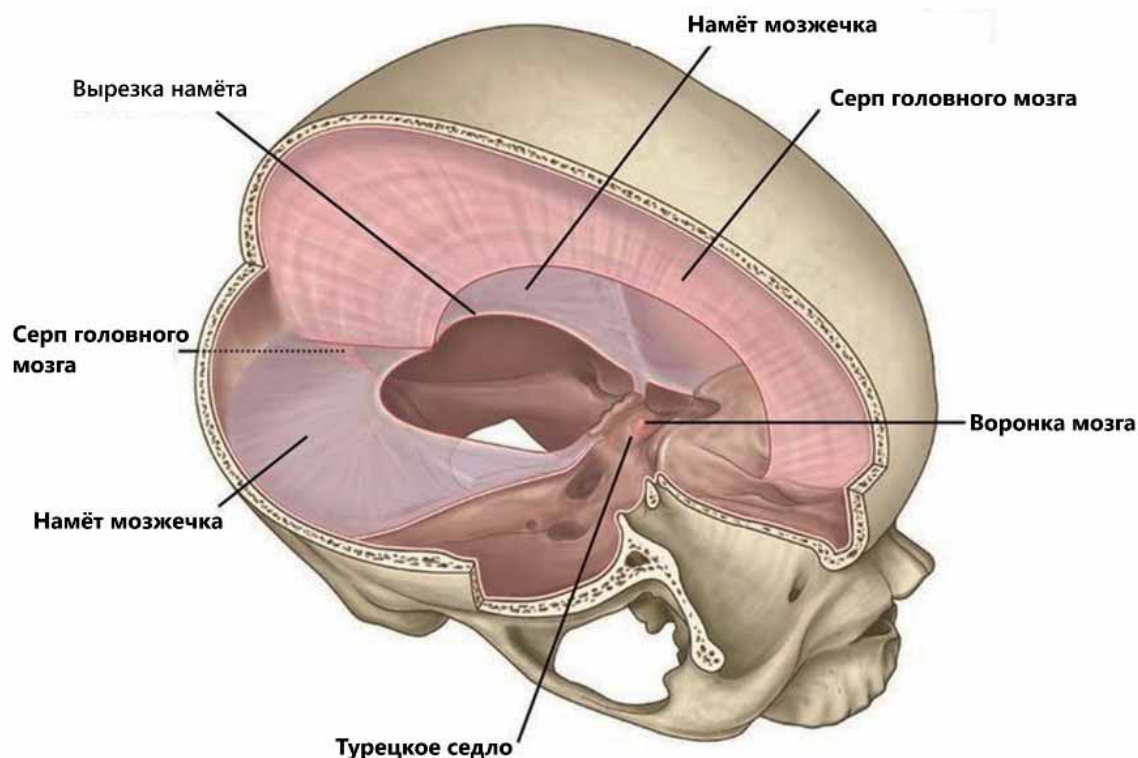


Рис. 1. Схематическое изображение намета мозжечка, важных костных и оболочечных структур



Материалы и методы

В исследование включены 21 пациент с ДОЧМР. Критериями включения в исследование было наличие у раненого минно-взрывного ранения с огнестрельным осколочным черепно-мозговым ранением, раневой канал которого проходил бы транстенториально с одновременным повреждением супра- и субтенториальных структур. Случаи с множественными ОЧМР, когда имело место осколочное ранение черепа и головного мозга двумя и более ранящими снарядами вне зависимости от хода раневых каналов, в исследование не включались.

Производилась оценка данных компьютерной томографии, клинической картины состояния раненого, особенности оперативного вмешательства, а также ближайших результатов хирургического лечения.

Все пациенты были разделены на 2 группы. На включение в группы влияло расположение входного отверстия ранения, направление хода раневого канала и интракраниальная локализация инородного тела. В первую группу включены раненые с направлением хода раневого канала сверху вниз, такой вид ранений назван нисходящим диагональным черепно-мозговым ранением. Вторая группа пациентов включала раненых, у которых направление хода раневого канала было в противоположном направлении снизу-вверх, такой вид ранений назван восходящим диагональным.

Перед выпиской из стационара изучали данные контрольных СКТ головного мозга, оценивали функциональные исходы после оперативного лечения, оценивалось состояние соматического и неврологического статуса, уровень сознания по ШКГ.

Результаты

Проанализирован 21 случай лечения пациентов с ДОЧМР, которым оказана специализированная нейрохирургическая помощь в экстренном порядке.

Пациентами с ДОЧМР являлись мужчины (18 человек, 100 %). Возраст пациентов варьировал от 25 до 52 лет (средний возраст составил 40 лет).

Все пациенты в 100 % случаев имели одиночные изолированные слепые осколочные проникающие черепно-мозговые ранения.

Примеры диагонального восходящего и нисходящего огнестрельного черепно-мозгового ранения представлены на рисунках 2 и 3.

В 100 % (21) случаев пациенты госпитализированы в экстренном порядке в первые сутки ранения. Изолированные ранения имели 6 паци-

ентов, сочетанные — 15. ИВЛ при поступлении проводилась у 17 пациентов (81 %).

В большинстве случаев ($n = 13$, 62 %) пациенты госпитализированы в состоянии медикаментозной седации ввиду тяжести состояния, наличия сочетанного ранения. В состоянии глубокой и запредельной комы доставлены 3 пациента (17 %). Вне медикаментозной седации средний уровень ШКГ составлял 12 баллов. Анизокория наблюдалась у 5 пациентов (24 %), анизорефлексия у 10 (48 %), менингеальная симптоматика у 5 пациентов (24 %).

Во всех случаях имели место верифицированные по данным КТ повреждения вещества головного мозга как в супра-, так и субтенториальных отделах. Входное отверстие локализовалось в различных отделах головы.

Таблица 1. Варианты ДОЧМР у пациентов

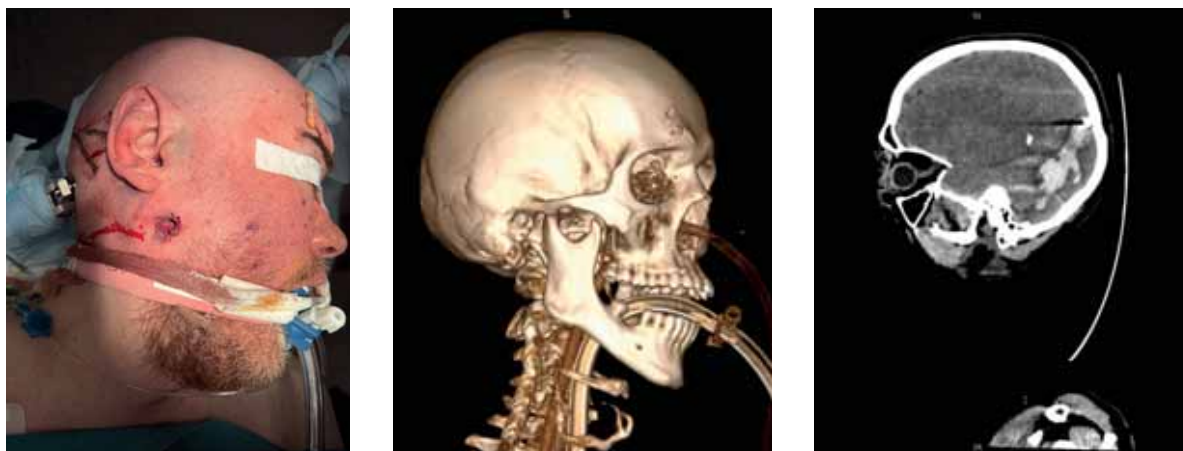
Вид ДОЧМР	Число случаев	%
Восходящее	14	67
Нисходящее	7	33
Всего	21	100

Таблица 2. Локализация входного отверстия

Вид ДОЧМР	Число случаев	%
Восходящее	14	100
Субокципитальная область	7	50
Сосцевидная область	4	29
Височная область	3	21
Нисходящее	7	100
Лобная область	0	0
Теменная область	2	29
Височная область	1	14
Затылочная область (супратенториально)	4	57

У пациентов с ДОЧМР по данным СКТ головы выявлены следующие внутричерепные повреждения: огнестрельные переломы костей свода и основания черепа, очаги ушиба головного мозга I–IV типа в супратенториальном и субтенториальном отделах, внутричерепные гематомы, повреждение ствола головного мозга (встречалось при диагональных нисходящих ЧМР), пневмоцефалия, инородные тела металлической плотности.

Совокупные клинические проявления ДОЧМР и соответствующие изменения на СКТ головного мозга представлены в следующих сочетаниях.

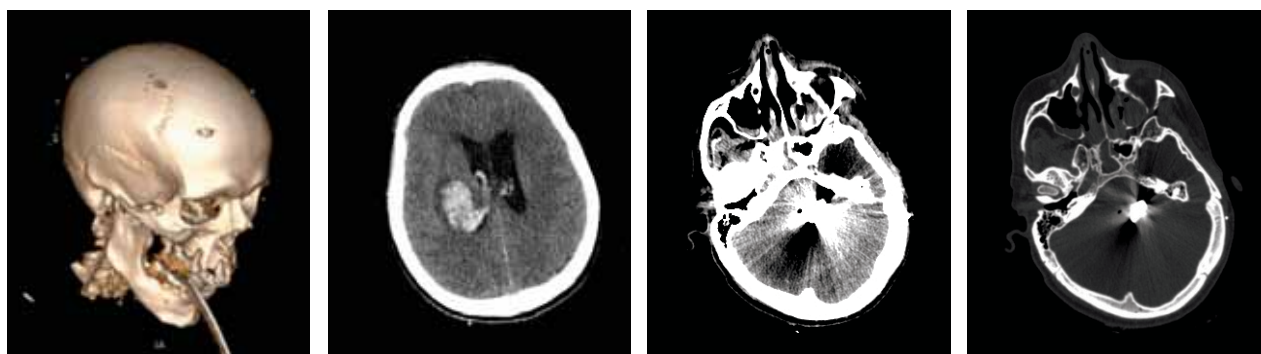


А

Б

В

Рис. 2. Пример диагонального восходящего огнестрельного черепно-мозгового ранения:
 А. Внешний вид раненого. Определяется входное отверстие в правой околушной области.
 Б. СКТ-реконструкция. Определяется входное отверстие в правой сосцевидной области.
 В. СКТ в сагиттальной проекции. Визуализируется ход раневого канала с формированием очагов ушиба и внутримозговой гематомы правого полушария мозжечка и правой затылочной доли.
 Инородное тело располагается на границе теменной и затылочной долей



А

Б

В

Г

Рис. 3. Пример диагонального нисходящего огнестрельного черепно-мозгового ранения:
 А. СКТ-реконструкция. Определяется входное отверстие в правой теменной области.
 Б. СКТ в аксиальной проекции на уровне тел боковых желудочков.
 Визуализируется ход раневого канала с формированием очага ушиба глубинных отделов правого полушария головного мозга с формированием внутримозговой гематомы.
 В, Г. СКТ в аксиальной проекции на уровне моста в нативном и костном режимах.
 Определяется инородное тело на уровне левой средней ножки мозжечка

Таблица 3. Внутричерепные изменения при ДОЧМР

Особенности внутричерепных изменений	Восходящее ДОЧМР	Нисходящее ДОЧМР
Внутримозговая/оболочечная гематома супратенториально + ушиб субтенториально	4	3
Ушиб супратенториально + внутримозговая/оболочечная гематома субтенториально	4	3
Ушиб супратенториально + ушиб субтенториально	6	1
Инородное тело в полости черепа	14	7
Наличие внутреннего рикошета	1	2
Первичное повреждение ствола	2	3
Продолжающееся наружное кровотечение	0	2



Оперативное лечение

Оперативные вмешательства пациентам с ДОЧМР выполнены в экстренном порядке в условиях специализированной нейрохирургической операционной, оснащенной современным оборудованием, операционным микроскопом, расходными материалами.

План оперативного вмешательства основывался на оценке характера внутричерепных повреждений, локализации входного отверстия, хода раневого канала, оценки возможности достижения одноэтапной исчерпывающей оперативной помощи.

Операции выполнялись по экстренным показаниям. Виды выполняемых операций представлены в таблице 4.

Таблица 4. Проявления ДОЧМР

Вид ДОЧМР	Восходящее	Нисходящее
Первичная хирургическая обработка раны	14	7
Особенности:		
Удаление внутримозговых гематом	5	3
Удаление инородных тел	12	2
Наружная вентрикулостомия	3	1

Оперативное вмешательство начиналось с кожного разреза и формирования кожно-апоневротического лоскута в проекции входного отверстия, выполнялась декомпрессивная трепанация черепа, удаление костных отломков, ранящего снаряда (если он располагался в пределах доступности), удаление мозгового детрита и санация очагов ушиба, раневого канала, осуществлялась эвакуация внутричерепных гематом, проводилась остановка продолжающегося кровотечения.

Расположение входного отверстия, ход раневого канала, повреждения вещества головного мозга, артерий, вен головного мозга с формированием очагов ушиба и внутричерепных гематом, локализация ранящего снаряда определяют вид диагонального ОЧМР и хирургическую тактику.

Пример хирургического лечения пациента с восходящим ДОЧМР представлен ниже.

Формирование наиболее «масштабных» внутричерепных повреждений чаще наблюдалось при нисходящих ДОЧМР и было обусловлено многооскольчатый переломом костей черепа и формированием внутримозговых и

субдуральных гематом. Огнестрельные оскольчатые переломы черепа в задней черепной ямке не приводили к столь значимым осложнениям.

Между тем, повреждения ствола головного мозга также чаще встречались при нисходящих ДОЧМР, что являлось прогностически неблагоприятным фактором: такой характер повреждения быстро приводил к летальным исходам.

В ходе операции в зависимости от локализации инородного тела принималось решение о его удалении.

При первичных повреждениях ствола, наличии осколка в стволе головного мозга оперативные вмешательства ограничивались первичной хирургической обработки раны, с последующим мониторингом неврологического статуса.

Нейровизуализация в послеоперационном периоде

Контрольные СКТ головного мозга выполнялись в плановом порядке в течение первых 24 ч после операции. При СКТ оценивалось состояние срединных структур, динамика внутричерепных гематом, очагов ушиба после хирургической санации, наличие послеоперационных изменений. Послеоперационные СКТ демонстрировали позитивную КТ-динамику. Интраоперационных осложнений не отмечено.

Оценка первичных результатов хирургического лечения

Ввиду кратковременного нахождения пациентов на нашем этапе эвакуации единственным доступным критерием оценки эффективности лечения была ранняя послеоперационная смертность. В данной группе она составила 16,7 % (n = 3). При анализе трех пациентов, умерших в раннем послеоперационном периоде, в клинической картине при поступлении отмечались: ШКГ < 5 баллов, двусторонний фиксированный мидриаз, массивная травма магистральных сосудов, выраженная внутричерепная гипертензия, артериальная гипотония и коагулопатия. Эти признаки можно рассматривать как относительные противопоказания к оперативному вмешательству и факторы неблагоприятного прогноза, что соответствует данным ряда исследований [6]. Тем не менее позиция авторов заключается в том, что оперативному лечению подлежат все раненые, чья тяжесть обусловлена исключительно изолированными черепно-мозговыми ранениями при отсутствии травматического шока и других критических повреждений, при благоприятной медико-тактической обстановке.

Медиана послеоперационного катамнеза лечения составила 30 суток. В 96 % наблюдалась положительная динамика в виде регресса

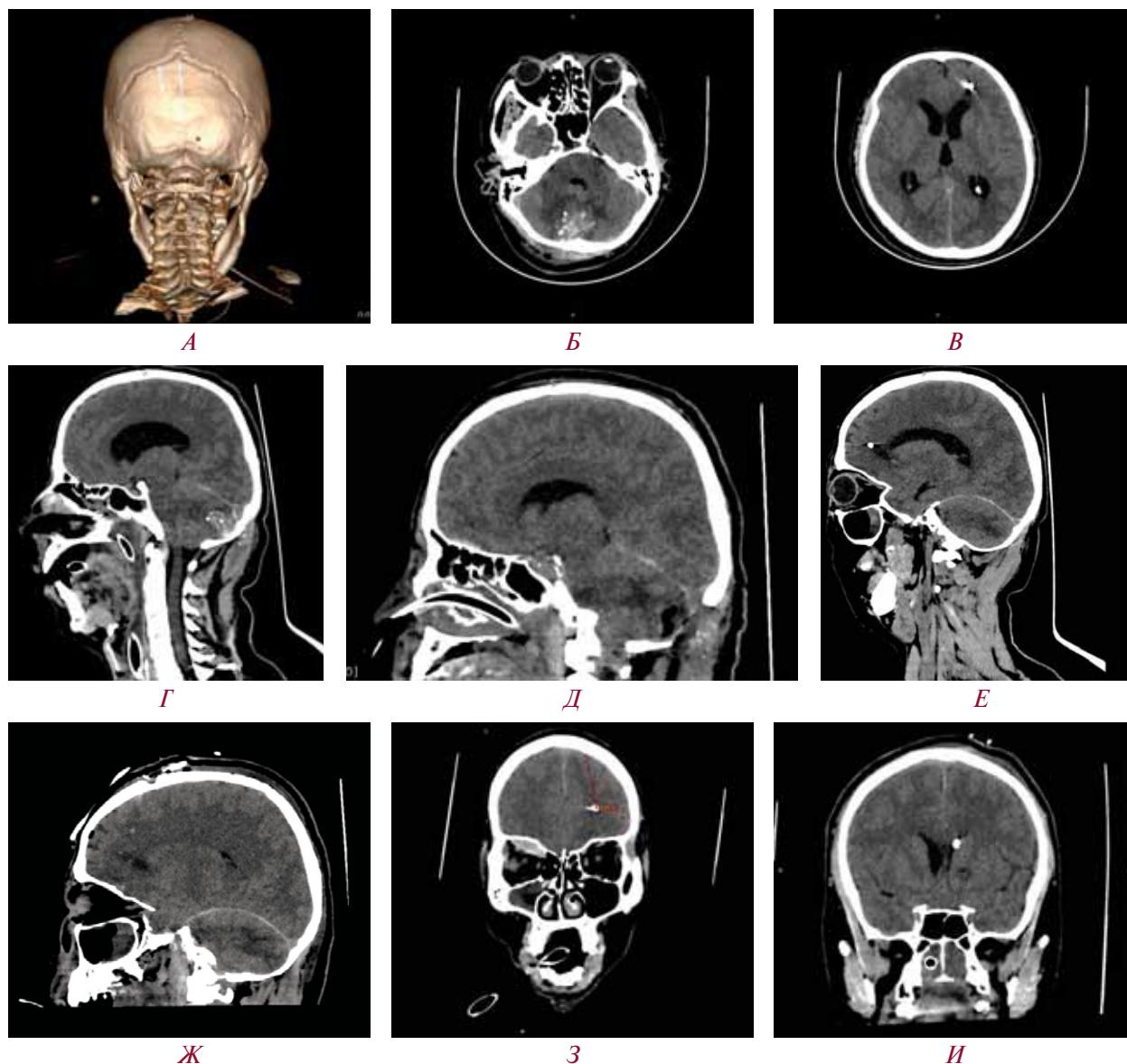


Рис. 4. Пример хирургического лечения диагонального восходящего огнестрельного черепно-мозгового ранения:

- А. Трехмерная СКТ-реконструкция. Определяется входное отверстие в затылочной области справа.
- Б. СКТ в аксиальной проекции на уровне моста. Определяется входное отверстие, ушиб правого полушария мозжечка, костные отломки.
- В. СКТ в аксиальной проекции на уровне третьего желудочка. Определяется инородное тело в правой лобной доле, острая посттравматическая гидроцефалия.
- Г, Д. СКТ в сагиттальной проекции. Состояние до и после резекционной трепанации черепа, санации очага ушиба правого полушария мозжечка.
- Е, Ж. СКТ в сагиттальной проекции. Состояние до и после пункционного удаления инородного тела (осколка) под рентген-навигацией.
- З. СКТ в фронтальной плоскости. Планирование навигации, визуализация расположения инородного тела (осколка).
- И. СКТ в фронтальной плоскости. Состояние после пункционного удаления инородного тела под рентген-навигацией и установки наружного вентрикулярного дренажа

болевого синдрома, восстановления двигательных функций в 94 %, чувствительных функций – в 80 % случаев. Неудовлетворительные результаты лечения были связаны в основном

с длительным анамнезом заболевания до операции и наличием грубых мышечных атрофий вследствие полного нарушения проводимости по нервному стволу.

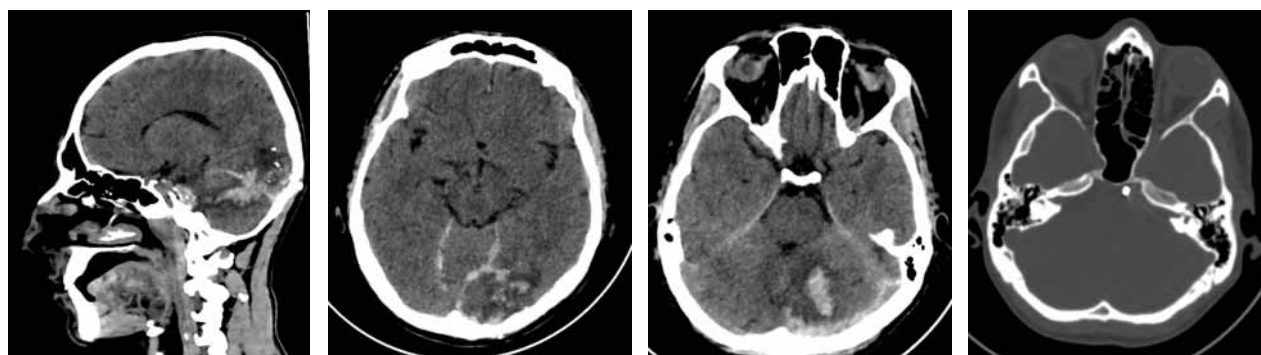


Рис 5. Диагональное нисходящее ДОЧМР с повреждением ствола головного мозга:

- А.** СКТ-реконструкция. Определяется направление раневого канала из затылочной области в направлении скала.
- Б.** СКТ в аксиальной проекции, срез на уровне базальных отделов полушарий. Визуализируется очаг ушиба левой затылочной доли.
- В.** СКТ в аксиальной проекции, срез на уровне моста. Определяется раневой канал в левом полушарии мозжечка, заполненный кровью.
- Г.** СКТ в аксиальной проекции, костный режим. Определяется инородное тело (осколок), расположенный кпереди от моста (сквозное ранение ствола)

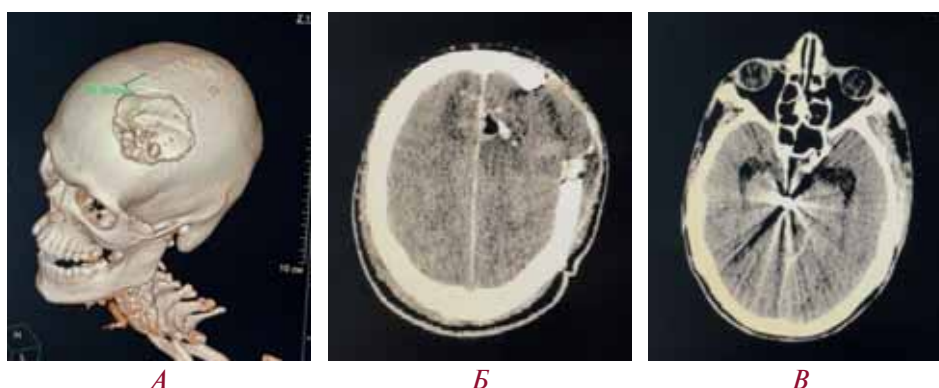


Рис 6. Пример хирургического лечения пациента с ДОЧМР с первичным огнестрельным повреждением ствола головного мозга:

- А.** СКТ-реконструкция в трехмерной проекции. Определяется дефект костей черепа округлой формы в лобной области слева после первичной хирургической обработки раны, резекционной трепанации черепа, удаления внутримозговой гематомы, санации очага ушиба.
- Б.** СКТ головного мозга в аксиальной проекции, срез на уровне коры полушарий головного мозга. Определяются послеоперационные изменения в левой лобной доле.
- В.** СКТ головного мозга в аксиальной проекции, срез на уровне среднего мозга. Определяется инородное тело в среднем мозге

Обсуждение

Несмотря на накопленный опыт хирургического лечения раненых, огнестрельные ранения головы остаются одной из сложнейших проблем современной нейрохирургии [3].

Пациенты с ДОЧМР составляют одну из самых сложных групп как для нейрохирургического вмешательства, так и для оказания реанимационного пособия, особенно с учетом повреждения структур задней черепной ямки.

Основным методом диагностики такого вида ранений является рентгенологический с использованием спиральной компьютерной

томографии. СКТ в режиме мультипланарной реконструкции изображений в сагиттальной и фронтальной плоскостях позволяют уточнить ход раневого канала, место повреждения ТМО, определить вид ДОЧМР.

В нашей выборке все пациенты были со слепыми огнестрельными осколочными ранениями, где четко дифференцировалось входное отверстие, раневой канал, определялось инородное тело.

Алгоритм выработки лечебной тактики в ходе хирургической операции был следующим:

1. Обработка огнестрельной раны.

2. Декомпрессивная трепанация черепа с созданием внешней декомпрессии.

3. Удаление внутричерепных гематом, вызывающих сдавление головного мозга, устранение дислокации, обеспечение внутренней декомпрессии.

4. Первичная хирургическая обработка раны, санация раневого канала, удаление костных отломков, и, по возможности, ранящего снаряда.

5. Санация желудочков и субарахноидальных пространств от крови, наружное дренирование по показаниям.

6. Герметизация твердой мозговой оболочки, глухой шов раны.

В ходе нашей работы выяснено, что хирургическая тактика при нисходящих и восходящих вариантах ДОЧМР различается.

При нисходящих ДОЧМР основное внимание в ходе планирования хирургического лечения обращается на характер и объем супратенториальных вне- и внутричерепных повреждений. Хирургическая тактика заключалась в первичной хирургической обработке раны, удалении внутримозговых гематом, костных осколков, санации раневого канала, создании внутренней декомпрессии. Такие ранения имели неблагоприятный прогноз в случаях, когда раневой канал заканчивался в стволе головного мозга, вызывая его первичное повреждение. Ино-

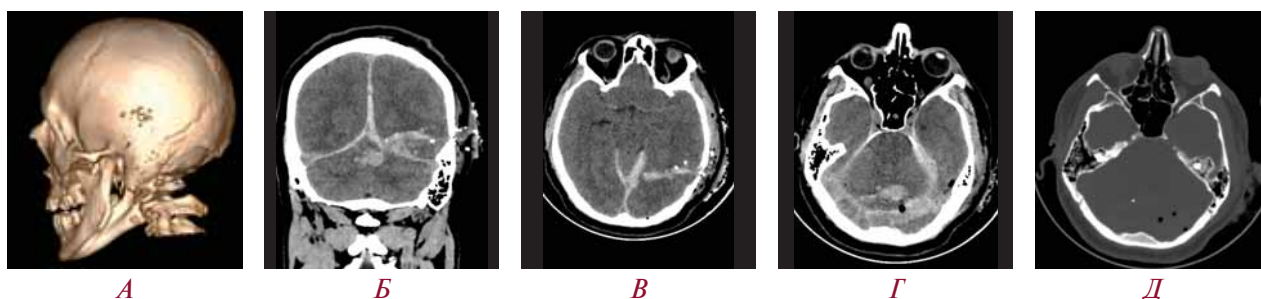


Рис 7. Пример диагонального нисходящего ДОЧМР:

А. СКТ-реконструкция. Определяется огнестрельный многооскольчатый перелом чешуи левой височной кости.

Б. СКТ-реконструкция во фронтальной проекции. Определяется раневой канал с повреждением намета мозжечка.

В. СКТ в аксиальной проекции, срез на уровне базальных отделов полушарий.

Визуализируется очаг ушиба и раневой ход в левой височной и затылочной долях.

Г. СКТ в аксиальной проекции, срез на уровне моста. Определяются раневой канал и внутримозговая гематома левого полушария мозжечка.

Д. СКТ в аксиальной проекции, костный режим, срез на уровне пирамид височных костей. Определяется инородное тело (осколок), расположенный в конце раневого канала в правом полушарии мозжечка

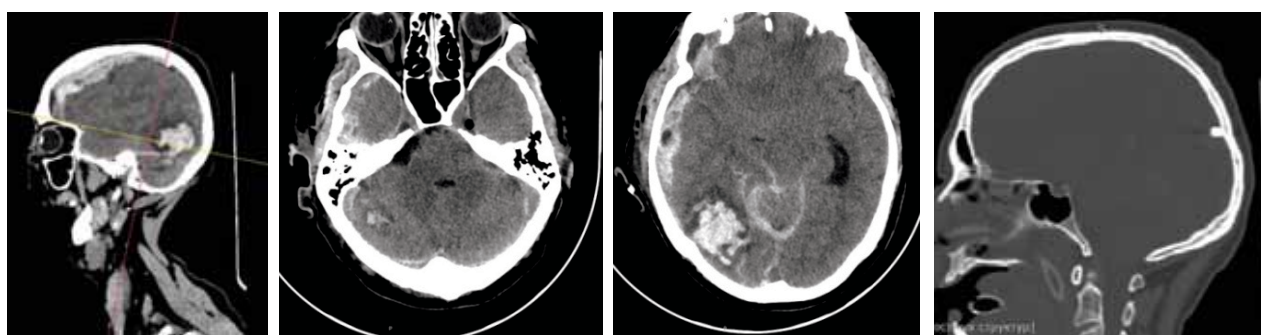


Рис 8. Пример диагонального восходящего огнестрельного черепно-мозгового ранения:

А. СКТ-реконструкция в сагиттальной проекции. Определяется раневой ход с повреждением правого полушария мозжечка и затылочной доли.

Б. СКТ в аксиальной проекции на уровне моста. Определяется ушиб правого полушария мозжечка, внутримозговая гематома по ходу раневого канала.

В. СКТ в аксиальной проекции на уровне треугольников боковых желудочков. Определяется внутримозговая гематома правой затылочной доли, субдуральная гематома правого полушария головного мозга, субарахноидальное кровоизлияние в охватывающей цистерне.

Г. СКТ в сагиттальной проекции, костный режим. Определяется инородное тело на уровне стыка правых теменной и затылочной долей



ное тело при таких ранениях располагается в паренхиме какого-либо из отделов ствола, либо кпереди от него при сквозных ранениях. При первичных повреждениях ствола, пациенты, как правило, поступали в состоянии глубокой или запредельной комы, что влияло на тактику лечения и прогноз. В случаях локализации инородного тела в черве, полушариях мозжечка при отсутствии внутричерепных гематом удаление инородных тел могло быть отложено и выполнено отсрочено в плановом порядке.

Восходящие ДОЧМР отмечаются тем, что пристальное внимание уделяется имеющимся очагам ушиба ствола и мозжечка, наличию внутричерепных гематом субтенториального компартмента, требующих экстренной эвакуации. В следующую очередь внимание обращается на повреждение супратенториальных структур, где в случае формирования очагов ушиба IV типа, внутримозговых и оболочечных гематом требуется их немедленное удаление, которое должно сопровождаться удалением ранящего снаряда (осколка). В таких случаях на втором этапе операции осуществляется первичная хирургическая обработка раны, санация раневого канала, удаление костных отломков, расширяющая пластика ТМО задней черепной ямки. В случае, когда внутримозговых гематом в супратенториальных отделах нет, на первое место выходит необходимость герметизации ТМО для предотвращения раневой и базальной ликвореи.

Во всех случаях необходимо провести ревизию зоны повреждения намета мозжечка с целью

оценки состояния зоны его повреждения, исключения повреждения значимых венозных коллекторов, остановки кровотечения.

Таким образом, при ДОЧМР на первое место выходили оперативные вмешательства, направленные на сохранение жизни. Удаление инородных тел, расположенных в задней черепной ямке, откладывалось на более благоприятный период.

Закключение

Раненые с ДОЧМР являются сложной группой пациентов. Выбор тактики хирургического лечения определяется расположением входного отверстия, направлением хода раневого канала, расположением ранящего снаряда, величиной очагов ушиба головного мозга и формированием внутричерепных гематом.

ДОЧМР требуют как супратенториального, так и субтенториального этапов хирургического лечения. При восходящих ДОЧМР в ходе оперативного лечения инородное тело, как правило, является доступным для хирургического удаления. При нисходящих ДОЧМР оперативное лечение выполняется в супратенториальном отделе, а субтенториальный этап и удаление инородного тела следует отложить на более благоприятный период. Первичные ранения ствола головного мозга при нисходящих ДОЧМР являются наиболее неблагоприятными.

При тщательном выборе и планировании хирургической тактики пациенты с ДОЧМР имеют значительный шанс на хороший клинический исход.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме: в 3 т. / под ред. А.Н. Коновалова, Л.Б. Лихтермана, А.А. Потапова. М.: АНТИДОР, 2001. Т. 2: Острый период черепно-мозговой травмы: хирургия, анестезия, интенсивная терапия, клинические формы. 675 с.
2. Основы практической нейрохирургии / под ред. А. Л. Поленова, И. С. Бабчина. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Медгиз, Ленингр. отд-ние, 1954. 676 с.
3. Мальков А.В., Шудря В.А., Гумелев В.Ю. Особенности применения БПЛА в современных войнах и способы противодействия им в тактическом звене // Техника и вооружение. 2021. № 12. С. 10–16.
4. Храпов Ю.В., Алексеев Е.Д., Свистов Д.В. Новая концепция организации и содержания помощи по профилю «Нейрохирургия» в армии США в ходе вооруженных конфликтов начала XXI века // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. 2017. Т. 81, № 1. С. 108–117. DOI: 10.17116/neiro2017807108-117.
5. Charry J.D., Rubiano A.M., Puyana J.C., et al. Damage control of civilian penetrating brain injuries in environments of low neuro-monitoring resources. *Br J Neurosurg.* 2016;30(2):235-239. DOI: 10.3109/02688697.2015.1096908.
6. Rosenfeld J.V., Bell R.S., Armonda R. Current concepts in penetrating and blast injury to the central nervous system. *World J Surg.* 2015;39(6):1352-1362. DOI: 10.1007/s00268-014-2874-7.



REFERENCES

1. Kononov A.N., Likhterman L.B., Potapov A.A., eds. *Klinicheskoye rukovodstvo po cherepno-mozgovoy travme: v 3 t. T. 2: Ostryy period cherepno-mozgovoy travmy: khirurgiya, anesteziya, intensivnaya terapiya, klinicheskiye formy* [Clinical guideline on traumatic brain injury: in 3 vols. Vol. 2: Acute period of traumatic brain injury: surgery, anesthesia, intensive care, clinical forms]. Moscow: ANTIDOR; 2001. (In Russ.).
2. Polenov A.L., Babchin I.S., eds. *Osnovy prakticheskoy neyrokhirurgii* [Fundamentals of practical neurosurgery]. 2nd ed. Leningrad; 1954. (In Russ.).
3. Malkov A.V., Shudrya V.A., Gumelev V.Yu. Osobennosti primeneniya BPLA v sovremennykh voynakh i sposoby protivodeystviya im v takticheskoy zvene [Features of the use of UAVs in modern wars and ways to counteract them in the tactical link]. *Tekhnika i vooruzhenie*. 2021;(12):10-16. (In Russ.).
4. Khrapov Yu. V., Alekseev E. D., Svistov D. V. A new concept of organization and content of neurosurgical care in the US Army during the armed conflicts of the early 21st century. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2017;81(1):108-117. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro2017811108-117.
5. Charry J.D., Rubiano A.M., Puyana J.C., et al. Damage control of civilian penetrating brain injuries in environments of low neuro-monitoring resources. *Br J Neurosurg*. 2016;30(2):235-239. DOI: 10.3109/02688697.2015.1096908.
6. Rosenfeld J.V., Bell R.S., Armonda R. Current concepts in penetrating and blast injury to the central nervous system. *World J Surg*. 2015;39(6):1352-1362. DOI: 10.1007/s00268-014-2874-7.

АВТОРЫ

Ландик Сергей Александрович, К.М.Н. — ORCID: 0000-0001-7482-0368, SPIN: 6111-2050

Исаев Ренат Играмиевич — ORCID: 0009-0002-0079-3728, SPIN: 9319-8733

Свистов Дмитрий Владимирович, К.М.Н. — ORCID: 0000-0002-3922-9887, SPIN: 3184-5590

AUTHORS

Landik Sergey Aleksandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-7482-0368, SPIN: 6111-2050

Isaev Renat Igramiyevich — ORCID: 0009-0002-0079-3728, SPIN: 9319-8733

Svistov Dmitriy Vladimirovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-3922-9887, SPIN: 3184-5590



УДК 616.711.5/.6-[001.5+001.515]-089.001.36

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_58_73

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРЕХКОЛОННЫМИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ И ЗАКРЫТЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: ПРОДОЛЖЕННОЕ ПРОСПЕКТИВНОЕ КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© А.О. КЕЛИН^{1,2}, В.А. МАНУКОВСКИЙ^{1,2,3}, Г.И. АНТОНОВ^{1,2}, Г.Е. ЧМУТИН¹

¹ Медицинский институт ФГАОУ ВО «Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России, Красногорск, Московская область, Россия

³ Филиал ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. В вертебологии активно используется классификация трех опорных колонн F. Denis. Особенности морфологии переломов, возникающих при огнестрельных ранениях позвоночника, ставят под сомнение необходимость стабилизации при трехколонных повреждениях.

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ: 1. Анализ методов хирургического лечения пациентов с огнестрельным и закрытым переломом позвоночника с вовлечением трех опорных колонн в грудном и поясничном отделах позвоночника.

2. Выявление различий между пациентами двух групп в клинико-рентгенологических результатах лечения пациентов.

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ: продолженное проспективное когортное исследование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выполнено одноцентровое исследование. Для анализа клинико-неврологических характеристик когорты разделена на две группы: с закрытыми и огнестрельными переломами позвоночника в грудном и поясничном отделах. Для анализа рентгенологических исходов вторая группа дополнительно разделена на пациентов с проведенной и без проведенной стабилизации позвоночника. В отдаленном периоде обобщены данные 44 пациентов, рентгенологические исходы изучены у 33 пострадавших. Оценена выраженность неврологического дефицита по ASIA. Степень артродеза оценивалась по Lenke, а межтелового корпоророза – по BSF.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Все пациенты с закрытыми повреждениями были подвергнуты стабилизирующему вмешательству, тогда как среди раненых с огнестрельными переломами стабилизация выполнена только в 51,5 % ($n = 17$) случаев. Для закрытых переломов характерно применение не прямой декомпрессии, вентрального спондилодеза (42,4 % против 6,1 %, $p = 0,001$) и циркулярного протяженного спондилодеза (33,3 % против 3,0 %, $p = 0,003$), тогда как при огнестрельных ранениях преобладала прямая декомпрессия (ламинэктомия, удаление ранящего снаряда). Инфекция раневого канала послужила показанием к операции в 63,6 % случаев. Неврологический прогноз при полном повреждении спинного мозга (ASIA A) остается неблагоприятным независимо от типа повреждения.

ВЫВОДЫ. Полученные результаты подтверждают, что нестабилизированные огнестрельные трехколонные переломы с меньшим объемом костного разрушения способны к самостоятельной консолидации и не требуют стабилизирующего вмешательства. Однако при значительном повреждении костных структур стабилизация необходима, и в этих случаях рекомендуется проведение заднего костного артродеза для повышения частоты сращения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перелом позвоночника, повреждение спинного мозга, перелом груднопоясничного отдела позвоночника, три опорные колонны по Denis, огнестрельные повреждения позвоночника, огнестрельные ранения позвоночника.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Келин А.О., Мануковский В.А., Антонов Г.И., Чмутин Г.Е. Результаты лечения пациентов с трехколонными огнестрельными и закрытыми переломами груднопоясничного отдела позвоночника: продолженное проспективное когортное исследование // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 58–73.



TREATMENT RESULTS OF PATIENTS WITH THREE-COLUMN GUNSHOT AND CLOSED FRACTURES OF THE THORACOLUMBAR SPINE: A CONTINUED PROSPECTIVE COHORT STUDY

© A.O. KELIN^{1,2}, V.A. MANUKOVSKY^{1,2,3}, G.I. ANTONOV^{1,2}, G.E. CHMUTIN¹

¹ Institute of Medicine of Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

² Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for High Medical Technologies – Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Moscow Region, Russia

³ Branch of the Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "Kirov Military Medical Academy" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT

AIM of the study is to analyze the methods of surgical treatment in patients with gunshot and closed spinal fractures involving all three columns of the thoracic and lumbar spine, and to identify differences between the two groups in the clinical and radiological outcomes of treatment.

STUDY DESIGN: a continued prospective cohort study.

MATERIALS AND METHODS: A single-center study was performed. For the analysis of clinical and neurological characteristics, the cohort was divided into two groups: patients with closed and patients with gunshot fractures of the thoracic and lumbar spine. For the analysis of radiological outcomes, the second group was further subdivided into patients who had and had not undergone spinal stabilization. Long-term data were summarized for 44 patients, and radiological outcomes were analyzed in 33 of them. The severity of neurological deficit was assessed using the ASIA scale. The degree of arthrodesis was graded according to Lenke, and interbody fusion according to the BSF scale.

RESULTS: All patients with closed injuries underwent stabilizing surgery, whereas among the casualties with gunshot fractures stabilization was performed in only 51.5 % (n = 17) of cases. Closed fractures were characterized by the use of indirect decompression, anterior fusion (42.4 % vs. 6.1 %, p = 0.001) and circumferential long-segment fusion (33.3 % vs. 3.0 %, p = 0.003), whereas in gunshot wounds direct decompression predominated (laminectomy, removal of the projectile). Wound tract infection was the indication for surgery in 63.6 % of cases. The neurological prognosis in complete spinal cord injury (ASIA A) remains poor regardless of the type of injury.

CONCLUSIONS: The findings confirm that unstabilized three-column gunshot fractures with a smaller volume of bone destruction are capable of spontaneous union and do not require stabilizing surgery. However, in the presence of extensive damage to the bony structures stabilization is necessary, and in such cases posterior bone arthrodesis should be considered in order to increase the fusion rate.

KEYWORDS: spinal fracture, spinal cord injury, thoracolumbar fracture, Denis three-column concept, gunshot injuries of the spine, gunshot wounds of the spine.

TO CITE THIS ARTICLE: Kelin A.O., Manukovsky V.A., Antonov G.I., Chmutin G.E. Treatment results of patients with three-column gunshot and closed fractures of the thoracolumbar spine: a continued prospective cohort study. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):58-73. (In Russ.).

Введение

В современной вертебологии для определения стабильности повреждения хирургами применяется концепция Denis F. о трех функциональных колоннах позвоночного столба. Передняя колонна включает переднюю продольную связку, передние 2/3 тела позвонка и передние 2/3 межпозвоночного диска, средняя — заднюю треть тела позвонка и межпозвоночного диска и заднюю продольную связку, задняя включает задние костные элементы (дуги, суставные, поперечные и остистые отростки), а также задний связочный комплекс (ЗСК) [1]. В своей работе автор отнес к трехколонным переломам переломовывихи позвонков, а также флексионнодистракционные переломы,

сопровождающиеся грубой компрессией тела позвонка (передних двух колонн) и повреждением заднего суставного и связочного комплекса [2, 3]. Механизм компрессии, дистракции и трансляции позвонков и вышеописанная концепция легли в основу будущих классификаций закрытых переломов груднопоясничного отдела позвоночника (TLICS, AO Spine, McCormack). Все трехколонные повреждения считаются нестабильными и требуют хирургического лечения.

Иной патогенез переломов позвонков при огнестрельных ранениях позвоночного столба ставит под сомнение необходимость стабилизации трехколонного повреждения [4]. Решение в данном случае принимается хирургом. Проблема огнестрельных



переломов груднопоясничного отдела позвоночника с вовлечением трех опорных колонн изучена недостаточно. В мировой литературе результаты хирургического лечения таких пациентов почти не встречаются.

Цели исследования:

1. Проанализировать методы хирургического лечения пациентов с огнестрельным и закрытым трехколонным переломом груднопоясничного отдела позвоночника, а также выявить различия между пациентами двух групп.

2. Провести анализ клинико-рентгенологических результатов лечения пациентов в ближайшем и отдаленном периодах.

Материалы и методы

Работа представляет собой вторую часть продолженного проспективного когортного исследования, выполненное на базе ФГБУ «НМИЦ ВМТ – 3 ЦВКГ им. А.А. Вишневого» Минобороны России с 2022 по 2026 гг. В первой части исследования когорты поделена была на две группы: I – пострадавшие с закрытым переломом груднопоясничного отдела позвоночника; II – раненые с огнестрельным переломом груднопоясничного отдела позвоночника. В данной части исследования для оценки рентгенологических результатов II группа разделена на две подгруппы; IIa – пациенты с огнестрельными переломами груднопоясничного отдела позвоночника, которым не выполнялось стабилизирующее вмешательство;

IIб – пациенты с огнестрельными переломами, которым выполнена стабилизация поврежденного позвоночнодвигательного сегмента (ПДС). Решение о выполнении стабилизирующего вмешательства принималось хирургом на основании клинико-рентгенологических данных пострадавшего на момент поступления. Чтобы уменьшить риски предвзятости, все исследуемые пациенты прошли единый комплекс пред- и послеоперационной диагностики и ухода, исследования выполнены в условиях одного стационара. Набор данных и оценка неврологического статуса в ближайшем и отдаленном периодах осуществлялись одним специалистом. Ближайший период оценки лечения подразумевает клинико-рентгенологические результаты при выписке пациента из стационара или переводе его в другое лечебное учреждение, отдаленный период – через 12–24 месяца после полученной травмы. Время контрольного осмотра в катамнезе определялось доступностью пациента осмотру и выполнению контрольной компьютерной томографии позвоночника. Размер выборки определялся количеством случаев первичных обращений в стационар за период исследования. Группировка количественных показателей не проводилась. Количественные показатели анализировались статистическими методами для непрерывных показателей в зависимости от нормальности распределения. Критерии включения и исключения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Критерии включения и исключения

Критерии включения	Критерии исключения
Мужской пол	Остеопороз
Возраст более 18 лет	Врожденные и приобретенные деформации позвоночника
КТ признаки перелома грудного или поясничного отдел позвоночника	КТ признаки перенесенных операций
КТ признаки повреждения всех трех опорных колонн по Denis	Наличие заболеваний позвоночника (например, опухоли)

Общее состояние пациентов оценивалось по шкале ВПХ-СП [5]. Неврологический дефицит оценивали по шкале ASIA, также собраны данные по нарушению функций тазовых органов (НФТО) [6, 7, 8]. Объем двигательной активности высчитывался в баллах при заполнении анкеты ASIA для каждого пациента. Рентгенологические результаты включали показатели: локальный угол Cobb в сагиттальной и фронтальной плоскостях, индекс клиновидности тела сломанного позвонка (отношение высоты вентрального края тела позвонка к дорсальному), процент сужения позвоночного канала, а также смещения костных фрагментов в его просвет. Проводили оценку изменения высоты задней стенки поврежденного

тела позвонка для определения изменения ее высоты, достигнутой в ходе интраоперационной дистракции, по следующей формуле: $\text{высота задней стенки поврежденного позвонка} / (\text{полусумма высот задней стенки вышележащего позвонка и стенки нижележащего позвонка}) \times 100 \%$. Эффективным считали восстановление высоты стенки тела позвонка при величинах не менее 100 %; увеличение размера свыше 100 % расценивали как хорошее, а менее 100 % – как недостаточную дистракцию. В отдаленном периоде для оценки степени заднего артродеза использовалась классификация Lenke, переднего корпородеза – по классификации Brantigan и Steffee в модификации Fraser (BSF) [9, 10, 11, 12, 13].



Средний период наблюдения составил от 5 месяцев до 3 лет 3 месяцев.

Первоначально в исследовании участвовало 66 человек. В отдаленном периоде удалось собрать общие и неврологические данные в 47 случаях (в том числе и 3 умерших пациента), так как 11 пациентов были вне зоны доступа, 9 — не могли приехать на контрольный осмотр, 2 — отказались рассказать о динамике своего лечения. Только 33 пациентам

была выполнена контрольная КТ (18 человек — с закрытой травмой, 5 — нестабилизированные пациенты с огнестрельным ранением, 10 — стабилизированные пациенты с огнестрельным ранением). Степень корпорозеда по BSF оценивалась только у 11 пациентов из 33 ввиду наличия только у них переднего межтелового сращения. Структура распределения больных в катамнезе представлена на рисунке 1.

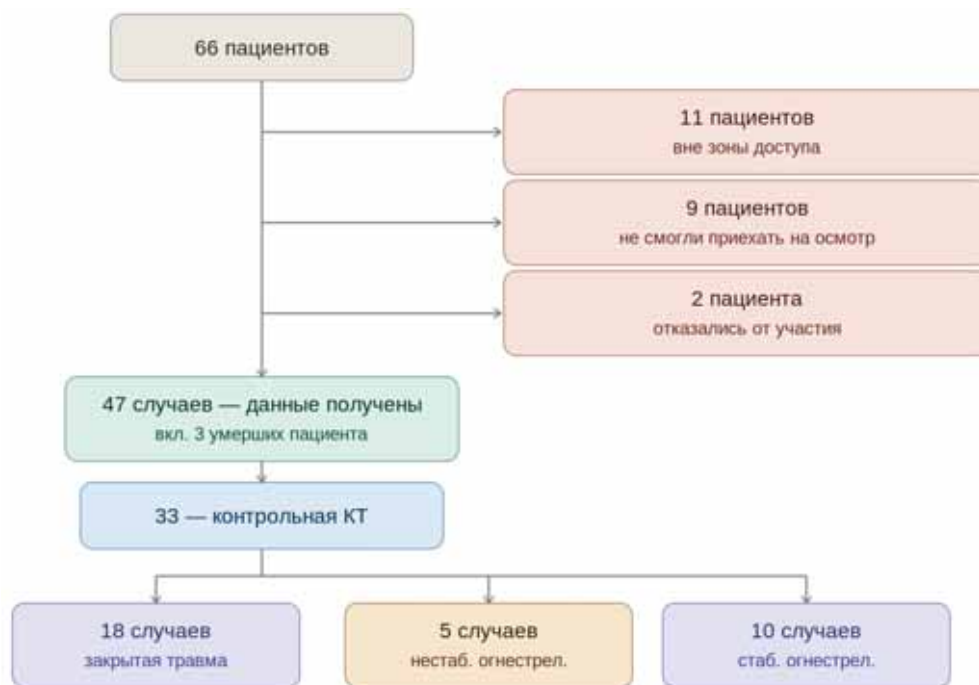


Рис. 1. Структура распределения пациентов в катамнезе

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.12.5 (разработчик — ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка.

Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1—Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия χ^2 Пирсона. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Нулевую гипотезу

в статистических тестах отклоняли при уровне значимости $p < 0,05$.

Данная статья написана согласно протоколу отчетности по результатам наблюдательных исследований в эпидемиологии (STROBE) [14].

Результаты

Хирургическое лечение пациентов с трехколонными повреждениями позвоночника

Оперативное пособие оказано 92,4 % ($n = 61$) пациентам. Все исследуемые с закрытым трехколонным переломом были прооперированы. Хирургическое лечение выполнено 84,8 % ($n = 28$) пострадавшим с огнестрельным ранением. Медиана срока операции на позвоночнике составила 11,0 дней (IQR 6,00—17,00). Открытая ликворея была показанием к операции у 42,4 % ($n = 14$) пациентов второй группы.

Если в первой группе пациентов нестабильность была показанием к хирургическому лечению у всех пострадавших, то лишь 51,5 % ($n = 17$) исследуемых из второй группы были подвергнуты стабилизирующему вмешательству (рис. 2).

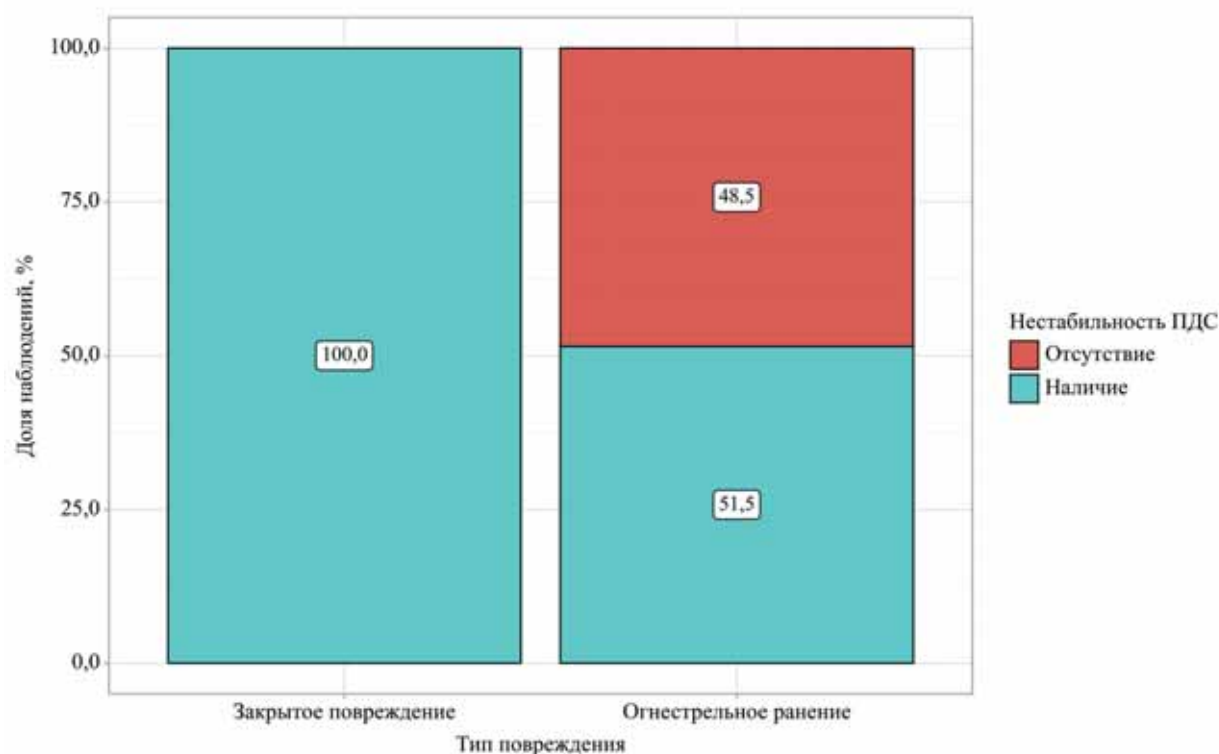


Рис. 2. Анализ нестабильности ПДС как показания к операции в зависимости от типа повреждения

Раневая инфекция была причиной оперативного лечения в 63,6 % ($n = 21$) случаев во второй группе, тогда как в группе закрытых переломов таких пациентов не наблюдалось, по данному показателю выявлены статистически значимые различия ($p < 0,001$).

Ламинэктомия выполнена в 36,4 % ($n = 12$) случаев при огнестрельных ранениях и в 6,1 % ($n = 2$) в группе с закрытым переломом ($p = 0,005$). Пациенты из II группы чаще под-

вергались прямой декомпрессии позвоночного канала (удаление инородных тел или костных фрагментов, зачастую из ламинэктомического окна). Для I группы было характерно использование не прямой декомпрессии за счет установленной задней металлоконструкции и лигментотаксиса или дополнительной передней декомпрессии и ремоделирования позвоночного канала при переднем доступе ($p < 0,001$) (рис. 3).

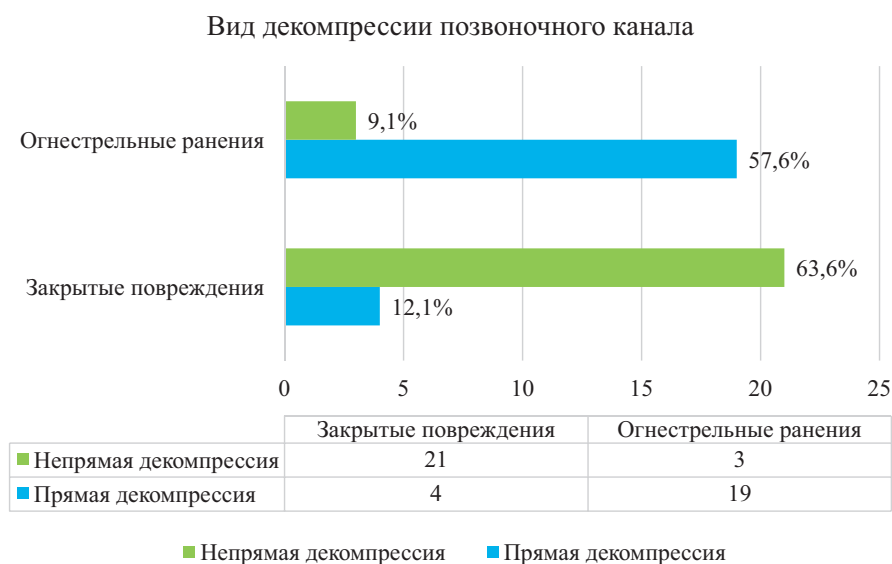


Рис. 3. Распределение пациентов по типу декомпрессии позвоночного канала в зависимости от вида повреждения



Открытый задний металлоспондилодез, транспедикулярная фиксация (ТПФ), выполнялся в 45,5 % ($n = 30$) случаях, транспедикулярная фиксация с использованием малоинвазивных методик (MIS ТПФ) – в 30,3 % ($n = 20$), вентральный опорный корпоредез – в 24,2 %

($n = 16$) (табл. 2). Таблица 3 иллюстрирует распределение пациентов по виду инструментации для двух групп исследуемых. Короткая фиксация выполнялась в пределах двух позвоночнодвигательных сегментов, протяженная фиксация – в трех и более.

Таблица 2. Анализ вида стабилизирующих подходов в зависимости от типа повреждения

Вид стабилизирующей операции	Тип повреждения		Р
	Закрытое повреждение, кол-во пациентов (%)	Огнестрельное ранение, кол-во пациентов (%)	
ТПФ	19 (57,6)	11 (33,3)	0,048*
MIS ТПФ	14 (42,4)	6 (18,2)	0,032*
Вентральный спондилодез	14 (42,4)	2 (6,1)	0,001*

Таблица 3. Анализ вида инструментации в зависимости от типа повреждения

Вид инструментации	Тип повреждения		Р
	Закрытое повреждение, кол-во пациентов (%)	Огнестрельное ранение, кол-во пациентов (%)	
Короткая задняя фиксация	9 (27,3)	7 (21,2)	0,775
Длинная протяженная фиксация	10 (30,3)	8 (24,2)	0,783
Циркулярный короткий спондилодез	3 (9,1)	1 (3,0)	0,613
Циркулярный протяженный спондилодез	11 (33,3)	1 (3,0)	0,003*

Результаты хирургического лечения пациентов в ближайшем периоде

Медиана угла Cobb в сагиттальной проекции установлена на уровне 6,0° (IQR 3,00–10,00), а во

фронтальной – 0,00 (IQR 0,00–0,00). При анализе данных показателей не выявлено различий ($p = 0,053$ и $p = 0,603$) (рис. 4 и 5). Также не установлены значимые изменения в динамике.

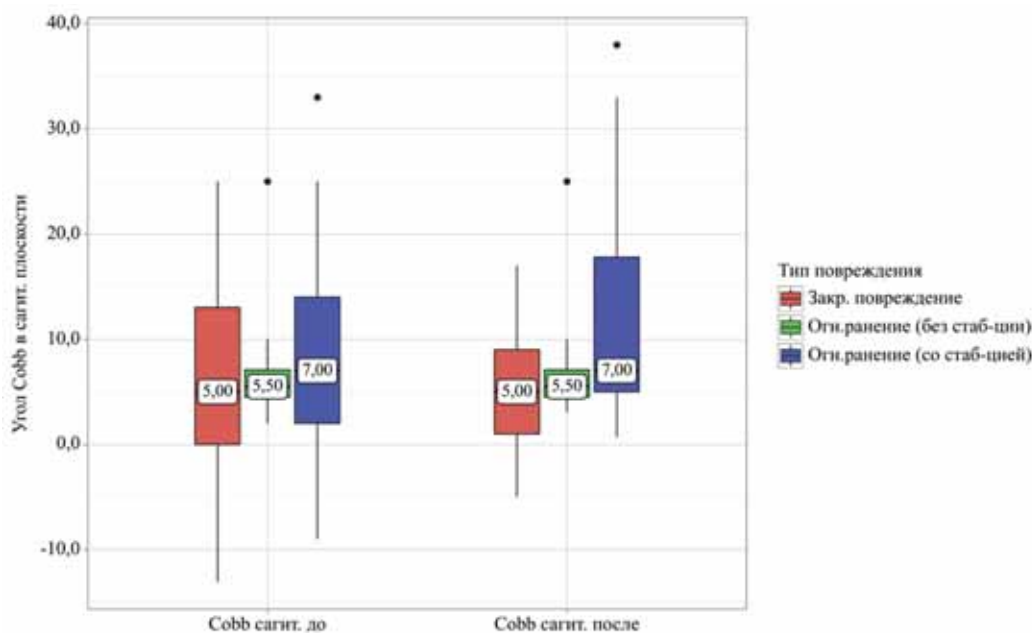


Рис. 4. Анализ динамики угла Cobb в сагиттальной плоскости в зависимости от типа повреждения и факта стабилизации

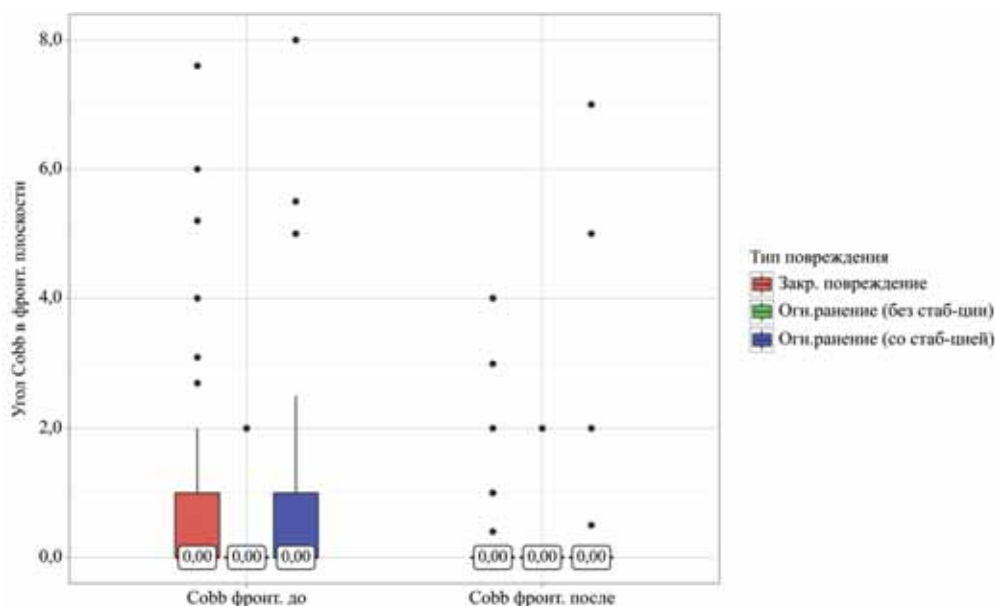


Рис. 5. Анализ динамики угла Cobb во фронтальной плоскости в зависимости от типа повреждения и стабилизации

Для всех исследуемых нам удалось добиться статистически значимого снижения компрессии позвоночного канала (табл. 4). Если для первой группы нам удалось добиться этого путем не прямой дистрак-

ции, то для второй – методом прямой декомпрессии. Медиана сужения позвоночного канала после операции составила 0,00 % (IQR 0,00–32,70), а смещения костных отломков – 11,24 % (IQR 0,00–32,84).

Таблица 4. Анализ динамики процента сужения позвоночного канала в зависимости от типа повреждения и стабилизации

Группа	Этапы наблюдения				p
	% сужения позв. канала при поступлении		% сужения позв. канала при выписке		
	Me (кол-во исследуемых)	Q ₁ –Q ₃	Me (кол-во исследуемых)	Q ₁ –Q ₃	
I	37,38 (n = 31)	15,25–54,50	18,80 (n = 31)	0,00–35,00	< 0,001*
IIa	31,21 (n = 11)	0,00–41,56	0,00 (n = 11)	0,00–0,00	0,043*
IIб	51,00 (n = 17)	39,50–58,00	0,00 (n = 17)	0,00–18,00	< 0,001*

Значимые различия между группами выявлены в индексе клиновидности после операции ($p < 0,001$). Изменения в динамике выявлены в первой группе пациентов, в которой нам удалось добиться существенного повышения данного показателя. Для второй группы, не характеризующейся компрессионным механизмом перелома, динамики ожидаемо не отмечено ($p = 0,331$) (рис. 6).

Неврологические результаты лечения в ближайшем периоде

Смертность составила 4,6 % ($n = 3$). При анализе степени неврологического дефицита по ASIA в I группе у 6 % ($n = 2$) произошло восстановление до ASIA E, однако также у 6 % ($n = 2$) возникли переходящие нарушения чувствительности в нижних конечностях, в связи с чем им выставлена степень

D. Ни у одного пациента с ASIA A не произошло качественного улучшения. Но у 9,4 % ($n = 3$) пациентов с неполным дефицитом были улучшения по шкале ASIA. Таблица 5 и рисунок 7 иллюстрируют динамику неврологического дефицита в исследовании. Не было зафиксировано случаев полного регресса неврологической симптоматики.

Отмечается статистически значимый регресс нейрогенных тазовых нарушений у пациентов в I группе: у 4 пострадавших явления НФТО полностью регрессировали к моменту выписки, только у 10 пациентов осталась данная патология ($p = 0,046$). Во второй группе динамика НФТО не отмечена ($p = 1,000$). Последние пациенты чаще страдали тазовыми нарушениями по сравнению с пострадавшими с закрытой травмой ($p < 0,001$).

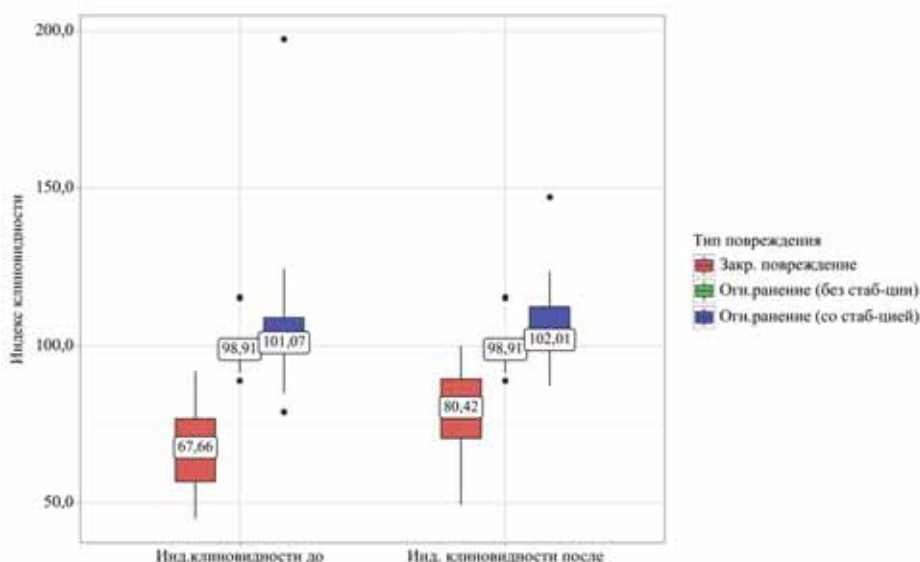


Рис. 6. Анализ динамики индекса клиновидности в зависимости от типа повреждения и стабилизации

Неврологические результаты лечения в отдаленном периоде

Смертность после выписки из стационара за период наблюдения составила 6,4 % (n = 3), все пациенты были из II группы. Двое пациентов с ASIA A погибли от тромбоэмболии легочной артерии и нозокомиальной пневмонии, один пациент – в результате несчастного случая. Статистически значимого изменения НФТО не было отмечено ни в одной группе (табл. 6).

В отдаленном периоде также подтверждается неблагоприятный прогноз для пациентов с полным функциональным перерывом спинного мозга, потому что ни один из них не достиг качественного изменения по шкале ASIA. В случае неполного неврологического дефицита динамика улучшения по шкале была значительно лучше (рис. 8) в группе I. А для закрытой травмы нами установлены даже статистически значимые изменения (табл. 7).

Таблица 5. Анализ динамики ASIA в зависимости от типа повреждения

Группа	Степень дефицита по ASIA	Этапы наблюдения				p
		ASIA, поступление		ASIA, выписка		
		Абс.	%	Абс.	%	
I	E	17	51,5	17	51,5	1,000
	D	10	30,3	10	30,3	
	C	0	0,0	0	0,0	
	B	0	0,0	0	0,0	
	A	6	18,2	6	18,2	
II	E	1	3,1	1	3,1	0,102
	D	8	25,0	11	34,4	
	C	3	9,4	1	3,1	
	B	6	18,8	5	15,6	
	A	14	43,8	14	43,8	

Таблица 6. Анализ динамики НФТО в зависимости от типа повреждения

Группа	Этапы наблюдения				p
	НФТО при выписке		НФТО в отдаленном периоде		
	абс.	%	абс.	%	
I	6	26,1	4	17,4	0,157
II	15	75,0	13	65,0	0,157
p	0,002*		0,002*		

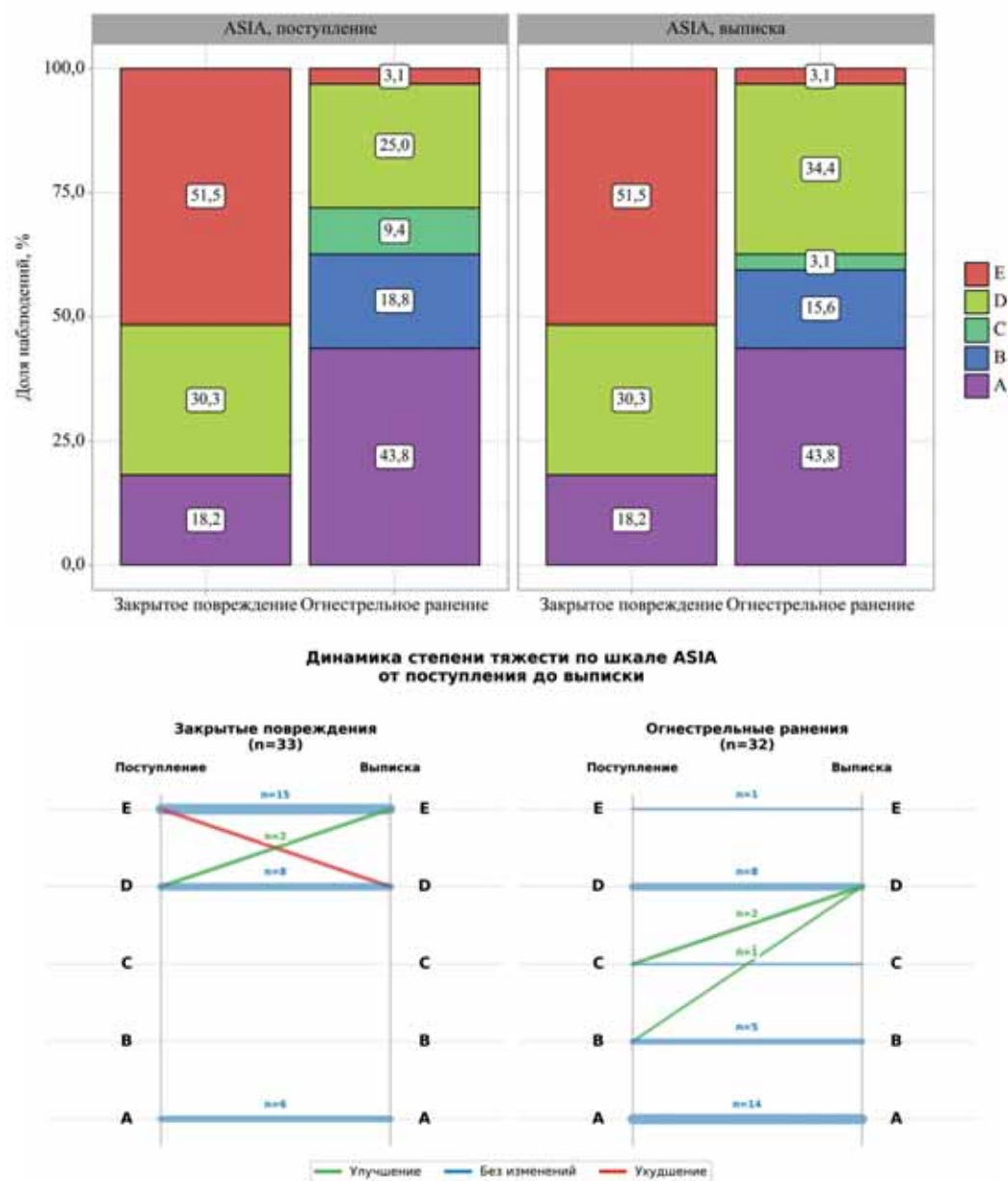


Рис. 7. Анализ динамики неврологического дефицита по ASIA в зависимости от типа повреждения

Таблица 7. Анализ динамики неврологического дефицита ASIA в зависимости от типа повреждения

Группа	Степень дефицита	Этапы наблюдения				p
		ASIA выписка		ASIA отдал.период		
		абс.	%	абс.	%	
I	E	13	56,5	17	73,9	0,046*
	D	6	26,1	2	8,7	
	C	0	0,0	0	0,0	
	B	0	0,0	0	0,0	
	A	4	17,4	4	17,4	
II	E	0	0,0	2	9,5	0,059
	D	8	38,1	7	33,3	
	C	1	4,8	2	9,5	
	B	2	9,5	0	0,0	
	A	10	47,6	10	47,6	

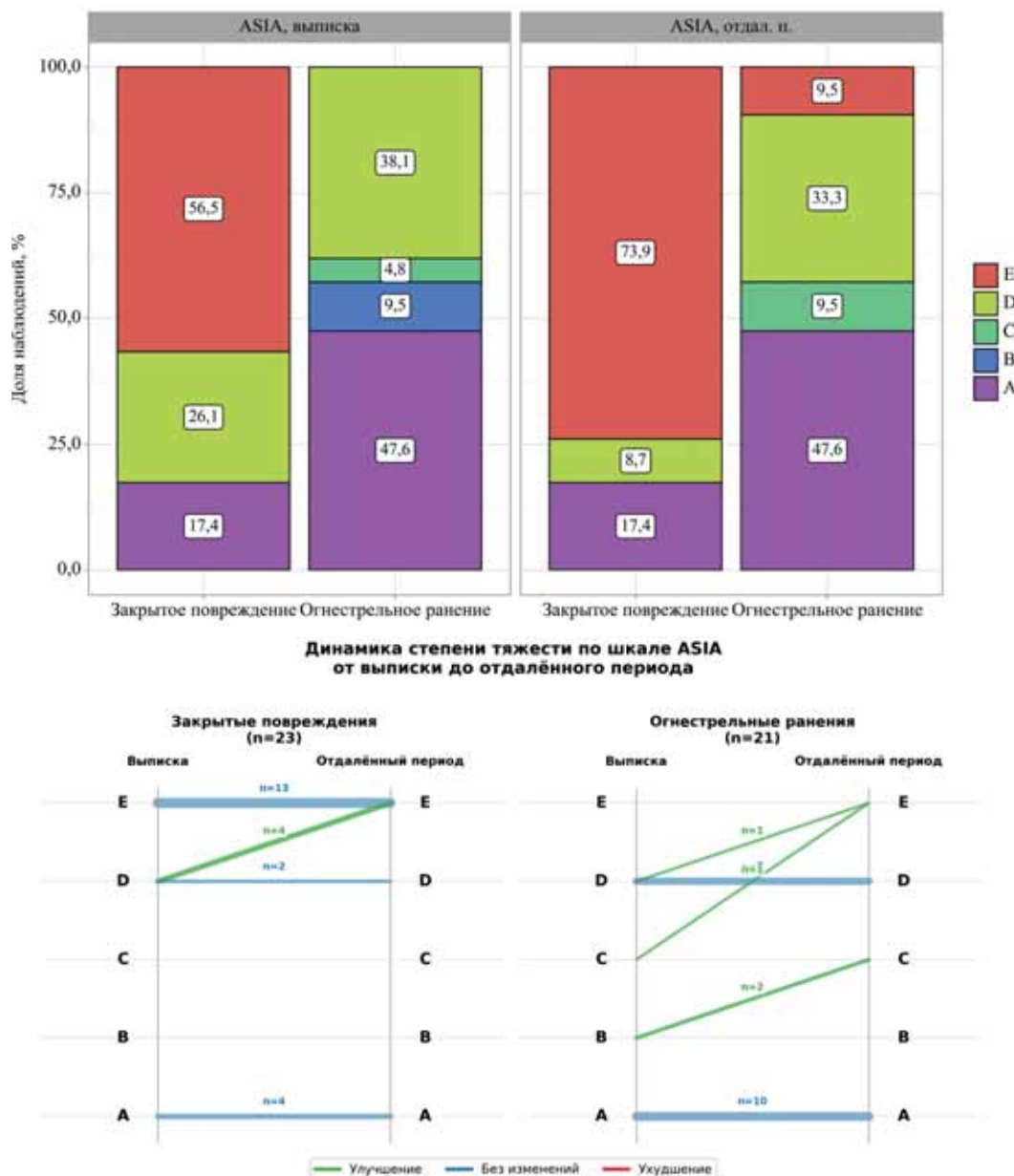


Рис. 8. Анализ динамики неврологического дефицита по ASIA в зависимости от типа повреждения

Однако при анализе объема двигательной активности (по 100-балльной системе ASIA) первая группа пациентов не показала значимых изменений, $Me = 100,00$ (IQR 90,00–100,00) ($p = 0,109$), что, возможно, связано с изначально высоким уровнем движений, а во второй группе мы установили значимые изменения ($p = 0,012$), $Me = 81,50$ (IQR 50,00–90,00). На рисунке 9 представлена гистограмма изменения данного показателя.

Рентгенологические результаты лечения в отдаленном периоде

На рисунке 10 представлено распределение пациентов по консолидированным переломам. Общий уровень консолидации составил 75,8 %

($n = 25$). И если для первой группы отсутствие признаков консолидации отмечено только у 11,1 % ($n = 2$), то для стабилизированных пациентов с огнестрельными ранениями этот показатель достиг 60 % ($n = 6$). Для нестабилизированных пациентов с огнестрельными ранениями консолидация произошла во всех случаях, что, по нашему мнению, связано с меньшим объемом костных повреждений. В целом выявлены существенные различия между группами I и II ($p = 0,006$).

44,5 % ($n = 8$) исследуемых первой группы имели хороший уровень артродеза по Lenke (рис. 11), у 27,8 % ($n = 5$) – не было процесса артродеза. В группе IIa в 60 % ($n = 3$) случаев обнару-



жено убедительное сращение с двух сторон. У 20 % (n = 2) пациентов с огнестрельным переломом после спондилодеза отмечен Lenke A и в 60 % (n = 6) Lenke D (нет артродеза). Такие результаты связаны с тем, что при малоинвазивных стабилизирующих вмешательствах не выполнялся задний артродез. При статистическом анализе значимых отличий между группами не выявлено ($p = 0,338$).

80 % (n = 4) пациентов с закрытыми переломами имели BSF-3, то есть имелись костные мостики между телами позвонков на половину и

более от площади пространства. 50 % исследуемых с огнестрельными ранениями имели третью степень, и 50 % – вторую, то есть были признаки сращения менее, чем на $\frac{1}{2}$ площади тела. У всех пациентов были признаки консолидации, но в разной степени выраженности.

Таблица 8 показывает отсутствие значимых изменений в угле Cobb в сагитальной проекции. Также характерно отсутствие изменения угла во фронтальной проекции, где медиана составила $0,0^\circ$ (IQR 0,00–0,50).

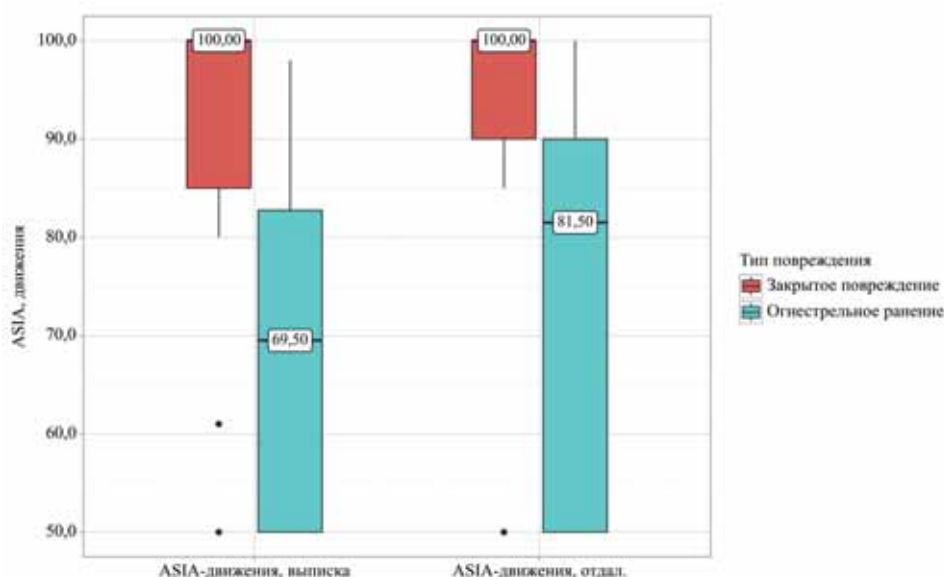


Рис. 9 Анализ динамики двигательной активности по ASIA в зависимости от типа повреждения

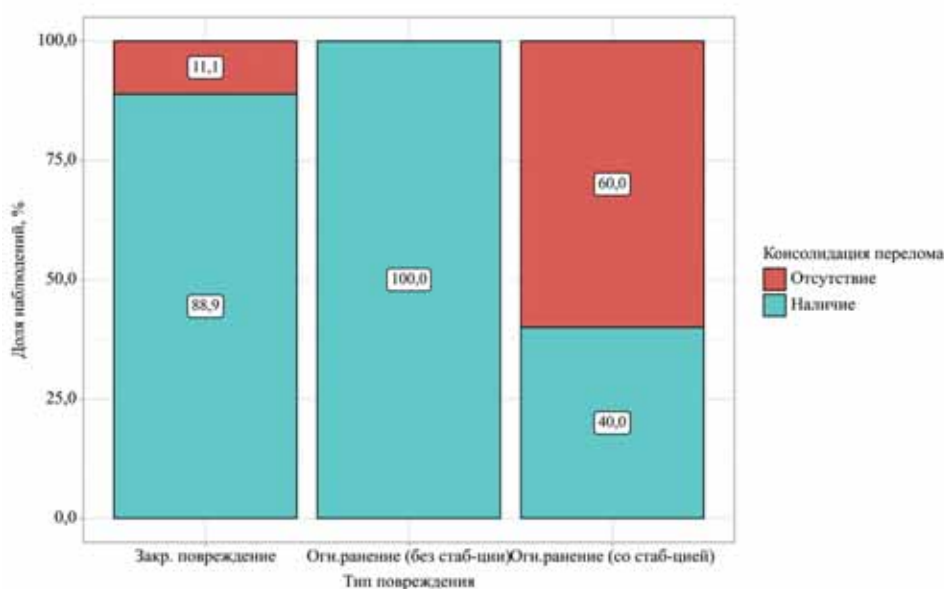


Рис. 10. Анализ консолидации перелома тела позвонка в зависимости от типа повреждения и стабилизации

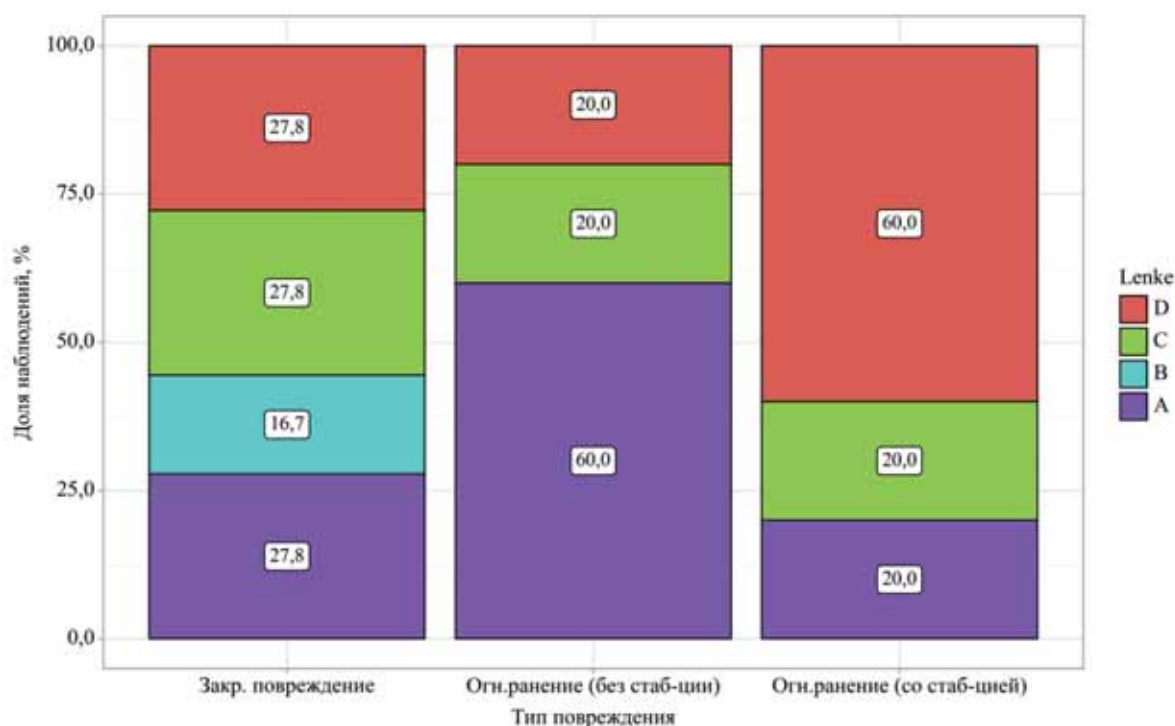


Рис. 11. Анализ степени артродеза по Lenke в зависимости от типа повреждения и стабилизации

Таблица 8. Анализ динамики угла Cobb в сагиттальной плоскости в зависимости от типа повреждения и факта стабилизации

Группа	Этапы наблюдения				p
	выписка из стационара		отдаленный период		
	Me (кол-во исследуемых)	Q ₁ –Q ₃	Me (кол-во исследуемых)	Q ₁ –Q ₃	
I	5,00 (n = 18)	1,50–6,00	4,00 (n = 18)	1,00–6,00	0,127
IIa	5,95 (n = 4)	5,38–6,60	6,00 (n = 4)	4,00–7,75	1,000
IIб	7,00 (n = 10)	5,25–19,27	7,00 (n = 10)	5,25–12,00	0,180

Оставшиеся элементы компрессии позвоночного канала в группе закрытых повреждений регрессировали с течением времени: Me = 5,42 % (IQR 0,00–19,90), $p = 0,008$. Для групп пациентов с огнестрельными ранениями статистически значимых изменений не произошло ($p = 0,715$), а медиана составила 0 % (рис. 12). Также нами получено значимое снижение смещения костных фрагментов в позвоночный канал в I группе ($p = 0,028$).

В отдаленном периоде не зафиксировано снижения индекса клиновидности у пациентов всех групп ($p = 0,0173$; $p = 0,875$; $p = 0,314$ для каждой рентгенологической группы) (рис. 13).

Выводы

Хирургическая тактика при трехколонных переломах грудного отдела позвоночника

различается в зависимости от типа повреждения. Все пациенты с закрытыми переломами были подвергнуты стабилизирующему вмешательству, тогда как среди пострадавших с огнестрельными ранениями стабилизация выполнена только 51,5 % ($n = 17$). При этом нарастания деформации в группе IIб в сроки наблюдения выявлено не было. Для закрытых переломов характерно применение не прямой декомпрессии, вентрального спондилодеза (42,4 % против 6,1 %, $p = 0,001$) и циркулярного протяженного спондилодеза (33,3 % против 3,0 %, $p = 0,003$), тогда как при огнестрельных ранениях преобладала прямая декомпрессия (ламинэктомия, удаление ранящего снаряда) и инфекция раневого канала была показанием к операции в 63,6 % случаев.

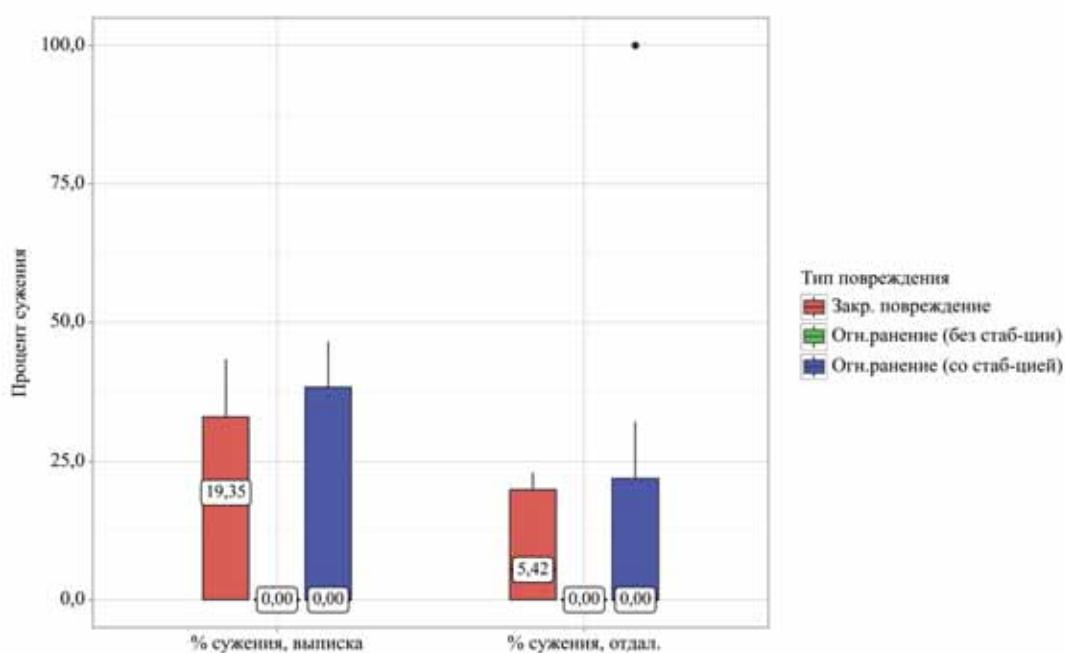


Рис. 12. Изменение сужения просвета позвоночного канала

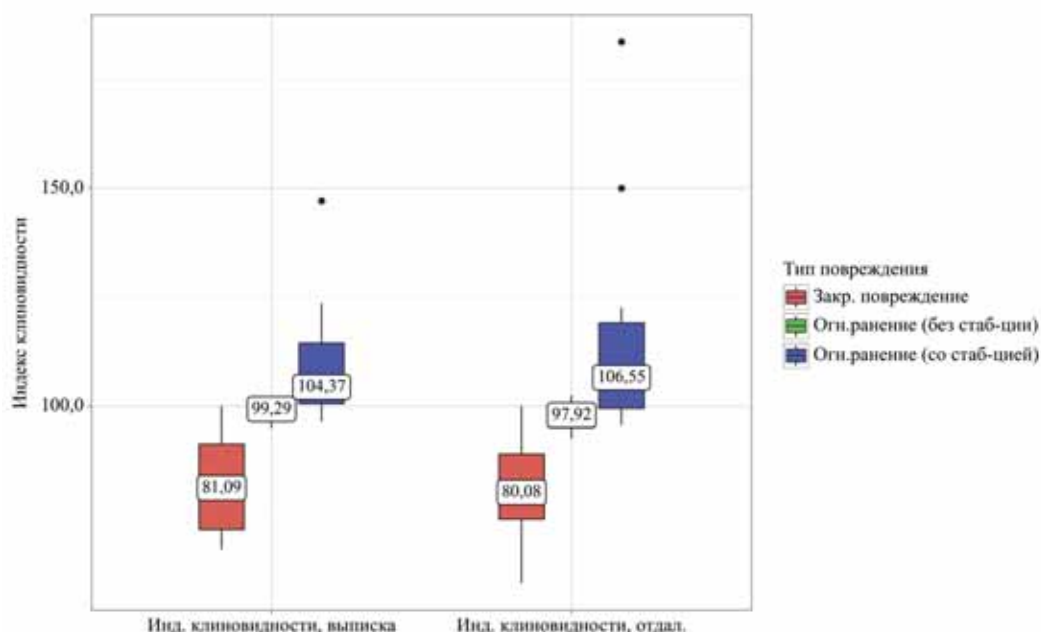


Рис. 13. Анализ динамики индекса клиновидности в зависимости от типа повреждения и стабилизации

Статистически значимое снижение компрессии позвоночного канала достигнуто во всех группах пациентов ($p < 0,001$ для закрытых переломов и стабилизированных огнестрельных; $p = 0,043$ для нестабилизированных). При закрытых переломах это обеспечено применением лигаментотаксиса с восстановлением высоты тела позвонка (значимое повышение индекса клиновидности), при огне-

стрельных — прямым удалением костных фрагментов и инородных тел из позвоночного канала. Угол Кобба в сагиттальной и фронтальной плоскостях не претерпел значимых изменений ни в одной группе.

Неврологический прогноз при полном повреждении спинного мозга (ASIA A) остается неблагоприятным независимо от типа повреждения: ни у одного пациента не отмечено качественного улучшения. При



неполном дефиците динамика различалась: в группе закрытых переломов установлено статистически значимое улучшение по ASIA в отдаленном периоде ($p = 0,046$), с увеличением доли ASIA E с 56,5 % до 73,9 %. Для огнестрельных ранений улучшение не достигло статистической значимости ($p = 0,059$), однако отмечен значимый прирост двигательной активности (Me с 60 до 81,5 баллов, $p = 0,012$). Регресс НФТО наблюдался в ближайшем периоде только при закрытых переломах ($p = 0,046$).

Общая летальность составила 9,1 % ($n = 6$), все случаи – пациенты с огнестрельными ранениями: 4,55 % ($n = 3$) – в стационаре, 4,55 % ($n = 3$) – в отдаленном периоде (тромбоэмболия легочной артерии, пневмония, ДТП). Летальных случаев в группе I без было.

Консолидация перелома в отдаленном периоде достигнута у 75,8 % пациентов, однако с существенными различиями между группами ($p = 0,006$): 88,9 % – при закрытых переломах, 100 % – у нестабилизированных огнестрельных, и лишь 40 % – у стабилизированных огнестрельных. Низкий уровень консолидации в последней группе обусловлен, вероятно, большим объемом костного дефекта, повреждением тканей за счет «бокового удара» и применением малоинвазивных техник без выполнения заднего костного артродеза. Потери коррекции индекса клиновидности в отдаленном периоде не зафиксировано ни в одной группе.

Полученные результаты подтверждают, что нестабилизированные огнестрельные трехколонные переломы с меньшим объемом костного разрушения способны к самостоятельной консолидации и не требуют стабилизирующего вмешательства. Однако при значительном повреждении костных структур стабилизация необходима, и в этих случаях следует рассмотреть выполнение заднего костного артродеза для повышения частоты сращения.

Обсуждение

Низкий уровень сращения в группе стабилизированных огнестрельных переломов (40 %) указывает на то, что использование малоинвазивных технологий (MIS) без выполнения заднего артродеза

при массивных костных дефектах может быть недостаточно эффективным. Дальнейшее наблюдение позволит оценить уровень нестабильности металлоконструкций, нарастания деформации. Учитывая возраст пациентов, есть вероятность формирования костного блока в более позднем периоде.

Неврологические исходы коррелируют с международными данными. Полный перерыв спинного мозга (ASIA A) имеет крайне неблагоприятный прогноз вне зависимости от типа воздействия. Однако закрытая травма чаще позволяет добиться значимого регресса неврологических нарушений и тазовых расстройств, в то время как при огнестрельных ранениях отмечается лишь частичный регресс [15, 16, 17]. Тяжесть состояния пациентов с огнестрельными ранениями также подтверждается летальностью (9,1 %), в то время как в группе закрытой травмы летальных исходов не зафиксировано.

Исследование подтверждает эффективность прямой декомпрессии (ламинэктомии) при огнестрельных ранениях для удаления снарядов и инородных тел, что позволяет добиться значимого расширения позвоночного канала. При закрытых повреждениях аналогичный результат успешно достигается методом не прямой декомпрессии, лигаментотаксиса, что сопровождается восстановлением индекса клиновидности тела позвонка.

Существенным ограничением данной работы является малая выборка пациентов в отдаленном периоде наблюдения. Из-за трудностей катamnестического контроля и доступности пациентов для осмотра, контрольная КТ в сроки от 12 до 24 месяцев была выполнена только 33 пациентам, что может ограничивать статистическую мощност ь выводов относительно долгосрочной консолидации и стабильности.

В целом, работа подтверждает необходимость дифференцированного подхода: при закрытых переломах приоритетом остается реконструкция высоты позвонка и не прямая декомпрессия, тогда как при огнестрельных ранениях – санация раневого канала и индивидуальное решение о необходимости стабилизации.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(8):817-831. DOI: 10.1097/00007632-198311000-00003.
2. Chance G.Q. Note on a type of flexion fracture of the spine. *The British Journal of Radiology*. 1948;21(249):452.



3. Гринь А.А., Кордонский А.Ю., Абдухаликов Б.А. и др. Классификации повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника // Нейрохирургия. 2021. Т. 23, № 2. С. 112–127. DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-2-112-128.
4. Мануковский В.А., Келин А.О., Кравцов М.Н. и др. Классификация нестабильных огнестрельных ранений позвоночника: промежуточные итоги 2-го этапа исследования // Нейрохирургия. 2025. Т. 27, № 3. С. 46–57. DOI: 10.63769/1683-3295-2025-27-3-46-57.
5. Тришкин Д.В., Крюков Е.В., Алексеев Д.Е. и др. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 1056 с. EDN: AYGWYM.
6. Vaccaro A.R., Oner C., Kepler C.K., et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028-2037. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381.
7. Maynard F.M. Jr, Bracken M.B., Creasey G., et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord*. 1997;35(5):266-274. DOI: 10.1038/sj.sc.3100432.
8. Крылов В.В., Гринь А.А., Луцик А.А. и др. Рекомендательный протокол лечения острой осложненной и неосложненной травмы позвоночника у взрослых (Ассоциации нейрохирургов РФ). Часть 2. // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. 2015. Т. 79, № 1. С. 83–89.
9. Cobb J.L., Cobb J.R., Cobb J. Outlines for the study of scoliosis. *Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*. 1948;5:261-275.
10. Перух В.В. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи при неосложненных повреждениях позвоночника: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.15 / Перух Виктор Викторович. Новосибирск, 2009. 365 с.
11. Гринь А.А. Хирургическое лечение больных с повреждением позвоночника и спинного мозга при сочетанной травме: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.18 / Гринь Андрей Анатольевич. М., 2008. 262 с.
12. Brantigan J.W., Steffee A.D. Carbon Fiber Implant to Aid Interbody Lumbar Fusion: 1-year Clinical Results in the First 26 Patients. In: Yonenobu K., Ono K., Takemitsu Y., eds. *Lumbar Fusion and Stabilization*. Tokyo: Springer Japan; 1993:379-395. DOI: 10.1007/978-4-431-68234-9_41.
13. Lenke L.G., Bridwell K.H., Bullis D., et al. Results of in situ fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):433-442. DOI: 10.1097/00002517-199212000-00008.
14. Vandenbroucke J.P., von Elm E., Altman D.G., et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2007;4(10):e297. DOI: 10.1371/journal.pmed.0040297.
15. Blair J.A., Patzkowski J.C., Schoenfeld A.J., et al. Are spine injuries sustained in battle truly different?. *Spine J*. 2012;22(9):824-829. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.09.012.
16. Katsuura Y., Osborn J.M., Cason G.W. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis. *J Orthop*. 2016;13(4):383-388. DOI: 10.1016/j.jor.2016.06.019.
17. Zileli M, Sharif S, Fornari M. Incidence and Epidemiology of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021;18(4):704-712. DOI: 10.14245/ns.2142418.209.

REFERENCES

1. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(8):817-831. DOI: 10.1097/00007632-198311000-00003.
2. Chance G.Q. Note on a type of flexion fracture of the spine. *The British Journal of Radiology*. 1948;21(249):452.
3. Grin A.A., Kordonskiy A.Yu., Abdukhalikov B.A., et al. Classification of injuries of the thoracic and lumbar spine. *Russian journal of neurosurgery*. 2021;23(2):112-127. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-2-112-128.
4. Manukovsky V.A., Kelin A.O., Kravtsov M.N., et al. Classification of unstable spinal gunshot wounds: interim results of the 2nd phase of the study. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2025;27(3):46-57. (In Russ.). DOI: 10.63769/1683-3295-2025-27-3-46-57.
5. Trishkin D.V., Kryukov E.V., Alekseyev D.E., et al. *Voyenno-polevaya khirurgiya [Military Field Surgery]*. National Guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2024. EDN: AYGWYM.
6. Vaccaro A.R., Oner C., Kepler C.K., et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028-2037. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381.



7. Maynard F.M. Jr., Bracken M.B., Creasey G., et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord*. 1997;35(5):266-274. DOI: 10.1038/sj.sc.3100432.
8. Krylov V.V., Grin' A.A., Lutsik A.A., et al. Recommended protocol for treating complicated and uncomplicated acute spinal injury in adults (Association of Neurosurgeons of Russia). Part 2. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2015;79(1):83-89. (In Russ., In Engl.). DOI: 10.17116/neiro201579183-89.
9. Cobb J.L., Cobb J.R., Cobb J. Outlines for the study of scoliosis. *Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*. 1948;5:261-275.
10. Rerikh V.V. *Khirurgicheskaya taktika i organizatsiya spetsializirovannoy pomoshchi pri neoslozhnennykh povrezhdeniyakh pozvonochnika* [Roerich V.V. *Surgical Management and Organization of Specialized Care for Uncomplicated Spinal Injuries*] [Dr. Sci. Medical dissertation]. Novosibirsk; 2009. (In Russ.).
11. Grin A.A. *Khirurgicheskoye lecheniye bolnykh s povrezhdeniyem pozvonochnika i spinnoy mozga pri sochetannoy travme* [Surgical Treatment of Patients with Spinal and Spinal Cord Injuries in Cases of Combined Trauma] [Dr. Sci. Medical dissertation]. Moscow; 2008. (In Russ.).
12. Brantigan J.W., Steffee A.D. Carbon Fiber Implant to Aid Interbody Lumbar Fusion: 1-year Clinical Results in the First 26 Patients. In: Yonenobu K., Ono K., Takemitsu Y., eds. *Lumbar Fusion and Stabilization*. Tokyo: Springer Japan; 1993:379-395. DOI: 10.1007/978-4-431-68234-9_41.
13. Lenke L.G., Bridwell K.H., Bullis D., et al. Results of in situ fusion for isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):433-442. DOI: 10.1097/00002517-199212000-00008.
14. Vandenbroucke J.P., von Elm E., Altman D.G., et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2007;4(10):e297. DOI: 10.1371/journal.pmed.0040297.
15. Blair J.A., Patzkowski J.C., Schoenfeld A.J., et al. Are spine injuries sustained in battle truly different? *Spine J*. 2012;22(9):824-829. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.09.012.
16. Katsuura Y., Osborn J.M., Cason G.W. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis. *J Orthop*. 2016;13(4):383-388. DOI: 10.1016/j.jor.2016.06.019.
17. Zileli M., Sharif S., Fornari M. Incidence and Epidemiology of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021;18(4):704-712. DOI: 10.14245/ns.2142418.209.

АВТОРЫ

Келин Александр Олегович — ORCID: 0009-0000-0848-2524, SPIN: 6239-3864

Мануковский Владимир Анатольевич, к.м.н. — ORCID: 0009-0000-7727-9589, SPIN: 7059-5164

Антонов Геннадий Иванович, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-6201-9207, SPIN: 9897-8600

Чмутин Геннадий Егорович, д.м.н., профессор — ORCID: 0000-0002-3323-508X, SPIN: 1979-5750

AUTHORS

Kelin Aleksandr Olegovich — ORCID: 0009-0000-0848-2524, SPIN: 6239-3864

Manukovsky Vladimir Anatolievich, Ph.D. — ORCID: 0009-0000-7727-9589, SPIN: 7059-5164

Antonov Gennady Ivanovich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-6201-9207, SPIN: 9897-8600

Chmutin Gennady Egorovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-3323-508X, SPIN: 1979-5750



УДК 617-089

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_74_88

ИНТРАКРАНИАЛЬНЫЕ ТЕКСТИЛОМЫ (ГОССИПИБОМЫ) КАК ПОКАЗАНИЕ К ПОВТОРНЫМ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИМ ВМЕШАТЕЛЬСТВАМ У ПОСТРАДАВШИХ С ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫМИ РАНЕНИЯМИ

© Г.М. АЙСАЕВ¹, Д.В. СВИСТОВ¹, К.Н. БАБИЧЕВ^{1,2}, Д.М. ИСАЕВ¹, К.А. ЧЕМОДАКОВА¹, В.К. КУУЛАР¹, Е.В. СТАФЕЕВСКАЯ¹, Б.Г. АДЛЕЙБА¹, З.Г. АДИЛЬСУЛТАНОВА¹, М.Е. ГУРСКИЙ¹

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ: понимание клинической картины гранулемы поможет лучше дифференцировать текстилому с другими заболеваниями.

ЦЕЛЬ: улучшение понимания клинической картины течения текстиломы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Объект исследования — 6 пациентов с оставленными медицинскими принадлежностями в полости черепа после выполненных операций. Были изучены медицинская документация и результаты инструментальных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Шесть клинических случаев обнаружения медицинских материалов в полости черепа: в 5 случаях перевязочные материалы оставлены случайно, в одном — преднамеренно с целью достижения гемостаза в полости раны. Всем пациентам выполнялась только КТ в связи с наличием множественных ранящих снарядов металлической плотности и риском их дислокации при выполнении МРТ. Все пациенты мужского пола. Средний возраст составил 30 лет (21–39). Период обнаружения текстиломы варьировал от 9 дней до 10 месяцев. На предоперационных срезах КТ у 4 пациентов обнаружено гиперденсное объемное образование с мелкими пузырьками воздуха, придающими «пиксельную» структуру (в 3 случаях овальной формы, в 1 — неправильной, линейной, серпантинovidной формы); в одном случае — с признаками абсцесса в виде изо-гиподенсной структуры с гиперинтенсивным контуром. В одном случае раневой канал был представлен содержимым изоденсной «губчатой» структуры с крупными пузырьками воздуха. Дифференциальный диагноз в 3 случаях проводился с опухолью головного мозга, в одном случае — с абсцессом и только в 2 случаях — с текстиломой. У пациента с признаками эпидурального абсцесса на КТ под плотной капсулой обнаружена марлевая салфетка, окруженная жидким гноем. Таким образом в нашей серии средний период обнаружения госсипибомы составил 150 дней (min-9, max-309). У 33 % пациентов (2 случая) клиническая картина проявилась эпилепсией, у 16 % (1 случай) развился абсцесс.

ВЫВОД. Послеоперационные текстиломы являются нередкой находкой у пациентов, оперированных на передовых этапах оказания помощи по поводу проникающих черепно-мозговых ранений или травм. При наличии инородного тела в полости черепа сохраняется риск развития воспалительного ответа. Воспалительная реакция может вызывать массивную зону поражения с развитием абсцесса, инкапсуляции, инкорпорирования в послеоперационный рубец. Диагностика текстиломы может быть затруднительной в связи с неспецифичными признаками при нейровизуализации. КТ и МРТ в совокупности имеют высокую специфичность и чувствительность при обнаружении текстилом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: текстилома, госсипибома, муслинома, гаузома, интракраниальное инородное тело, гранулема.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Айсаев Г.М., Свистов Д.В., Бабичев К.Н., Исаев Д.М., Чемодакова К.А., Куулар В.К., Стафеевская Е.В., Адлейба Б.Г., Адильсултанова З.Г., Гурский М.Е. Интракраниальные текстиломы (госсипибомы) как показание к повторным нейрохирургическим вмешательствам у пострадавших с черепно-мозговыми ранениями // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 74–88.



INTRACRANIAL TEXTILOMAS (GOSSYPIBOMAS) AS AN INDICATION FOR REPEATED NEUROSURGICAL INTERVENTIONS IN PATIENTS WITH CRANIOCEREBRAL INJURIES

© G.M. AYSAYEV¹, D.V. SVISTOV¹, K.N. BABICHEV^{1,2}, D.M. ISAEV¹, K.A. CHEMODAKOVA¹, V.K. KUULAR¹, YE.V. STAFEYEVSKAYA¹, B.G. ADLEYBA¹, Z.G. ADILSULTANOVA¹, M.E. GURSKIY¹

¹ Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: Understanding the clinical presentation of granuloma formation can help to better differentiate textilomas from other pathologies.

OBJECTIVE: The aim of the work is to improve the understanding of the clinical presentation of textiloma for effective diagnosis and treatment.

MATERIAL AND METHODS: The subject of the study comprised 6 patients with retained surgical materials in the cranial cavity after previous operations. Medical documentation and results of instrumental examinations were reviewed.

RESULTS: Six clinical cases of medical materials found in the cranial cavity are presented: in 5 cases, dressings were left accidentally, and in one case, intentionally to achieve hemostasis in the wound cavity. All patients underwent only CT scans due to the presence of multiple metallic density shrapnel and the risk of their displacement during MRI. All patients were male. The average age was 30 (minimum age 21, maximum 39). The period of textiloma detection varied from 9 days to 10 months. On preoperative CT scans, 4 patients had a hyperdense volumetric lesion with small air bubbles, giving a “pixelated” structure (oval in 3 cases, irregular, linear, serpentine in 1 case); in one case, there were signs of an abscess in the form of an iso- or hypodense structure with a hyperintense rim. In one case, the wound tract was represented by an isodense “spongy” structure with large air bubbles. Differential diagnosis was performed with brain tumors in 3 cases, with abscess in one case, and exclusively with textiloma in 2 cases. In the patient with signs of an epidural abscess on CT, a gauze swab surrounded by liquid pus was found under a dense capsule. Thus, in our series, the average period of gossypiboma detection was 150 days (min-9, max-309). In 33 % of patients (2 cases), the clinical presentation manifested as epilepsy, and in 16 % (1 case), an abscess developed.

CONCLUSION: Postoperative textilomas are a frequent finding in patients operated on at advanced stages of care for penetrating head injuries or trauma. The presence of a foreign body within the cranial cavity carries a persistent risk of developing an inflammatory response. The inflammatory reaction can lead to a massive lesion zone with the development of abscess, encapsulation, and incorporation into the postoperative scar. The diagnosis of textiloma can be challenging due to nonspecific signs on neuroimaging. CT and MRI combined have high specificity and sensitivity in detecting textilomas.

KEYWORDS: textiloma, gossypiboma, muslinoma, gauzoma, intracranial foreign body, granuloma.

TO CITE THIS ARTICLE: Aysayev G.M., Svistov D.V., Babichev K.N., Isaev D.M., Chemodakova K.A., Kuular V.K., Stafeyevskaya Ye.V., Adleyba B.G., Adilsultanova Z.G., Gurskiy M.E. Intracranial textilomas (gossypibomas) as an indication for repeated neurosurgical interventions in patients with craniocerebral injuries. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):74-88. (In Russ.).

Введение

В нейрохирургической практике для борьбы с кровотечением, временного гемостаза, диссекции и защиты тканей используются различные медицинские материалы: хлопковые тампоны, марлевые шарики и салфетки, синтетические гемостатические материалы, которые требуется удалять перед закрытием раны, за исключением случаев окутывания аневризмы для профилактики ее разрыва.

Часто в ране намеренно оставляют биоразлагаемые материалы с целью профилактики кровоте-

ния после закрытия раны. Существует несколько классов биodeградируемых гемостатиков: гемостатические губки на основе желатина (Gelfoam и др.), микрофибриллярный коллаген (Avitene и др.) [1] окисленная регенерированная целлюлоза (Surgicel, Oxucel и др.), коллагеновая пленка с клеевой поверхностью из фибрин-тромбина [1, 2], желатиновый или желатин-тромбиновый матрикс. Все эти официальные материалы в редких случаях могут быть причиной формирования гранулемы или воспалительного ответа вплоть до химического



менингита, несмотря на описанную в инструкции гарантированную резорбцию [1, 3–7].

Нерезорбируемые средства временного гемостаза или прокладки под шпатель также нередко остаются в операционной ране. Такие «имплантаты», как правило, приводят к формированию специфических гранул, обозначаемых как текстиломы (лат. *textile* — ткань), госсипибомы (лат. *gossypium* — хлопок), гаузомы (англ. *gauze* — марля), муслиномы (англ. *muslin* — муслин (хлопчатая ткань)), где общий суффикс *-oma* означает отек или опухоль. Наиболее часто используются термины «госсипибома» и «текстилома» [7–20]. Мы в своей публикации также будем применять эти два термина.

Послеоперационные текстиломы описаны во многих анатомических областях. Лидирующее место занимает брюшная полость, далее — грудная полость, малый таз и т.д. В нейрохирургии текстиломы встречаются намного реже [1, 16, 17]. Анализ литературы MEDLINE в период 1965–2003 гг. выявил описание только 40 случаев интракраниальных текстилом с частотой встречаемости 1 на 1000–10 000 операций [1, 5, 14–16].

Организм реагирует на инородное тело двумя путями: а) воспалительная реакция окружающих тканей, приводящая к формированию абсцесса; б) реакция асептического фиброза, инкапсуляции или грануляции [7–23]. Сопутствующее инфекционное заболевание может способствовать активации гранулематоза в ответ на оставленное инородное тело [24]. Согласно некоторым исследованиям, цитокин CCL-2/MPC-1 инициирует фагоцитоз и работает как хемоаттрактант для макрофагов, запуская гранулематоз в тканях. Регуляция CCL-2/MPC-1 является критическим звеном иммунного ответа на определенные патогены, такие как бактерии, вирусы и грибы [25, 26], что косвенно подтверждает влияние сопутствующего инфекционного процесса на инициацию формирования гранулемы [27]. Некоторые авторы видят причину развития гранулемы у ограниченного числа пациентов в аллергической реакции у этих пациентов на гемостатические материалы, используемые в процессе хирургического вмешательства (Apel-Sarid et al., 2010; Kitamura et al., 1995). В ряде публикаций отмечают, что госсипибомы чаще развиваются у женщин [24, 29]. Из 55 клинических случаев, приведенных в 34 публикациях, пациенты женского пола составили 68 % (34 случая) и мужского — 32 % [3, 5, 13, 14, 20–22, 29–34]. Несмотря на внушительные цифры, пол пациента не может быть рассмотрен, как фактор риска развития гранул в виду различий анатомической области вмешательства (у женщин доминировали операции на органах малого таза).

По причине избирательной проницаемости гематоэнцефалического барьера воспалительный ответ на гемостатический материал, а также его деградация могут не соответствовать процессам в других анатомических областях [2].

При эксперименте на крысах гемостатик на основе желатина и тромбина разлагался в течение 6–8 недель, но в некоторых случаях развивались гранулематозные реакции в период до 28 дней [36].

Воспалительная реакция наиболее выражена на натуральные материалы, такие как шелк и хлопок, в меньшей степени на дакрон, слабо выражена на нейлон и стальную проволоку [6, 20, 35]. Также причиной иммунной реакции может быть протез твердой мозговой оболочки аллогенного или животного происхождения (Alleyne и Barrow, 1994). Примечательно, что нет определенной закономерности развития гранулематоза у группы пациентов на одни и те же материалы [6, 36].

По причине страха осуждения в среде профессионального сообщества и юридического преследования такие случаи редко обнародуют, тем более редко публикуют, что дает нам право предположить, что частота текстилом намного выше, чем в официальных публикациях. Знание лучевой семиотики и клинической картины госсипибомы важно для нейрохирурга с целью раннего обнаружения и предупреждения возможных осложнений. Пытаясь расширить представление о гранулемах, в своей публикации мы представили шесть случаев с разным проявлением клинической картины и вариантами нейровизуализации.

Цель исследования: улучшение понимания клинической картины течения текстиломы.

Материал и методы исследования

Объектом исследования явились 6 пациентов с оставленными медицинскими принадлежностями в полости черепа после выполненных операций. Были изучены медицинская документация и результаты инструментальных исследований.

Обзор клинических случаев

Клинический случай № 1. Пациент В., 27 лет, в январе 2025 г. получил осколочное касательное непроникающее ранение головы. На передовых этапах оказания помощи по экстренным показаниям выполнена декомпрессивная трепанация черепа в левой лобно-теменно-височной области с удалением субдуральной гематомы и расширяющей пластикой твердой мозговой оболочки. В сентябре 2025 г. поступил в клинику с целью замещения дефекта черепа. На момент поступления отмечал слабость в левых конечностях. Неврологический статус соответствовал тяжести полученного ранения: умеренный гемипарез до 3 баллов справа, менингеальные симптомы отсут-



Рис. 1. Клинический случай № 1:

КТ, аксиальный, сагиттальный и коронарный срезы: гиперденное объемное образование (в центральной части плотность немного снижена) неправильной формы (белая сплошная стрелка) с четкими краями, с изгибом в сагиттальной проекции. В ростральной части образования — фрагмент с неровными краями равномерной повышенной плотности — костный отломок (белая контурная стрелка)

ствовали (в остром периоде травмы воспалительные осложнения не были отмечены). В течение восьми месяцев после ранения отмечены эпизоды генерализованных судорожных приступов.

Клинический случай № 2. Пациент П., 39 лет, в сентябре 2024 г. попал в ДТП в результате чего получил тяжелую черепно-мозговую травму.

По экстренным показаниям в условиях ЦРБ выполнена операция: декомпрессивная трепанация черепа в правой лобно-теменно-височной области. В мае 2025 г. поступил в клинику офтальмологии для планового лечения, но при КТ головного мозга заподозрены девиантные изменения в проекции дефекта черепа, в связи с чем доставлен в клинику нейрохирургии с диагнозом: «Послеоперационный дефект черепа, подозрение на эпидуральный абсцесс». При поступлении предъявлял жалобы на головную боль, головокружение, ухудшение зрения. Неврологический статус без особенностей. На предоперационной КТ в лобной области справа изо-гиподенное образование с гиперденным ободком с ровными четкими краями (возможно, капсула) размерами $4,4 \times 4,9 \times 1,8$ см (рис. 2). По лабораторным данным воспалительные изменения отсутствовали. С момента предыдущей операции прошло 8 месяцев. Выполнена вторичная хирургическая обработка в правой лобно-теменно-височной области. Доступ выполнен по старому послеоперационному рубцу. В проекции посттрепанационного дефекта эпидурально обнаружено объемное образование, плотно приращенное к твердой мозговой оболочке (ТМО). При вскрытии капсулы обнаружена марлевая салфетка, погруженная в гнойное ядро абсцесса (рис. 2). Нити марли были плотно инкорпорированы в плотный рубец

на поверхности подлежащей твердой мозговой оболочки лобной области. Рана была дренирована силиконовой трубкой для активного промывания. Послеоперационный период протекал без особенностей. Выписан в удовлетворительном состоянии. Рекомендована отсроченная краниопластика.

Клинический случай № 3. Пациент А., 37 лет, в мае 2025 г. получил проникающее осколочное ранение головы. Спустя три дня после ранения выполнена резекционная трепанация черепа, ПХО черепно-мозговой раны. Заживление регрессивное. В послеоперационном периоде отмечалась серия фокальных судорожных приступов. Через 9 месяцев после выполненной ПХО поступил в клинику для пластики дефекта черепа. На момент госпитализации предъявлял жалобы на общую слабость. В период пребывания в клинике отмечены повторные эпизоды судорожных приступов. При КТ в левой теменной области за пределами трепанационного дефекта обнаружено гиперденное объемное образование овальной формы ($11,3 \times 8,4$ см) (рис. 3). С момента предыдущей операции прошло 9 месяцев. Предположена инцидентальная конвексительная менигиома. Выполнена краниопластика, в процессе которой трепанационный дефект расширен в направлении новообразования. При ревизии эпидурального пространства обнаружено патологическое объемное образование, плотно прилегающее к ТМО. Объемное образование удалено единым блоком. При гистологическом исследовании обнаружены элементы нитей текстильного происхождения в структуре фиброзной ткани. Послеоперационный период протекал без особенностей. Выписан в удовлетворительном состоянии.

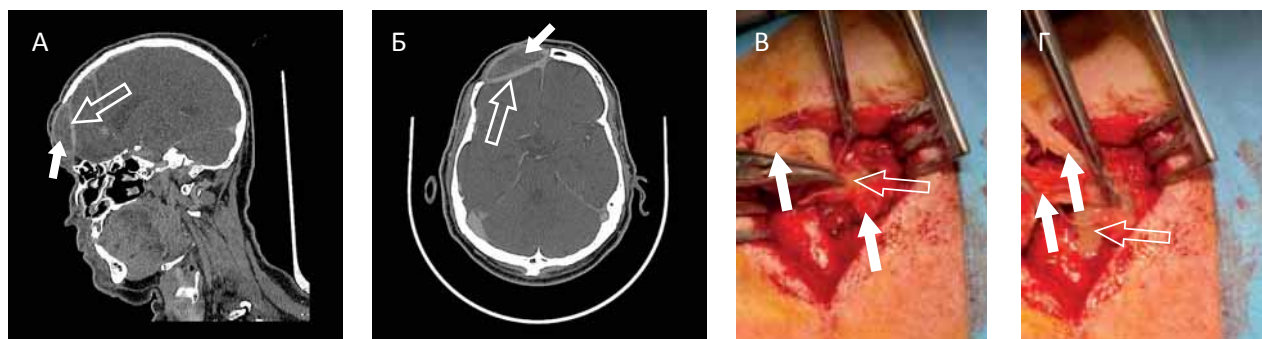


Рис. 2. Клинический случай № 2:

А, Б – КТ, сагиттальный и аксиальный срезы. В правой лобной области эпидуральное объемное образование смешанной изо-, гиподенсной структуры (белая стрелка) с гиперденсным контуром (контурная стрелка).

В, Г – интраоперационные фото: марлевая салфетка (белая сплошная стрелка), ограниченная фиброзной капсулой и плотно припаянная к окружающим тканям; при вскрытии капсулы гнойные выделения (белая контурная стрелка)

По данным компьютерной томографии (КТ) головного мозга парасагиттально слева обнаружено гиперденсное образование размерами $8 \times 25 \times 15$ мм, накапливающее контрастирующее вещество по периметру, имеющее вытянутую изогнутую форму с «пиксельной» структурой (рис. 1).

Дифференциальный диагноз проводился с парасагиттальной менингиомой. В ноябре 2025 г., спустя 10 месяцев после первичной хирургической обработки (ПХО), в ходе краниопластики выполнена ревизия субдурального пространства, парасагиттально обнаружены костные

отломки и объемное образование с выраженным перифокальным рубцово-спаечным процессом. Новообразование с помощью микрохирургической техники выделено, удалено и направлено на гистологическое исследование. По результатам гистологического исследования – соединительная ткань с заключенными в ней остатками перевязочного материала (хирургическая марля) и мелкими костными фрагментами. В послеоперационном периоде отмечен регресс эпилептического синдрома. Выписан в удовлетворительном состоянии.



Рис. 3. Клинический случай № 3: КТ, аксиальный, сагиттальный и коронарный срезы.

Гиперденсное объемное образование овальной формы в левой теменной области (белая стрелка) с пузырьками воздуха, создающими «пиксельную» структуру

Клинический случай № 4. Пациент П., 31 г., в январе 2026 г. получил осколочное проникающее ранение головы. Два дня спустя выполнена резекционная трепанация черепа, первичная хирургическая обработка раны и удаление костных отломков и ранящего снаряда. В начале февраля 2026 г. доставлен в клинику. В неврологиче-

ском статусе отмечалась асимметрия зрачков за счет снижения фотореакции слева. На КТ в левой височной области обнаружено овальное гиперденсное образование ($1,6 \times 0,7$ см) с пузырьками воздуха, создающие «пиксельную» структуру (рис. 4). Дифференциальный диагноз проводился с абсцессом головного мозга и текстиломой. С

момента предыдущей операции прошло 22 дня. Выполнена повторная хирургическая обработка черепно-мозгового ранения. При ревизии эпидурального пространства извлечен марлевый

шарик. После санации контузионного очага ТМО ушита наглухо. Послеоперационный период протекал без особенностей. Выписан в удовлетворительном состоянии.

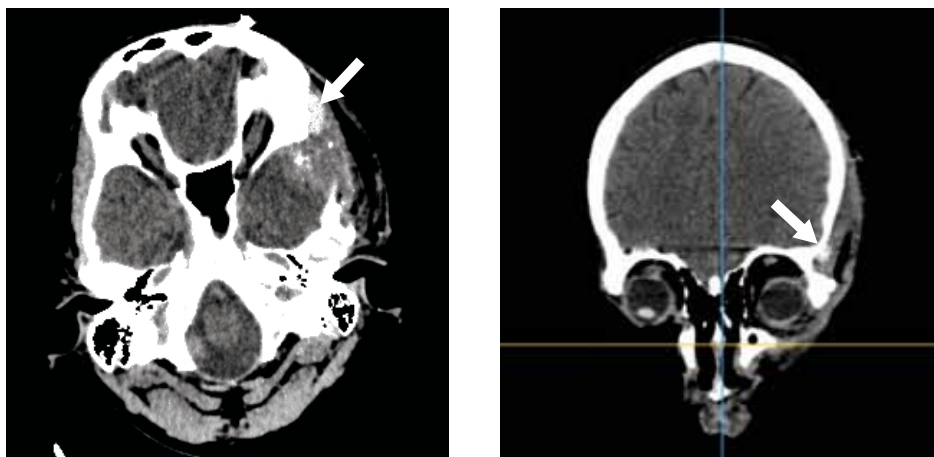


Рис. 4. Клинический случай № 4: КТ, аксиальный и коронарный срезы.

В левой височной области у переднего края посттравматического дефекта овальное гиперденное образование размерами 1,56 × 0,7 см «пиксельной» структуры за счет мелких пузырьков воздуха

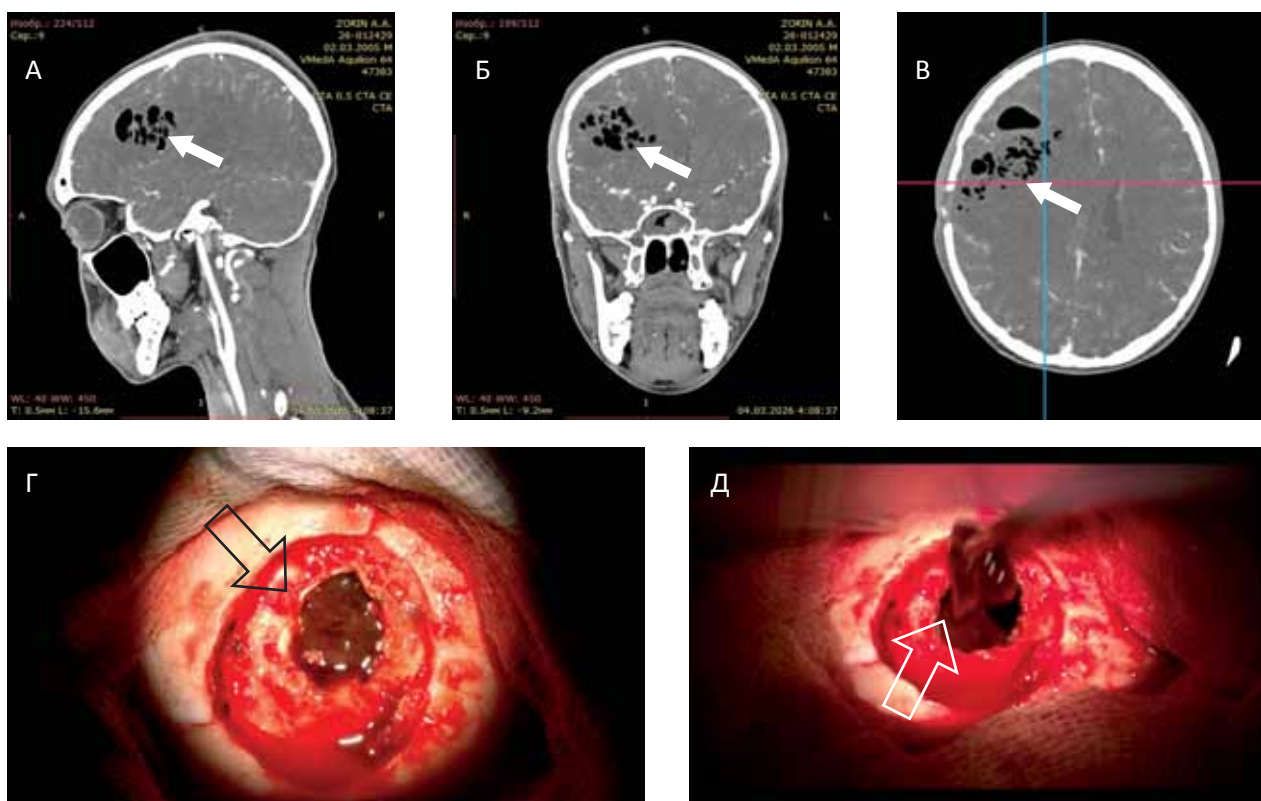


Рис. № 5. Клинический случай № 5:

А, Б, В – КТ, аксиальный, сагиттальный и коронарный срезы. В области раневого канала правых лобной и теменной долей множественные пузырьки воздуха, чередующиеся участками изоинтенсивной плотности (белая стрелка).

Г, Д – интраоперационная картина: черной контурной стрелкой указано скопление желеобразного содержимого (предположительно продукты разложения коллагенового гемостатика); белая контурная стрелка указывает на извлеченный коллагеновый гемостатик (фотозахват видеоролика)

Клинический случай № 5. Пациент Я., 21 г., в феврале 2026 г. получил осколочное проникающее ранение головы. На передовых этапах оказания помощи на 2-е сутки после ранения выполнена резекционная трепанация черепа, первичная хирургическая обработка раны, удаление костных отломков и внутричерепной гематомы. На 11-е сутки после ранения доставлен в клинику. В неврологическом статусе отмечалась левосторонняя нижняя моноплегия. На КТ раневой канал правых лобной и теменной долей заполнен содержимым смешанной плотности ($6,0 \times 2,0$ см), «губчатой» структуры за счет пузырьков воздуха и фрагментов изоденсных тканей (рис. 5, белая стрелка).

Дифференциальный диагноз проводился с анаэробным абсцессом головного мозга. С момента предыдущей операции прошло 9 дней. Выполнена повторная хирургическая обработка черепно-мозгового ранения. При ревизии из раневого канала удален объемный тампон из предположительно гемостатической губки, плотно уложенный в полости раневого канала, с признаками частичной организации (рис. 5 Д). После санации раневого канала ТМО ушита наглухо. Послеоперационный период протекал без особенностей.

Клинический случай № 6. Пациент С., 30 лет, в сентябре 2025 г. получил осколочное ранение головы. На следующий день после ранения выполнена резекционная трепанация черепа в левой лобно-височной области с удалением костных отломков, мозгового детрита, свертков крови. Выполнена пластика ТМО. Через 13 суток доставлен в клинику. Неврологический статус соответствовал тяжести ранения: гемипарез слева до 2 баллов. Выполнена повторная хирургическая обработка с удалением инородных тел металлической плотности с использованием нейронавигации «Мультитрек». В ходе дальнейшего этапного лечения при контрольной КТ в проекции ранее выполненного трепанационного дефекта левой височной области обнаружено объемное образование смешанной плотности. Проводился дифференциальный диагноз с абсцессом головного мозга. Выполнена ревизия послеоперационной раны левой лобно-височной области, во время которой визуализирован эпидуральный фиброз, в толще которого обнаружена марлевая салфетка (рис. 6). При детальном ретроспективном изучении данных КТ, выполненных до госпитализации в клинику, в левой височной области обнаружено овальное гиперденсное образование с

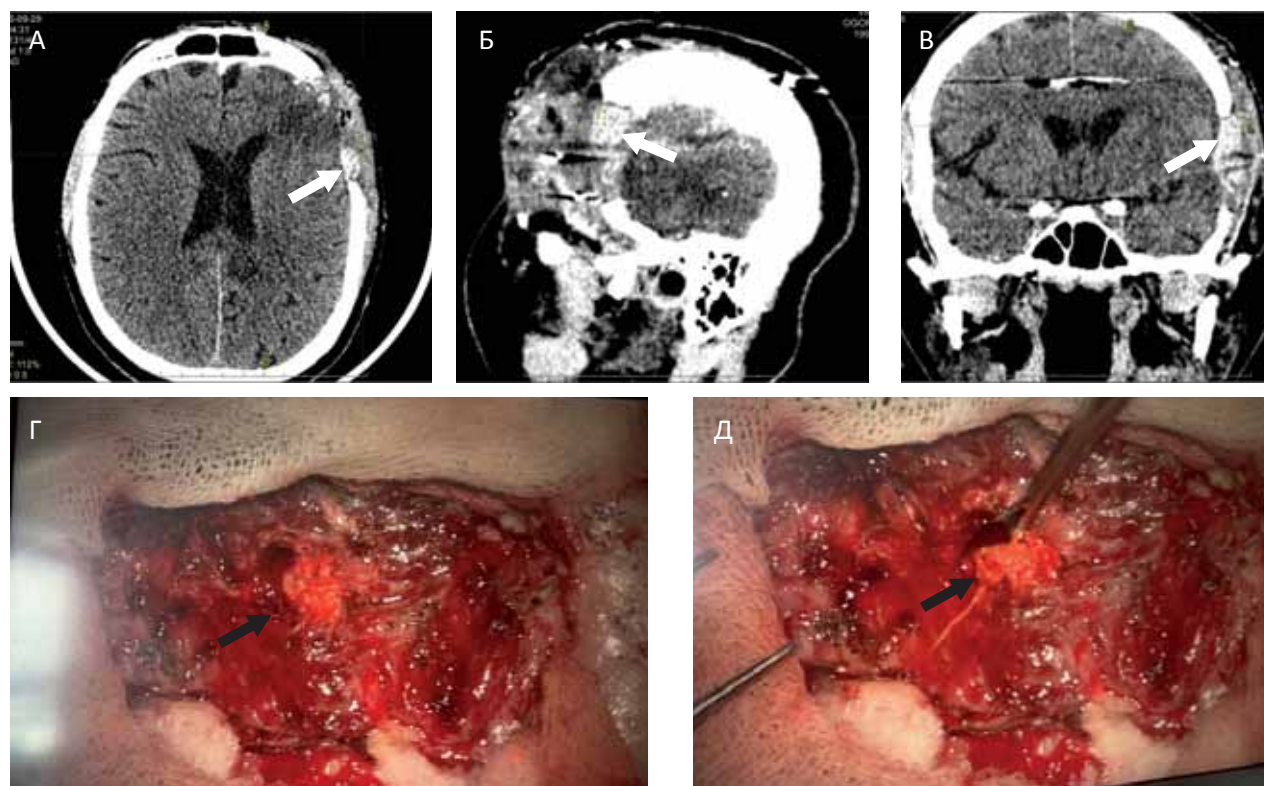


Рис. 6. Клинический случай № 6: А, Б, В — КТ, аксиальный, сагиттальный и коронарный срезы. Гиперденсное объемное образование овальной формы в левой лобно-височной области (белая стрелка) с включениями низкой плотности, создающими «пиксельную» структуру. Г, Д — интраоперационные фото: марлевый шарик, расположенный эпидурально и вовлеченный в рубцово-спаечный процесс (черная стрелка)



гиподенсными участками (пузырьками воздуха) ($1,6 \times 0,7$ см). С момента первичной хирургической обработки на ранних этапах до обнаружения и удаления инородного тела прошло 40 дней. Послеоперационный период протекал без особенностей.

Результаты

В нашей серии представлено 6 клинических случаев обнаружения медицинских материалов в полости черепа: в 5 случаях перевязочные материалы оставлены случайно, в одном — преднамеренно с целью достижения гемостаза в полости раны. Всем пациентам выполнялась только КТ в связи с наличием множественных ранящих снарядов металлической плотности и риском их дислокации при выполнении МРТ.

Все пациенты мужского пола. Средний возраст составил 30 лет (минимальный возраст 21, максимальный 39 лет). Период обнаружения текстиломы варьировал от 9 дней до 10 месяцев. На предоперационных срезах КТ у 4 пациентов обнаружено гиперденсное объемное образование с мелкими пузырьками воздуха, придающими «пиксельную» структуру (в 3 случаях овальной формы, в 1 — неправильной, линейной, серпантинной формы); в одном случае — с признаками абсцесса в виде изо-гиподенсной структуры с гиперинтенсивным контуром. В одном случае раневой канал был представлен содержимым изоденсной «губчатой» структуры с крупными пузырьками воздуха. В последнем случае обозначение находки как госсипибомы условно, так как нет характерных проявлений гранулемы в виде фиброза или воспалительного ответа. Дифференциальный диагноз в 3 случаях проводился с опухолью головного мозга, в одной случае с абсцессом и только в 2 случаях с текстиломой. У пациента с признаками эпидурального абсцесса на КТ под плотной капсулой обнаружена марлевая салфетка, окруженная жидким гноем. Таким образом в нашей серии средний период обнаружения госсипибомы составил 150 дней (min 9, max 309). У 33 % пациентов (2 случая) клиническая картина проявилась эпилепсией, у 16 % (1 случай) развился абсцесс.

Пузырьки воздуха, как один из признаков госсипибомы, обнаружены в 83 % (5 случаев); в 66 % (4 случая) гранулемы на КТ проявлялись как гиперденсные структуры, изоденсная «губчатая» структура в 16 % (1 случай), изо-гиподенсная структура с гиперденсной капсулой без пузырьков воздуха в 16 % (1 случай).

Обсуждение

Текстилома на протяжении десятилетий может протекать бессимптомно, иногда явля-

ясь случайной находкой [16, 20, 37]. Клиническая картина зависит от размеров, выраженности воспалительного процесса и расположения гранулемы. Выраженная воспалительная реакция может привести к тяжелым осложнениям: масс-эффект, головная боль, эпилепсия, нарушение зрения, гипопитуитаризм, гидроцефалия, нейропатия черепных нервов, арахноидит [20, 31, 38]. Согласно исследованию Медицинского центра Каролины, гранулема дебютирует с клиническими симптомами в 19 % случаев [39].

В ликворе могут обнаруживаться признаки воспалительного процесса: повышение моноцитов, лимфоцитов и белка, снижение уровня глюкозы [30, 40].

КТ является одним из надежных методов диагностики госсипибом. Его информативность составляет около 61 % [16]. Характерными признаками госсипибомы на КТ являются объемное образование относительно низкой плотности, часто с пластинчатыми или линейными структурами внутри, с наличием внешней капсулы высокой плотности, которая накапливает контраст при его введении. В раннем послеоперационном периоде госсипибомы по своим характеристикам напоминают объемное образование с жидким содержимым с очерченными границами и, нередко, пузырьками воздуха. Но в отдаленном периоде картина госсипибомы может изменяться вследствие кальцификации (симптом «кальцифицированной сетчатой коры») [15, 16, 21].

Картина при магнитно-резонансной томографии (МРТ) может отличаться в зависимости от типа материала, периода выполнения МРТ и локализации гемостатического материала [11, 22, 32, 34]. В большинстве случаев текстилома на T1-ВИ — гипоинтенсивное, хорошо ограниченное образование; на T2-ВИ может быть как гипер-, так и гипоинтенсивным в зависимости от содержания жидкости и белков. На T1-ВИ и T2-ВИ — гипоинтенсивная кайма фиброзной капсулы, с усилением сигнала при введении контраста [1, 7, 11, 12, 14–16, 20–23, 32, 34, 41, 42]. Иногда на T2-ВИ в гиперинтенсивном образовании может проследиваться гипоинтенсивный линейный сигнал, который указывает на волокна марлевого тампона, шарика или салфетки [32]. Госсипибомы на постконтрастных T1-ВИ срезах гиперинтенсивны, а в ACD-последовательности отмечается снижение диффузии [22, 32]. Также характерен мягкий отек окружающей паренхимы головного мозга. Фиброзная капсула, окружающая образование, на T2 ВИ представлена тонкой гипоинтенсивной каймой. Сниженная интенсивность гранулемы на T2-ВИ объясняется фиброзом.



В случае выраженной капсулы на T2-ВИ сниженная интенсивность в центральной части может быть полезной при дифференциальной диагностике для исключения абсцесса. Этот признак указывает на деградацию инородного тела [43]. Гранулема может имитировать опухоль. Тем временем, отсутствие кровотока при МР-перфузии, незначительное повышение соотношения холина (Cho) и креатинина (Cr), снижение N-ацетиласпартата (NAA) при спектроскопии не характерно для опухоли высокой злокачественности [22, 23, 32, 43]. При этом не следует исключать доброкачественное новообразование. Таким образом, признаки, выявляемые при МР-перфузии и спектроскопии, значительно облегчают клинический поиск, но при этом не являются специфичными для гранулемы. Сложности в диагностике текстиломы могут ввести в заблуждение и привести к ошибочному радиохирургическому лечению предполагаемого рецидива опухоли. Между тем, согласно исследованию, в котором участвовали 54 пациента, подвергавшихся радиотерапии по поводу метастаза головного мозга, в 11 % случаев опухоли отсутствовали. У половины из этих 11 % был рецидивирующий воспалительный процесс [44]. В совокупности, основываясь на анамнезе, результатах традиционной МРТ, МР-перфузии и спектрографии, возможно установить верный диагноз гранулемы [42, 43]. Следует учитывать, что МРТ не может быть использована у пострадавших с инородными телами металлической плотности вследствие минно-взрывных ранений.

Ангиография может служить дополнительным методом обследования, особенно при наличии признаков недостаточности кровообращения в определенном бассейне или острой нейропатии черепных нервов. При субтракционной ангиографии возможно выявить дислокацию в виде измененного сосудистого рисунка и/или стеноз артерий головного мозга [31, 42].

Желатин-тромбиновая матрица (ЖТМ) — композит биоразлагаемого коровьего желатина и человеческого тромбина. Гранулированный желатин разбухает на 10 %, оказывая бережную тампонаду [2]. При нейровизуализации ЖТМ выглядит иначе, чем другие аппликационные гемостатические средства. ЖТМ на КТ определяется псевдовоздушной сигнатурой ($-1000 \leq HU \leq -100$), что отличает его от хлопковых марлевых изделий и других гемостатических материалов, оставленных в послеоперационной полости. На МРТ T2-ВИ ЖТМ имеет гипоинтенсивную сигнатуру. В последовательности GRE высокой точности — тотально гипоинтенсивный сигнал. Но при обильной абсорбции крови картина на T2-ВИ может быть изоинтенсивной без

типичных крапинок, что может быть характерным признаком внутримозговой гематомы, а при GRE-последовательности сигнал полностью подавляется, что является отличительным признаком ЖТМ от гематомы. Таким образом комбинация T2-ВИ и GRE в комбинации имеет специфичность 100 % и точность 88 % [2]. Кроме того, комбинация КТ- и МРТ-признаков, описанных ранее, обладает высокой специфичностью (100 %), чувствительностью (75 %) и точностью (80 %) для определения желатин-тромбинового гемостатика в послеоперационной полости [2].

Дифференциальный диагноз должен проводиться с остеобластомой, костной кистой, менингиомой и астроцитомой низкой злокачественности, радиационным некрозом, абсцессом, разрешающимся инсультом или гематомой, метастазами опухоли [41, 42, 45]. В дифференциальный диагноз также должны входить более редкие опухоли из соединительной ткани (фиброма, синовиома), корешков нервов (нейролемома), соединительной ткани сосудов (гемангиоперцитомы, гемангиобластома), эктопических тканей (эпендимомы, хордома) [41]. Таким образом, госсипиомы клинически, а также на снимках КТ или МРТ могут выглядеть как опухоль [6, 7, 14, 22, 23, 38, 39, 42, 44, 45]. Даже хирургически удаленная гранулема своей формой и консистенцией может ввести нейрохирурга в заблуждение [20].

При микроскопии для гранулемы характерны скопления лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, гигантских многоядерных иммунных клеток вокруг участков некроза фиброзной ткани и элементов инородного тела (марли, хлопковой ткани, гемостатика и т.д.) [1, 3, 31, 39].

В большинстве публикаций гранулемы удалялись хирургическим путем. Также и пациенты из нашего обзора подверглись хирургическому удалению инородных тел. Но в некоторых случаях при отсутствии клинической картины [32, 42] или эффективности противовоспалительной терапии [40, 45] придерживались тактики наблюдения, даже при сохранении патологических изменений по данным нейровизуализации. Но при прочих равных вопрос тактики ведения пациентов с инородными телами головного мозга не решен окончательно. Например, анализ хирургических вмешательств по поводу менингиом ольфакторной ямки показал, что риск инфекционных и текстильных гранул достигает 6 % [47]. Поэтому при отсутствии противопоказаний к операции и хорошем прогнозе исхода для пациента мы считаем необходимым удаление текстилом головного мозга с целью профилактики инфекционных осложнений.



Безусловно, основное внимание должно быть уделено тщательному учету перевязочного материала в процессе хирургической обработки черепно-мозговых ранений, в каких бы условиях и этапах оказания помощи она ни осуществлялась. Все текстильные материалы, погружаемые в рану, должны иметь либо рентгеновские метки для их выявления при краниографии (рентгенография может использоваться непосредственно перед окончанием операции или в послеоперационном периоде для выявления салфеток с рентген-контрастными метками [16–19]), либо адаптированные лигатуры достаточной длины, оставляемые за краем раны, для удаления по завершении основного этапа операции.

Важным элементом профилактики непреднамеренного оставления медицинских материалов в ране является введение обязательного соблюдения стандартного протокола в операционной: 1) счет салфеток, тампонов и марлевых шариков (то же касается инструментов) при распаковке; 2) счет до ушивания твердой мозговой оболочки, перед закрытием раны и при ушивании кожи; 3) атмосфера в операционной сугубо деловая; 4) салфетки, тампоны или другие материалы разрешено класть в рану только хирургу; 5) обязательное использование маркированных рентген-контрастных материалов/ватников; 6) мелкие шарики, ватники, прокладки под шпатель должны иметь сигнальную лигатуру, длиной не менее 10–15 см; 7) использование минимально достаточного количества гемостатического материала преимущественно там, где требуется бережное отношение к структурам и ограничены возможности электрокоагуляции, например, вблизи черепных нервов; 8) вынужденная тампонада раны в целях временного гемостаза должна быть отражена в медицинской документации, особенно в случаях этапного лечения в целях обеспечения преемственности; 9) контрольная послеоперационная рентгенография с целью раннего

обнаружения хирургических материалов, непреднамеренно оставленных в ране.

Описанные меры могут значительно уменьшить риск послеоперационного ятрогенного осложнения. Мы надеемся, что наша статья будет полезна нейрохирургическому сообществу для понимания патогенеза и клинической картины текстильной гранулемы, так как своевременное обнаружение и удаление инородного тела может улучшить качество жизни пациента в послеоперационном периоде.

Выводы:

1. Послеоперационные «текстиломы» являются нередкой находкой у пациентов, оперированных на передовых этапах оказания помощи по поводу проникающих черепно-мозговых ранений или травм. Воспалительная реакция может вызывать массивную зону поражения с развитием абсцесса, инкапсуляции, инкорпорирования в послеоперационный рубец.

2. Текстиломы могут имитировать опухоль, абсцесс или гематому, тем не менее для них характерны следующие КТ-признаки: ход волокон в виде завитков, «губчатая» или «пиксельная» структура с пузырьками воздуха, марлевые салфетки или тампоны — чаще гиперденсные, желатиновые материалы — изо-или гиподенсные. В позднем периоде они могут быть изо- или гиподенсными с выраженным гиперденсным ободком, с участками кальцификации между фрагментами материала вследствие выраженного фиброза.

3. При обнаружении объемного образования в области ранее выполненного оперативного вмешательства следует заподозрить/исключить госсипиому и провести сравнительный анализ с предоперационными изображениями.

4. При отсутствии противопоказаний к операции и хорошем прогнозе исхода для пациента текстиломы предпочтительно удалять с целью профилактики инфекционных осложнений и купирования эпилептического синдрома.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ribalta T., McCutcheon I.E., Neto A.G., et al. Textiloma (Gossypiboma) Mimicking Recurrent Intracranial Tumor. *Arch Pathol Lab Med.* 2004;128(7):749–758. DOI: 10.5858/2004-128-749-TGMRIT.
2. Learned K.O., Mohan S., Hyder I.Z., et al. Imaging Features of a Gelatin-Thrombin Matrix Hemostatic Agent in the Intracranial Surgical Bed: A Unique Space-Occupying Pseudomass. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2014;35(4):686–690. DOI: 10.3174/ajnr.A3765.
3. Apel-Sarid L., Cochrane D.D., Steinbok P., et al. Microfibrillar collagen hemostat-induced necrotizing granulomatous inflammation developing after craniotomy: a pediatric case series. *J Neurosurg Pediatr.* 2010;6(4):385–392. DOI: 10.3171/2010.8.PEDS10248.



4. Kim A.K., Lee E.B., Bagley L.J., Loevner L.A. Retained surgical sponges after craniotomies: imaging appearances and complications. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(6):1270-1272. DOI: 10.3174/ajnr.A1469.
5. Dimitrakopoulos I., Ntomouchtsis A., Lazaridis N. Textiloma of the frontal bone twenty years after craniotomy for Apert syndrome. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2011;39(1):17-20. DOI: 10.1016/j.jcms.2010.04.001.
6. Onodera H., Furuya Y., Uchida M., et al. Intracranial foreign body granuloma caused by dural tenting suture. *Br J Neurosurg.* 2011;25(5):652-654. DOI: 10.3109/02688697.2011.568641.
7. Hasturk A.E., Basmaci M. Foreign body granuloma mimicking recurrent intracranial tumor: a very rare clinical entity. *Acta Med Iran.* 2013;51(11):816-818. PMID: 24390955.
8. Lee S., Kim B., Kim J.S., Choi B.S. A 20-Year-Old Retained Surgical Gauze Mimicking a Spinal Tumor: A Case Report. *Korean J Spine.* 2016;13(3):160. DOI: 10.14245/kjs.2016.13.3.160.
9. Nishio Y., Hayashi N., Hamada H., et al. A case of delayed brain abscess due to a retained intracranial wooden foreign body: a case report and review of the last 20 years. *Acta Neurochir (Wien).* 2004;146(8). DOI: 10.1007/s00701-004-0283-7.
10. Holm T.M., Stathatos N., Sadow P.M., et al. A Gossypiboma From Kazakhstan. *Ear Nose Throat J.* 2020;99(2):117-118. DOI: 10.1177/0145561319840512.
11. Kothbauer K.F., Jallo G.I., Siffert J., et al. Foreign body reaction to hemostatic materials mimicking recurrent brain tumor: Report of three cases. *J Neurosurg.* 2001;95(3):503-506. DOI: 10.3171/jns.2001.95.3.0503.
12. Kobayashi T., Miyakoshi N., Abe E., et al. Gossypiboma 19 years after laminectomy mimicking a malignant spinal tumour: a case report. *J Med Case Reports.* 2014;8(1):311. DOI: 10.1186/1752-1947-8-311.
13. Sahoo R.K., Tripathy P., Das P.B., Mohapatra D. Gossypiboma complicated with paraspinal abscess and lumbar sinus: An uncommon complication of posterior lumbar spinal surgery. *Asian J Neurosurg.* 2017;12(2):211-213. DOI: 10.4103/1793-5482.148804.
14. Akpınar A., Ucler N., Ozdemir C.O. Textiloma (gossypiboma) mimicking recurrent intracranial abscess. *BMC Res Notes.* 2015;8(1):390. DOI: 10.1186/s13104-015-1315-5.
15. Рязанцев А.А., Юдин А.Л., Юматова Е.А. Визуализация текстильных ятрогенных инородных тел живота и таза при лучевой диагностике // Медицинская визуализация. 2019. № 4. С. 100–113. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-4-100-113.
16. Hameed A., Naeem A., Azhar M., Fatimi S.H. Intrathoracic gossypiboma. *BMJ Case Rep.* 2014;2014:bcr2013201814. DOI: 10.1136/bcr-2013-201814.
17. Alemu BN, Tiruneh AG. Gossypiboma: A Case Series and Literature Review. *Ethiop J Health Sci.* 2020;30(1):147-149. DOI: 10.4314/ejhs.v30i1.19.
18. Arıkan Y., Ozdemir O., Seker K.G., et al. Gossypiboma: A Dramatic Result of Human Error, Case Report and Literature Review. *Prague Med Rep.* 2019;120(4):144-149. DOI: 10.14712/23362936.2019.20.
19. Williams R.G., Bragg D.G., Nelson J.A. Gossypiboma –The Problem of the Retained Surgical Sponge. *Radiology.* 1978;129(2):323-326. DOI: 10.1148/129.2.323.
20. Feldman R.P., Marcovici A., Suarez M., Goodrich J.T. Foreign body granuloma mimicking intracranial meningioma: case report and review of the literature. *Neurosurgery.* 1999;44(4):855-858. DOI: 10.1097/00006123-199904000-00091.
21. Apter S., Hertz M., Rubinstein Z.J., Zissin R. Gossypiboma in the early post-operative period: A diagnostic problem. *Clin Radiol.* 1990;42(2):128-129. DOI: 10.1016/S0009-9260(05)82084-7.
22. Lavrnic S., Stosic-Opincal T., Gavrilovic S., et al. Intraventricular textiloma with granuloma formation following third ventricle colloid cyst resection – a case report. *Cent Eur Neurosurg.* 2009;70(2):86-88. DOI: 10.1055/s-2008-1081506.
23. Peloquin P., Vannemreddy P.S.S.V., Watkins L.M., Byrne R.W. Intracranial cotton ball gossypiboma mimicking recurrent meningioma: Report of a case with literature review for intentional and unintentional foreign body granulomas. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012;114(7):1039-1041. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.01.046.
24. Chambi I., Tasker R.R., Gentili F., et al. Gauze-induced granuloma (“gauzoma”): an uncommon complication of gauze reinforcement of berry aneurysms. *J Neurosurg.* 1990;72(2):163-170. DOI: 10.3171/jns.1990.72.2.0163.
25. Amano H., Morimoto K., Senba M., et al. Essential contribution of monocyte chemoattractant protein-1/C-C chemokine ligand-2 to resolution and repair processes in acute bacterial pneumonia. *J Immunol.* 2004;172(1):398-409. DOI: 10.4049/jimmunol.172.1.398.
26. Huffnagle G.B., Strieter R.M., McNeil L.K., et al. Macrophage inflammatory protein-1alpha (MIP-1alpha) is required for the efferent phase of pulmonary cell-mediated immunity to a *Cryptococcus neoformans* infection. *J Immunol.* 1997;159(1):318-327. PMID: 9200469.



27. Kirollos R.W., Tyagi A.K., Marks P.V., van Hille P.T. Muslin induced granuloma following wrapping of intracranial aneurysms: the role of infection as an additional precipitating factor. Report of two cases and review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)*. 1997;139(5):411-415. DOI: 10.1007/BF01808876.
28. Kitamura K., Yasuoka R., Ohara M., et al. How safe are the xenogeneic hemostats?--Report of a case of severe systemic allergic reaction. *Surg Today*. 1995;25(5):433-435. DOI: 10.1007/BF00311821.
29. Brady K.M., Font R.L., Lee A.G. Muslin-induced intracranial sterile abscess: a cause of visual loss after aneurysm repair. *Surg Neurol*. 1999;51(5):566-567. DOI: 10.1016/s0090-3019(97)00494-1.
30. Alleyne C.H., Barrow D.L. Immune response in hosts with cadaveric dural grafts. Report of two cases. *J Neurosurg*. 1994;81(4):610-613. DOI: 10.3171/jns.1994.81.4.0610.
31. Andres R.H., Guzman R., Weis J., et al. Granuloma formation and occlusion of an unruptured aneurysm after wrapping. *Acta Neurochir (Wien)*. 2007;149(9):953-958; discussion 958. DOI: 10.1007/s00701-007-1260-8.
32. Agarwal V., Vyas S., Ahuja C.K., et al. Intracranial Textiloma: Imaging Features and Literature Review. *Indian J Radiol Imaging*. 2021;31(2):441-444. DOI: 10.1055/s-0041-1733815.
33. Al-Afif S., Krauss J.K. Intracranial foreign material granuloma after neurosurgical procedures. *Acta Neurochir (Wien)*. 2019;161(1):15. DOI: 10.1007/s00701-018-3751-1.
34. Hannachi A., Dkhil I., Jelassi S., et al. Intracranial gossypiboma mimicking a recurrent glioma: A case report. *Radiol Case Rep*. 2024;19(11):4849-4853. DOI: 10.1016/j.radcr.2024.07.136.
35. Psstlethwait R.W., Willigan D.A., Ulin A.W. Human Tissue Reaction to Sutures: *Ann Surg*. 1975;181(2):144-150. DOI: 10.1097/00000658-197502000-00003.
36. Casto F., Villaescusa M., Jungberg E., et al. Efficacy of topical hemostatic agents in neurosurgery: An experimental study in a rat model. *Surg Neurol Int*. 2025;16:148. DOI: 10.25259/SNI_791_2024.
37. Epstein A.J., Russell E.J., Berlin L., et al. Suture granuloma: an unusual cause of an enhancing ring lesion in the postoperative brain. *J Comput Assist Tomogr*. 1982;6(4):815-817. PMID: 7119205.
38. Knowlson G.T. Gel-foam granuloma in the brain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1974;37(8):971-973. DOI: 10.1136/jnnp.37.8.971.
39. Lincourt A.E., Harrell A., Cristiano J., et al. Retained foreign bodies after surgery. *J Surg Res*. 2007;138(2):170-174. DOI: 10.1016/j.jss.2006.08.001.
40. Renati S., Kaur S., Kresak J.L., et al. Granulomatous meningitis secondary to Avitene (microfibrillar collagen). *Neurol Clin Pract*. 2017;7(5):384-386. DOI: 10.1212/CPJ.0000000000000305.
41. Van Goethem J.W.M., Parizel P.M., et al. MR and CT Imaging of Paraspinal Textiloma (Gossypiboma): *J Comput Assist Tomogr*. 1991;15(6):1000-1003. DOI: 10.1097/00004728-199111000-00018.
42. Slater L.A., Chandra R.V., Holt M., et al. Long-term MRI findings of muslin-induced foreign body granulomas after aneurysm wrapping. A report of two cases and literature review. *Interv Neuroradiol J Peritherapeutic Neuroradiol Surg Proced Relat Neurosci*. 2014;20(1):67-73. DOI: 10.15274/INR-2014-10010.
43. Jang S.W., Kim S.J., Kim S.M., et al. MR spectroscopy and perfusion MR imaging findings of intracranial foreign body granuloma: a case report. *Korean J Radiol*. 2010;11(3):359-363. DOI: 10.3348/kjr.2010.11.3.359.
44. Patchell R.A., Tibbs P.A., Walsh J.W., et al. A randomized trial of surgery in the treatment of single metastases to the brain. *N Engl J Med*. 1990;322(8):494-500. DOI: 10.1056/NEJM199002223220802.
45. Montemurro N., Murrone D., Romanelli B., Ierardi A. Postoperative Textiloma Mimicking Intracranial Rebleeding in a Patient with Spontaneous Hemorrhage: Case Report and Review of the Literature. *Case Rep Neurol*. 2020;12(1):7-12. DOI: 10.1159/000505233.
46. Wood S.J., Kelsey A., Brennan B., et al. Granular hemostat deposits mimicking disseminated malignancy. *J Pediatr Surg*. 2013;48(3):e25-27. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2012.12.044.
47. Romani R. *Lateral Supraorbital Approach-Simple, Clean, and Preserving Normal Anatomy*. 1st ed. Unigrafia Helsinki; 2011. <http://ethesis.helsinki.fi/>.

REFERENCES

1. Ribalta T., McCutcheon I.E., Neto A.G., et al. Textiloma (Gossypiboma) Mimicking Recurrent Intracranial Tumor. *Arch Pathol Lab Med*. 2004;128(7):749-758. DOI: 10.5858/2004-128-749-TGMRIT.
2. Learned K.O., Mohan S., Hyder I.Z., et al. Imaging Features of a Gelatin-Thrombin Matrix Hemostatic Agent in the Intracranial Surgical Bed: A Unique Space-Occupying Pseudomass. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35(4):686-690. DOI: 10.3174/ajnr.A3765.
3. Apel-Sarid L., Cochrane D.D., Steinbok P., et al. Microfibrillar collagen hemostat-induced necrotizing granulomatous inflammation developing after craniotomy: a pediatric case series. *J Neurosurg Pediatr*. 2010;6(4):385-392. DOI: 10.3171/2010.8.PEDS10248.



4. Kim A.K., Lee E.B., Bagley L.J., Loevner L.A. Retained surgical sponges after craniotomies: imaging appearances and complications. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(6):1270-1272. DOI: 10.3174/ajnr.A1469.
5. Dimitrakopoulos I., Ntomouchtsis A., Lazaridis N. Textiloma of the frontal bone twenty years after craniotomy for Apert syndrome. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2011;39(1):17-20. DOI: 10.1016/j.jcms.2010.04.001.
6. Onodera H., Furuya Y., Uchida M., et al. Intracranial foreign body granuloma caused by dural tenting suture. *Br J Neurosurg.* 2011;25(5):652-654. DOI: 10.3109/02688697.2011.568641.
7. Hasturk A.E., Basmaci M. Foreign body granuloma mimicking recurrent intracranial tumor: a very rare clinical entity. *Acta Med Iran.* 2013;51(11):816-818. PMID: 24390955.
8. Lee S., Kim B., Kim J.S., Choi B.S. A 20-Year-Old Retained Surgical Gauze Mimicking a Spinal Tumor: A Case Report. *Korean J Spine.* 2016;13(3):160. DOI: 10.14245/kjs.2016.13.3.160.
9. Nishio Y., Hayashi N., Hamada H., et al. A case of delayed brain abscess due to a retained intracranial wooden foreign body: a case report and review of the last 20 years. *Acta Neurochir (Wien).* 2004;146(8). DOI: 10.1007/s00701-004-0283-7.
10. Holm T.M., Stathatos N., Sadow P.M., et al. A Gossypiboma From Kazakhstan. *Ear Nose Throat J.* 2020;99(2):117-118. DOI: 10.1177/0145561319840512.
11. Kothbauer K.F., Jallo G.I., Siffert J., et al. Foreign body reaction to hemostatic materials mimicking recurrent brain tumor: Report of three cases. *J Neurosurg.* 2001;95(3):503-506. DOI: 10.3171/jns.2001.95.3.0503.
12. Kobayashi T., Miyakoshi N., Abe E., et al. Gossypiboma 19 years after laminectomy mimicking a malignant spinal tumour: a case report. *J Med Case Reports.* 2014;8(1):311. DOI: 10.1186/1752-1947-8-311.
13. Sahoo R.K., Tripathy P., Das P.B., Mohapatra D. Gossypiboma complicated with paraspinal abscess and lumbar sinus: An uncommon complication of posterior lumbar spinal surgery. *Asian J Neurosurg.* 2017;12(2):211-213. DOI: 10.4103/1793-5482.148804.
14. Akpınar A., Ucler N., Özdemir C.O. Textiloma (gossypiboma) mimicking recurrent intracranial abscess. *BMC Res Notes.* 2015;8(1):390. DOI: 10.1186/s13104-015-1315-5.
15. Ryazantsev A.A., Yudin A.L., Yumatova E.A. Medical imaging of textile iatrogenic foreign bodies in abdomen and pelvis. *Medical Visualization.* 2019;(4):100-113. (In Russ.). DOI: 10.24835/1607-0763-2019-4-100-113.
16. Hameed A., Naeem A., Azhar M., Fatimi S.H. Intrathoracic gossypiboma. *BMJ Case Rep.* 2014;2014:bcr2013201814. DOI: 10.1136/bcr-2013-201814.
17. Alemu BN, Tiruneh AG. Gossypiboma: A Case Series and Literature Review. *Ethiop J Health Sci.* 2020;30(1):147-149. DOI: 10.4314/ejhs.v30i1.19.
18. Arıkan Y., Özdemir O., Seker K.G., et al. Gossypiboma: A Dramatic Result of Human Error, Case Report and Literature Review. *Prague Med Rep.* 2019;120(4):144-149. DOI: 10.14712/23362936.2019.20.
19. Williams R.G., Bragg D.G., Nelson J.A. Gossypiboma –The Problem of the Retained Surgical Sponge. *Radiology.* 1978;129(2):323-326. DOI: 10.1148/129.2.323.
20. Feldman R.P., Marcovici A., Suarez M., Goodrich J.T. Foreign body granuloma mimicking intracranial meningioma: case report and review of the literature. *Neurosurgery.* 1999;44(4):855-858. DOI: 10.1097/00006123-199904000-00091.
21. Apter S., Hertz M., Rubinstein Z.J., Zissin R. Gossypiboma in the early post-operative period: A diagnostic problem. *Clin Radiol.* 1990;42(2):128-129. DOI: 10.1016/S0009-9260(05)82084-7.
22. Lavrnjic S., Stosic-Opincal T., Gavrilovic S., et al. Intraventricular textiloma with granuloma formation following third ventricle colloid cyst resection – a case report. *Cent Eur Neurosurg.* 2009;70(2):86-88. DOI: 10.1055/s-2008-1081506.
23. Peloquin P., Vannemreddy P.S.S.V., Watkins L.M., Byrne R.W. Intracranial cotton ball gossypiboma mimicking recurrent meningioma: Report of a case with literature review for intentional and unintentional foreign body granulomas. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012;114(7):1039-1041. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.01.046.
24. Chambi I., Tasker R.R., Gentili F., et al. Gauze-induced granuloma (“gauzoma”): an uncommon complication of gauze reinforcement of berry aneurysms. *J Neurosurg.* 1990;72(2):163-170. DOI: 10.3171/jns.1990.72.2.0163.
25. Amano H., Morimoto K., Senba M., et al. Essential contribution of monocyte chemoattractant protein-1/C-C chemokine ligand-2 to resolution and repair processes in acute bacterial pneumonia. *J Immunol.* 2004;172(1):398-409. DOI: 10.4049/jimmunol.172.1.398.
26. Huffnagle G.B., Strieter R.M., McNeil L.K., et al. Macrophage inflammatory protein-1alpha (MIP-1alpha) is required for the efferent phase of pulmonary cell-mediated immunity to a *Cryptococcus neoformans* infection. *J Immunol.* 1997;159(1):318-327. PMID: 9200469.



27. Kirollos R.W., Tyagi A.K., Marks P.V., van Hille P.T. Muslin induced granuloma following wrapping of intracranial aneurysms: the role of infection as an additional precipitating factor. Report of two cases and review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)*. 1997;139(5):411-415. DOI: 10.1007/BF01808876.
28. Kitamura K., Yasuoka R., Ohara M., et al. How safe are the xenogeneic hemostats?--Report of a case of severe systemic allergic reaction. *Surg Today*. 1995;25(5):433-435. DOI: 10.1007/BF00311821.
29. Brady K.M., Font R.L., Lee A.G. Muslin-induced intracranial sterile abscess: a cause of visual loss after aneurysm repair. *Surg Neurol*. 1999;51(5):566-567. DOI: 10.1016/s0090-3019(97)00494-1.
30. Alleyne C.H., Barrow D.L. Immune response in hosts with cadaveric dural grafts. Report of two cases. *J Neurosurg*. 1994;81(4):610-613. DOI: 10.3171/jns.1994.81.4.0610.
31. Andres R.H., Guzman R., Weis J., et al. Granuloma formation and occlusion of an unruptured aneurysm after wrapping. *Acta Neurochir (Wien)*. 2007;149(9):953-958; discussion 958. DOI: 10.1007/s00701-007-1260-8.
32. Agarwal V., Vyas S., Ahuja C.K., et al. Intracranial Textiloma: Imaging Features and Literature Review. *Indian J Radiol Imaging*. 2021;31(2):441-444. DOI: 10.1055/s-0041-1733815.
33. Al-Afif S., Krauss J.K. Intracranial foreign material granuloma after neurosurgical procedures. *Acta Neurochir (Wien)*. 2019;161(1):15. DOI: 10.1007/s00701-018-3751-1.
34. Hannachi A., Dkhil I., Jelassi S., et al. Intracranial gossypiboma mimicking a recurrent glioma: A case report. *Radiol Case Rep*. 2024;19(11):4849-4853. DOI: 10.1016/j.radcr.2024.07.136.
35. Psstlethwait R.W., Willigan D.A., Ulin A.W. Human Tissue Reaction to Sutures: *Ann Surg*. 1975;181(2):144-150. DOI: 10.1097/00000658-197502000-00003.
36. Casto F., Villaescusa M., Jungberg E., et al. Efficacy of topical hemostatic agents in neurosurgery: An experimental study in a rat model. *Surg Neurol Int*. 2025;16:148. DOI: 10.25259/SNI_791_2024.
37. Epstein A.J., Russell E.J., Berlin L., et al. Suture granuloma: an unusual cause of an enhancing ring lesion in the postoperative brain. *J Comput Assist Tomogr*. 1982;6(4):815-817. PMID: 7119205.
38. Knowlson G.T. Gel-foam granuloma in the brain. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1974;37(8):971-973. DOI: 10.1136/jnnp.37.8.971.
39. Lincourt A.E., Harrell A., Cristiano J., et al. Retained foreign bodies after surgery. *J Surg Res*. 2007;138(2):170-174. DOI: 10.1016/j.jss.2006.08.001.
40. Renati S., Kaur S., Kresak J.L., et al. Granulomatous meningitis secondary to Avitene (microfibrillar collagen). *Neurol Clin Pract*. 2017;7(5):384-386. DOI: 10.1212/CPJ.0000000000000305.
41. Van Goethem J.W.M., Parizel P.M., et al. MR and CT Imaging of Paraspinal Textiloma (Gossypiboma): *J Comput Assist Tomogr*. 1991;15(6):1000-1003. DOI: 10.1097/00004728-199111000-00018.
42. Slater L.A., Chandra R.V., Holt M., et al. Long-term MRI findings of muslin-induced foreign body granulomas after aneurysm wrapping. A report of two cases and literature review. *Interv Neuroradiol J Peritherapeutic Neuroradiol Surg Proced Relat Neurosci*. 2014;20(1):67-73. DOI: 10.15274/INR-2014-10010.
43. Jang S.W., Kim S.J., Kim S.M., et al. MR spectroscopy and perfusion MR imaging findings of intracranial foreign body granuloma: a case report. *Korean J Radiol*. 2010;11(3):359-363. DOI: 10.3348/kjr.2010.11.3.359.
44. Patchell R.A., Tibbs P.A., Walsh J.W., et al. A randomized trial of surgery in the treatment of single metastases to the brain. *N Engl J Med*. 1990;322(8):494-500. DOI: 10.1056/NEJM199002223220802.
45. Montemurro N., Murrone D., Romanelli B., Ierardi A. Postoperative Textiloma Mimicking Intracranial Rebleeding in a Patient with Spontaneous Hemorrhage: Case Report and Review of the Literature. *Case Rep Neurol*. 2020;12(1):7-12. DOI: 10.1159/000505233.
46. Wood S.J., Kelsey A., Brennan B., et al. Granular hemostat deposits mimicking disseminated malignancy. *J Pediatr Surg*. 2013;48(3):e25-27. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2012.12.044.
47. Romani R. *Lateral Supraorbital Approach-Simple, Clean, and Preserving Normal Anatomy*. 1st ed. Unigrafia Helsinki; 2011. <http://ethesis.helsinki.fi/>.

АВТОРЫ

Айсаев Гасан Магомедшапиевич — ORCID: 0009-0009-9404-164X

Свистов Дмитрий Владимирович, к.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-3922-9887X, SPIN: 3184-5590

Бабичев Константин Николаевич — ORCID: 0000-0002-4797-2937, SPIN: 8757-4165

Исаев Джамалудин Магомедрасулович, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-3336-3230, SPIN: 3523-1801

Чемодакова Ксения Андреевна — ORCID: 0000-0003-0549-9069, SPIN: 8425-1808

Куулар Виктория Каноловна — ORCID: 0009-0006-2016-8187

Стафеевская Елизавета Владимировна — ORCID: 0009-0004-6914-4448, SPIN: 9850-3818

Адлейба Батал Гивиевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-9761-7095, SPIN: 7200-3576



Адилсултанова Зайнаб Гамзатовна – ORCID: 0009-0008-9572-2634

Гурский Максим Евгеньевич – ORCID: 0009-0008-9605-6637

AUTHORS

Aysayev Gasan Magomedshapiyevich – ORCID: 0009-0009-9404-164X

Svistov Dmitriy Vladimirovich, Ph.D., Assoc. Prof. – ORCID: 0000-0002-3922-9887X, SPIN: 3184-5590

Babichev Konstantin Nikollayevich – ORCID: 0000-0002-4797-2937, SPIN: 8757-4165

Isaev Dzhamaludin Magomedrasulovich, Ph.D. – ORCID: 0000-0003-3336-3230, SPIN: 3523-1801

Chemodakova Kseniya Andreyevna – ORCID: 0000-0003-0549-9069, SPIN: 8425-1808

Kuular Viktoriya Kanolovna – ORCID: 0009-0006-2016-8187

Stafeyevskaya Yelizaveta Viktorovna – ORCID: 0009-0004-6914-4448, SPIN: 9850-3818

Adleyba Batal Giviyeich, Ph.D. – ORCID: 0000-0002-9761-7095, SPIN: 7200-3576

Adilsultanova Zeynab Gamzatovna – ORCID: 0009-0008-9572-2634

Gurskiy Maksim Yevgenyevich – ORCID: 0009-0008-9605-6637



УДК 617.559-089 : 616-073.75

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_89_100

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ КТ-НАВИГАЦИЯ ПРИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА: КРИВАЯ ОБУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХИРУРГИЧЕСКОЙ БРИГАДЫ

© В.И. МАНАЩУК¹, А.А. СУФИАНОВ^{1,2}, А.В. САВЕЛЛО³, А.Г. ШАПКИН^{1,2}, Д.Н. НАБИЕВ¹, В.А. МАНУКОВСКИЙ^{4,5}

¹ ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, Тюмень, Россия

² ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия

³ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

⁴ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Интраоперационная навигация с использованием конусно-лучевого томографа O-Arm обеспечивает трехмерный контроль установки транспедикулярных винтов. Внедрение технологии лимитировано длительностью кривой обучения и радиационной нагрузкой на пациента и персонал.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценить динамику показателей кривой обучения, определить критический объем операций для достижения технической стабилизации и провести количественный анализ радиационной нагрузки на пациента и членов операционной бригады при O-Arm-навигации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Проведен ретроспективный сравнительный анализ 485 операций (2596 транспедикулярных винтов) у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника, выполненных одной хирургической бригадой в 2011–2022 гг. Основную группу составили 336 операций (1882 винта) с применением O-Arm и навигационной станции StealthStation; группу сравнения — 149 операций под контролем 2D-флюороскопии. Кривая обучения проанализирована по подгруппам 1–50, 51–100, 101–150 и >150 операций; точка стабилизации определена методом CUSUM. Дозиметрию бригады выполняли электронными персональными дозиметрами в трех зонах: на грудной клетке под свинцовым фартуком, в области щитовидной железы поверх защитного воротника и на тыльной поверхности доминирующей кисти у хирурга.

РЕЗУЛЬТАТЫ. По данным CUSUM-анализа точка технической стабилизации соответствовала 90–100 операции, устойчивое плато достигалось после 150 вмешательств. Время навигационной подготовки прогрессивно сократилось с $24,3 \pm 5,2$ мин до $16,8 \pm 2,4$ мин, время установки одного транспедикулярного винта — с $6,8 \pm 1,9$ мин до $4,2 \pm 0,8$ мин ($p < 0,001$ для обоих показателей). Параллельно доля винтов Grade A по классификации Gertzbein-Robbins возросла с 91,2 до 96,8 %, а частота конверсии на 2D-флюороскопию снизилась с 10,0 до 1,1 %, отражая рост технической компетенции бригады. Суммарная эффективная доза на пациента в основной группе была статистически выше при умеренной абсолютной разнице ($5,8 \pm 1,2$ мЗв против $5,1 \pm 1,6$ мЗв; $p < 0,001$), при этом количество экспозиционных событий сократилось в 21 раз, а время интраоперационной экспозиции — в 6,6 раза. Индивидуальная доза на хирурга снизилась на 89,3–94,2 % в зависимости от зоны дозиметрического контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Освоение интраоперационной КТ-навигации O-Arm характеризуется управляемой динамикой технических показателей со стабилизацией после 90–100 операций и формированием устойчивого плато после 150 вмешательств. При несколько более высокой суммарной эффективной дозе на пациента (умеренная абсолютная разница) технология обеспечивает снижение профессионального облучения операционной бригады на порядок величины, что определяет ее приоритет с позиции снижения профессиональной лучевой нагрузки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоперационная КТ-навигация, O-Arm, кривая обучения, CUSUM-анализ, транспедикулярная фиксация, радиационная безопасность.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Манашук В.И., Суфианов А.А., Савелло А.В., Шапкин А.Г., Набиев Д.Н., Мануковский В.А. Интраоперационная КТ-навигация при транспедикулярной фиксации пояснично-крестцо-



вого отдела позвоночника: кривая обучения и радиационная безопасность хирургической бригады // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 89–100.

INTRAOPERATIVE CT-NAVIGATION FOR PEDICLE SCREW FIXATION OF THE LUMBOSACRAL SPINE: LEARNING CURVE AND RADIATION SAFETY OF THE SURGICAL TEAM

© V.I. MANASHCHUK¹, A.A. SUFIANOV^{1,2}, A.V. SAVELLO³, A.G. SHAPKIN^{1,2}, D.N. NABIEV¹, V.A. MANUKOVSKY^{4,5}

¹ Federal State Budgetary Institution “Federal Centre of Neurosurgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, Russia

² Federal State Budgetary Research Institution “Russian research center of surgery named after academician B.V. Petrovsky”, Moscow, Russia

³ Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

⁴ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

⁵ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Intraoperative O-Arm CT navigation provides three-dimensional control of pedicle screw placement. Adoption of the technology is constrained by the duration of the learning curve and by radiation exposure to the patient and personnel.

OBJECTIVE: The aim of the work is to assess the dynamics of learning curve indicators, to determine the critical caseload required to achieve technical stabilisation, and to perform a quantitative analysis of radiation exposure to the patient and the surgical team during O-Arm navigation.

MATERIAL AND METHODS: A retrospective comparative analysis was performed in 485 procedures (2596 pedicle screws) on patients with degenerative disease of the lumbosacral spine, operated on by a single surgical team between 2011 and 2022. The index group comprised 336 procedures (1882 screws) performed with O-Arm and a StealthStation navigation platform; the comparator group comprised 149 procedures performed under 2D fluoroscopy. The learning curve was analysed across subgroups 1–50, 51–100, 101–150 and >150 procedures; the point of stabilisation was defined by CUSUM analysis. Surgical-team dosimetry was performed using electronic personal dosimeters at three sites: the chest under the lead apron, over the thyroid collar, and on the dorsum of the dominant hand.

RESULTS: According to CUSUM analysis, the point of technical stabilisation corresponded to procedures 90–100, and a stable plateau was reached after the 150th procedure. Setup time fell progressively from 24.3 ± 5.2 to 16.8 ± 2.4 min, and the time to place a single pedicle screw fell from 6.8 ± 1.9 to 4.2 ± 0.8 min ($p < 0.001$ for both). In parallel, the proportion of Grade A screws on the Gertzbein–Robbins scale rose from 91.2 % to 96.8 %, while the conversion rate to 2D fluoroscopy fell from 10.0 % to 1.1 %, reflecting the growing technical competence of the team. The total intraoperative effective patient dose was statistically higher in the index group with a small absolute difference (5.8 ± 1.2 vs 5.1 ± 1.6 mSv; $p < 0.001$), accompanied by a 21-fold reduction in the number of exposure events and a 6.6-fold reduction in intraoperative exposure time. The individual surgeon dose was reduced by 89.3–94.2 % depending on the dosimetric monitoring site.

CONCLUSION: Adoption of intraoperative O-Arm CT navigation follows a predictable trajectory of technical indicators, with stabilisation after 90–100 procedures and formation of a stable plateau after 150. The technology is associated with a slightly higher total effective patient dose with a small absolute difference, while delivering an order-of-magnitude reduction in occupational exposure of the surgical team; the priority of O-Arm is therefore defined primarily by the reduction of occupational radiation exposure with the patient dose remaining within a clinically acceptable range.

KEYWORDS: intraoperative CT navigation, O-Arm, learning curve, CUSUM analysis, pedicle screw fixation, radiation safety.

TO CITE THIS ARTICLE: Manashchuk V.I., Sufianov A.A., Savello A.V., Shapkin A.G., Nabiev D.N., Manukovsky V.A. Intraoperative CT-navigation for pedicle screw fixation of the lumbosacral spine: learning curve and radiation safety of the surgical team. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):89–100. (In Russ.).



Введение

Интраоперационная компьютерная томография с оптической нейронавигацией, реализованная в системе O-Arm (Medtronic, США) совместно со станцией StealthStation, обеспечивает интраоперационное получение трехмерного набора данных и навигационное отслеживание инструмента в реальном времени относительно этого набора и является одним из наиболее распространенных современных методов повышения точности задней стабилизации позвоночника [2, 8, 10, 15, 21]. По данным систематических обзоров и метаанализов точность имплантации при 3D-навигации составляет 93–97 % против 80–87 % при традиционной 2D-флюороскопии при одновременном снижении частоты клинически значимых перфораций более 2 мм и потребности в ревизионных вмешательствах [1–7, 9–12]. Внедрение технологии ограничено не столько характеристиками самой аппаратуры, сколько факторами организационного и кадрового характера: необходимостью реорганизации операционной бригады, перестройки рабочего процесса и освоения нового инструментария [13, 15, 21].

Кривая обучения относится к ключевым параметрам, определяющим реальную эффективность технологии в условиях многопрофильного нейрохирургического стационара. Имеющиеся данные свидетельствуют, что освоение 3D-навигации сопровождается сокращением времени операции, снижением частоты технических сбоев и ростом точности имплантации; преимущество 3D-навигации по точности подтверждено сравнительными исследованиями и метаанализами [10–12], тогда как параметры собственно кривой обучения остаются менее унифицированными и зависят от предшествующего опыта бригады, регулярности применения технологии и структуры нозологий [13]. Отсутствие унифицированных эмпирических ориентиров для оценки технической компетентности при работе с интраоперационной КТ-навигацией затрудняет объективное сопоставление результатов разных центров и планирование программ обучения.

Вторая составляющая безопасности относится к радиационному воздействию на пациента и членов хирургической бригады. Спинальная хирургия традиционно ассоциирована с высокой лучевой нагрузкой на персонал, поскольку при 2D-флюороскопии хирург и ассистенты вынужденно находятся вблизи источника излучения при многократных интраоперационных экспозициях [14, 16–18, 20]. По совокупным оценкам, при высокой годовой активности флюороскопически контролируемых спинальных вмешательств

профессиональная доза хирурга может достигать значимой доли рекомендуемых пределов облучения к годовому пределу профессионального облучения, установленному рекомендациями Международной комиссии по радиологической защите (ICRP) и национальными нормативами радиационной безопасности [17–20]. Дозиметрическая характеристика альтернативных систем интраоперационной визуализации в этих условиях приобретает самостоятельное значение.

Интеграция мобильной системы конусно-лучевой компьютерной томографии (СВСТ, cone beam computed tomography) O-Arm меняет структуру экспозиции: сканирование выполняется в отсутствие персонала в операционной, а количество интраоперационных экспозиций сокращается до 1–2 за операцию вместо десятков снимков при С-дуге [16, 17, 20]. Опубликованные сравнительные данные подтверждают снижение профессиональной дозы при 3D-навигации в 7–10 раз и более [16, 17, 20]. Вместе с тем суммарная эффективная доза на пациента при СВСТ-сканировании выше на одно событие экспозиции, чем при одиночном флюороскопическом снимке, что требует количественной верификации дозиметрического баланса в условиях конкретного центра [16, 17, 20].

Целью настоящего исследования стала оценка динамики показателей кривой обучения, определение критического объема операций для достижения технической стабилизации и количественный анализ радиационной нагрузки на пациента и членов операционной бригады при O-Arm-навигации.

Материал и методы

Проведено ретроспективное одноцентровое сравнительное когортное исследование с проспективным сбором интраоперационных и дозиметрических данных. В исследование последовательно включены 485 пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника, оперированных в ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Тюмень) с апреля 2011 г. по октябрь 2022 г.; все вмешательства выполнены одной хирургической бригадой. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России, протокол № 12 от 15.03.2011; пациенты подписали информированное добровольное согласие. Последовательность отбора и распределения пациентов представлена на рисунке 1. Критериями включения являлись возраст 18–75 лет, подтвержденный диагноз дегенеративно-дистрофического заболе-

вания пояснично-крестцового отдела позвоночника, требующего стабилизирующего вмешательства, информированное согласие и возможность динамического наблюдения не менее 12 месяцев после операции. Критериями исключения являлись предшествующие оперативные вмешательства на том же уровне позвоночника; системные

заболевания костного метаболизма (за исключением остеопороза); активные инфекционные процессы; тяжелая соматическая патология ASA IV–V; психические заболевания, препятствующие адекватной оценке состояния и оформлению информированного согласия; первичные и метастатические опухоли позвоночника.



Рис. 1. Последовательность отбора и распределения пациентов в исследуемые группы

В зависимости от метода интраоперационной визуализации пациентов распределили на две группы. Основную группу составили 336 пациентов (69,3 %), оперированных с применением мобильной рентгеновской установки O-Arm (Medtronic, США) с функцией компьютерной томографии, интегрированной с навигационной станцией StealthStation S8; в начальный период исследования использовалась платформа StealthStation Treon Plus той же компании, замененная на S8 по мере ее внедрения в центре. Группу сравнения составили 149 пациентов (30,7 %), оперированных под контролем стандартной мобильной С-дуги в режиме 2D-флюороскопии. Группы были сопоставимы по возрасту ($47,3 \pm 11,8$ г. и $46,8 \pm 12,2$ г.; $p = 0,688$), полу (доля мужчин 47,9 % и 48,3 %; $p = 0,931$), индексу массы тела, структуре нозологий и объему планируемой фиксации.

Все операции выполнялись одной операционной бригадой под общей анестезией в положении пациента на животе. После хирургической экспозиции в основной группе на остистый отросток уровня L3–L4 либо на задний гребень подвздошной кости устанавливалась референци-

онная рамка; интраоперационное 3D-сканирование O-Arm выполнялось в отсутствие персонала в операционной, полученные данные автоматически передавались на навигационную станцию для планирования траекторий и навигированной установки винтов; контрольное сканирование проводилось после установки конструкции. Эффективная доза на пациента оценивалась по значению произведения дозы на площадь (DAP) с использованием локально принятого дозиметрического алгоритма для пояснично-крестцовой области; интерпретация эффективной дозы проводилась с учетом тканевых весовых коэффициентов и принципов ICRP Publication 103 [19]. Индивидуальную дозиметрию членов операционной бригады выполняли электронными персональными дозиметрами в трех зонах: на грудной клетке под свинцовым фартуком, в области щитовидной железы поверх защитного воротника и на тыльной поверхности доминирующей кисти у хирурга. Регистрируемые величины представляют дозу в зоне дозиметрического контроля и не являются полностью реконструированной индивидуальной эффективной дозой с тканевыми



взвешивающими коэффициентами. Оценка годовой эффективной дозы для хирурга выполнена в допущении хирургической активности 200 операций в год и сопоставлена с пределом 20 мЗв/год для персонала категории А, установленным НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523–09) и СанПиН 2.6.4115–25, действующим с 1 сентября 2025 г., с учетом рекомендаций ICRP Publication 103 [19].

Анализ кривой обучения выполнен внутри основной группы ($n = 336$) с делением на четыре последовательные подгруппы: 1–50 ($n = 50$), 51–100 ($n = 50$), 101–150 ($n = 50$) и >150 ($n = 186$). Регистрировали следующие параметры освоения: время предоперационной навигационной подготовки (от установки референционной рамки до завершения первого 3D-сканирования), время установки одного транспедикулярного винта, общую продолжительность операции, долю винтов Grade A по классификации Gertzbein–Robbins по данным контрольного 3D-сканирования, частоту конверсии на 2D-флюороскопию, среднее количество 3D-сканирований за операцию и эффективную дозу за операцию. Точка технической стабилизации определена методом кумулятивных сумм (cumulative sum, CUSUM) применительно к времени навигационной подготовки. CUSUM рассчитывали как кумулятивную сумму отклонений индивидуальных значений времени навигационной подготовки от среднего значения позднего стабилизированного периода: $CUSUM_i = \Sigma(x_i - \mu_{ref})$. В качестве μ_{ref} использовали среднее время навигационной подготовки в подгруппе >150 операций (16,8 мин), принятой как поздний стабилизированный период. Точку перегиба определяли по изменению наклона аппроксимирующей *piecewise-регрессии*; устойчивое плато определяли по визуальной стабилизации CUSUM-кривой и отсутствию дальнейшего клинически значимого снижения времени подготовки после 150-й операции.

Статистическая обработка выполнена в программных пакетах SPSS Statistics 27.0 (IBM, США) и R 4.2.0 (R Foundation for Statistical Computing, Австрия). Для проверки нормальности распределения количественных переменных применяли критерий Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Сравнение количественных показателей между двумя группами выполняли *t*-критерием Стьюдента при нормальном распределении и *U*-критерием Манна–Уитни при отклонении от нормальности; для парных сравнений во времени применяли критерий Уилкоксона. Сравнение качественных переменных проводили с помощью χ^2 -критерия Пирсона или точного критерия Фишера. Динамику показателей по подгруппам обучения анализировали однофакторным диспер-

сионным анализом (ANOVA) с апостериорным тестом Тьюки и критерием Кохрейна–Армитажа для линейных трендов с поправкой Холма–Бонферрони. Для бинарных исходов на уровне отдельных винтов с учетом кластеризации внутри пациента использовали обобщенные оценочные уравнения (generalised estimating equations, GEE) с робастной сэндвич-оценкой стандартных ошибок и обменной рабочей корреляционной структурой. Статистически значимым считали $p < 0,05$; пограничные значения интерпретировали с учетом множественности сравнений.

Результаты

Динамика основных параметров освоения по последовательным подгруппам внутри основной группы представлена в таблице 1. Как видно из таблицы, в первых 50 операциях основной группы время предоперационной навигационной подготовки составило $24,3 \pm 5,2$ мин, что существенно превышало аналогичный показатель при 2D-флюороскопии в группе сравнения ($5,3 \pm 1,4$ мин) и было обусловлено необходимостью точного позиционирования навигационного оборудования, калибровки системы и освоения операционной бригадой нового рабочего процесса. По мере накопления опыта показатель прогрессивно снижался.

Снижение продолжительности всех временных параметров носило нелинейный характер с наибольшим градиентом между первой и второй подгруппами и стабилизацией к третьей–четвертой подгруппе. Точка технической стабилизации, определенная методом CUSUM применительно ко времени навигационной подготовки, соответствовала операциям 90–100; устойчивое плато достигалось после 150 вмешательств (рис. 2).

Из 1882 установленных транспедикулярных винтов 1798 (95,5 %) классифицированы как Grade A, 65 (3,5 %) – как Grade B (перфорация менее 2 мм), 17 (0,9 %) – как Grade C (перфорация 2–4 мм) и 2 (0,1 %) – как Grade D (перфорация более 4 мм) по классификации Gertzbein–Robbins. На этапе первых 50 операций доля Grade A составила 91,2 %, что превышало показатель группы сравнения (86,0 %); по мере накопления опыта доля Grade A последовательно возрастала и достигала 96,8 % после 150 операций. Частота конверсии на 2D-флюороскопию снижалась с 10,0 % в первой подгруппе до 1,1 % в стабилизированном периоде. В раннем периоде причинами конверсии были смещение референсной рамки (40 % случаев), технические сбои оптической системы (40 %) и трудности автоматической регистрации при выраженном ожирении пациентов (20 %); в позднем периоде причинами конверсии оставались исключительно технические сбои оборудования.

Таблица 1. Динамика освоения О Арт-навигации по группам операций

Показатель	Операции 1–50	Операции 51–100	Операции 101–150	Операции >150	p-value*
Временные параметры					
Время подготовки, мин	24,3 ± 5,2	18,7 ± 3,8	17,2 ± 2,9	16,8 ± 2,4	<0,001
Время установки 1 винта, мин	6,8 ± 1,9	5,0 ± 1,3	4,5 ± 1,0	4,2 ± 0,8	<0,001
Общее время операции, мин	178,4 ± 42,3	156,2 ± 38,6	147,8 ± 35,2	138,6 ± 32,4	<0,001
Показатели точности					
Винты Grade A, %	91,2	94,7	96,2	96,8	<0,001**
Винты Grade B, %	6,8	4,2	3,1	2,7	0,002**
Винты Grade C–D, %	2,0	1,1	0,7	0,5	0,018**
Технические параметры					
Частота конверсии, %	10,0	6,0	4,0	1,1	0,003**
Количество 3D-сканов	2,8 ± 0,6	2,4 ± 0,4	2,1 ± 0,3	2,0 ± 0,2	<0,001
Лучевая доза за операцию, мЗв	8,1 ± 1,7	6,9 ± 1,2	6,1 ± 0,9	5,8 ± 0,6	<0,001

Примечание. Значения количественных показателей представлены как среднее ± стандартное отклонение. р (тренд): однофакторный ANOVA с апостериорным тестом Тьюки для количественных показателей; критерий Кохрейна-Армитажа с поправкой Холма-Бонферрони для качественных. Подгруппа >150 операций включает 186 наблюдений.

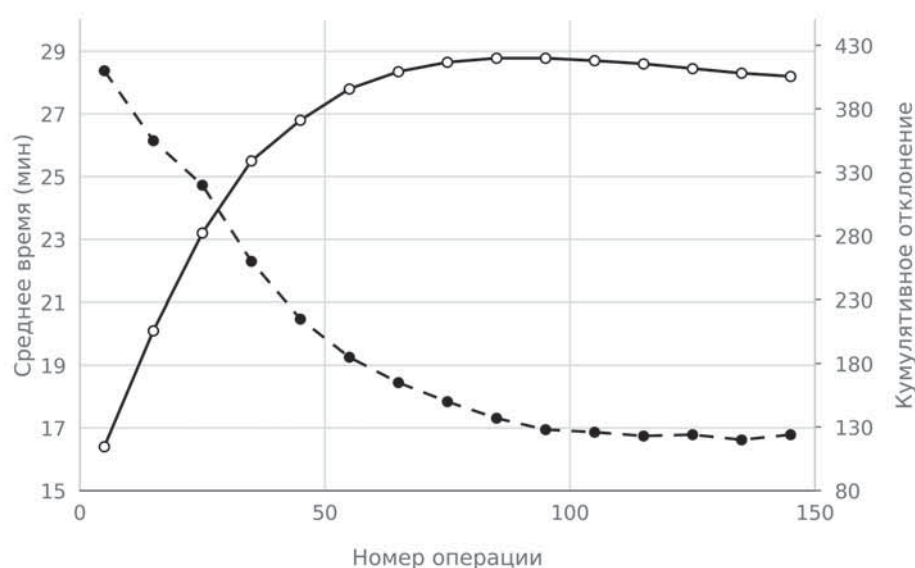


Рис. 2. CUSUM-кривая времени предоперационной навигационной подготовки в основной группе О-Арт (n = 336). Точка перегиба соответствует операциям 90–100, устойчивое плато достигается после операции 150

К факторам, вероятно способствовавшим ускорению освоения технологии и более быстрому достижению плато, относились предшествующий опыт работы с навигационными системами, регулярность выполнения операций (не менее двух в неделю), постоянство состава операционной бригады и предварительное обучение на симуляторе. Поскольку перечисленные характеристики тесно связаны между собой и совпадают с календарным временем накопления опыта, эти наблюдения имеют описательный характер и не доказывают независимого причинного влияния каждого фактора.

При сопоставлении раннего (n = 100) и позднего (n = 236) периодов внутри основной дозы для хирурга выполнена в допущении хирургической активности 200 операций в год и сопоставлена с пределом 20 мЗв/год для персонала категории А, установленным НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523–09) и СанПиН 2.6.4115–25, действующим с 1 сентября 2025 г., с учетом рекомендаций ICRP Publication 103 [19].

Сопоставление интраоперационной лучевой нагрузки на пациента при О-Арт и 2D-флюороскопии представлено на рисунке 3. Суммарная эффективная доза за операцию была статистически выше



в группе O-Arm, чем в группе сравнения ($5,8 \pm 1,2$ против $5,1 \pm 1,6$ мЗв; $p < 0,001$), однако абсолютная разница составила 0,7 мЗв и сопровождалась 21-кратным сокращением количества экспозиционных событий (с $42,3 \pm 8,6$ до $2,0 \pm 0,4$) и 6,6-кратным сокращением времени экспозиции (со $187,6 \pm 42,3$ до $28,4 \pm 6,2$ секунд; $p < 0,001$ для обоих параметров). Доза на кожу в основной группе была ниже, чем в группе сравнения ($14,8 \pm 3,4$ мГр против $18,6 \pm 5,8$ мГр; $p < 0,001$); вероятным объяснением является более распределенная геометрия кругового СВСТ-сканирования по сравнению с фиксированной проекцией С-дуги, однако данное предположение

требует прямого дозиметрического подтверждения с картированием входной кожной дозы. Кумулятивная доза за полный период лечения в основной группе меньше на 12,4 % ($13,4 \pm 2,1$ против $15,3 \pm 2,8$ мЗв; $p < 0,001$) за счет применения низкодозового локального компьютерно-томографического протокола в послеоперационном периоде. По мере освоения технологии среднее количество 3D-сканирований снизилось с $2,8 \pm 0,6$ до $2,0 \pm 0,2$ за операцию, доля низкодозового протокола возросла с 42 до 88 %, что обусловило снижение эффективной дозы за операцию в основной когорте с $8,1 \pm 1,7$ мЗв до $5,8 \pm 0,6$ мЗв ($p < 0,001$ для всех параметров; см. таблицу 1).

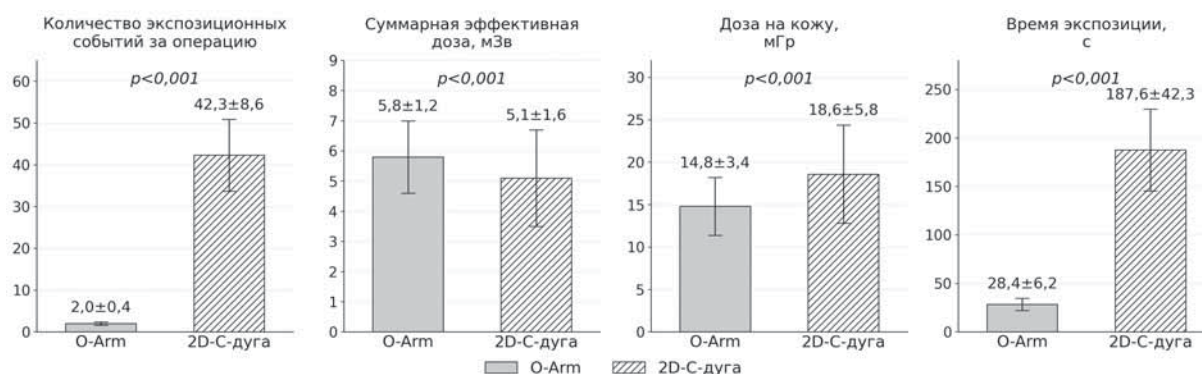


Рис. 3. Сравнение интраоперационной лучевой нагрузки на пациента при O-Arm и 2D-флюороскопии с С-дугой. Сравняемые показатели: суммарная эффективная доза за операцию, количество экспозиционных событий за операцию, время экспозиции и доза на кожу. Под экспозиционными событиями для O-Arm подразумеваются 3D-сканирования, для C-Arm — флюороскопические экспозиции (снимки). Данные представлены как среднее $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$); каждая панель имеет собственную шкалу измерения

Индивидуальная дозиметрия членов операционной бригады за одну операцию приведена в таблице 2. Переход на O-Arm-навигацию сопровождался снижением дозы на хирурга на 90,5 % в зоне грудной клетки под фартуком, на 89,3 % в области щитовидной железы поверх воротника и на 94,2 % на тыльной поверхности доминирующей кисти; снижение у ассистента

составило 88,9–89,3 %, у операционной сестры 93,3 %. Доза на врача-анестезиолога при O-Arm была ниже предела регистрации дозиметра. Различие технологий обусловлено тем, что при O-Arm-сканировании персонал покидает операционную, тогда как при 2D-флюороскопии хирург и ассистент находятся вблизи источника излучения при каждой экспозиции.

Таблица 2. Лучевая нагрузка на операционную бригаду за одну операцию

Член бригады	Зона измерения	O-Arm (мЗв)	C-Arm (мЗв)	Снижение, %	p-value
Хирург	Грудь	$0,004 \pm 0,002$	$0,042 \pm 0,018$	90,5	$<0,001$
	Щитовидная железа	$0,003 \pm 0,001$	$0,028 \pm 0,012$	89,3	$<0,001$
	Руки	$0,005 \pm 0,002$	$0,086 \pm 0,032$	94,2	$<0,001$
Ассистент	Грудь	$0,003 \pm 0,001$	$0,028 \pm 0,012$	89,3	$<0,001$
	Щитовидная железа	$0,002 \pm 0,001$	$0,018 \pm 0,008$	88,9	$<0,001$
Операционная сестра	Грудь	$0,001 \pm 0,0005$	$0,015 \pm 0,008$	93,3	$<0,001$
Анестезиолог	Грудь	$<0,001$	$0,008 \pm 0,003$	—	—

Примечание. Регистрируемые величины представляют дозу в зоне дозиметрического контроля и не являются полностью реконструированной индивидуальной эффективной дозой с тканевыми взвешивающими коэффициентами. Сравнение проведено t-критерием Стьюдента. Для анестезиолога статистическое сравнение не выполнялось ввиду значений ниже предела регистрации дозиметра в группе O-Arm; показатель приведен описательно.



При линейной экстраполяции на годовую хирургическую активность 200 операций ожидаемая годовая доза в зоне грудной клетки для хирурга составит около 0,8 мЗв при O-Arm и около 8,4 мЗв при 2D-флюороскопии, что соответствует приблизительно 4 и 42 % от годового предела 20 мЗв для персонала категории А (НРБ-99/2009; СанПиН 2.6.4115–25; рекомендации ICRP Publication 103) [19]. Приведенные значения являются линейной экстраполяцией из дозы за одну операцию и не учитывают вариабельность объема и сложности отдельных вмешательств.

Обсуждение

Кривая обучения и радиационная безопасность относятся к двум ключевым параметрам, определяющим решение о внедрении интраоперационной КТ-навигации в практику нейрохирургического центра. Первый из них преимущественно характеризует безопасность пациента (точность имплантации, частота конверсии, осложнения), второй характеризует безопасность персонала. Оба параметра обсуждаются при принятии организационного решения о приобретении и эксплуатации системы и имеют общую целевую аудиторию в лице руководителей нейрохирургических центров и профильных служб радиационной безопасности.

В настоящей серии использована система O-Arm (Medtronic, США), представляющая собой мобильный интраоперационный компьютерный томограф с замкнутой телескопической гентри и плоскопанельным детектором, интегрированный с навигационной станцией StealthStation. Система предусматривает несколько режимов сканирования с различным дозовым профилем (стандартный, высокого разрешения и низкодозовый), что определяет дозу за единичное событие сканирования и существенно отличает O-Arm от пульсовой C-дуги, имеющей более низкую дозу за один снимок при значительно большем числе экспозиций за операцию [10, 16, 17, 20].

Главный технический результат настоящей серии 336 последовательных операций состоит в управляемой динамике освоения с точкой технической стабилизации в диапазоне 90–100 операций по данным CUSUM-анализа времени навигационной подготовки и устойчивым плато после 150 вмешательств. Наличие learning effects при 3D-навигированной установке транспедикулярных винтов согласуется с опубликованными данными Ryang et al. [13], тогда как конкретный критический объем операций в настоящем исследовании следует рассматривать как эмпирический результат данной одноцентровой серии. Точность установки винтов уже на этапе первых

50 операций (Grade A 91,2 %) превышала показатель группы сравнения (86,0 %); однако ограничения этого сопоставления (календарная неоднородность групп, эволюция систем стабилизации, выполнение операций одной опытной бригадой) исключают однозначную атрибуцию различий эффекту навигации.

Организационные факторы, вероятно способствовавшие более быстрому освоению технологии, включали предшествующий опыт работы с навигацией, регулярность выполнения операций, постоянство состава операционной бригады и предварительное обучение. Эти наблюдения согласуются с литературными данными о роли командной технологической компетенции при освоении 3D-навигации [13], однако в настоящем исследовании имеют описательный характер и не позволяют установить независимый вклад каждого фактора. Эмпирически определенный критический объем 100–150 операций может служить ориентиром при планировании программ обучения.

Вопросы радиационной безопасности приобретают особое значение при оценке профессиональных рисков медицинского персонала. В настоящем исследовании зафиксировано существенное снижение лучевой нагрузки на операционную бригаду при использовании O-Arm: снижение дозы на хирурга составило 89,3–94,2 % в зависимости от зоны измерения. Механизм этого эффекта состоит в возможности выхода персонала из операционной на этап 3D-сканирования, когда генерируется основная доза излучения [16, 17, 20]. Для пациента суммарная эффективная доза за операцию была статистически выше в группе O-Arm ($5,8 \pm 1,2$ и $5,1 \pm 1,6$ мЗв; $p < 0,001$), что объясняется относительно высокой дозой за единичное конусно-лучевое 3D-сканирование (2,9 мЗв); абсолютная разница составила 0,7 мЗв и сопровождалась многократно меньшим числом экспозиционных событий (2 против 42 за операцию). Эти данные согласуются с результатами кадаверных и клинических сравнительных серий, в которых при сопоставимом порядке пациентской дозы регистрируется значительное снижение профессиональной нагрузки на бригаду [16, 17, 20].

Снижение количества 3D-сканирований с 2,8 до 2,0 на операцию и увеличение доли низкодозового протокола с 42 до 88 % по мере накопления опыта отражают оптимизацию радиационного режима в настоящей серии. Сочетание оптимизации протоколов визуализации с выходом персонала из операционной на этап 3D-сканирования соответствует общим принципам снижения про-



профессиональной дозы при интраоперационной навигации [16, 17, 20] и принципам радиационной защиты ICRP [19] и обеспечивает два независимых механизма снижения профессиональной дозы. При экстраполяции на годовую активность 200 операций расчетная годовая доза в зоне грудной клетки для хирурга при O-Arm составляет около 4 % от предела 20 мЗв/год для персонала категории А, тогда как при 2D-флюороскопии этот показатель достигает 42 %; полученное соотношение согласуется с данными о значимой профессиональной экспозиции хирургов при флюороскопически контролируемых вмешательствах [18, 20] и с рекомендациями ICRP по пределам профессионального облучения [19].

Ограничения настоящего исследования включают ретроспективный одноцентровой дизайн с выполнением операций одной хирургической бригадой, календарную неоднородность сравниваемых групп с параллельной эволюцией используемых систем стабилизации и периоперационного ведения, а также невозможность ослепления и причинной интерпретации многофакторных ассоциаций; регистрируемые дозиметрические значения соответствуют дозе в зоне контроля и не являются полностью реконструированной индивидуальной эффективной дозой с тканевыми взвешивающими коэффициентами, а годовые оценки получены линейной экстраполяцией из средней дозы за одну операцию.

Таким образом, представленные данные характеризуют интраоперационную КТ-навигацию O-Arm как технологию с управляемой кривой обучения и количественно подтвержденным снижением профессиональной радиационной нагрузки на хирургическую бригаду на порядок величины. При несколько более высокой суммарной эффективной дозе на пациента (на 0,7 мЗв за операцию) с десятикратным снижением

профессионального облучения приоритет O-Arm определяется прежде всего значительным снижением профессионального облучения персонала при сохранении пациентской дозы в клинически приемлемом диапазоне; этот приоритет приобретает особое значение в центрах с высокой годовой хирургической активностью.

Выводы:

1. Освоение интраоперационной КТ-навигации O-Arm при транспедикулярной фиксации пояснично-крестцового отдела позвоночника характеризуется управляемой динамикой временных и технических параметров с точкой технической стабилизации на уровне 90–100 операций по данным CUSUM-анализа и устойчивым плато после 150 вмешательств; эмпирически определенный критический объем 100–150 операций может служить ориентиром при планировании программ обучения.

2. Применение O-Arm-навигации сопровождается несколько более высокой суммарной эффективной дозой на пациента по сравнению с 2D-флюороскопией с С-дугой ($5,8 \pm 1,2$ мЗв против $5,1 \pm 1,6$ мЗв; $p < 0,001$) при умеренной абсолютной разнице 0,7 мЗв; одновременно достигается сокращение количества экспозиционных событий в 21 раз и времени экспозиции в 6,6 раза.

3. Профессиональное облучение членов операционной бригады при O-Arm-навигации снижается на 89,3–94,2 % у хирурга, на 88,9–89,3 % у ассистента и на 93,3 % у операционной сестры; доза у анестезиолога при O-Arm была ниже предела регистрации дозиметра. При годовой активности 200 операций расчетная годовая доза в зоне грудной клетки для хирурга составляет приблизительно 4 % от предела 20 мЗв/год для персонала категории А (НРБ-99/2009; СанПиН 2.6.4115–25) против 42 % при 2D-флюороскопии.

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

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Tian N.F., Huang Q.S., Zhou P., et al. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J.* 2011;20(6):846–859. DOI: 10.1007/s00586-010-1577-5.
2. Mason A., Paulsen R., Babuska J.M., et al. The accuracy of pedicle screw placement using intraoperative image guidance systems. *J Neurosurg Spine.* 2014;20(2):196–203. DOI: 10.3171/2013.11.SPINE13413.
3. Shin B.J., James A.R., Njoku I.U., Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurg Spine.* 2012;17(2):113–122. DOI: 10.3171/2012.5.SPINE11399.



4. Gelalis I.D., Paschos N.K., Pakos E.E., et al. Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective in vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques. *Eur Spine J.* 2012;21(2):247-255. DOI: 10.1007/s00586-011-2011-3.
5. Kosmopoulos V., Schizas C. Pedicle screw placement accuracy: a meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(3):E111–E120. DOI: 10.1097/01.brs.0000254048.79024.8b.
6. Verma R., Krishan S., Haendlmayer K., Mohsen A. Functional outcome of computer-assisted spinal pedicle screw placement: a systematic review and meta-analysis of 23 studies including 5,992 pedicle screws. *Eur Spine J.* 2010;19(3):370-375. DOI: 10.1007/s00586-009-1258-4.
7. Du J.P., Fan Y., Wu Q.N., et al. Accuracy of pedicle screw insertion among 3 image-guided navigation systems: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2018;109:24-30. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.154.
8. Van de Kelft E., Costa F., Van der Planken D., Schils F. A prospective multicenter registry on the accuracy of pedicle screw placement in the thoracic, lumbar, and sacral levels with the use of the O-Arm imaging system and StealthStation Navigation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(25):E1580–E1587. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318271b1fa.
9. Larson A.N., Polly D.W. Jr, Guidera K.J., et al. The accuracy of navigation and 3D image-guided placement for the placement of pedicle screws in congenital spine deformity. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(6):e23–e29. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318263a39e.
10. Feng W., Wang W., Chen S., et al. O-Arm navigation versus C-arm guidance for pedicle screw placement in spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2020;44(5):919-926. DOI: 10.1007/s00264-019-04470-3.
11. Bourgeois A.C., Faulkner A.R., Bradley Y.C., et al. Improved accuracy of minimally invasive transpedicular screw placement in the lumbar spine with 3-dimensional stereotactic image guidance: a comparative meta-analysis. *J Spinal Disord Tech.* 2015;28(9):324-329. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000152.
12. Sarwahi V., Wendolowski S.F., Gecelter R.C., et al. Are we underestimating the significance of pedicle screw misplacement? *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(9):E548–E555. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001318.
13. Ryang Y.M., Villard J., Obermüller T., et al. Learning curve of 3D fluoroscopy image-guided pedicle screw placement in the thoracolumbar spine. *Spine J.* 2015;15(3):467-476. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.10.003.
14. Kim C.W., Lee Y.P., Taylor W., et al. Use of navigation-assisted fluoroscopy to decrease radiation exposure during minimally invasive spine surgery. *Spine J.* 2008;8(4):584-590. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.12.012.
15. Costa F., Cardia A., Ortolina A., et al. Spinal navigation: standard preoperative versus intraoperative computed tomography data set acquisition for computer-guidance system: radiological and clinical study in 100 consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(24):2094-2098. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318201129d.
16. Tabaraee E., Gibson A.G., Karahalios D.G., et al. Intraoperative cone beam-computed tomography with navigation (O-ARM) versus conventional fluoroscopy (C-ARM): a cadaveric study comparing accuracy, efficiency, and safety for spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(22):1953-1958. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a51d1e.
17. Mendelsohn D., Strelzow J., Dea N., et al. Patient and surgeon radiation exposure during spinal instrumentation using intraoperative computed tomography-based navigation. *Spine J.* 2016;16(3):343-354. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.020.
18. Mariscalco M.W., Yamashita T., Steinmetz M.P., et al. Radiation exposure to the surgeon during open lumbar microdiscectomy and minimally invasive microdiscectomy: a prospective, controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(3):255-260. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ceb976.
19. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2-4):1-332. DOI: 10.1016/j.icrp.2007.10.003.
20. Bratschitsch G., Leitner L., Stückschweiger G., et al. Radiation exposure of patient and operating room personnel by fluoroscopy and navigation during spinal surgery. *Sci Rep.* 2019;9(1):17652. DOI: 10.1038/s41598-019-53472-z.
21. Суфианов А.А., Манащук В.И., Набиев Д.Н., Зайцев М.К., Шапкин А.Г., Суфианов Р.А. Чрескожный транспедикулярный остеосинтез поясничного отдела позвоночника с использованием мобильной операционной рентгеновской установки О-АРМ, совмещенной с навигационной станцией // Нейрохирургия. 2013. № 3. С. 58–64. EDN: SDUOJ.



REFERENCES

1. Tian N.F., Huang Q.S., Zhou P., et al. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J.* 2011;20(6):846-859. DOI: 10.1007/s00586-010-1577-5.
2. Mason A., Paulsen R., Babuska J.M., et al. The accuracy of pedicle screw placement using intraoperative image guidance systems. *J Neurosurg Spine.* 2014;20(2):196-203. DOI: 10.3171/2013.11.SPINE13413.
3. Shin B.J., James A.R., Njoku I.U., Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurg Spine.* 2012;17(2):113-122. DOI: 10.3171/2012.5.SPINE11399.
4. Gelalis I.D., Paschos N.K., Pakos E.E., et al. Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective in vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques. *Eur Spine J.* 2012;21(2):247-255. DOI: 10.1007/s00586-011-2011-3.
5. Kosmopoulos V., Schizas C. Pedicle screw placement accuracy: a meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(3):E111-E120. DOI: 10.1097/01.brs.0000254048.79024.8b.
6. Verma R., Krishan S., Haendlmayer K., Mohsen A. Functional outcome of computer-assisted spinal pedicle screw placement: a systematic review and meta-analysis of 23 studies including 5,992 pedicle screws. *Eur Spine J.* 2010;19(3):370-375. DOI: 10.1007/s00586-009-1258-4.
7. Du J.P., Fan Y., Wu Q.N., et al. Accuracy of pedicle screw insertion among 3 image-guided navigation systems: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2018;109:24-30. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.154.
8. Van de Kelft E., Costa F., Van der Planken D., Schils F. A prospective multicenter registry on the accuracy of pedicle screw placement in the thoracic, lumbar, and sacral levels with the use of the O-Arm imaging system and StealthStation Navigation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(25):E1580-E1587. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318271b1fa.
9. Larson A.N., Polly D.W. Jr, Guidera K.J., et al. The accuracy of navigation and 3D image-guided placement for the placement of pedicle screws in congenital spine deformity. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(6):e23-e29. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318263a39e.
10. Feng W., Wang W., Chen S., et al. O-Arm navigation versus C-arm guidance for pedicle screw placement in spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2020;44(5):919-926. DOI: 10.1007/s00264-019-04470-3.
11. Bourgeois A.C., Faulkner A.R., Bradley Y.C., et al. Improved accuracy of minimally invasive transpedicular screw placement in the lumbar spine with 3-dimensional stereotactic image guidance: a comparative meta-analysis. *J Spinal Disord Tech.* 2015;28(9):324-329. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000152.
12. Sarwahi V., Wendolowski S.F., Gecelter R.C., et al. Are we underestimating the significance of pedicle screw misplacement? *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(9):E548-E555. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001318.
13. Ryang Y.M., Villard J., Obermüller T., et al. Learning curve of 3D fluoroscopy image-guided pedicle screw placement in the thoracolumbar spine. *Spine J.* 2015;15(3):467-476. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.10.003.
14. Kim C.W., Lee Y.P., Taylor W., et al. Use of navigation-assisted fluoroscopy to decrease radiation exposure during minimally invasive spine surgery. *Spine J.* 2008;8(4):584-590. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.12.012.
15. Costa F., Cardia A., Ortolina A., et al. Spinal navigation: standard preoperative versus intraoperative computed tomography data set acquisition for computer-guidance system: radiological and clinical study in 100 consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(24):2094-2098. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318201129d.
16. Tabaraee E., Gibson A.G., Karahalios D.G., et al. Intraoperative cone beam-computed tomography with navigation (O-ARM) versus conventional fluoroscopy (C-ARM): a cadaveric study comparing accuracy, efficiency, and safety for spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(22):1953-1958. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a51d1e.
17. Mendelsohn D., Strelzow J., Dea N., et al. Patient and surgeon radiation exposure during spinal instrumentation using intraoperative computed tomography-based navigation. *Spine J.* 2016;16(3):343-354. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.020.
18. Mariscalco M.W., Yamashita T., Steinmetz M.P., et al. Radiation exposure to the surgeon during open lumbar microdiscectomy and minimally invasive microdiscectomy: a prospective, controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(3):255-260. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ceb976.
19. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2-4):1-332. DOI: 10.1016/j.icrp.2007.10.003.



20. Bratschitsch G., Leitner L., Stücklschweiger G., et al. Radiation exposure of patient and operating room personnel by fluoroscopy and navigation during spinal surgery. *Sci Rep.* 2019;9(1):17652. DOI: 10.1038/s41598-019-53472-z.

21. Sufianov A.A., Manashchuk V.I., Nabiev D.N., et al. Transcutaneous transpedicular osteosynthesis of lumbar spine using mobile operative X-ray unit O-At in coincidence with navigation system. *Russian journal of neurosurgery.* 2013;(3):58-64. (In Russ.). EDN: SDUUOJ.

АВТОРЫ

Манащук Валерий Иванович – ORCID: 0000-0003-2837-6328

Суфианов Альберт Акрамович, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0001-7580-0385, SPIN: 1722-0448

Савелло Александр Викторович, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-1680-6119, SPIN: 3185-9332

Шапкин Андрей Григорьевич, к.м.н. – ORCID: 0000-0001-6216-0825, SPIN: 8656-9879

Набиев Давид Нодарович, к.м.н. – ORCID: 0000-0002-5380-8367, SPIN: 1461-0202

Мануковский Вадим Анатольевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0003-0319-814X, SPIN: 4323-4555

AUTHORS

Manashchuk Valeriy Ivanovich – ORCID: 0000-0003-2837-6328

Sufianov Albert Akramovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0001-7580-0385, SPIN: 1722-0448

Savello Aleksandr Viktorovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-1680-6119, SPIN: 3185-9332

Shapkin Andrey Grigoryevich, Ph.D. – ORCID: 0000-0001-6216-0825, SPIN: 8656-9879

Nabiev David Nodarovich, Ph.D. – ORCID: 0000-0002-5380-8367, SPIN: 1461-0202

Manukovsky Vadim Anatolyevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0003-0319-814X, SPIN: 4323-4555



УДК 617-089.844

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_101_114

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОСТНОЙ ТКАНИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© Д.В. ДЕРКАЧЕВ¹, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ^{1,3}, В.С. ДЕРКАЧЕВ², Е.В. ЗИНОВЬЕВ¹, Д.Ю. РЕФИЦКАЯ³, Б.А. МАЙОРОВ^{1,3}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Замещение дефектов костей остается одной из наиболее сложных проблем травматологии и ортопедии. На современном этапе развития научно-технического прогресса актуальными становятся исследования в области тканевой инженерии, направленные на создание биоискусственных конструкций (тканеинженерных эквивалентов костной ткани) на основе мезенхимальных стромальных клеток (МСК) и трехмерных биodeградируемых матриксов (скаффолдов). Ключевыми аспектами при их создании являются выбор оптимального клеточного материала, обладающего высоким остеогенным потенциалом, разработка скаффолда, обеспечивающего адгезию, пролиферацию и дифференцировку клеток, а также васкуляризацию формирующейся ткани. В обзоре представлены данные о применении конструкций в лечении дефектов длинных костей конечностей.

ЦЕЛЬ: определить основные свойства имеющихся пластических материалов для стимуляции остеогенеза и замещения костных дефектов, уточнить показания к их применению в зависимости от клинической ситуации и определить перспективы развития направления, а также изучить применение некоторых факторов роста в процессе стимуляции ангиогенеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Был выполнен систематический поиск и анализ публикаций в базах РИНЦ, PubMed, Scopus, Web of Science. Представленный обзор основан на данных современной литературы, посвященной биологии костной ткани, процессам репаративной регенерации и существующим методам замещения костных дефектов.

ВЫВОДЫ. Наличие перелома требует адекватной стабилизации костных отломков и их васкуляризации при соблюдении баланса процессов остеокондукции, остеоиндукции и остеогенеза. Несоблюдение этих условий приводит к различным типам несращения. Для оптимизации костного сращения и замещения дефектов кости предлагаются как традиционные методы (ауто-, алло- и ксенокость, синтетические заменители кости, биологические стимуляторы остеогенеза), так и новые способы на основе 3D-моделирования и генной инженерии. При лечении пациентов с различными видами несращений необходимо понимать, какие свойства требуются для обеспечения сращения перелома и какие материалы ими обладают. Понимание этих процессов в значительной мере будет способствовать адекватному применению различных заменителей кости и стимуляторов остеогенеза в зависимости от клинической ситуации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: регенерация кости, заменители кости, несращения, белки-стимуляторы остеогенеза, костные морфогенетические белки, скаффолд, остеокондукция, остеоиндукция, остеогенез, мезенхимальные стволовые клетки.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Деркачев Д.В., Беленький И.Г., Деркачев В.С., Зиновьев Е.В., Рефицкая Д.Ю., Майоров Б.А. Регенеративный потенциал костной ткани и современные принципы замещения костных дефектов (обзор литературы) // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 101–114.

REGENERATIVE POTENTIAL OF BONE TISSUE AND MODERN PRINCIPLES OF REPLACEMENT OF BONE DEFECTS (LITERATURE REVIEW)

© D.V. DERKACHEV¹, I.G. BELENKIY^{1,3}, V.S. DERKACHEV², E.V. ZINOVIEV¹, D.YU. REFITSKAYA³, B.A. MAYOROV^{1,3}

¹ St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze, St. Petersburg, Russia

² Educational Institution “Belarusian State Medical University”, Minsk, Belarus



³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Replacement of bone defects remains one of the most challenging problems in modern traumatology and orthopedics. At the present stage of scientific and technological progress, research in the field of tissue engineering aimed at creating bioartificial constructs (tissue-engineered equivalents of bone tissue) based on mesenchymal stromal cells (MSCs) and three-dimensional biodegradable matrices (scaffolds) is becoming increasingly relevant. The key aspects in their development are the selection of optimal cellular material possessing high osteogenic potential, the design of a scaffold that ensures cell adhesion, proliferation, and differentiation, as well as vascularization of the forming tissue. This review presents data on the use of such constructs in the treatment of defects of the long bones of the extremities.

AIM of the work is to determine the main properties of the available bone graft materials for stimulating osteogenesis and filling bone defects, to clarify the indications for their use depending on the clinical context, to define the prospects for the development of this field, and also to study the application of certain growth factors in the process of angiogenesis.

MATERIALS AND METHODS: a systematic search and analysis of publications was performed in the RSCI, PubMed, Scopus, and Web of Science databases. The presented review is based on data from current literature devoted to the biology of bone tissue, the processes of reparative regeneration, and the existing methods of bone defect replacement.

CONCLUSIONS: The presence of a fracture requires adequate stabilization of bone fragments and their vascularization while maintaining a balance between the processes of osteoconduction, osteoinduction, and osteogenesis. Failure to comply with these conditions leads to various types of non-union. To optimize bone union and replace bone defects, both traditional methods (auto-, allo-, and xenografts, synthetic bone substitutes, biological stimulators of osteogenesis) and new approaches based on 3D modeling and gene engineering are proposed. When treating patients with various types of non-unions, it is necessary to understand which properties are required to ensure fracture union and which materials possess them. Understanding these processes will greatly contribute to the adequate application of various bone substitutes and stimulators of osteogenesis depending on the clinical context.

KEYWORDS: bone regeneration, bone substitutes, non-unions, osteogenesis-stimulating proteins, bone morphogenic proteins, scaffold, osteoconduction, osteoinduction, osteogenesis, mesenchymal stem cells.

TO CITE THIS ARTICLE: Derkachev D.V., Belenkiy I.G., Derkachev V.S., Zinoviev E.V., Refitskaya D.Yu., Mayorov B.A. Regenerative potential of bone tissue and modern principles of replacement of bone defects (literature review). *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):101-114. (In Russ.).

Введение

Костные дефекты, связанные с травмой и с патологической или физиологической костной резорбцией, представляют большую проблему мирового масштаба для системы здравоохранения. Согласно статистическим данным, костная ткань является наиболее часто трансплантируемым материалом в медицине, отставая по числу трансплантаций только от препаратов крови. Болезнями костно-мышечной системы страдает значительная часть взрослого населения, а число вновь заболевших увеличивается ежегодно. Даже при современных методах лечения переломов увеличивается количество осложнений, достигающих 30 %, замедленное или полное несращение переломов развивается до 20 % случаев всех высокоэнергичных переломов [1].

Кость является высокоспециализированной формой соединительной ткани, в которой внеклеточный матрикс минерализуется, придавая

жесткость и прочность нашему скелету, сохраняя при этом некоторую степень упругости. Химический состав кости зависит от ее состояния, возрастных и индивидуальных особенностей. Неорганические вещества кости представлены преимущественно солями кальция в виде субмикроскопических кристаллов гидроксиапатита. Из кристаллов гидроксиапатита формируются минеральные волокна. Органические вещества кости представлены на 95 % коллагеном I типа и на 5 % из протеогликанов и многочисленных неколлагеновых белков. Переплетение волокон органических и неорганических веществ определяет особые свойства костной ткани: ее прочность и упругость [2, 3].

Для выбора наиболее эффективного способа замещения костных дефектов травматического происхождения необходимо понимание биологии регенерации кости. Клеточный состав костной ткани представлен остеобластами, зрелыми



остеоцитами и остеокластами. Остеобласты формируются из мезенхимальных стволовых клеток и являются основными костными клетками, участвующими в формировании костной ткани [4]. Остеобласты трансформируются в зрелые остеоциты, которые составляют более 90 % клеточного состава здоровой кости взрослого человека, продолжительность их жизни составляет около 25 лет [5]. Еще одним классом костных клеток являются остеокласты, формирующиеся из кроветворного ростка стволовых клеток. Они играют преобладающую роль в резорбции костной ткани, способствуя поддержанию баланса клеточного состава, ремоделированию кости после ее переломов и образовавшихся дефектов [6]. Основная доля внеклеточного матрикса кости приходится на коллаген и гидроксиапатит [7]. Это каркас, на котором происходит регенерация клеток и строительство новообразованной костной ткани. При этом процессы стимуляции, трансформации и дифференцировки мезенхимальных стволовых клеток и остеобластов в зрелые остеоциты происходят под воздействием так называемых факторов роста, представленных различными белковыми соединениями [8].

Регенерация кости после перелома представляет собой процесс последовательных событий на клеточном и молекулярном уровнях, результатом которых является создание новой кости. Точная последовательность этих упорядоченных событий модулируется системными и местными факторами. Поэтому нарушение их порядка может вызвать трудности в заживлении. Таким образом, четкое понимание последовательности событий и их регуляции является необходимым для решения вопроса о том, когда и какое вмешательство требуется для оптимизации заживления перелома и профилактики возможных осложнений.

Общая картина непрямого заживления переломов основана на эндохондральном окостенении, которое включает в себя следующие хронологические этапы: гематома, воспаление, ангиогенез, хондрогенез, переходящий в остеогенез, и, наконец, костное ремоделирование [9–11].

Перелом сопровождается повреждением кровеносных сосудов в зоне повреждения кости, что приводит к формированию гематомы. Этот процесс сопровождается воспалительной реакцией. При этом провоспалительные цитокины, такие как интерлейкин-1 (IL-1), IL-6 и фактор некроза опухолей α (ФНО- α), инициируют процессы костного заживления. Факторы роста, наиболее значимыми из которых являются семейство трансформирующего фактора роста β (TGF- β), костные морфогенетические белки (BMPs),

тромбоцитарный фактор роста (PDGF), фактор роста фибробластов (FGFs) и инсулиноподобный фактор роста (IGFs), стимулируют процессы хондро-остеогенеза, такие как хемотаксис, пролиферацию и дифференцировку мезенхимальных и остеопрогениторных клеток и оксификацию внутриклеточного матрикса [12, 13]. Ангиогенез является ключевым моментом заживления перелома: васкулоэндотелиальный фактор роста (VEGF) [14] связан с формированием эндохондральной кости, где BMPs стимулируют экспрессию VEGF остеобластами. Ингибиторные молекулы ангиогенеза также необходимы для контроля ростовых факторов и различных антагонистов белков внутри клеток кости. [15].

Цель: определить основные свойства имеющихся пластических материалов для стимуляции остеогенеза и заполнения костных дефектов, уточнить показания к их применению в зависимости от клинической ситуации и определить перспективы развития направления, а также изучить применение некоторых факторов роста в процессе стимуляции ангиогенеза.

Классификация типов сращения и несращения костей

Сращение костей можно разделить на прямое и не прямое. Непрямое (или вторичное) сращение кости — это процесс естественного сращения в природных условиях. Он характеризуется наличием щели и микроподвижности между костными отломками. Выделяют 4 этапа непрямого сращения перелома: 1 этап — воспалительный, 2 этап — формирования мягкой мозоли, 3 этап — формирования жесткой мозоли, 4 этап — ремоделирования [16]. Так происходит сращение костей при наличии переломов, фиксированных с отсутствием точной (анатомичной) репозиции, то есть при наличии диастаза и микроподвижности между фрагментами. Для формирования костной мозоли как результата непрямого сращения кости необходимо шинировать зону перелома эластичными конструкциями (интрамедуллярным стержнем, мостовидной пластиной, аппаратом наружной фиксации) с сохранением микроподвижности между отломками, которая контролируется и не препятствует сращению [17].

В отличие от кортикальной кости, вторичное сращение спонгиозной кости происходит без формирования значимого периостального регенерата. После стадии воспаления новая кость формируется за счет интрамембранозной оксификации. Этот процесс становится возможен по причине высокого ангиогенного потенциала трабекулярной кости. В ряде случаев при выраженной межфрагментарной подвижности в зоне



перелома межотломковая щель может заполняться фиброзной тканью, которая впоследствии замещается костной [8].

Прямое (или первичное) сращение кости происходит в условиях абсолютной стабильности путем внутреннего ремоделирования в зоне контакта костных отломков. Для создания условий для первичного сращения необходимы анатомичная репозиция (сопоставление «зуб в зуб») и межфрагментарная компрессия, подразумевающая отсутствие микроподвижности между костными отломками. Поэтому прямое костное сращение не является природным типом сращения и возможно только в результате хирургического вмешательства, обеспечивающего полное анатомичное сопоставление отломков с последующим созданием межфрагментарной компрессии [18]. По современным представлениям выделяют два подтипа первичного костного сращения: контактное костное сращение «contact healing» и сращение через промежуток «gap healing». Первый вариант возможен только в условиях межотломкового расстояния менее 0,01 мм и межфрагментарного напряжения менее 2 %. При этом, так называемые «прорезающие конусы» в виде клеток-остеокластов на концах остеонов пересекают линию перелома, формируя продольные полости со скоростью 50–100 мкм в день, которые в последующем заполняются костной тканью, производимой остеобластами. Так происходит Гаверсова перестройка или продольное формирование костных ламелей с прорастающими их сосудами, приводящая к костному сращению без периостальной мозоли.

«Сращение через промежуток» возможно, если в результате остеосинтеза достигнута стабильная фиксация и анатомичная репозиция с расстоянием между костными фрагментами от 800 мкм до 1 мм. При этом область перелома заполняется костными ламелями перпендикулярно продольной оси, а сформированная костная ткань характеризуется пониженной механической прочностью. Этот процесс, по данным литературы, занимает от 3 до 8 недель. В последующем происходит постепенное замещение костных ламелей на продольно ориентированные костные трабекулы с формированием продольных костных ламелей, т.е. процесс ремоделирования с восстановлением костной структуры соответствующей механической прочности [19].

Таким образом, несращения как результат перелома могут быть связаны с нарушением механических факторов, то есть недостаточной стабильностью, биологических факторов, обусловленных недостаточной васкуляризацией костных

фрагментов или имеющимися дефектами кости, а также комбинацией этих факторов. От того, какие факторы являются определяющими, зависит выбор тактики хирургического лечения. Так, при наличии гипертрофического несращения биологическая составляющая не страдает, и пациент нуждается только в оптимизации механики, то есть в дополнительной стабилизации перелома. При нормотрофическом несращении может, в дополнение к стабилизации, потребоваться биологическая стимуляция остеогенеза. При гипотрофическом несращении не возникает сомнений в необходимости не только в стимуляции остеогенеза, но и в наличии дополнительных костных клеток, трансплантируемых в зону несращения [17]. Для управления процессами регенерации кости в случаях несращений, а также при необходимости замещения дефектов кости необходимо знать, какими свойствами обладают различные заменители кости.

Костные трансплантаты и их свойства

Использование костных трансплантатов является стандартным для лечения переломов костей, что подтверждается большим количеством выполненных операций по их имплантации во всем мире. Способность к регенерации ткани трансплантатов измеряется с точки зрения их остеогенного, остеокондуктивного и остеоиндуктивного потенциала [20]. Остеогенные материалы (аутооттрансплантаты и материалы, обогащенные культивируемыми клетками) содержат живые клетки «хозяина», которые включаются в формирование костной ткани, например, такие как мезенхимальные стволовые клетки (МСК), остеобласты и зрелые остециты. Термин остеоиндуктивности относится к материалам или матрицам, которые стимулируют остеогенез и способствуют адгезии, пролиферации и дифференцировке малодифференцированных стволовых клеток в остеобласты с последующим формированием кости на их поверхности (выполняют функцию матрицы, на которой формируется новая кость). Остеоиндуктивный потенциал костного трансплантата является важным свойством, так как материалы, в том числе используемые для индивидуальных имплантатов, содержат в своем составе биологически активные вещества и белки, индуцирующие способность недифференцированных клеток реципиента дифференцироваться в остеобласты [21, 22].

Костные трансплантаты подразделяются на аутооттрансплантаты, аллотрансплантаты [22, 23] и заменители костной ткани (натуральные, синтетические и композитные материалы) [24]. Наиболее распространенным из этих костных



трансплантатов является аутоотрансплантат. Этот материал для замещения костных дефектов считается золотым стандартом костных трансплантатов, так как обладает всеми необходимыми свойствами: является источником остеогенных клеток, содержит неколлагеновые белки костного матрикса, которые обеспечивают остеоиндуктивность, а коллаген и минералы — остеокондуктивность. Инкорпорация костного трансплантата — это процесс многоступенчатого каскада. Сначала костный трансплантат продуцирует ответ в виде активации воспалительной реакции за счет хемотаксиса мезенхимальных клеток ложа. Затем недифференцированные клетки ложа дифференцируются в остеобласты под воздействием остеоиндуктивных факторов. В дальнейшем процесс васкуляризации костного трансплантата происходит параллельно с резорбцией некротизированных участков трансплантата. Затем сформированная из остеобластов кость remodelируется под воздействием механических факторов, то есть микроподвижности [25]. Тем не менее, использование аутоотрансплантатов ограничено проявлением осложнений, таких как боль, инфекции, рубцы, кровопотеря, болезненность, неудовлетворительный объем донорского участка и возрастные ограничения (дети и люди старшего возраста) [24, 26, 27].

Другой альтернативой являются аллотрансплантаты, которые представляют собой костную ткань трупов или живых доноров. Их недостатками, по сравнению с аутоотрансплантатами, являются риск передачи от донора к реципиенту различных заболеваний, возможность иммунного отторжения и высокая стоимость аллокости [28, 29]. Тем не менее, аллокость обладает достаточными структурными свойствами для замещения костных дефектов при крайне низком коэффициенте риска передачи инфекции (1:1.600.000) [3]. Аллокость является адекватным структурным остеокондуктивным материалом и обладает остеоиндуктивной активностью.

Следующая опция для замещения костных дефектов — применение ксенотрансплантатов. Ксенотрансплантат — это кость от видов животных, отличных от человека (например, от крупного рогатого скота, свиней, лошадей), которая проходит этапы заморозки, депротеинирования и деминерализации [9]. Также одним из источников ксеноматериала могут служить кораллы родов *Madrepora* и *Millepora*. Как правило, данный вид костных заменителей используется в качестве кальцифицированного матрикса [10]. Существует несоответствие в химическом составе ксенотрансплантатов и человеческой кости: в состав

ксенотрансплантата входят кальция карбонат и фториды, а кость человека содержит гидроксипатиты и трикальцийфосфаты. В связи с этим ксенотрансплантат либо подвергают промышленной обработке, которая модифицирует его в гидроксипатит, либо этот материал используют в первоначальном виде [11]. Главными преимуществами ксенотрансплантатов являются остеокондуктивность, доступность этого пластического материала и невысокие экономические затраты при его производстве и стерилизации [12].

Заменители костной ткани: современные материалы

Определение заменителя кости может быть сформулировано следующим образом: неорганический или органический субстрат, который может быть использован для лечения костных дефектов вместо аутоотрансплантатов [30]. Заменитель кости должен быть биосовместимым и не провоцировать иммунный ответ. Кроме того, он должен легко моделироваться под размеры и форму дефекта, быть остеокондуктивным, остеоиндуктивным и резорбируемым. Идеальный заменитель кости также должен обладать низкой теплопроводностью, быть стерилизуемым и доступным по цене [31]. В зависимости от типа операции, размеров и локализации костного дефекта у хирурга имеется ряд опций для замещения дефекта кости [2].

Заменители кости

В зарубежной литературе этот класс называется керамикой. Керамические костные заменители — это заменители на основе гидроксипатита и трикальцийфосфатов, сульфата кальция, карбоната кальция и различных полимеров. Гидроксипатит ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) является кристаллической формой трикальцийфосфата и основным минеральным компонентом костной ткани. Это относительно инертное вещество, способное сохраняться *in vivo* на протяжении длительного времени без резорбции, в то время как более пористый фосфат кальция подвергается биодеградации в течение 6 недель после его имплантации. Кроме того, гидроксипатит обладает высокой механической прочностью. В то же время трикальцийфосфат имеет низкие механические качества, но относительно быстро резорбируется. Для обеспечения физиологического баланса между механической поддержкой и резорбцией материала используют двухфазовые смеси в соотношении 40–60 % трикальцийфосфата к 60–40 % гидроксипатита [13]. Одним из основных ограничений использования биоматериалов на основе керамики является их недостаточная механическая прочность, которая варьирует от 10



до 60 МПа, что значительно ниже, чем прочность на сжатие кортикальной кости (150–200 МПа).

Сульфат кальция, известный как гипс, впервые имплантирован для заполнения костной полости, возникшей вследствие туберкулезного остеомиелита, в конце XIX века [14]. В 60-х годах прошлого века он был вновь введен в клиническую практику как костный заменитель [15]. Сторонники использования сульфата кальция утверждают, что его гранулы обеспечивают эффективное заполнение дефектов, обеспечивают более быструю васкуляризацию и резорбцию, обеспечивая физиологическое заживление костей [32]. Имеются также данные о применении в качестве остеокондуктивного материала цемента на основе фосфата кальция [20].

Полимерные костные заменители

Костные заменители на основе полимеров имеют особые физические, химические и механические свойства, отличающие их от других костных заменителей. Полимерные материалы можно разделить на натуральные и синтетические. Последние делятся на разлагаемые и неразлагаемые. Одним из самых важных природных полимеров в кости является коллаген [21, 22]. Разлагаемые синтетические полимеры резорбируются организмом и используются как в качестве самостоятельных заменителей кости, так и в качестве дополнения к ауто- и аллотрансплантатам. К синтетическим полимерам относят полимолочную, полигликолевую и полилактогликолевую кислоты [23]. Проводятся исследования по изучению поликапролактона, из положительных свойств которого можно отметить растворимость в широком спектре органических растворителей и термическую стабильность, однако его основным недостатком является длительное время биодеградации [24, 26].

Композитные материалы

В связи с недостатками и несостоятельностью каждого отдельно взятого костного заменителя логичным становится использование их комбинаций или композитных материалов. Обычно основная доля веществ в композитах приходится на такие соединения, как коллаген и гидроксиапатит [7]. Костные заменители, включающие в своем составе такие смеси, несомненно, более эффективны, чем монокомпонентные. Действительно, было обнаружено, что как коллаген I типа, так и гидроксиапатит усиливают дифференцировку остеобластов [33], а в сочетании друг с другом они ускоряют остеогенез. Двухкомпонентная матрица при добавлении к ней остеобластов показала лучшие остеокондуктивные свойства по сравнению с чистым гидроксиапатитом, кальцификация осу-

ществилась в разы быстрее. Кроме того, такие композиты оказались более биосовместимыми как у людей, так и у животных [34, 35]. Помимо перечисленных, композиты имеют и другие преимущества. Так, коллагеновые волокна увеличивают механическую прочность гидроксиапатита. Добавление фосфата кальция к волокнам коллагена позволяет добиться более высокой стабильности, увеличивает прочность [36] и улучшает его механические свойства [37]. Людчик Т.Б. с соавт. (2023) в своем обзоре подчеркивают, что коллагеновые имплантаты способствуют пролиферации фибробластов, васкуляризации близлежащих тканей и индуцируют формирование новой костной ткани с последующей ее перестройкой, что делает перспективным широкое использование композитов на основе коллагена и гидроксиапатита [12, 20]. Doyle M.E. с соавт. в обзоре 2023 г. отмечают, что, несмотря на активные попытки создания биомиметических материалов, идеальный аналог кости, способный имитировать такие свойства, как скорость деградации и пористость, еще предстоит разработать [13].

Технология 3D-моделирования в создании скаффолдов

Для формирования каркаса в настоящее время активно используются технологии 3D-моделирования и печати.

Как отмечается в обзоре Brachet A. с соавт. (2023), 3D-печать позволяет создавать пористые скаффолды с адекватной механической прочностью и благоприятной макро- и микроструктурой. Технология дает возможность использовать множество материалов, что делает 3D-печать будущим трансплантологией [2, 22]. В работе Zhang Q. с соавт. (2023) подчеркивается, что 3D-печать позволяет быстро и точно изготавливать скаффолды для тканевой инженерии кости с заданной формой и структурой, адаптированные под потребности конкретного пациента [9, 15]. Дружинина Т.В. с соавт. (2016) в своем экспериментальном исследовании показали, что композитные 3D-матрицы из полимолочной кислоты и гидроксиапатита, полученные методом 3D-печати, обладают физико-химическими параметрами, критичными для восстановления костной ткани, и способствуют минерализации межклеточного вещества [3, 32].

Биологические стимуляторы остеогенеза

Деминерализованный костный матрикс

Для обеспечения остеоиндуктивных свойств необходимо применение стимуляторов остеогенеза, или факторов роста, которые могут применяться изолированно или служить компонентами различных композитных материалов.



Один из них — это деминерализованный костный матрикс (ДКМ). Декальцифицированная кость (остаточный кальций в ней не превышает 5 %) представлена коллагеновой матрицей, которая воспроизводит трехмерную архитектуру кости [27]. Кроме того, ДКМ сохраняет содержащиеся в кости факторы роста, такие как костные морфогенетические белки (BMP), инсулиноподобные факторы роста (IGF), трансформирующие факторы роста (TGF), факторы роста фибробластов (FGF), которые способны стимулировать активацию и миграцию остеогенных стволовых клеток и индуцировать реваскуляризацию. Тем не менее, ДКМ механически непрочен, поэтому используется исключительно в качестве наполнителя.

Обогащенная тромбоцитами плазма (PRP)

Еще одним остеоиндуктивным субстратом является обогащенная тромбоцитами плазма (Platelet Rich Plasma, PRP). Тромбоциты представляют собой ценный источник факторов роста, таких как фактор роста деривата тромбоцитов (PDGF), инсулиноподобные факторы роста (IGF) и трансформирующие факторы роста. PRP получается путем концентрации аутологических тромбоцитов при градиентном центрифугировании крови. PRP доказала свои хемотаксические и митогенные свойства для остеобластов и фибробластов *in vitro*, стимулируя синтез гиалуроната фибробластов, что является предварительным условием для формирования внеклеточного матрикса и усиления образования костной ткани [28, 29, 38]. В обзоре литературы ряда авторов 2023 г. показано, что применение PRP и богатого фибрином тромбоцитов (PRF) улучшает заживление костных дефектов и переломов, особенно в сочетании со стволовыми клетками или остеокондуктивными биоматериалами [15, 32].

Аспират костного мозга (Bone Marrow Aspirate, BMA) и его концентрат (Bone Marrow Aspirate Concentrate, BMAC)

Использование аутологических аспириата (BMA) и концентрата аспириата костного мозга (BMAC) вошло в клиническую практику с начала 90-х годов прошлого столетия [39]. Репаративный потенциал продуктов костного мозга связывают с остеогенным и остеоиндуктивным эффектами, обусловленными присутствием мезенхимальных стромальных клеток, многочисленных цитокинов, факторов роста и биологически активных молекул. Концентрация аспириата костного мозга позволяет увеличить количество этих клеток в 6–7 раз [40]. Клинические исследования показывают, что применение BMA/BMAC позволяет добиться сращения переломов более чем в 80 % случаев [41].

В систематическом обзоре Moyal A.J. с соавт. (2024), обобщившем данные 25 исследований, успешное лечение асептического несращения с использованием BMA (составило 79–100 %, а BMAC — 50–100 %. Для септических несращений показатели были еще выше: 73–100 % для BMA и 83,3–100 % для BMAC. В 18 из 24 исследований сообщается о частоте сращения более 80 %. Однако авторы отмечают, что литература по данной теме крайне гетерогенна, и требуются дополнительные исследования уровня I для уточнения роли BMA/BMAC в лечении несращений, особенно при изолированном применении [31, 40].

Костные морфогенетические белки (Bone Morphogenetic Proteins, BMP)

Костные морфогенетические белки (BMP) являются членами суперсемейства TGF- β (transforming growth factor β) и представляют собой широкое и гетерогенное семейство высококонсервативных секреторируемых белков, вовлеченное в процесс формирования скелета человека [42]. Остеоиндуктивный потенциал BMP был подтвержден как в доклинических, так и в клинических исследованиях [43, 44]. На сегодняшний день в практической деятельности доступно использование только рекомбинантных костных морфогенетических белков 2-й и 7-й фракций (BMP-2 и BMP-7). Разрешенными показаниями к их применению являются межтеловой спондилодез на уровне поясничного отдела позвоночника для BMP-2 и несращения большеберцовой кости для BMP-7, однако часто эти препараты используются не по показаниям (off label).

Неоднозначные результаты использования BMP также обуславливаются необходимостью индивидуального подбора дозировки не только для каждого пациента, но и для каждого отдельного участка тела, а также высокой стоимостью материалов. Кроме того, BMP показали неудовлетворительные результаты при проведении операций на шейном отделе позвоночника, что исключает использование данных материалов в этой области тела [45]. Описаны также такие осложнения применения BMP, как гетеротопическая оссификация, развитие остеогенной саркомы, риски развития иммунных осложнений, особенно при неоднократном применении препарата [1].

Мета-анализ 2020 г., сравнивающий применение BMP с аутологичной костной пластикой при несращениях длинных костей конечностей, показал, что BMP является жизнеспособной альтернативой аутокости. Хотя статистически значимых различий в частоте сращения, инфекционных и вторичных осложнениях оперативного лече-



ния выявлено не было, группа BMP продемонстрировала значительно более короткое среднее время сращения, лучшие отдаленные функциональные результаты и меньшую интраоперационную кровопотерю. Однако стоимость госпитализации в группе BMP была значительно выше [10, 30]. Schmidt-Bleek K. с соавт. (2016) в своем обзоре подчеркивают, что, несмотря на широкое клиническое применение BMP-2, необходимы дальнейшие фундаментальные исследования для оптимизации дозирования и понимания взаимодействия фактора роста с механической нагрузкой, чтобы сделать его применение более эффективным и безопасным [12, 25]. Обзор Salazar V.S. с соавт. (2016) суммирует генетические данные о роли BMP в развитии, заболеваниях и репарации скелета, подчеркивая важность модуляции BMP-сигналинга как триггерной мишени для процессов заживления и ремоделирования [17, 21].

Мезенхимальные стволовые клетки (МСК) и тканевая инженерия

Золотым стандартом, отражающим достоинства и недостатки заместительных материалов, остаются костные аутотрансплантаты. Данный способ заместительной терапии широко применяется в клинической практике и показывает хорошие результаты при замещении дефектов небольшой величины. Однако существует множество клинических случаев, когда требуется заполнение обширных дефектов кости. В таких случаях применение аутотрансплантатов становится практически невозможным, что связано с необходимостью получения значительного количества аутоматериала [39, 40]. В последние годы учеными всего мира всесторонне изучается возможность использования мезенхимальных стволовых клеток (МСК) в репарации костно-хрящевых дефектов. Для усиления остеогенеза в костной ткани идет активное применение костных материалов или их синтетических заменителей, но это не всегда приводит к ожидаемому результату. Поэтому продолжают исследования по поиску не только новых биоматериалов, но и разрабатываются различные комбинации тканеинженерных конструкций, которые содержат в своем составе как синтетические материалы (металлические, полимерные и биокерамику), так и МСК (источник остеопрогениторных клеток) и биоактивные молекулы (факторы роста, костные морфогенетические белки или обогащенную тромбоцитами плазму) [41].

В исследованиях *in vivo* при имплантации тканеинженерных конструкций на основе МСК наблюдается костеобразование по всему объему

дефекта, а не только со стороны надкостницы. Однако многие авторы акцентируют внимание на том, что регенерация осуществляется при обязательном участии растущих кровеносных сосудов и зависит от условий васкуляризации. Поэтому значительный успех в клинических исследованиях еще не достигнут, что связано с отсутствием достаточного кровоснабжения внутри предлагаемых конструкций. Предполагается, что ассоциация ангиогенных клеток с клетками остеобластического ряда поможет решить эту проблему, т.к. эти клетки могут формировать сосуды, усиливая образование костной ткани. В работе Sraton C.A. и соавт. [46] для формирования капиллярных трубочек *in vitro* использовали совместное культивирование эндотелиальных и стромальных клеток. В «Центре биологии стволовой клетки и регенеративной медицины» (г. Балтимор, США) [42, 47] провели экспериментальные исследования, показавшие, что при совместном культивировании МСК и эндотелиальных клеток на биоматериале наблюдается более высокая экспрессия генов фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), коллагена I типа, остеокальцина и щелочной фосфатазы, а также образование многочисленных микрокапилляроподобных структур. Похожие результаты были получены Kang Y. и соавт. [43] в Стэнфордском университете.

За последние годы в регенеративной медицине возрос интерес к растворимым факторам тромбоцитов (РФТ), в связи с их способностью поддерживать пролиферацию *in vitro* МСК костного мозга и жировой ткани для клеточной терапии и тканевой инженерии [33, 44, 45]. Нарощенные в значительных количествах МСК используются для клеточной терапии множества заболеваний человека [34, 35, 44]. Представляя смесь естественных ростовых факторов, дифференцировочных факторов, факторов адгезии, хемокинов, цитокинов, ферментов и других биологически активных субстанций, РФТ оказывают не только пролиферативное, но и ко-стимулирующее действие *in vitro* при дифференцировке МСК в остеогенном, хондрогенном, нейрогенном, адипогенном направлениях.

Генная инженерия в остеогенезе

Активно изучаются также возможности генной инженерии. Увеличения концентрации факторов роста в зоне дефекта можно достигнуть совмещением остеопластических материалов и генных конструкций. Эта технология предполагает доставку последовательности нуклеиновых кислот, которые кодируют белки различных факторов роста с помощью специальных носителей,



и повышает остеогенный потенциал имплантируемых материалов. В последние годы ген-активированные материалы активно применяются в клинической практике при лечении дефектов кости, септических и асептических несращений [48]. Совмещение методов генной терапии и тканевой инженерии демонстрирует свою эффективность и предполагает включение остеогенных генов в биосовместимый каркас, что значительно ускоряет регенерацию костной ткани [31].

В основе метода лежит способность кольцевой ДНК внедряться в клетки реципиентного ложа с помощью систем внутриклеточной доставки, которые могут быть векторными и не векторными. На данный момент в качестве векторов используются такие вирусные частицы, как ретро-, ленто- и аденовирусы [49]. Эффективность таких конструкций на порядок выше обычного костно-пластического материала, поскольку она будет синтезировать костные морфогенетические белки, сосудистый эндотелиальный фактор роста, фактор стромальных клеток, ангиогенин и другие необходимые факторы локальной регуляции репаративного остеогенеза. Несмотря на ряд преимуществ, все еще остаются актуальными проблемы, связанные со стерилизацией, а также сложности процесса изготовления и контроля высвобождения из структуры носителя после имплантации. Помимо этого, существуют высокие риски малигнизации. Так, в случае с внедрением ретровирусного вектора в генетический материал клетки-хозяина были отмечены эндогенная клеточная активация и возникновение инсерционного мутагенеза [50]. Главными ограничениями методики являются токсичность, иммуногенность и низкая способность к загрузке ДНК и РНК [51].

В обзоре Ranjbarnejad F. с соавт. (2022) подчеркивается, что генная доставка представляет собой перспективную альтернативу для продукции BMP или других остеогенных факторов с помощью генетически модифицированных клеток. Эти подходы позволяют обеспечить временную гиперэкспрессию и локальную продукцию терапевтических генов в тканях-мишенях. В обзоре обсуждаются последние достижения в области вирусных, невирусных и РНК-опосредованных систем доставки генов, а также применение технологии CRISPR/Cas9 для регенерации костной ткани [10, 14]. Watson-Levings R.S. с соавт. (2022) представляют комплексный обзор прогресса и проблем доклинической разработки и клинической трансляции генной терапии в ортопедии, делая акцент на

технологиях векторов и стратегиях доставки [11, 46]. Хоминец В.В. с соавт. (2026) отмечают, что методика комбинированного использования ген-активированного остеопластического материала в сочетании с аутологичным костным трансплантатом позволила улучшить результаты лечения пациентов с внесуставными несращениями дистального отдела бедренной кости за счет сокращения времени консолидации, интраоперационной кровопотери, снижения частоты осложнений и болевого синдрома [52].

Заключение

Таким образом, для адекватного лечения пациентов с различными видами несращений необходимо понимать, какие свойства необходимы для обеспечения сращения перелома и какие материалы ими обладают. Остеокондуктивного эффекта можно добиться путем применения различных скаффолдов (гидроксиапатита, фосфата кальция, трикальцийфосфата, карбоната кальция и др.). Стимуляция остеогенеза может быть получена посредством имплантации субстанций, которые содержат живые белки-стимуляторы (костные морфогенетические белки, фактор роста деривата тромбоцитов (PDGF), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), основной фактор роста фибробластов, деминерализованный костный матрикс и другие). Для получения остеогенного эффекта необходимо наличие живых клеток костной ткани, которые содержатся в ауто трансплантате. Если же речь идет о применении композитных материалов, то их свойства определяются свойствами входящих в их состав компонентов. Понимание этих процессов в значительной мере будет способствовать адекватному применению различных заменителей кости и стимуляторов остеогенеза в зависимости от клинической ситуации.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка оптимальных комбинаций клеточных технологий и биоматериалов, совершенствование методов 3D-биопечати для создания индивидуальных персонализированных имплантатов, а также повышение безопасности и эффективности генной терапии для стимуляции остеогенеза. Добавление в каркас различных биологических и цитологических соединений придает имплантатам не только остеокондуктивные, но и остеоиндуктивные и остеогенные свойства. Это направление крайне перспективно, способно решить множество сложных клинических задач, и его внедрение в широкую практику будет достигнуто в ближайшие годы [53].



ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берченко Г.Н. Биология заживления переломов кости и влияние биоконпозиционного наноструктурированного материала КоллапАн на активизацию репаративного остеогенеза // Медицинский алфавит. 2011. Т. 1, № 2. С. 14–19. EDN: OQPSVZ.
2. Campana V., Milano G., Pagano E., et al. Bone substitutes in orthopaedic surgery: from basic science to clinical practice. *J Mater Sci Mater Med.* 2014;25(10):2445–2461. DOI: 10.1007/s10856-014-5240-2.
3. Bauermeister A., Maatz R. A method of bone maceration; results in animal experiments. *J Bone Joint Surg Am.* 1957;39-A(1):153–166. PMID: 13385271.
4. Grigoriadis A.E., Heersche J.N., Aubin J.E. Differentiation of muscle, fat, cartilage, and bone from progenitor cells present in a bone-derived clonal cell population: effect of dexamethasone. *J Cell Biol.* 1988;106(6):2139–2151. DOI: 10.1083/jcb.106.6.2139.
5. Franz-Odenaal T.A., Hall B.K., Witten P.E. Buried alive: how osteoblasts become osteocytes. *Dev Dyn.* 2006;235(1):176–190. DOI: 10.1002/dvdy.20603.
6. Kim J.E. Osteoclastogenesis and Osteogenesis. *Int J Mol Sci.* 2022;23(12):6659. Published 2022 Jun 15. DOI: 10.3390/ijms23126659.
7. Tampieri A., Celotti G., Landi E., et al. Biologically inspired synthesis of bone-like composite: self-assembled collagen fibers/hydroxyapatite nanocrystals. *J Biomed Mater Res A.* 2003;67(2):618–625. DOI: 10.1002/jbm.a.10039.
8. Arner J.W., Santrock R.D. A historical review of common bone graft materials in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Spec.* 2014;7(2):143–151. DOI: 10.1177/1938640013516358.
9. Jensen S.S., Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:218–236.
10. Dumitrescu A.L. Bone grafts and bone graft substitutes in periodontal therapy. *Chemicals in surgical periodontal therapy.* 2011;92. DOI: 10.1007/978-3-642-18225-9_2.
11. Laurencin C.T., El-Amin S.F. Xenotransplantation in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(1):4–8. DOI: 10.5435/00124635-200801000-00002.
12. Savolainen S., Usenius J.P., Hernesniemi J. Iliac crest versus artificial bone grafts in 250 cervical fusions. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;129(1-2):54–57. DOI: 10.1007/BF01400873.
13. Boyan B.D., McMillan J., Lohmann C.H., et al. Basic information for successful clinical use with special focus on synthetic graft substitutes. In: Laurencin CT, ed. *Bone graft substitutes*. Philadelphia: ASTM Int; 2002:231–59.
14. Peltier L.F., Bickel E.Y., Lillo R., Thein M.S. The use of plaster of paris to fill defects in bone. *Ann Surg.* 1957;146(1):61–69. DOI: 10.1097/00000658-195707000-00007.
15. Peltier L.F., Jones R.H. Treatment of unicameral bone cysts by curettage and packing with plaster-of-Paris pellets. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(6):820–822. PMID: 701318.
16. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul Th., eds. *AO Principles of Fracture Management*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2017.
17. Бельский И.Г. Комментарий к статье О.А. Каплунова с соавторами «Лечение гипотрофического псевдоартроза ключицы: клинический случай». Травматология и ортопедия России. 2021. Т. 27, № 4. С. 69–172. DOI: 10.21823/2311-2905-1713.
18. Perren S.M. Fracture healing. The evolution of our understanding. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2008 Aug;75(4):241–246. PMID: 18760078.
19. Рефицкая Д.Ю., Бельский И.Г., Маланин Д.А. и др. Регенерация кости и принципы замещения костных дефектов. Обзор литературы // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джanelидзе. 2024. № 3. С. 147–158.
20. Landi E., Logroscino G., Proietti L., et al. Biomimetic Mg-substituted hydroxyapatite: from synthesis to in vivo behaviour. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(1):239–247. DOI: 10.1007/s10856-006-0032-y.
21. Laurencin C., Khan Y., El-Amin S.F. Bone graft substitutes. *Expert Rev Med Devices.* 2006;3(1):49–57. DOI: 10.1586/17434440.3.1.49.



22. Palussière J., Berge J., Gangi A., et al. Clinical results of an open prospective study of a bis-GMA composite in percutaneous vertebral augmentation. *Eur Spine J.* 2005;14(10):982-991. DOI: 10.1007/s00586-003-0664-2.
23. Nandi S.K., Roy S., Mukherjee P., et al. Orthopaedic applications of bone graft & graft substitutes: a review. *Indian J Med Res.* 2010;132:15-30. PMID: 20693585.
24. Engelberg I., Kohn J. Physico-mechanical properties of degradable polymers used in medical applications: a comparative study. *Biomaterials.* 1991;12(3):292-304. DOI: 10.1016/0142-9612(91)90037-b.
25. Zipfel G.J., Guiot B.H., Fessler R.G. Bone grafting. *Neurosurg Focus.* 2003;14(2):e8. DOI: 10.3171/foc.2003.14.2.9.
26. Mondrinos M.J., Dembzyński R., Lu L., et al. Porogen-based solid freeform fabrication of polycaprolactone-calcium phosphate scaffolds for tissue engineering. *Biomaterials.* 2006;27(25):4399-4408. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2006.03.049.
27. Lane J.M. Bone morphogenetic protein science and studies. *J Orthop Trauma.* 2005;19(10 Suppl):S17-S22. DOI: 10.1097/00005131-200511101-00006.
28. Kaplan K.L., Broekman M.J., Chernoff A., et al. Platelet alpha-granule proteins: studies on release and subcellular localization. *Blood.* 1979;53(4):604-618. PMID: 426909.
29. Oates T.W., Rouse C.A., Cochran D.L. Mitogenic effects of growth factors on human periodontal ligament cells in vitro. *J Periodontol.* 1993;64(2):142-148. DOI: 10.1902/jop.1993.64.2.142.
30. Schlickewei W., Schlickewei C. The Use of Bone Substitutes in the Treatment of Bone Defects-the Clinical View and History. *Macromol Symp.* 2007;253:10-23. DOI: 10.1002/masy.200750702.
31. Miron R.J., Zhang Y.F. Osteoinduction: a review of old concepts with new standards. *J Dent Res.* 2012;91(8):736-744. DOI: 10.1177/0022034511435260.
32. Kumar C.Y., Nalini K.B., Menon J., et al. Calcium sulfate as bone graft substitute in the treatment of osseous bone defects, a prospective study. *J Clin Diagn Res.* 2013;7(12):2926-2928. DOI: 10.7860/JCDR/2013/6404.3791.
33. Kocaoemer A., Kern S., Klüter H., Bieback K. Human AB serum and thrombin-activated platelet-rich plasma are suitable alternatives to fetal calf serum for the expansion of mesenchymal stem cells from adipose tissue. *Stem Cells.* 2007;25(5):1270-1278. DOI: 10.1634/stemcells.2006-0627.
34. Cervelli V., Gentile P., Scioli M.G., et al. Application of platelet-rich plasma in plastic surgery: clinical and in vitro evaluation. *Tissue Eng Part C Methods.* 2009;15(4):625-634. DOI: 10.1089/ten.TEC.2008.0518.
35. Sensebé L., Krampera M., Schrezenmeier H., et al. Mesenchymal stem cells for clinical application. *Vox Sang.* 2010;98(2):93-107. DOI: 10.1111/j.1423-0410.2009.01227.x.
36. Yamauchi K., Goda T., Takeuchi N., et al. Preparation of collagen/calcium phosphate multilayer sheet using enzymatic mineralization. *Biomaterials.* 2004;25(24):5481-5489. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2003.12.057.
37. Lawson A.C., Czernuszka J.T. Collagen--calcium phosphate composites. *Proc Inst Mech Eng H.* 1998;212(6):413-425. DOI: 10.1243/0954411981534187.
38. Yang D., Chen J., Jing Z., Jin D. Platelet-derived growth factor (PDGF)-AA: a self-imposed cytokine in the proliferation of human fetal osteoblasts. *Cytokine.* 2000;12(8):1271-1274. DOI: 10.1006/cyto.2000.0707.
39. Connolly J.F., Guse R., Tiedeman J., Dehne R. Autologous marrow injection as a substitute for operative grafting of tibial nonunions. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(266):259-270. PMID: 2019059.
40. Obana K.K., Schallmo M.S., Hong I.S., et al. Current Trends in Orthobiologics: An 11-Year Review of the Orthopaedic Literature. *Am J Sports Med.* 2022;50(11):3121-3129. DOI: 10.1177/03635465211037343.
41. Imam M.A., Holton J., Ernstbrunner L., et al. A systematic review of the clinical applications and complications of bone marrow aspirate concentrate in management of bone defects and nonunions. *Int Orthop.* 2017;41(11):2213-2220. DOI: 10.1007/s00264-017-3597-9.
42. Jin-Ling Ma, van den Beucken J.J.J.P., Pan J.-L., Cui F.-Z., Chen S. Bone regeneration using coculture mesenchymal stem cells and angiogenic cells. *Front Mater Sci.* 2014;8(1):32-38.
43. Kang Y., Kim S., Fahrenholtz M., et al. Osteogenic and angiogenic potentials of monocultured and co-cultured human-bone-marrow-derived mesenchymal stem cells and human-umbilical-vein endothelial cells on three-dimensional porous beta-tricalcium phosphate scaffold. *Acta Biomater.* 2013;9(1):4906-4915. DOI: 10.1016/j.actbio.2012.08.008.
44. Bieback K., Hecker A., Kocaömer A., et al. Human alternatives to fetal bovine serum for the expansion of mesenchymal stromal cells from bone marrow. *Stem Cells.* 2009;27(9):2331-2341. DOI: 10.1002/stem.139.
45. Blande I.S., Bassaneze V., Lavini-Ramos C., et al. Adipose tissue mesenchymal stem cell expansion in animal serum-free medium supplemented with autologous human platelet lysate. *Transfusion.* 2009;49(12):2680-2685. DOI: 10.1111/j.1537-2995.2009.02346.x.



46. Staton C.A., Reed M.W., Brown N.J. A critical analysis of current in vitro and in vivo angiogenesis assays. *Int J Exp Pathol.* 2009;90(3):195-221. DOI: 10.1111/j.1365-2613.2008.00633.x.
47. Thein-Han W., Xu H.H. Prevascularization of a gas-foaming macroporous calcium phosphate cement scaffold via coculture of human umbilical vein endothelial cells and osteoblasts. *Tissue Eng Part A.* 2013;19(15-16):1675-1685. DOI: 10.1089/ten.TEA.2012.0631.
48. Хоминец В.В., Калужная-Земляная Л.И., Гранкин А.С. и др. Эволюция методов, технологий и материалов для восполнения дефектов костной ткани (научный обзор) // Профилактическая и клиническая медицина. 2022. № 4. С. 25–34. DOI: 10.47843/2074-9120_2022_4_25 EDN: VUTUNW.
49. Feichtinger G.A., Hofmann A.T., Slezak P., et al. Sonoporation increases therapeutic efficacy of inducible and constitutive BMP2/7 in vivo gene delivery. *Hum Gene Ther Methods.* 2014;25(1):57-71. DOI: 10.1089/hgtb.2013.113.
50. Yi Y., Noh M.J., Lee K.H. Current advances in retroviral gene therapy. *Curr Gene Ther.* 2011;11(3):218-228. DOI: 10.2174/156652311795684740.
51. Evans C.H. Gene delivery to bone. *Adv Drug Deliv Rev.* 2012;64(12):1331-1340. DOI: 10.1016/j.addr.2012.03.013.
52. Хоминец В.В., Комаров А.В., Шукин А.В., Михайлов С.В. Результаты применения ген-активированного остеопластического материала при лечении пациентов с внесуставными несращениями дистального отдела бедренной кости // Травматология и ортопедия России. 2026. Т. 32, № 2. С. 83–95. DOI: 10.17816/2311-2905-17809.
53. Liang W., Zhou C., Zhang H., et al. Recent advances in 3D printing of biodegradable metals for orthopaedic applications. *J Biol Eng.* 2023;17(1):56. DOI: 10.1186/s13036-023-00371-7.

REFERENCES

1. Berchenko G.N. Biologiya zazhivleniya perelomov kosti i vliyaniye biokompozitsionnogo nanostrukturirovannogo materiala KollapAn na aktivizatsiyu reparativnogo osteogeneza [Biology of bone fracture healing and the effect of the biocomposite nanostructured material CollapAn on the activation of reparative osteogenesis]. *Medical Alphabet.* 2011;1(2):14-19. (In Russ.). EDN: OQPSVZ.
2. Campana V., Milano G., Pagano E., et al. Bone substitutes in orthopaedic surgery: from basic science to clinical practice. *J Mater Sci Mater Med.* 2014;25(10):2445-2461. DOI: 10.1007/s10856-014-5240-2.
3. Bauermeister A., Maatz R. A method of bone maceration; results in animal experiments. *J Bone Joint Surg Am.* 1957;39-A(1):153-166. PMID: 13385271.
4. Grigoriadis A.E., Heersche J.N., Aubin J.E. Differentiation of muscle, fat, cartilage, and bone from progenitor cells present in a bone-derived clonal cell population: effect of dexamethasone. *J Cell Biol.* 1988;106(6):2139-2151. DOI: 10.1083/jcb.106.6.2139.
5. Franz-Odenaal T.A., Hall B.K., Witten P.E. Buried alive: how osteoblasts become osteocytes. *Dev Dyn.* 2006;235(1):176-190. DOI: 10.1002/dvdy.20603.
6. Kim J.E. Osteoclastogenesis and Osteogenesis. *Int J Mol Sci.* 2022;23(12):6659. Published 2022 Jun 15. DOI: 10.3390/ijms23126659.
7. Tampieri A., Celotti G., Landi E., et al. Biologically inspired synthesis of bone-like composite: self-assembled collagen fibers/hydroxyapatite nanocrystals. *J Biomed Mater Res A.* 2003;67(2):618-625. DOI: 10.1002/jbm.a.10039.
8. Arner J.W., Santrock R.D. A historical review of common bone graft materials in foot and ankle surgery. *Foot Ankle Spec.* 2014;7(2):143-151. DOI: 10.1177/1938640013516358.
9. Jensen S.S., Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:218-236.
10. Dumitrescu A.L. Bone grafts and bone graft substitutes in periodontal therapy. *Chemicals in surgical periodontal therapy.* 2011;92. DOI: 10.1007/978-3-642-18225-9_2.
11. Laurencin C.T., El-Amin S.F. Xenotransplantation in orthopaedic surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(1):4-8. DOI: 10.5435/00124635-200801000-00002.
12. Savolainen S., Usenius J.P., Hernesniemi J. Iliac crest versus artificial bone grafts in 250 cervical fusions. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;129(1-2):54-57. DOI: 10.1007/BF01400873.
13. Boyan B.D., McMillan J., Lohmann C.H., et al. Basic information for successful clinical use with special focus on synthetic graft substitutes. In: Laurencin CT, ed. *Bone graft substitutes*. Philadelphia: ASTM Int; 2002:231-59.



14. Peltier L.F., Bickel E.Y., Lillo R., Thein M.S. The use of plaster of paris to fill defects in bone. *Ann Surg.* 1957;146(1):61-69. DOI: 10.1097/00000658-195707000-00007.
15. Peltier L.F., Jones R.H. Treatment of unicameral bone cysts by curettage and packing with plaster-of-Paris pellets. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(6):820-822. PMID: 701318.
16. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul Th., eds. *AO Principles of Fracture Management*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2017.
17. Belenkiy I.G. [Comment to the Article by O.A. Kaplunov et al. "Hypotrophic Clavicle Pseudoarthrosis Treatment: A Case Report"]. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2021;27(4):169-172. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-1713.
18. Perren S.M. Fracture healing. The evolution of our understanding. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2008 Aug;75(4):241-246. PMID: 18760078.
19. Refitskaya D.Yu., Belen'kiy I.G., Malanin D.A., et al. Bone regeneration and principles of bone defects substitution. literature review. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze.* 2024;(3):147-158. (In Russ.).
20. Landi E., Logroscino G., Proietti L., et al. Biomimetic Mg-substituted hydroxyapatite: from synthesis to in vivo behaviour. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(1):239-247. DOI: 10.1007/s10856-006-0032-y.
21. Laurencin C., Khan Y., El-Amin S.F. Bone graft substitutes. *Expert Rev Med Devices.* 2006;3(1):49-57. DOI: 10.1586/17434440.3.1.49.
22. Palussière J., Berge J., Gangi A., et al. Clinical results of an open prospective study of a bis-GMA composite in percutaneous vertebral augmentation. *Eur Spine J.* 2005;14(10):982-991. DOI: 10.1007/s00586-003-0664-2.
23. Nandi S.K., Roy S., Mukherjee P., et al. Orthopaedic applications of bone graft & graft substitutes: a review. *Indian J Med Res.* 2010;132:15-30. PMID: 20693585.
24. Engelberg I., Kohn J. Physico-mechanical properties of degradable polymers used in medical applications: a comparative study. *Biomaterials.* 1991;12(3):292-304. DOI: 10.1016/0142-9612(91)90037-b.
25. Zipfel G.J., Guiot B.H., Fessler R.G. Bone grafting. *Neurosurg Focus.* 2003;14(2):e8. DOI: 10.3171/foc.2003.14.2.9.
26. Mondrinos M.J., Dembzyński R., Lu L., et al. Porogen-based solid freeform fabrication of polycaprolactone-calcium phosphate scaffolds for tissue engineering. *Biomaterials.* 2006;27(25):4399-4408. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2006.03.049.
27. Lane J.M. Bone morphogenic protein science and studies. *J Orthop Trauma.* 2005;19(10 Suppl):S17-S22. DOI: 10.1097/00005131-200511101-00006.
28. Kaplan K.L., Broekman M.J., Chernoff A., et al. Platelet alpha-granule proteins: studies on release and subcellular localization. *Blood.* 1979;53(4):604-618. PMID: 426909.
29. Oates T.W., Rouse C.A., Cochran D.L. Mitogenic effects of growth factors on human periodontal ligament cells in vitro. *J Periodontol.* 1993;64(2):142-148. DOI: 10.1902/jop.1993.64.2.142.
30. Schlickewei W., Schlickewei C. The Use of Bone Substitutes in the Treatment of Bone Defects-the Clinical View and History. *Macromol Symp.* 2007;253:10-23. DOI: 10.1002/masy.200750702.
31. Miron R.J., Zhang Y.F. Osteoinduction: a review of old concepts with new standards. *J Dent Res.* 2012;91(8):736-744. DOI: 10.1177/0022034511435260.
32. Kumar C.Y., Nalini K.B., Menon J., et al. Calcium sulfate as bone graft substitute in the treatment of osseous bone defects, a prospective study. *J Clin Diagn Res.* 2013;7(12):2926-2928. DOI: 10.7860/JCDR/2013/6404.3791.
33. Kocaoemer A., Kern S., Klüter H., Bieback K. Human AB serum and thrombin-activated platelet-rich plasma are suitable alternatives to fetal calf serum for the expansion of mesenchymal stem cells from adipose tissue. *Stem Cells.* 2007;25(5):1270-1278. DOI: 10.1634/stemcells.2006-0627.
34. Cervelli V., Gentile P., Scioli M.G., et al. Application of platelet-rich plasma in plastic surgery: clinical and in vitro evaluation. *Tissue Eng Part C Methods.* 2009;15(4):625-634. DOI: 10.1089/ten.TEC.2008.0518.
35. Sensebé L., Krampera M., Schrezenmeier H., et al. Mesenchymal stem cells for clinical application. *Vox Sang.* 2010;98(2):93-107. DOI: 10.1111/j.1423-0410.2009.01227.x.
36. Yamauchi K., Goda T., Takeuchi N., et al. Preparation of collagen/calcium phosphate multilayer sheet using enzymatic mineralization. *Biomaterials.* 2004;25(24):5481-5489. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2003.12.057.
37. Lawson A.C., Czernuszka J.T. Collagen--calcium phosphate composites. *Proc Inst Mech Eng H.* 1998;212(6):413-425. DOI: 10.1243/0954411981534187.
38. Yang D., Chen J., Jing Z., Jin D. Platelet-derived growth factor (PDGF)-AA: a self-imposed cytokine in the proliferation of human fetal osteoblasts. *Cytokine.* 2000;12(8):1271-1274. DOI: 10.1006/cyto.2000.0707.



39. Connolly J.F., Guse R., Tiedeman J., Dehne R. Autologous marrow injection as a substitute for operative grafting of tibial nonunions. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(266):259-270. PMID: 2019059.
40. Obana K.K., Schallmo M.S., Hong I.S., et al. Current Trends in Orthobiologics: An 11-Year Review of the Orthopaedic Literature. *Am J Sports Med.* 2022;50(11):3121-3129. DOI: 10.1177/03635465211037343.
41. Imam M.A., Holton J., Ernstbrunner L., et al. A systematic review of the clinical applications and complications of bone marrow aspirate concentrate in management of bone defects and nonunions. *Int Orthop.* 2017;41(11):2213-2220. DOI: 10.1007/s00264-017-3597-9.
42. Jin-Ling Ma, van den Beucken J.J.J.P., Pan J.-L., Cui F.-Z., Chen S. Bone regeneration using coculture mesenchymal stem cells and angiogenic cells. *Front Mater Sci.* 2014;8(1):32-38.
43. Kang Y., Kim S., Fahrenholtz M., et al. Osteogenic and angiogenic potentials of monocultured and co-cultured human-bone-marrow-derived mesenchymal stem cells and human-umbilical-vein endothelial cells on three-dimensional porous beta-tricalcium phosphate scaffold. *Acta Biomater.* 2013;9(1):4906-4915. DOI: 10.1016/j.actbio.2012.08.008.
44. Bieback K., Hecker A., Kocaömer A., et al. Human alternatives to fetal bovine serum for the expansion of mesenchymal stromal cells from bone marrow. *Stem Cells.* 2009;27(9):2331-2341. DOI: 10.1002/stem.139.
45. Blande I.S., Bassaneze V., Lavini-Ramos C., et al. Adipose tissue mesenchymal stem cell expansion in animal serum-free medium supplemented with autologous human platelet lysate. *Transfusion.* 2009;49(12):2680-2685. DOI: 10.1111/j.1537-2995.2009.02346.x.
46. Staton C.A., Reed M.W., Brown N.J. A critical analysis of current in vitro and in vivo angiogenesis assays. *Int J Exp Pathol.* 2009;90(3):195-221. DOI: 10.1111/j.1365-2613.2008.00633.x.
47. Thein-Han W., Xu H.H. Prevascularization of a gas-foaming macroporous calcium phosphate cement scaffold via coculture of human umbilical vein endothelial cells and osteoblasts. *Tissue Eng Part A.* 2013;19(15-16):1675-1685. DOI: 10.1089/ten.TEA.2012.0631.
48. Khominets V.V., Kalyuzhnaya-Zemlyanaya L.I., Grankin A.S., et al. Evolution of methods, technologies and materials for bone tissue defects replacement (review). *Preventive and clinical medicine.* 2022;(4):25-34. (In Russ.). DOI: 10.47843/2074-9120_2022_4_25 EDN: VUTUNW.
49. Feichtinger G.A., Hofmann A.T., Slezak P., et al. Sonoporation increases therapeutic efficacy of inducible and constitutive BMP2/7 in vivo gene delivery. *Hum Gene Ther Methods.* 2014;25(1):57-71. DOI: 10.1089/hgtb.2013.113.
50. Yi Y., Noh M.J., Lee K.H. Current advances in retroviral gene therapy. *Curr Gene Ther.* 2011;11(3):218-228. DOI: 10.2174/156652311795684740.
51. Evans C.H. Gene delivery to bone. *Adv Drug Deliv Rev.* 2012;64(12):1331-1340. DOI: 10.1016/j.addr.2012.03.013.
52. Khominets V.V., Komarov A.V., Schukin A.V., Mikhailov S.V. Application of Gene-Activated Osteoplastic Material in Patients with Extra-Articular Distal Femoral Nonunions. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2026;32(2):83-95. (In Russ.). DOI: 10.17816/2311-2905-17809.
53. Liang W., Zhou C., Zhang H., et al. Recent advances in 3D printing of biodegradable metals for orthopaedic applications. *J Biol Eng.* 2023;17(1):56. DOI: 10.1186/s13036-023-00371-7.

АВТОРЫ

Деркачев Дмитрий Викторович – ORCID: 0009-0001-8096-3987

Беленький Игорь Григорьевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334

Деркачев Виктор Сергеевич, к.м.н. – ORCID: 0009-0000-7878-7972, SPIN: 9062-8364

Зиновьев Евгений Владимирович, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-2493-5498, SPIN: 4069-2346

Рефицкая Дарья Юрьевна – ORCID: 0009-0006-0393-0192

Майоров Борис Александрович, к.м.н. – ORCID: 0000-0003-1559-1571; SPIN: 6158-2885

AUTHORS

Derkachev Dmitry Victorovich – ORCID: 0009-0001-8096-3987

Belenkiy Igor Grigoryevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334

Derkachev Viktor Sergeevich, Ph.D. – ORCID: 0009-0000-7878-7972, SPIN: 9062-8364

Zinoviev Evgeniy Vladimirovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-2493-5498, SPIN: 4069-2346

Refitskaya Darya Yurevna – ORCID: 0009-0006-0393-0192

Mayorov Boris Aleksandrovich, Ph.D. – ORCID: 0000-0003-1559-1571; SPIN: 6158-2885



ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРЕННОГО ЗАДНЕМЕДИАЛЬНОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА ИЗ ПОЛОЖЕНИЯ НА ЖИВОТЕ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ МЕДИАЛЬНОГО МЫШЦЕЛКА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ

© Б.А. МАЙОРОВ^{1,2,3}, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ^{1,2}, Г.Д. СЕРГЕЕВ¹, М.А. СЕРГЕЕВА^{1,3}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. При сложных двухмышцелковых переломах плато большеберцовой кости (ББК) главной задачей является точная анатомичная репозиция медиального мышцелка, определяющая стабильность остеосинтеза и функцию сустава. Прямой подход к фрагментам задней колонны с прямой репозицией суставных фрагментов и последующей многоколонной фиксацией перелома позволяет добиться хороших функциональных результатов.

ЦЕЛЬ: оценка анатомических, клинических и функциональных результатов хирургического лечения пациентов со сложными переломами плато большеберцовой кости с применением заднемедиальных доступов из положения пациента на животе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В проспективное исследование вошли 32 пациента со средним возрастом $48,9 \pm 13,4$ лет. После выполнения СКТ всем пациентам был осуществлен остеосинтез перелома плато ББК с соблюдением принципа многоколонной фиксации с применением расширенного заднемедиального доступа в комбинации с различными вариантами латеральных доступов в положении пациента на животе. В послеоперационном периоде репозиция оценивалась по данным контрольных рентгенограмм. Анализ функциональных результатов по данным шкал KSS и Lysholm производился на сроках 6, 12 и 24 месяца после операции. Также оценивалась общая частота осложнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Реверсивный L-образный доступ был выполнен у 7 (21,8 %) пациентов, прямой заднемедиальный — у 25 (78,2 %) пациентов. Анатомичная репозиция (смещение внутрисуставных фрагментов ≤ 2 мм, нет угловой деформации) была достигнута у 19 пациентов (59,4 %; 95 % ДИ: 40,6–76,3 %), удовлетворительная (смещение внутрисуставных фрагментов ≤ 5 мм, угловая деформация $< 5^\circ$) — у 11 пациентов (34,4 %; 18,6–53,2 %), неудовлетворительная (внутрисуставная ступень и/или расширение суставной щели > 5 мм, угловая деформация $> 5^\circ$) — у 2 пациентов (6,3 %; 0,8–20,8 %). Медиана по шкале Lysholm на сроке 6 месяцев была равна 69,00 баллам [Q1–Q3: 65,00–73,00], на сроке 12 месяцев — 83,50 баллам [72,75–94,00], на сроке 24 месяца — 87,50 балла [80,00–94,00]. По шкале KSS на сроке 6 месяцев медиана составила 73,00 балла [65,25–77,50], на сроке 12 месяцев — 85,50 балла [72,25–94,25], на сроке 24 месяца — 88,50 балла [77,25–95,00]. Осложнения отмечены у 4 пациентов (12,5 %; 3,5–29,0 %).

ВЫВОД. Использование заднемедиального доступа к плато большеберцовой кости из положения пациента на животе позволило достичь анатомичной репозиции у большинства пациентов. Многоплоскостная фиксация создала условия для достижения хороших функциональных результатов при низкой частоте осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перелом плато большеберцовой кости, многоколонная фиксация, заднемедиальный доступ, медиальный мышцелок, импрессионный перелом, остеосинтез.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Сергеева М.А. Применение расширенного заднемедиального хирургического доступа из положения на животе для остеосинтеза при переломах медиального мышцелка большеберцовой кости // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 115–126.



EXTENDED POSTEROMEDIAL APPROACH IN THE PRONE POSITION FOR OSTEOSYNTHESIS OF MEDIAL TIBIAL CONDYLE FRACTURES

© B.A. MAYOROV^{1,2,3}, I.G. BELENKIY^{1,2}, G.D. SERGEEV¹, M.A. SERGEEVA^{1,3}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University", St. Petersburg, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In complex bicondylar tibial plateau fractures, accurate anatomical reduction of the medial condyle is critical, as it determines the stability of osteosynthesis and joint function. A direct approach to posterior column fragments with anatomical reduction of articular components followed by multicolumn fixation enables favorable functional outcomes.

OBJECTIVE: The aim of the article is to evaluate anatomical, clinical, and functional outcomes of surgical treatment in patients with complex tibial plateau fractures using posteromedial approaches performed in the prone position.

MATERIAL AND METHODS: The prospective study included 32 patients with a mean age of 48.9 ± 13.4 years. After CT examination, all patients underwent osteosynthesis of tibial plateau fractures based on the principles of multicolumn fixation using an extended posteromedial approach combined with various lateral approaches in the prone position. Postoperative reduction quality was assessed using control radiographs. Functional outcomes were evaluated using the Knee Society Score (KSS) and Lysholm score at 6, 12, and 24 months postoperatively. The overall complication rate was also analyzed.

RESULTS: A reversed L-shaped approach was used in 7 patients (21.8 %), and a direct posteromedial approach in 25 patients (78.2 %). Anatomical reduction (≤ 2 mm intra-articular displacement, no angular deformity) was achieved in 19 patients (59.4 %; 95 % CI: 40.6–76.3 %), satisfactory reduction (≤ 5 mm displacement, angular deformity $< 5^\circ$) in 11 patients (34.4 %; 18.6–53.2 %), and unsatisfactory reduction (> 5 mm intra-articular step-off and/or joint gap widening, angular deformity $> 5^\circ$) in 2 patients (6.3 %; 0.8–20.8 %). The median Lysholm score was 69.0 [Q1–Q3: 65.0–73.0] at 6 months, 83.5 [72.75–94.0] at 12 months, and 87.5 [80.0–94.0] at 24 months. The median KSS was 73.0 [65.25–77.5] at 6 months, 85.5 [72.25–94.25] at 12 months, and 88.5 [77.25–95.0] at 24 months. Complications were observed in 4 patients (12.5 %; 3.5–29.0 %).

CONCLUSION: The use of a posteromedial approach to the tibial plateau in the prone position allowed anatomical reduction to be achieved in the majority of patients. Multiplanar fixation provided favorable functional outcomes with a low complication rate.

KEYWORDS: tibial plateau fracture, multicolumn fixation, posteromedial approach, medial condyle, impression fracture, osteosynthesis.

TO CITE THIS ARTICLE: Mayorov B.A., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Sergeeva M.A. Extended Posteromedial Approach in the Prone Position for Osteosynthesis of Medial Tibial Condyle Fractures. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanlidze*. 2026;(3):115–126. (In Russ.).

Обоснование

По данным научной литературы, частота встречаемости переломов плато большеберцовой кости (ББК) с вовлечением задних отделов составляет 28,8 % [1, 2]. При высокоэнергетических переломах типов IV, V и VI по классификации J. Schatzker (1974) [3] частота таких повреждений значительно выше и составляет 22,4 %, 51,2 % и 76,1 %, соответственно [2].

Диагностика переломов, затрагивающих задние отделы плато ББК, почти невозможна без использования современных лучевых методов исследования. Широкое внедрение спиральной компью-

терной томографии (СКТ) при внутрисуставных переломах проксимального отдела ББК позволило разработать современные колонные классификации, учитывающие локализацию и характер повреждения суставной поверхности [4, 5, 6, 7, 8].

C.F. Luo et al. (2010) предложили трехколонную классификацию строения плато ББК, выделяя медиальную, латеральную и заднюю колонны. На основании своей классификации авторы обосновали и апробировали в клинике расширенный заднемедиальный реверсивный L-образный доступ, который они выполняли в положении пациента на животе или полубоком с возможностью ротации нижней конеч-



ности. Сочетание указанного доступа со стандартным переднелатеральным позволило авторам добиться стабильной фиксации переломов у 32 пациентов с повреждением трех колонн плато ББК. Таким образом, C.F. Luo et al. обосновали эффективность прямого подхода к фрагментам задней колонны с прямой репозицией суставных фрагментов и последующей многоколонной фиксацией перелома [4].

Такой подход использовался М. Galla, P. Lobenhoffer и соавторами, которые описали применение прямого заднего медиального доступа из положения на животе для репозиции и фиксации заднемедиального фрагмента плато ББК. По мнению авторов, этот же доступ позволяет выполнить остеосинтез и заднелатерального фрагмента [9, 10, 11]. Применение такого подхода позволило получить хорошие анатомические и функциональные результаты у 12 пациентов, из которых четверо были с переломами заднемедиального плато, 7 пациентов с двухмышечковыми повреждениями, в одном случае перелом затрагивал все отделы плато ББК [11].

Комбинация реверсивного L-образного заднемедиального доступа с переднелатеральным и использование нескольких (от 2 до 4) противоскользких пластин для полноценной фиксации поврежденных колонн плато ББК описаны в работе S.M. Chang et al. (2014). Авторы обосновали показания к применению подобного хирургического протокола для лечения двухмышечковых многоколонных переломов типов 41C2 и C3 по классификации AO/ASIF [12], типа VI по классификации Schatzker. У 16 пациентов, которым был выполнен остеосинтез согласно описанному протоколу, авторы получили хорошие функциональные результаты [5].

Переломы медиального мыщелка ББК, в отличие от латерального, часто происходят по типу раскола и характеризуются крайней нестабильностью с риском заднемедиального подвывиха голени и ускоренным развитием посттравматического остеоартрита при ошибках репозиции. Основной задачей при сложных двухмышечковых переломах является точная анатомичная репозиция медиального мыщелка, определяющая стабильность остеосинтеза и функцию сустава [13]. Ряд хирургов

отдает предпочтение заднемедиальным доступам (прямому или реверсивному L-образному) из положения на животе, позволяющим осуществить репозицию не только заднемедиальных, но и заднелатеральных и переднемедиальных фрагментов. Кроме этого, такой подход обеспечивает возможность стабильной многоплоскостной фиксации костных отломков, что особенно важно при сложных переломах плато ББК [14].

В отечественной научной литературе описание результатов и техники применения заднемедиальных доступов при хирургическом лечении переломов плато ББК встречается относительно редко. В связи с этим нами было выполнено собственное исследование.

Цель исследования: оценка анатомических, клинических и функциональных результатов хирургического лечения пациентов со сложными переломами плато большеберцовой кости с применением заднемедиальных доступов из положения пациента на животе.

Материал и методы исследования

Настоящая работа представляет собой проспективное обсервационное исследование серии клинических случаев, в которое вошли 32 пациента с переломами плато ББК различных типов, при остеосинтезе которых мы применили усовершенствованный заднемедиальный доступ из положения на животе (или полубоком – в позиции «floating position») [4, 10].

Средний возраст пациентов составил $48,9 \pm 13,4$ лет. В группу исследования вошли 13 (40,6 %) мужчин и 19 (59,4 %) женщин.

Критерии включения: возраст старше 18 лет, внутрисуставной перелом плато ББК, остеосинтез выполнен с использованием расширенного заднемедиального хирургического доступа, отсутствие тяжелой сопутствующей патологии в стадии декомпенсации, отсутствие постоянной терапии глюкокортикостероидами и цитостатиками.

Структура переломов плато ББК в группе исследования и взаимосвязь между применявшимися классификациями (AO/ASIF и Schatzker) представлена в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пациентов по типам переломов согласно классификациям AO/ASIF и Schatzker

Классификация AO/ASIF	n (%)	Классификация Schatzker		
		Тип	n (%)	Всего, n (%)
41-B1.2	4 (12,5)	IV	3 (9,4)	13 (40,6)
41-B3.3	2 (6,3)	V	1 (3,1)	
41-C1	1 (3,1)	V	2 (6,3)	
41-C3	25 (78,1)	V	1 (3,1)	
		VI	9 (28,1)	16 (50,0)
			16 (50,0)	



У 20 (62,5 %) пациентов в качестве первичной стабилизации было выполнено наложение АВФ, у 12 (37,5 %) — гипсовая иммобилизация.

Медиана длительности предоперационного периода составила 12,5 дней [9,0–14,8] (7,0; 36,0).

Всем пациентам была выполнена СКТ поврежденного коленного сустава, что позволило осуществить полноценное предоперационное планирование. По данным томографии определяли конфигурацию перелома медиального мыщелка, протяженность заднемедиального фрагмента по окружности суставной поверхности суставного кольца, наличие и величину смещения заднемедиального фрагмента относительно переднемедиального, а также локализацию вершины расколото заднемедиального фрагмента (в области медиальной поверхности медиальной колонны, по заднемедиальному гребню или по задней поверхности ББК кзади от него) [8]. Такой подход позволял определить оптимальную локализацию и количество опорных пластин, а также необходимость расширения заднемедиального доступа кпереди и проведения медиальной сублимбальной артротомии.

Методика фиксации медиальных структур ББК различалась в зависимости от архитектуры перелома. У 12 (37,5 %) пациентов в перелом был вовлечен весь медиальный мыщелок, представленный в виде единого фрагмента суставной поверхности. Фиксация одной пластиной была осуществлена у 3 таких пациентов (9,4 %), а двумя пластинами, установленными по задней и внутренней поверхностям медиального мыщелка, — у 9 пациентов (28,1 %). У 10 (31,3 %) пациентов перелом распространялся только на заднемедиальный фрагмент медиального мыщелка, фиксацию которого выполнили двумя пластинами у 5 (15,6 %) пациентов, а у других 5 (15,6 %) — одной пластиной и дополнительными стягивающими винтами, проведенными спереди назад перпендикулярно плоскости перелома. У оставшихся 10 (31,3 %) пациентов по результатам СКТ был выявлен раскол медиального мыщелка на отдельные передне- и заднемедиальный фрагменты. При таком типе повреждения у 7 (21,9 %) пациентов для восстановления медиальной колонны использовали две пластины, у 1 (3,1 %) пациента — три пластины и у 2 (6,3 %) пациентов — четыре пластины.

Сочетание перелома медиального мыщелка ББК с повреждением заднелатеральных отделов коленного сустава (импрессия или раскол) было отмечено у 29 (90,6 %) из 32 пациентов. Наличие значимой импрессии, требующей элевации и/или реимпакции заднелатерального фрагмента,

отмечено у 26 пациентов (81,3 %). При этом, у 22 (68,8 %) пациентов повреждение распространялось и на передний отдел латерального мыщелка.

Наличие и тип перелома латерального мыщелка, локализация его импрессии определяли выбор хирургического доступа в дополнение к заднемедиальному. У 11 пациентов (34,3 %) репозицию заднелатерального фрагмента выполняли из заднемедиального доступа. У 4 пациентов из указанных 11 имелась «раскол-импрессия» центральной части заднелатерального фрагмента. Им производили элевацию заднелатерального фрагмента элеватором Хомана с последующей фиксацией субхондральными спонгиозными винтами, введенными снаружи кнутри и установленными из отдельных латеральных проколов кожи. В остальных 7 случаях применяли реимпакцию вдавленного заднелатерального фрагмента суставной поверхности с последующим замещением костного дефекта ауто- или аллокостью. В подобных случаях для создания опоры заднелатеральной кортикальной пластинки на уровне перелома из заднемедиального доступа устанавливали опорную пластину в косом направлении снизу вверх от заднемедиального к заднелатеральному фрагменту, которая имитировала заднюю стенку последнего. Данная техника, проиллюстрированная на рисунке 1, является биомеханически оправданной, что было изучено нами ранее [15].

У 15 (46,9 % от всех пациентов группы исследования) из 26 пациентов со значимым смещением заднелатерального фрагмента для репозиции и остеосинтеза латерального мыщелка применяли различные разновидности латеральных доступов: в 3 случаях — прямой заднелатеральный доступ, в 4 — двухоконный доступ по К. Frosch, а у 8 пациентов — расширенный переднелатеральный доступ [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

В 8 случаях (25,0 %) у пациентов с переломами 41С3 заднемедиальный и латеральный этапы разделяли на отдельные операционные сессии. Это чаще происходило при четырехфрагментарном переломе и необходимости расширения доступа кпереди, артротомии и репозиции переднемедиального и заднемедиального фрагментов. В одном случае хирургическое лечение было выполнено в три этапа, так как фиксация заднемедиального фрагмента потребовала двух отдельных вмешательств: репозиция и фиксация заднемедиального фрагмента из прямого заднемедиального доступа, с последующими репозицией и фиксацией переднемедиального фрагмента медиальной Т-образной пластиной. Завершающим этапом выполнили латеральный этап из расширенного переднелатерального доступа.

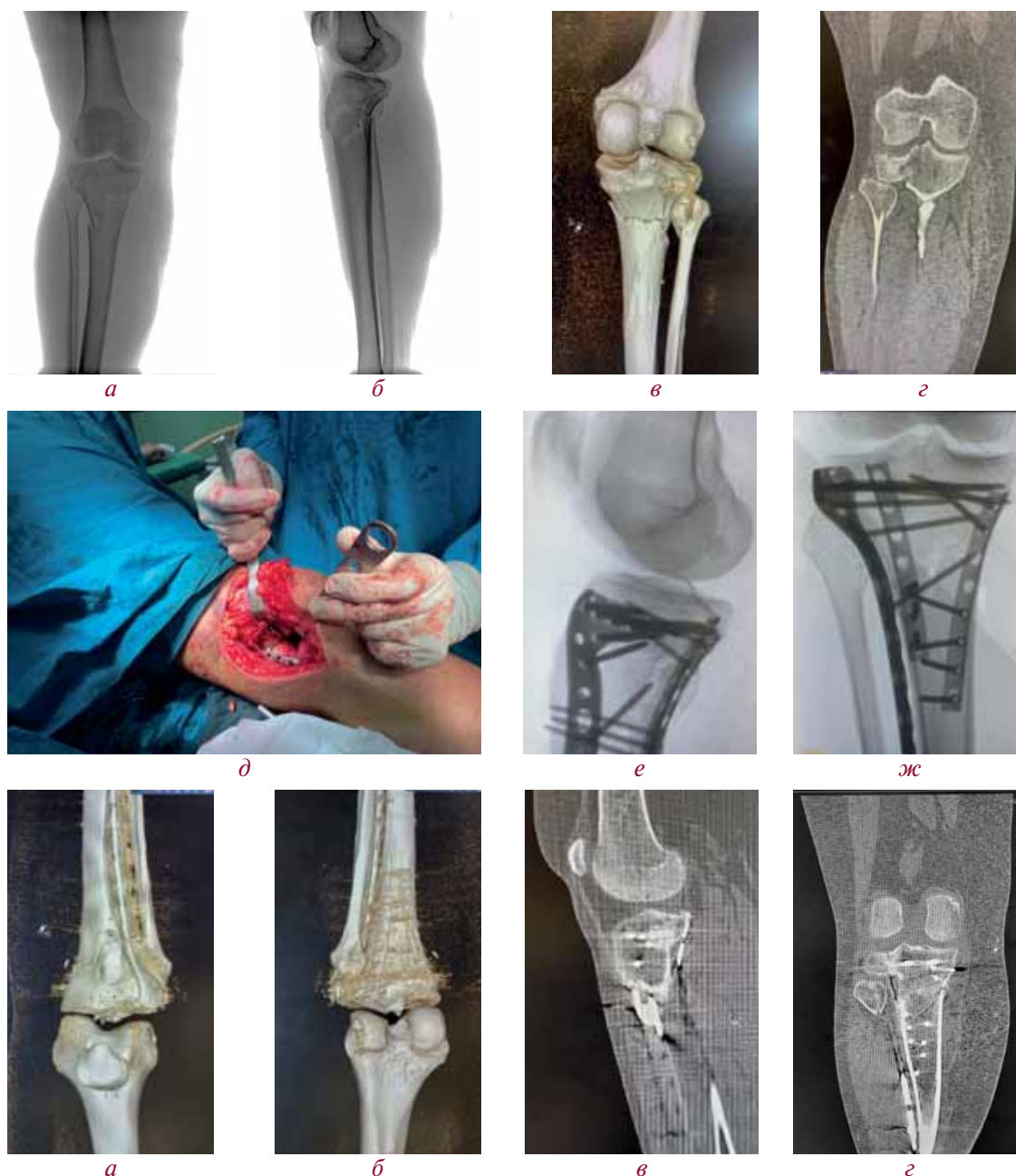


Рис. 1. Многооскольчатый перелом плато большеберцовой кости с вовлечением обоих мыщелков и заднелатеральной импрессией типа 4IC3 (Schatzker VI) у пациентки К., 37 лет: а, б) первичные рентгенограммы в прямой и боковой проекциях; в) 3D КТ-реконструкция; г) фронтальный срез СКТ, определяется импрессия заднелатерального отдела плато ББК; д) интраоперационная фотография заднемедиального реверсивного L-образного доступа; е, ж) интраоперационные рентгенограммы после остеосинтеза, достигнута анатомичная репозиция суставной поверхности; з, и, к, л) данные КТ через 6 месяцев после операции: 3D-реконструкция, сагиттальный и фронтальный срезы

Оценку качества репозиции отломков проводили по данным контрольных рентгенограмм по следующим критериям [23, 24, 25]:

- анатомичная: внутрисуставная ступень ≤ 2 мм, отсутствуют расширение суставной щели и остаточная угловая деформация, угол между анатомическими осями бедренной кости и ББК составлял $5^{\circ}-10^{\circ}$.
- удовлетворительная: внутрисуставная ступень и/или расширение суставной щели ≤ 5 мм, угловая деформация $< 5^{\circ}$ или угол между осями бедренной кости и ББК находился в пределах $5^{\circ}-10^{\circ}$.
- неудовлетворительная: внутрисуставная ступень и/или расширение суставной щели > 5 мм, угловая деформация $> 5^{\circ}$ или угол между осями бедренной кости и ББК превышал 10° .



Функциональные результаты хирургического лечения пациентов группы исследования оценивали по шкалам KSS [26, 27] и Lysholm [28] в сроки 6, 12, 24 месяца после травмы. Кроме этого, также анализировали частоту и структуру осложнений.

Статистический анализ

Формирование базы данных производилось в программной среде Excel Microsoft Office (Microsoft, США). Статистическая обработка данных выполнена с помощью программы SPSS Statistics v.27.0.1 (IBM, США).

Для проверки распределения значений количественных переменных на соответствие нормальному закону использовался критерий Шапиро-Уилка. Для описания количественных переменных с нормальным распределением использовалось среднее значение со стандартным отклонением ($M \pm SD$). В случае распределения отличного от нормального указывались медиана (Me), межквартильный размах [$Q1-Q3$] и крайние значения выборки ($min; max$). Качественные переменные представлены в виде абсолютной частоты и доли от общего числа наблюдений, выраженной в процентах (n (%)). При представлении результа-

тов исследования для качественных переменных был также рассчитан 95 % доверительный интервал (95 % ДИ) по методу Клоппера-Пирсона.

Оценка значимости различий между функциональными показателями по шкалам KSS и Lysholm на различных сроках наблюдения выполнена с применением критерия Фридмана для трех и более связанных выборок. Апостериорный анализ проведен с помощью теста Данна с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

Критический уровень значимости для настоящего исследования был выбран $\alpha = 0,05$, то есть при $p < 0,05$ различия признавались статистически значимыми, и нулевая гипотеза отвергалась.

Результаты

Длительность госпитализации пациентов составила $20,3 \pm 4,5$ дней.

Реверсивный L-образный доступ выполнен нами у 7 (21,8 %) пациентов, прямой задне-медиальный доступ был применен у 25 (78,2 %) пациентов.

В таблице 2 приведены параметры и результаты оперативного лечения при различных конфигурациях перелома медиального мыщелка ББК.

Таблица 2. Количество имплантатов, качество репозиции костных фрагментов и осложнения у пациентов группы исследования

Параметр		Тип перелома медиального мыщелка			Всего, n=32
		ММ, n=12	ЗМ, n=10	ЗМ+ПМ, n=10	
Количество пластин, (%)	1	3 (25,0)	5 (50,0)	0	8 (25,0)
	2	9 (75,0)	5 (50,0)	7 (70,0)	21 (65,6)
	3 и более	0	0	3 (30,0)	3 (9,4)
Репозиция, (%)	Анатомичная	7 (58,3)	8 (80,0)	4 (40,0)	19 (59,4)
	Удовл.	5 (41,7)	2 (20,0)	4 (40,0)	11 (34,4)
	Неудовл.	0	0 (0,0)	2 (20,0)	2 (6,3)
Осложнения, (%)		0 (0,0 %)	1 (10,0)	3 (30,0)	4 (12,5)

Примечание. ММ – единый фрагмент медиального мыщелка; ЗМ – перелом распространялся только на заднемедиальный фрагмент медиального мыщелка; ЗМ+ПМ – раскол медиального мыщелка на два фрагмента: заднемедиальный и переднемедиальный; Удовл. – удовлетворительная репозиция; Неудовл. – неудовлетворительная репозиция.

У 11 пациентов (34,4 %), у которых репозицию заднелатерального фрагмента выполняли из заднемедиального доступа, послеоперационное рентгенологическое обследование показало, что выбранный подход к репозиции медиального мыщелка и заднелатерального фрагмента позволил у 9 (81,8 %; 95 % ДИ 48,2–97,7 %) пациентов добиться анатомичной репозиции отломков, у двух (18,2 %; 95 % ДИ 2,3–51,8 %) – удовлетворительной.

Всего в наблюдаемой группе из 32 пациентов анатомичное восстановление плато большеберцовой кости достигнуто у 19 пациентов (59,4 %; 95 % ДИ 40,6–76,3 %), удовлетворительная репозиция отмечена у 11 пациентов (34,4 %; 95 % ДИ

18,6–53,2 %), неудовлетворительная репозиция у 2 пациентов (6,3 %; 95 % ДИ 0,8–20,8 %).

Оценка функциональных результатов по шкалам Lysholm и KSS проводилась на сроках 6, 12, 24 месяца после травмы. Полученные данные представлены в таблице 3.

Отмечено статистически значимое улучшение показателей по обоим шкалам в течение периода наблюдения ($p < 0,001$). Увеличение медиан балльных показателей отражает прогрессивное восстановление функции коленного сустава и положительную динамику клинических исходов в послеоперационном периоде. Статистически значимое улучшение балльных показателей происходило в интервал между 6 и 12



месяцами наблюдения. Это различие характерно для обеих шкал ($p = 0,002$ для Lysholm и $p < 0,001$ для KSS). Настолько же значимого улучшения функции в период между 1 и 2 годами после операции обнаружено не было ($p = 0,215$ и $p = 0,690$, соответственно).

Таблица 3. Функциональные результаты пациентов группы исследования ($n=32$)

Срок наблюдения	Шкала	
	Lysholm	KSS
6 месяцев	69,00 [65,00–73,00] (14,00; 90,00)	73,00 [65,25–77,50] (32,00; 89,00)
12 месяцев	83,50 [72,75–94,00] (16,00; 98,00)	85,50 [72,25–94,25] (39,00; 97,00)
24 месяца	87,50 [80,00–94,00] (66,00; 100,00)	88,50 [77,25–95,00] (66,00; 100,00)
Значение p^*	$<0,001$	$<0,001$

* критерий Фридмана для связанных выборок

Осложнения отмечены у 4 пациентов (12,5 %; 95 % ДИ 3,5–29,0 %). У всех перелом носил характер многооскольчатого 41C3. Из них один случай вторичного смещения и нарастания вальгусной деформации за счет вторичной депрессии и три случая клинически значимого посттравматического остеоартрита. При этом у двух пациентов с осложнениями отмечена неудовлетворительная репозиция плато ББК, у одного — удовлетворительная и также у одного — анатомичная репозиция.

Обсуждение

В последние десятилетия хирургия сложных переломов плато ББК развивается бурными темпами. Этому способствует как увеличение числа пациентов с подобными травмами и накопление опыта их хирургического лечения, так и внедрение в рутинную клиническую практику СКТ. С появлением новых классификаций и пересмотром ставших уже классическими (Schatzker, 1974; Kfuri, 2018) пришло понимание того, что необходимо фиксировать как передние, так и задние колонны плато ББК [3, 8]. Особое значение при реализации этого подхода приобрели классификации, выделяющие задние колонны [4, 5, 6, 7, 8].

Q.F. He et al. (2018) в группе из 327 пациентов с переломами плато выявили повреждение, затрагивающее заднюю колонну у 67,58 %, при этом заднелатеральная колонна была задействована у 62,69 % и заднемедиальная — у 37,92 %. Изолированный перелом задней колонны ББК наблюдался в 12,54 % случаев. В 23,24 % случаев были повреждены все четыре колонны [29].

В нашем исследовании распространение перелома на заднелатеральный отдел было отмечено в большинстве случаев (90,6 %). Однако фрагменты задней колонны не могут быть адекватно зафиксированы из традиционных передних доступов [5, 10, 11]. Именно это обстоятельство определило тенденцию к поиску оптимальных хирургических доступов для фиксации задней колонны ББК.

Особого внимания заслуживают пациенты с переломами медиального мыщелка ББК. Именно анатомичная репозиция медиального мыщелка с качественной его фиксацией, предотвращающей вторичное смещение отломков под воздействием функциональной нагрузки, определяют успех всей операции [13]. Применявшийся для этих целей традиционный заднемедиальный хирургический доступ из положения на спине не позволяет качественно выполнить репозицию заднемедиального фрагмента. Еще сложнее из этого доступа зафиксировать отдельный заднемедиальный фрагмент, так как для этого необходимо имплантировать пластину на заднюю поверхность ББК с проведением винтов сзади наперед. Применяемые нами прямой заднемедиальный доступ и реверсивный L-образный доступ из положения на животе лишены этих недостатков [4, 10]. Кроме того, L-образный доступ при сочетании перелома медиального мыщелка с переломом заднелатерального плато позволяет устранить импрессию заднелатерального фрагмента методом реимпакции через окно под суставной поверхностью, заместить дефект с помощью алло- или аутокости и имплантировать опорную пластину для его поддержки [30].

Подобный подход был применен у пациентки, чей клинический случай представлен на рисунке 1. Выполнение заднелатерального доступа для устранения импрессии и фиксации задней колонны опорной пластиной было нежелательным из-за близкого расположения кожных разрезов. Решением этой проблемы стали репозиция и фиксация заднелатерального фрагмента из заднемедиального реверсивного L-образного хирургического доступа. При этом опорная пластина была установлена в косом направлении снизу вверх от заднемедиального к заднелатеральному фрагменту. Установка винтов в проксимальные отверстия заднелатеральной пластины оказалась технически невозможна, однако это не скомпрометировало опорную функцию имплантата.

Переломы, затрагивающие оба мыщелка ББК, являются более тяжелыми, чем изолированные переломы медиального мыщелка. Однако мы сочли нецелесообразным приводить результаты лечения для каждой конкретной комбинации зад-



немедиального доступа с различными модификациями хирургических доступов к латеральному мышелку отдельно, так как подходы к выбору тактики лечения были общими и заключались в обеспечении возможности репозиции фрагментов каждой из поврежденных колонн с созданием опоры и стремлением к анатомичной репозиции суставной поверхности.

Кроме упомянутых нами выше M. Galla et al. (2009), C.F. Luo et al. (2010), S.M. Chang et al. (2014), многие современные хирурги являются сторонниками применения модификаций заднемедиального доступа из положения на животе, так как они дают адекватную визуализацию при различных вариантах переломов, включающих заднюю колонну плато ББК. При этом, даже при сложных переломах, эти доступы обеспечивают возможность выполнения качественной репозиции и стабильной фиксации плато и, как следствие, хороший функциональный результат при низком риске осложнений.

Анализ литературы подтверждает эффективность применения комбинаций доступов. Qiu W.J. et al. (2015) приводят серию из 95 пациентов с двухмышелковыми и одномышелковыми переломами, при лечении которых применялся реверсивный заднемедиальный L-образный доступ изолированно или в комбинации с переднелатеральным доступом (78 из 95). Средний возраст пациентов составил 46,2 лет. Осложнения отмечены у 4 из 95 пациентов (4,2 %). Средний функциональный результат по шкале Hospital for Special Surgery Knee Score (HSS) составил 96,1 балл, по шкале Short Form-36 (SF-36) — 94,2 балла. Авторы отмечают, что заднемедиальный доступ в подобной модификации обеспечивает удовлетворительную визуализацию медиальной и задней колонн и позволяет достичь хорошего функционального результата у большинства пациентов [31].

Reul M., Hoekstra H. (2017) приводят серию из 14 пациентов с двухмышелковыми переломами, у которых они также применяли комбинацию L-образного доступа из положения на животе и переднелатерального доступа, выводя конечность в боковое положение. В послеоперационном периоде у большинства пациентов была достигнута анатомичная репозиция суставной поверхности (внутрисуставная ступень менее 2 мм) по данным КТ (8 из 14—57 %), восстановление осевых взаимоотношений в суставе (10 из 14—71 %), а также полный объем движений в срок 4 месяца (10 из 14—71 %). Из осложнений отмечен 1 случай глубокой инфекции [32].

R. Berber et al. (2014) приводят серию из 16 пациентов (средний возраст 53 года) с высоко-

энергетическими переломами, включающими коронарные переломы заднемедиального и, у 8 пациентов, заднелатерального плато ББК. В ходе оперативного лечения они применяли такую же комбинацию L-образного доступа из положения на животе и, у 5 пациентов, переднелатерального доступа. В послеоперационном периоде у 2 пациентов развилась сгибательная контрактура до 5°, у 2 пациентов — поверхностная инфекция раны, купированная антибактериальной терапией. У большинства пациентов (15 из 16; 93,8 %) авторы отмечают анатомичную репозицию отломков, в том числе и заднелатерального фрагмента [33].

V. Trikha et al. (2019) при лечении 53 пациентов (средний возраст 38,4 года) с высокоэнергетическими переломами плато ББК применили подход, аналогичный подходу, описанному в нашем исследовании, основанный на прицельной оценке архитектоники перелома с применением КТ и колонной классификации C.F. Luo et al. (2010). В этой серии у 1 пациента отмечен одноколонный перелом, у 51 — двухколонный, у 1 — трехколонный. У 8 пациентов было применено этапное лечение с первичным наложением АВФ. Средний предоперационный период составил 8,6 дня. В ходе оперативного лечения авторы применяли комбинацию заднемедиального доступа по Lobenhoffer (из которого у 3 пациентов выполнили репозицию заднелатерального фрагмента) и переднелатерального доступа или доступа с остеотомией малоберцовой кости (у 2 пациентов). При этом они стремились к анатомичной репозиции суставной поверхности, фиксации каждой из поврежденных колонн отдельным имплантатом и заполнению костного дефекта аллокостью. У 46 пациентов применили остеосинтез двумя пластинами, у 5 — тремя. В послеоперационном периоде функциональный результат, оцененный по шкале KSS, составил в среднем 95,42 балла. Из осложнений авторы описывают 1 случай расхождения послеоперационной раны, 1 случай поверхностной инфекции (оба купированы после дебридмента) и 1 случай поздней периимплантной инфекции, купированной только после удаления имплантата. Также отмечено 4 случая остаточной варусной деформации от 5° до 10°. Авторы делают вывод о том, что применение трехколонной классификации C.F. Luo et al. (2010) обеспечивает лучшее понимание архитектоники перелома, а репозиция и фиксация всех поврежденных колонн повышает качество остеосинтеза и улучшает функциональный результат [34].

Таким образом, сегодня необходимость адекватной фиксации фрагментов задней колонны



при переломах мыщелков ББК разделяется многими исследователями. Тем не менее, стандартизованные протоколы хирургического лечения этих переломов на сегодняшний день отсутствуют. Предложенный нами подход показал свою состоятельность и позволил добиться высокой доли хороших и отличных результатов лечения, сопоставимой с результатами других исследователей.

Выводы

Использование заднемедиального доступа к плато большеберцовой кости из положения пациента на животе позволило достичь анатомичной репозиции медиального мыщелка при различных типах его повреждения, в том числе в сочетании с импрессией заднелатерального отдела.

Многоплоскостная фиксация низкопрофильными пластинами, установленными по задней и внутренней поверхностям плато в зависимости от характера первичного смещения отломков, обеспечила стабильность остеосинтеза, достаточную для ранней активной разработки движений в коленном суставе, без увеличения риска вторичного смещения фрагментов. Это нашло отражение в хороших функциональных результатах и низкой частоте осложнений.

Возможность репозиции заднелатерального фрагмента из использованного в исследовании заднемедиального доступа потенциально расширяет его клиническую применимость, позволяя достичь качественной репозиции и стабильной фиксации всего плато большеберцовой кости.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bhattacharyya T., McCarty L.P. 3rd, Harris M.B., et al. The posterior shearing tibial plateau fracture: treatment and results via a posterior approach. *J Orthop Trauma*. 2005;19(5):305-310. PMID: 15891538.
2. Yang G., Zhai Q., Zhu Y., et al. The incidence of posterior tibial plateau fracture: an investigation of 525 fractures by using a CT-based classification system. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(7):929-34. DOI: 10.1007/s00402-013-1735-4.
3. Schatzker J. Compression in the surgical treatment of fractures of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1974;(105):220-239. PMID: 4609653.
4. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683-692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.
5. Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q., et al. A Surgical Protocol for Bicondylar Four-Quadrant Tibial Plateau Fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2559-2564. DOI: 10.1007/s00264-014-2487-7.
6. Zhu Y., Yang G., Luo C.F., et al. Computed tomography-based Three-Column Classification in tibial plateau fractures: introduction of its utility and assessment of its reproducibility. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(3):731-7. DOI: 10.1097/TA.0b013e31825c17e7.
7. Krause M., Preiss A., Müller G., et al. Intra-articular Tibial Plateau Fracture Characteristics According to the "Ten Segment Classification". *Injury*. 2016;47(11):2551-2557 DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.014.
8. Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker Classification of Tibial Plateau Fractures. *Injury*. 2018;49(12):2252-2263. DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.010.
9. Lobenhoffer P., Gerich T., Bertram T., et al. Spezielle posteromediale und posterolaterale zugänge zur versorgung von tibiakopffrakturen [Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures]. *Unfallchirurg*. 1997;100(12):957-967. (In German). DOI: 10.1007/s001130050218.
10. Galla M., Lobenhoffer P. Der direkte dorsale Zugangsweg zur Versorgung posteromedialer Luxationsfrakturen des Tibiakopfes [The direct, dorsal approach to the treatment of unstable tibial posteromedial fracture-dislocations]. *Unfallchirurg*. 2003;106(3):241-247. (In German). DOI: 10.1007/s00113-002-0554-9.
11. Galla M., Riemer C., Lobenhoffer P. Die Osteosynthese posteromedialer Tibiakopffrakturen über einen direkten dorsalen Zugang [Direct posterior approach for the treatment of posteromedial tibial head fractures]. *Oper Orthop Traumatol*. 2009;21(1):51-64. (In German). DOI: 10.1007/s00064-009-1605-y.
12. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1-S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.
13. Schatzker J., Kfuri M. Revisiting the management of tibial plateau fractures. *Injury*. 2022;53(6):2207-2218. DOI: 10.1016/j.injury.2022.04.006.



14. Zhang B.B., Sun H., Zhan Y., et al. Reliability and repeatability of tibial plateau fracture assessment with an injury mechanism-based concept. *Bone Joint Res.* 2019;8(8):357-366. DOI: 10.1302/2046-3758.88.BJR-2018-0331.R1.
15. Майоров Б.А., Бельский И.Г., Сергеев Г.Д., Бенин А.В. К вопросу о стабильности фиксации при многоколлонном остеосинтезе сложного перелома плато большеберцовой кости: биомеханический эксперимент и клинический случай // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 25–38. EDN: BEFKFX.
16. Frosch K.H., Balcerek P., Walde T., Stürmer K.M. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24(8):515-520. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e5e17d.
17. Frosch K.H., Korthaus A., Thiesen D., Frings J., Krause M. The concept of direct approach to lateral tibial plateau fractures and stepwise extension as needed. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020;46(6):1211-1219. DOI: 10.1007/s00068-020-01422-0.
18. He X., Ye P., Hu Y., et al. A posterior inverted L-shaped approach for the treatment of posterior bicondylar tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(1):23-28. DOI: 10.1007/s00402-012-1632-2.
19. Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Бельский И.Г., Майоров Б.А., Старчик Д.А. Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмалоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости // Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25, № 3. С. 112–123. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.
20. Бельский И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Майоров Б.А. Выбор хирургического доступа для остеосинтеза при переломах латерального мыщелка большеберцовой кости // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2020. № 2. С. 10–20. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20.
21. Cho J.-W., Kim J., Cho W.-T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *International Orthopaedics.* 2017;41(9):1887-1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.
22. Krause M., Müller G., Frosch K.H. Chirurgische Zugänge bei Tibiakopffrakturen [Surgical approaches to tibial plateau fractures]. *Unfallchirurg.* 2018;121(7):569-582. (In German). DOI: 10.1007/s00113-018-0515-6.
23. Mahadeva D., Costa M.L., Gaffey A. Open reduction and internal fixation versus hybrid fixation for bicondylar/severe tibial plateau fractures: a systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(10):1169e1175. DOI: 10.1007/s00402-007-0520-7.
24. Bennett W.F., Browner B. Tibial plateau fractures: a study of associated soft tissue injuries. *J Orthop Trauma.* 1994;8(3):183e188. PMID: 8027885.
25. Rasmussen P.S. Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(7):1331e1350. PMID: 4586086.
26. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(248):13-14. PMID: 2805470.
27. Иржанский А.А., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12 // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24, № 2. С. 70–79. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79.
28. Lysholm J., Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* 1982;10(3):150-154. DOI: 10.1177/036354658201000306.
29. He Q.F., Sun H., Shu L.Y., et al. Tibial plateau fractures in elderly people: an institutional retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):276. DOI: 10.1186/s13018-018-0986-8.
30. Майоров Б.А., Бельский И.Г., Сергеев Г.Д. Результат оперативного лечения пациентки с многооскольчатым внутрисуставным переломом плато большеберцовой кости // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2023. № 2. С. 49–55. EDN: HSTJSF.
31. Qiu W.J., Zhan Y., Sun H., et al. A posterior reversed L-shaped approach for the tibial plateau fractures-A prospective study of complications (95 cases). *Injury.* 2015;46(8):1613-1618. DOI: 10.1016/j.injury.2015.05.005.
32. Reul M., Hoekstra H. Der kombinierte posteromediale und anterolaterale Zugang in der „floating“-Position zur operativen Versorgung der Zwei-Pfeiler-Tibiakopffraktur [Combined Posteromedial and Anterolateral Approach in the “floating position” – Two Column Fracture of the Tibia Head]. *Z Orthop Unfall.* 2017;155(6):661-669. (In German). DOI: 10.1055/s-0043-114415.
33. Berber R., Lewis C.P., Copas D., et al. Postero-medial approach for complex tibial plateau injuries with a postero-medial or postero-lateral shear fragment. *Injury.* 2014;45(4):757-765. DOI: 10.1016/j.injury.2013.11.028.



34. Trikha V., Gaba S., Agrawal P., et al. CT based management of high energy tibial plateau fractures: A retrospective review of 53 cases. *J Clin Orthop Trauma*. 2019;10(1):201-208. DOI: 10.1016/j.jcot.2017.11.005.

REFERENCES

1. Bhattacharyya T., McCarty L.P. 3rd, Harris M.B., et al. The posterior shearing tibial plateau fracture: treatment and results via a posterior approach. *J Orthop Trauma*. 2005;19(5):305-310. PMID: 15891538.
2. Yang G., Zhai Q., Zhu Y., et al. The incidence of posterior tibial plateau fracture: an investigation of 525 fractures by using a CT-based classification system. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(7):929-34. DOI: 10.1007/s00402-013-1735-4.
3. Schatzker J. Compression in the surgical treatment of fractures of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1974;(105):220-239. PMID: 4609653.
4. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683-692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.
5. Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q., et al. A Surgical Protocol for Bicondylar Four-Quadrant Tibial Plateau Fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2559-2564. DOI: 10.1007/s00264-014-2487-7.
6. Zhu Y., Yang G., Luo C.F., et al. Computed tomography-based Three-Column Classification in tibial plateau fractures: introduction of its utility and assessment of its reproducibility. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(3):731-7. DOI: 10.1097/TA.0b013e31825c17e7.
7. Krause M., Preiss A., Müller G., et al. Intra-articular Tibial Plateau Fracture Characteristics According to the "Ten Segment Classification". *Injury*. 2016;47(11):2551-2557 DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.014.
8. Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker Classification of Tibial Plateau Fractures. *Injury*. 2018;49(12):2252-2263. DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.010.
9. Lobenhoffer P., Gerich T., Bertram T., et al. Spezielle posteromediale und posterolaterale zugänge zur versorgung von tibiakopffrakturen [Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures]. *Unfallchirurg*. 1997;100(12):957-967. (In German). DOI: 10.1007/s001130050218.
10. Galla M., Lobenhoffer P. Der direkte dorsale Zugangsweg zur Versorgung posteromedialer Luxationsfrakturen des Tibiakopfes [The direct, dorsal approach to the treatment of unstable tibial posteromedial fracture-dislocations]. *Unfallchirurg*. 2003;106(3):241-247. (In German). DOI: 10.1007/s00113-002-0554-9.
11. Galla M., Riemer C., Lobenhoffer P. Die Osteosynthese posteromedialer Tibiakopffrakturen über einen direkten dorsalen Zugang [Direct posterior approach for the treatment of posteromedial tibial head fractures]. *Oper Orthop Traumatol*. 2009;21(1):51-64. (In German). DOI: 10.1007/s00064-009-1605-y.
12. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1-S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.
13. Schatzker J., Kfuri M. Revisiting the management of tibial plateau fractures. *Injury*. 2022;53(6):2207-2218. DOI: 10.1016/j.injury.2022.04.006.
14. Zhang B.B., Sun H., Zhan Y., et al. Reliability and repeatability of tibial plateau fracture assessment with an injury mechanism-based concept. *Bone Joint Res*. 2019;8(8):357-366. DOI: 10.1302/2046-3758.88.BJR-2018-0331.R1.
15. Mayorov B.A., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Benin A.V. Revisiting the issue of fixation stability in multicolumn osteosynthesis of complex tibial plateau fracture: a biomechanical experiment and clinical case. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):25-38. (In Russ.). EDN: BEFKFX.
16. Frosch K.H., Balcarek P., Walde T., Stürmer K.M. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(8):515-520. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e5e17d.
17. Frosch K.H., Korthaus A., Thiesen D., Frings J., Krause M. The concept of direct approach to lateral tibial plateau fractures and stepwise extension as needed. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;46(6):1211-1219. DOI: 10.1007/s00068-020-01422-0.
18. He X., Ye P., Hu Y., et al. A posterior inverted L-shaped approach for the treatment of posterior bicondylar tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(1):23-28. DOI: 10.1007/s00402-012-1632-2.
19. Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Belenkii I.G., et al. Anatomical and clinical rationale for posterolateral transfibular approach for internal fixation of the posterolateral column of the tibial plateau. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(3):112-123. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.
20. Belenky I.G., Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Mayorov B.A. A choice of surgical approach for osteosynthesis in fractures of the lateral tibial condyle. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020;(2):10-20. (In Russ.). DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20.



21. Cho J.-W., Kim J., Cho W.-T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *International Orthopaedics*. 2017;41(9):1887-1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.
22. Krause M., Müller G., Frosch K.H. Chirurgische Zugänge bei Tibiakopffrakturen [Surgical approaches to tibial plateau fractures]. *Unfallchirurg*. 2018;121(7):569-582. (In German). DOI: 10.1007/s00113-018-0515-6.
23. Mahadeva D., Costa M.L., Gaffey A. Open reduction and internal fixation versus hybrid fixation for bicondylar/severe tibial plateau fractures: a systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(10):1169e1175. DOI: 10.1007/s00402-007-0520-7.
24. Bennett W.F., Browner B. Tibial plateau fractures: a study of associated soft tissue injuries. *J Orthop Trauma*. 1994;8(3):183e188. PMID: 8027885.
25. Rasmussen P.S. Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 1973;55(7):1331e1350. PMID: 4586086.
26. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(248):13-14. PMID: 2805470.
27. Irzhanski A.A., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. Validation and Cross-Cultural Adaptation of Rating Systems WOMAC, KSS and FJS-12 in Patients with Knee Disorders and Injuries. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2018;24(2):70-79. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79.
28. Lysholm J., Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982;10(3):150-154. DOI: 10.1177/036354658201000306.
29. He Q.F., Sun H., Shu L.Y., et al. Tibial plateau fractures in elderly people: an institutional retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):276. DOI: 10.1186/s13018-018-0986-8.
30. Maiorov B.A., Belenkiy I.G., Sergeev G.D. Result of Surgical Treatment of a Patient with a Comminuted Intraarticular Fracture of the Tibial Plateau. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2023;(2):49-55. DOI: 10.54866/27129632_2023_2_49.
31. Qiu W.J., Zhan Y., Sun H., et al. A posterior reversed L-shaped approach for the tibial plateau fractures-A prospective study of complications (95 cases). *Injury*. 2015;46(8):1613-1618. DOI: 10.1016/j.injury.2015.05.005.
32. Reul M., Hoekstra H. Der kombinierte posteromediale und anterolaterale Zugang in der „floating“-Position zur operativen Versorgung der Zwei-Pfeiler-Tibiakopffraktur [Combined Posteromedial and Anterolateral Approach in the “floating position” – Two Column Fracture of the Tibia Head]. *Z Orthop Unfall*. 2017;155(6):661-669. (In German). DOI: 10.1055/s-0043-114415.
33. Berber R., Lewis C.P., Copas D., et al. Postero-medial approach for complex tibial plateau injuries with a postero-medial or postero-lateral shear fragment. *Injury*. 2014;45(4):757-765. DOI: 10.1016/j.injury.2013.11.028.
34. Trikha V., Gaba S., Agrawal P., et al. CT based management of high energy tibial plateau fractures: A retrospective review of 53 cases. *J Clin Orthop Trauma*. 2019;10(1):201-208. DOI: 10.1016/j.jcot.2017.11.005.

АВТОРЫ

Майоров Борис Александрович, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-1559-1571, SPIN: 6158-2885
Беленький Игорь Григорьевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334
Сергеев Геннадий Дмитриевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-8898-503X, SPIN: 3109-7076
Сергеева Мария Александровна — ORCID: 0009-0003-3255-1771, SPIN: 1911-1496

AUTHORS

Mayorov Boris Aleksandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-1559-1571, SPIN: 6158-2885
Belenkiy Igor Grigoryevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334
Sergeev Gennadii Dmitrievich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-8898-503X, SPIN: 3109-7076
Sergeeva Mariya Aleksandrovna — ORCID: 0009-0003-3255-1771, SPIN: 1911-1496



УДК 616.71-001.5-089.84-06 : 616.71-002:616-037

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_127_132

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭКЗОГЕННОГО ОСТЕОМИЕЛИТА ПОСЛЕ ОСТЕОСИНТЕЗА ЗАКРЫТЫХ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

© И.П. КОНДРАТЬЕВ¹, С.А. ШЛЯПНИКОВ¹, И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ¹, Е.К. ГУМАНЕНКО¹, С.А. ЛИННИК², В.О. ЦАПЕНКО¹, Е.А. ПИСТЮЛЬГА¹

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Инфекционные осложнения после внутренней фиксации закрытых переломов являются актуальной проблемой современной травматологии, поскольку из-за большого количества выполняемых операций их абсолютное значение остается высоким. Последствия инфекции в зоне перелома включают повторные вмешательства, длительную госпитализацию, нарушение консолидации и стойкое ухудшение функции. Современная профилактика возможных инфекционных осложнений постепенно смещается от поиска единственного «ведущего» фактора к оценке сочетания характеристик пациента, повреждения и планируемой операции.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: определить независимые клинические и периоперационные факторы, ассоциированные с развитием экзогенного остеомиелита после хирургического лечения закрытых переломов длинных трубчатых костей, и оценить дискриминационную способность рабочей модели стратификации риска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Сопоставлены 193 пациента с осложненным течением и 143 пациента без инфекционных осложнений. Выполнены однофакторный анализ и многофакторная логистическая регрессия.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Независимыми факторами в рабочей модели были индекс коморбидности Miller, задержка операции более 48 ч, продолжительность вмешательства более 150 мин., нестабильная фиксация, заболевания печени и сахарный диабет. Наибольшее отношение шансов зарегистрировано для нестабильной фиксации. Рабочая AUC модели составила 0,82.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Риск послеоперационного экзогенного остеомиелита имеет многофакторную природу и может оцениваться до развития клинически выраженной инфекции, что создает основу для дифференцированной профилактической тактики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: факторы риска, экзогенный остеомиелит, закрытый перелом, коморбидность, сахарный диабет, нестабильная фиксация, логистическая регрессия, ROC-анализ.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Кондратьев И.П., Шляпников С.А., Беленький И.Г., Гуманенко Е.К., Линник С.А., Цапенко В.О., Пистюльга Е.А. Прогностические критерии экзогенного остеомиелита после остеосинтеза закрытых переломов длинных трубчатых костей // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 127–132.

PREDICTORS OF EXOGENOUS OSTEOMYELITIS AFTER INTERNAL FIXATION OF CLOSED LONG-BONE FRACTURES

© I.P. KONDRATEV¹, S.A. SHLYAPNIKOV¹, I.G. BELENKIY¹, E.K. GUMANENKO¹, S.A. LINNIK², V.O. TSAPENKO¹, E.A. PISTULGA¹

¹ St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: Infectious complications following internal fixation of closed fractures remain a major concern in modern trauma surgery. Given the large number of procedures performed, their absolute incidence remains



substantial. The consequences of fracture-related infection include repeat surgical interventions, prolonged hospitalization, impaired fracture healing, and persistent functional deterioration. Current approaches to preventing infectious complications are gradually shifting from identifying a single “predominant” risk factor toward a comprehensive assessment of patient-related factors, injury characteristics, and features of the planned surgical procedure.

OBJECTIVE: The aim of the work is to identify independent clinical and perioperative factors associated with exogenous osteomyelitis after internal fixation of closed long-bone fractures and to assess a working risk-stratification model.

MATERIALS AND METHODS: 193 patients with subsequent infection were compared with 143 patients without infectious complications. Multivariable logistic regression was used.

RESULTS: The Miller comorbidity index, >48 h surgery delay, >150 min operative duration, unstable fixation, liver disease and diabetes remained independent predictors in the working model. Unstable fixation showed the highest odds ratio. Working AUC was 0.82. Conclusion: postoperative exogenous osteomyelitis is multifactorial and risk can be estimated before overt infection develops, supporting differentiated preventive strategies.

KEYWORDS: risk factors, exogenous osteomyelitis, closed fracture, comorbidity, diabetes, unstable fixation, logistic regression, ROC analysis.

TO CITE THIS ARTICLE: Kondratev I.P., Shlyapnikov S.A., Belenkiy I.G., Gumanenko E.K., Linnik S.A., Tsapenko V.O., Pistulga E.A. Predictors of exogenous osteomyelitis after internal fixation of closed long-bone fractures. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):127-132. (In Russ.).

Введение

Инфекционные осложнения после внутренней фиксации закрытых переломов встречаются реже, чем при открытой травме, однако из-за большого количества выполняемых операций их абсолютное клиническое значение остается высоким. Последствия инфекции в зоне перелома включают повторные вмешательства, длительную госпитализацию, нарушение консолидации и стойкое ухудшение функции [1–4].

Современная профилактика постепенно смещается от поиска единственного «ведущего» фактора к оценке сочетания характеристик пациента, повреждения и операции. Коморбидность, сахарный диабет, нарушения тканевой перфузии, сроки операции, продолжительность вмешательства, состояние мягких тканей и качество фиксации рассматриваются как потенциально взаимодействующие компоненты риска [5–9]. Проблема состоит в том, что многие из этих признаков коррелируют между собой, поэтому результаты простого однофакторного сравнения могут переоценивать их самостоятельное значение.

Для практического применения модель риска должна использовать показатели, доступные до операции или сразу после нее. Это позволяет не просто прогнозировать осложнение, а менять тактику: корректировать модифицируемые нарушения, сокращать необоснованные отсрочки, выбирать менее травматичные способы стабилизации и усиливать послеоперационный мониторинг у пациентов высокого риска.

Цель исследования: определить независимые факторы, ассоциированные с развитием экзогенного остеомиелита после погружного остеосинтеза закрытых переломов длинных трубчатых костей, оценить рабочие характеристики системы стратификации риска.

Материал и методы

В сравнительный анализ включены две проспективно сформированные группы. Группа осложненного течения включала 193 пациента с закрытыми переломами длинных трубчатых костей после погружного остеосинтеза, у которых сформировался экзогенный послеоперационный остеомиелит. Группа неосложненного течения включала 143 пациента с сопоставимой исходной травмой и типом хирургического лечения, у которых инфекционного осложнения за период наблюдения не зарегистрировано.

Группы были сопоставимы по базовым клинико-демографическим характеристикам: возрасту, полу, анатомической локализации перелома и типу первичного остеосинтеза. Это позволяло анализировать коморбидные и периоперационные различия как потенциально самостоятельные предикторы, а не как прямое следствие принципиально различной структуры выборки.

Кандидатные признаки включали индекс коморбидности Miller, сахарный диабет, заболевания печени, срок от травмы до операции, длительность хирургического вмешательства и качество механической фиксации. Для оценки независимого вклада использовали многофакторную логистическую регрессию. Результаты



представляли как коэффициент β , отношение шансов (OR), 95 % доверительный интервал и р-значение. Дискриминационную способность рабочей модели оценивали ROC-анализом с расчетом AUC, чувствительности и специфичности.

Результаты

Группы были сопоставимы по базовым клинико-демографическим характеристикам: возрасту, полу, анатомической локализации перелома и типу первичного остеосинтеза (табл. 1).

Таблица 1. Базовые клинико-демографические характеристики сравниваемых групп

Характеристика	Осложненное течение, n = 193	Без инфекции, n = 143	p
Возраст, лет	49,8 ± 15,1	47,6 ± 14,8	0,18
Мужчины	122 (63,2 %)	86 (60,1 %)	0,56
Переломы костей голени	83 (43,0 %)	62 (43,4 %)	0,97
Накостный остеосинтез	119 (61,7 %)	84 (58,7 %)	0,58

После взаимной корректировки шесть факторов сохраняли независимую статистическую связь с осложненным течением (табл. 2). Наибольшее отношение шансов зарегистрировано для нестабильной фиксации. Системные факторы — забо-

левание печени, сахарный диабет и увеличение суммарной коморбидности — также демонстрировали самостоятельный вклад, что подтверждает многофакторную природу осложнений.

Таблица 2. Независимые факторы риска осложненного течения переломов длинных трубчатых костей

Фактор	β	OR	95 % ДИ	p
Индекс Miller, на 1 балл	0,278	1,32	1,16–1,51	<0,001
Операция >48 ч после травмы	0,732	2,08	1,19–3,63	0,010
Длительность операции >150 мин	0,638	1,89	1,05–3,41	0,034
Нестабильная фиксация	0,982	2,67	1,42–5,02	0,002
Заболевания печени	0,880	2,41	1,28–4,55	0,007
Сахарный диабет	0,718	2,05	1,05–4,01	0,036

Интерпретация коэффициентов показывает, что каждый дополнительный балл индекса Miller увеличивал шансы осложненного течения приблизительно на 32 %. Срок от травмы до операции более 48 часов ассоциировался с увеличением шансов примерно в 2,08 раза, длительность операции более 150 минут — в 1,89 раза, нестабильная фиксация — в 2,67 раза, заболевания печени — в 2,41 раза, сахарный диабет — в 2,05 раза.

Рабочая прогностическая модель демонстрировала AUC 0,82, чувствительность 78,2 % и специфичность 74,1 %; положительная прогностическая ценность составляла 80,3 %, отрицательная — 71,6 %. Эти показатели позволяют рассматривать модель прежде всего как инструмент клинической сортировки, а не абсолютного предсказания индивидуального исхода.

Клиническая интерпретация и стратификация риска

Практическая ценность выявленных факторов заключается в их доступности. Коморбидность, заболевания печени, сахарный диабет и фактический срок после травмы известны уже при планировании операции. Продолжительность вмешательства и качество фиксации

добавляются непосредственно после завершения первичного остеосинтеза. Таким образом, риск можно уточнять динамически, не ожидая появления гнойного отделяемого, свищей или рентгенологических признаков остеомиелита.

При низком суммарном риске может применяться стандартная тактика. При среднем риске логично усиливать коррекцию модифицируемых факторов и послеоперационный мониторинг. При высокой категории риска оправдано применение более щадящей хирургической стратегии: сокращение объема дополнительной травматизации тканей, использование малометаллоемких методов стабилизации и/или этапного подхода, сохраняя обязательное требование к функционально достаточной стабильности. Такой подход не противопоставляет анатомическую репозицию биологической концепции, а требует баланса механических и тканевых факторов.

Обсуждение

Результаты подтверждают, что инфекционные осложнения после остеосинтеза закрытого перелома не могут быть объяснены одним фактором. Наибольшая сила ассоциации нестабильной фиксации подчеркивает значение механической



среды: микроподвижность, нарушение реваскуляризации и повторная травматизация тканей потенциально препятствуют контролю инфекции. Однако близкие по величине OR для заболеваний печени, задержки операции и сахарного диабета показывают, что технически корректная фиксация не устраняет риск, связанный с соматическим фоном.

Связь диабета с инфекционными осложнениями биологически правдоподобна вследствие нарушений микроциркуляции, иммунного ответа и костной регенерации [5, 10]. Коморбидность в целом может суммировать несколько умеренных неблагоприятных воздействий и поэтому полезна как интегральная характеристика, особенно когда отдельные заболевания встречаются относительно редко.

Срок до операции требует осторожной интерпретации. Сам по себе временной интервал может отражать тяжесть пациента, необходимость стабилизации состояния, организационные задержки и особенности травмы. Поэтому результат не следует трактовать как универсальное требование выполнять остеосинтез любой ценой до 48 часов. Клиническое значение состоит в том, что неоправданная задержка потенциально модифицируема, тогда как обоснованная отсрочка должна рассматриваться в контексте общего риска.

Продолжительность операции также является комплексным маркером. Она отражает сложность перелома, опыт хирургической команды, объем доступа, число манипуляций с мягкими тканями и металлоемкость конструкции. Следовательно, порог 150 минут следует использовать как признак повышенного риска, а не как жесткий временной лимит.

Выводы

1. Развитие экзогенного остеомиелита после погружного остеосинтеза закрытых переломов длинных трубчатых костей имеет многофакторную природу.

2. В рабочей многофакторной модели независимую связь с осложненным течением сохраняли индекс Miller, операция позднее 48 часов после травмы, продолжительность вмешательства более 150 минут, нестабильная фиксация, заболевания печени и сахарный диабет.

3. Наибольшее отношение шансов выявлено для нестабильной фиксации, однако сопоставимый вклад системных факторов подтверждает необходимость одновременно учитывать технические и соматические характеристики пациента.

4. Предложенная стратификация может использоваться как инструмент ранней клинической сортировки и выбора интенсивности профилактических мероприятий после обязательной внешней валидации.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baertl S., Metsemakers W.J., Morgenstern M., et al. Fracture-related infection. *Bone Joint Res.* 2021;10(6):351-353. DOI: 10.1302/2046-3758.106.BJR-2021-0167.R1.
2. Bezstarosti H., Van Lieshout E.M.M., Voskamp L.W., et al. Insights into treatment and outcome of fracture-related infection: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(1):61-72. DOI: 10.1007/s00402-018-3048-0.
3. Buijs M.A.S., Haidari S., Ijpma F.F.A., et al. What can they expect? Decreased quality of life and increased postoperative complication rate in patients with a fracture-related infection. *Injury.* 2024 Apr;55(4):111425. DOI: 10.1016/j.injury.2024.111425.
4. Gadgaard N.R., Varum C., Nelissen R.G.H.H., et al. Comorbidity and risk of infection among patients with hip fracture: a Danish population-based cohort study. *Osteoporos Int.* 2023;34(10):1739-1749. DOI: 10.1007/s00198-023-06823-6.
5. Gupta A., Shin J., Oliver D., et al. Incidence and risk factors for surgical site infection (SSI) after primary hip hemiarthroplasty: an analysis of the ACS-NSQIP hip fracture procedure targeted database. *Arthroplasty.* 2023;5(1):1. DOI: 10.1186/s42836-022-00155-2.
6. Harris A.H.S., Trickey A.W., Eddington H.S., et al. A Tool to Estimate Risk of 30-day Mortality and Complications After Hip Fracture Surgery: Accurate Enough for Some but Not All Purposes? A Study From the ACS-NSQIP Database. *Clin Orthop Relat Res.* 2022;480(12):2335-2346. DOI: 10.1097/CORR.0000000000002294.



7. McNally M., Corrigan R., Sliepen J., et al. What Factors Affect Outcome in the Treatment of Fracture-Related Infection? *Antibiotics (Basel)*. 2022;11(7):946. DOI: 10.3390/antibiotics11070946.
8. Metsemakers W.J., Moriarty T.F., Morgenstern M., et al. The global burden of fracture-related infection: can we do better? *Lancet Infect Dis*. 2024;24(6):e386-e393. DOI: 10.1016/S1473-3099(23)00503-0.
9. Yong T.M., Rackard F.A., Dutton L.K., et al. Analyzing risk factors for treatment failure in fracture-related infection. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(3):1387-1392. DOI: 10.1007/s00402-021-04277-1.
10. Cai F., Liu Y., Liu K., et al. Diabetes mellitus impairs bone regeneration and biomechanics. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):169. DOI: 10.1186/s13018-023-03644-5.
11. Elmhiregh A., Ahmed A.F., Dabboussi A.M., et al. The impact of obesity on polytraumatized patients with operatively treated fractures. *Injury*. 2022;53(7):2519-2523. DOI: 10.1016/j.injury.2022.03.059.
12. Goldman A.H., Tetsworth K. AAOS Clinical Practice Guideline Summary: Prevention of Surgical Site Infection After Major Extremity Trauma. *J Am Acad Orthop Surg*. 2023;31(1):e1-e8. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-00792.
13. American Diabetes Association. 15. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes Care*. 2021;44(Suppl 1):S211-S220. DOI: 10.2337/dc21-S015.
14. Гуманенко Е.К., Хромов А.А., Линник С.А. и др. Стратегии и тактики ранней хирургической помощи пострадавшим с политравмами при переломах длинных костей: методология объективного выбора хирургической тактики (сообщение 1) // Политравма. 2024. № 2. С. 33–43. DOI: 10.24412/1819-1495-2024-2-33-43.
15. Бондаренко А.В., Гусейнов Р.Г., Герасимова О.А. и др. 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.
16. Baur A., Saiz A.M. Jr. Translating Biomarker Research into Clinical Practice in Orthopaedic Trauma: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2025;14(4):1329. DOI: 10.3390/jcm14041329.

REFERENCE

1. Baertl S., Metsemakers W.J., Morgenstern M., et al. Fracture-related infection. *Bone Joint Res*. 2021;10(6):351-353. DOI: 10.1302/2046-3758.106.BJR-2021-0167.R1.
2. Bezstarosti H., Van Lieshout E.M.M., Voskamp L.W., et al. Insights into treatment and outcome of fracture-related infection: a systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(1):61-72. DOI: 10.1007/s00402-018-3048-0.
3. Buijs M.A.S., Haidari S., IJpma F.F.A., et al. What can they expect? Decreased quality of life and increased postoperative complication rate in patients with a fracture-related infection. *Injury*. 2024 Apr;55(4):111425. DOI: 10.1016/j.injury.2024.111425.
4. Gadgaard N.R., Varnum C., Nelissen R.G.H.H., et al. Comorbidity and risk of infection among patients with hip fracture: a Danish population-based cohort study. *Osteoporos Int*. 2023;34(10):1739-1749. DOI: 10.1007/s00198-023-06823-6.
5. Gupta A., Shin J., Oliver D., et al. Incidence and risk factors for surgical site infection (SSI) after primary hip hemiarthroplasty: an analysis of the ACS-NSQIP hip fracture procedure targeted database. *Arthroplasty*. 2023;5(1):1. DOI: 10.1186/s42836-022-00155-2.
6. Harris A.H.S., Trickey A.W., Eddington H.S., et al. A Tool to Estimate Risk of 30-day Mortality and Complications After Hip Fracture Surgery: Accurate Enough for Some but Not All Purposes? A Study From the ACS-NSQIP Database. *Clin Orthop Relat Res*. 2022;480(12):2335-2346. DOI: 10.1097/CORR.0000000000002294.
7. McNally M., Corrigan R., Sliepen J., et al. What Factors Affect Outcome in the Treatment of Fracture-Related Infection? *Antibiotics (Basel)*. 2022;11(7):946. DOI: 10.3390/antibiotics11070946.
8. Metsemakers W.J., Moriarty T.F., Morgenstern M., et al. The global burden of fracture-related infection: can we do better? *Lancet Infect Dis*. 2024;24(6):e386-e393. DOI: 10.1016/S1473-3099(23)00503-0.
9. Yong T.M., Rackard F.A., Dutton L.K., et al. Analyzing risk factors for treatment failure in fracture-related infection. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(3):1387-1392. DOI: 10.1007/s00402-021-04277-1.
10. Cai F., Liu Y., Liu K., et al. Diabetes mellitus impairs bone regeneration and biomechanics. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):169. DOI: 10.1186/s13018-023-03644-5.
11. Elmhiregh A., Ahmed A.F., Dabboussi A.M., et al. The impact of obesity on polytraumatized patients with operatively treated fractures. *Injury*. 2022;53(7):2519-2523. DOI: 10.1016/j.injury.2022.03.059.
12. Goldman A.H., Tetsworth K. AAOS Clinical Practice Guideline Summary: Prevention of Surgical Site Infection After Major Extremity Trauma. *J Am Acad Orthop Surg*. 2023;31(1):e1-e8. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-00792.



13. American Diabetes Association. 15. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes Care*. 2021;44(Suppl 1):S211-S220. DOI: 10.2337/dc21-S015.

14. Gumanenko E.K., Khromov A.A., Linnik S.A., et al. Strategies and tactics of early surgical care for patients with polytrauma and long-bone fractures: methodology for the objective selection of surgical tactics (Part 1). *Polytrauma*. 2024;(2):33-43. (In Russ.) DOI: 10.24412/1819-1495-2024-2-33-43.

15. Bondarenko A.V., Guseynov R.G., Gerasimova O.A., et al. Incidence, risk factors, and characteristics of diaphyseal nonunions of the long bones of the lower extremities. *Polytrauma*. 2023;(2):36-44. (In Russ.) DOI: 10.24412/1819-1495-2023-2-36-44.

16. Baur A., Saiz A.M. Jr. Translating Biomarker Research into Clinical Practice in Orthopaedic Trauma: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2025;14(4):1329. DOI: 10.3390/jcm14041329.

АВТОРЫ

Кондратьев Игорь Павлович, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-0098-8445, SPIN: 8591-4666

Шляпников Сергей Алексеевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0002-6182-8333, SPIN: 7322-0509

Беленький Игорь Григорьевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334

Гуманенко Евгений Константинович, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-5974-503X, SPIN: 1488-2514

Линник Станислав Антонович, д.м.н. — ORCID: 0000-0002-4840-6662, SPIN: 3442-9930

Цапенко Владимир Олегович — ORCID: 0009-0002-9929-6528, SPIN-код: 9956-9840

Пистюльга Евгений Андреевич — ORCID: 0009-0004-2700-4789

AUTHORS

Kondratev Igor Pavlovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-0098-8445, SPIN: 8591-4666

Shlyapnikov Sergey Alekseyevich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0002-6182-8333, SPIN: 7322-0509

Belenkiy Igor Grigoryevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-9951-5183, SPIN: 6594-8334

Gumanenko Yevgeniy Konstantinovich, **Dr.Sci.** (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-5974-503X, SPIN: 1488-2514

Linnik Stanislav Antonovich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0002-4840-6662, SPIN: 3442-9930

Tsapenko Vladimir Olegovich — ORCID: 0009-0002-9929-6528, SPIN-код: 9956-9840

Pistulga Evgeniy Andreyevich — ORCID: 0009-0004-2700-4789



УДК [617.57/.58+616.718]-001.5-089:616-001

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_133_143

КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТАКТИКИ DAMAGE CONTROL ORTHOPAEDICS ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ И КОСТЕЙ ТАЗА У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ

© И.Ю. ХОДЖАНОВ¹, Ф.М. МАХСУДОВ², Л.А. АМОНОВ²

¹ Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии, Ташкент, Республика Узбекистан

² Навоийский филиал Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи, Навои, Республика Узбекистан

РЕЗЮМЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Переломы длинных трубчатых костей конечностей и костей таза при политравме сопровождаются выраженной системной воспалительной реакцией и риском множественной органной дисфункции. Согласно концепции «first hit—second hit», первичная травма запускает каскад патофизиологических реакций, а раннее травматичное вмешательство может усиливать системное повреждение. Это обосновывает применение Damage Control Orthopaedics (DCO) для профилактики осложнений и оптимизации хирургической тактики.

ЦЕЛЬ: обосновать эффективность этапной хирургической тактики лечения переломов длинных трубчатых костей конечностей и костей таза у пациентов с политравмой с позиции концепции «first hit—second hit».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проанализированы результаты лечения 307 пациентов с политравмой, находившихся на лечении в 2020—2026 гг. Основную группу составили 252 пациента, контрольную — 55. В основной группе применялась этапная тактика DCO: первичная временная стабилизация переломов, включая внешнюю фиксацию и фиксацию таза, с последующим отсроченным окончательным остеосинтезом после стабилизации системных показателей. В контрольной группе использовались традиционные хирургические подходы. Оценивали шкалы ISS и GCS, лабораторные показатели (CRP, лейкоциты, коагулограмма), данные рентгенографии, МСКТ и доплерографии; значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Временная внешняя фиксация в первые 24 часа после травмы способствовала стабилизации гемодинамики, снижению выраженности системной воспалительной реакции, уменьшению частоты SIRS и органной дисфункции. Отсроченный переход к окончательному остеосинтезу после регресса клинико-лабораторных признаков системного воспалительного ответа сопровождался снижением частоты гнойно-септических и тромбоэмболических осложнений, сокращением пребывания в ОРИТ, улучшением условий репаративной регенерации костной ткани и более благоприятными функциональными исходами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Этапная хирургическая тактика лечения переломов длинных трубчатых костей конечностей и таза у пациентов с политравмой патофизиологически обоснована. Принципы DCO позволяют минимизировать эффект «second hit», снизить риск системных осложнений и улучшить клинико-функциональные результаты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: политравма, переломы длинных трубчатых костей, переломы таза, Damage Control Orthopaedics, этапный остеосинтез, системная воспалительная реакция, множественная органная дисфункция.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Ходжанов И.Ю., Махсудов Ф.М., Амонов Л.А. Клиническое обоснование применения тактики Damage Control Orthopaedics при переломах длинных костей конечностей и костей таза у пациентов с политравмой // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 133—143.

CLINICAL JUSTIFICATION FOR THE USE OF DAMAGE CONTROL ORTHOPAEDICS TACTICS IN FRACTURES OF THE LONG BONES OF THE EXTREMITIES AND PELVIC BONES IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA

© I.YU. KHODZHANOV¹, F.M. MAKHSUDOV², L.A. AMONOV³

¹ Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Traumatology And Orthopedics, Tashkent, Uzbekistan

² Navoi branch of Republican Research Center of Emergency Medicine, Navoi, Uzbekistan



ABSTRACT

BACKGROUND: Fractures of the long tubular bones of the extremities and pelvic bones in polytrauma are accompanied by a pronounced systemic inflammatory response and a risk of multiple organ dysfunction. According to the “first hit–second hit” concept, the primary injury initiates a cascade of pathophysiological reactions, while early traumatic surgery may aggravate systemic damage. This substantiates the use of Damage Control Orthopaedics (DCO) for complication prevention and optimization of surgical tactics.

AIM of the article is to justify the effectiveness of staged surgical treatment of long tubular bone and pelvic fractures in patients with polytrauma from the standpoint of the “first hit–second hit” concept.

MATERIALS AND METHODS: Treatment outcomes of 307 patients with polytrauma have been treated in 2020–2026 were analyzed. The main group included 252 patients, and the control group included 55 patients. In the main group, staged DCO tactics were used: primary temporary fracture stabilization, including external and pelvic fixation, followed by delayed definitive osteosynthesis after stabilization of systemic parameters. In the control group, traditional surgical approaches were used. Assessment included ISS and GCS scales, laboratory parameters (CRP, leukocytes, coagulation tests), radiography, MSCT and Doppler ultrasound data; differences were considered significant at $p < 0.05$.

RESULTS: Temporary external fixation within the first 24 hours after injury contributed to hemodynamic stabilization, reduction of systemic inflammatory response severity, and a decrease in the incidence of SIRS and organ dysfunction. Delayed conversion to definitive osteosynthesis after regression of clinical and laboratory signs of systemic inflammatory response was associated with a lower rate of purulent–septic and thromboembolic complications, shorter ICU stay, improved conditions for reparative bone regeneration, and more favorable functional outcomes.

CONCLUSION: Staged surgical treatment of long tubular bone and pelvic fractures in patients with polytrauma is pathophysiologically justified. DCO principles minimize the “second hit” effect, reduce the risk of systemic complications, and improve clinical and functional results.

KEYWORDS: polytrauma, long tubular bone fractures, pelvic fractures, Damage Control Orthopaedics, staged osteosynthesis, systemic inflammatory response, multiple organ dysfunction.

TO CITE THIS ARTICLE: Khodzhanov I.Yu., Makhsudov F.M., Amonov L.A. Clinical justification for the use of Damage Control Orthopaedics tactics in fractures of the long bones of the extremities and pelvic bones in patients with polytrauma. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):133–143. (In Russ.).

Введение

Лечение пациентов с политравмой остается одной из наиболее сложных и актуальных проблем современной травматологии и ортопедии [2, 3, 9]. В рамках концепции травматической болезни тяжелая травма рассматривается как системный патологический процесс, сопровождающийся выраженными нейроэндокринными, иммуновоспалительными и коагуляционными нарушениями [2, 5]. Первичное повреждение («first hit») инициирует каскад системных реакций, включающий высвобождение провоспалительных цитокинов, активацию коагуляционного звена гемостаза и развитие эндотелиальной дисфункции [11, 12]. Переломы длинных костей конечностей и костей таза в структуре политравмы характеризуются высокоэнергетическим механизмом травмы, значительной кровопотерей и обширным повреждением мягких тканей [1, 6, 7]. Указанные факторы существенно повышают риск развития системных осложнений, включая травматическую коагулопатию, острый респираторный дистресс-синдром и инфекционные процессы. Выполнение травматичных и продол-

жительных оперативных вмешательств в раннем посттравматическом периоде может выступать в роли «second hit», усиливая системный воспалительный ответ и способствуя развитию полиорганной дисфункции [11, 12, 14]. Понимание патофизиологических механизмов парадигмы «first hit–second hit» послужило основанием для внедрения концепции Damage Control Orthopaedics (DCO), предусматривающей этапную хирургическую тактику лечения пациентов с политравмой [11–13]. Для оценки тяжести повреждений у пациентов с политравмой широко используется шкала Injury Severity Score (ISS), позволяющая объективно стратифицировать тяжесть травмы и прогнозировать исходы лечения [8, 9]. Наличие сочетанных повреждений значительно утяжеляет клиническое течение политравмы и повышает риск развития системных осложнений [2, 3]. Открытые переломы длинных костей при политравме сопровождаются высоким риском инфекционных осложнений и требуют применения дифференцированной хирургической тактики [6, 7]. Современные исследования показали, что применение этапной тактики Damage Control



Orthopaedics позволяет снизить частоту системных осложнений и улучшить исходы лечения у пациентов с политравмой [11–15].

Цель исследования: клинико-патофизиологическое обоснование применения стратегии Damage Control Orthopaedics при переломах длинных костей конечностей и костей таза у пациентов с политравмой в рамках концепции «first hit–second hit» и оценка ее влияния на частоту осложнений, сроки окончательного остеосинтеза и функциональные результаты лечения.

Материалы и методы

Исследование выполнено в формате когортного анализа. В него включены 307 пациентов с переломами длинных костей конечностей и костей таза в структуре политравмы, проходивших лечение в отделении сочетанных и осложненных травм Навоийского филиала Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи в 2020–2026 гг.

Работа проводилась с позиций патофизиологического анализа травматической болезни и оценки хирургического вмешательства как потенциального вторичного повреждающего фактора («second hit») на фоне первичной травматической агрессии («first hit»).

Критерии включения: множественные и сочетанные повреждения с переломами длинных костей конечностей и таза, тяжесть травмы ISS ≥ 16 , наличие клинико-лабораторных признаков SIRS в раннем периоде травматической болезни.

Критерии исключения: изолированные переломы без политравмы, терминальное состояние при поступлении, выраженная декомпенсированная сопутствующая патология.

В зависимости от хирургической тактики пациенты распределены на две группы:

основная — этапное лечение по принципам DCO;

контрольная — традиционная тактика.

Применялась этапная хирургическая тактика лечения, основанная на принципах Damage Control Orthopaedics и концепции «first hit–second hit».

Этапное лечение включало два этапа:

I этап (Damage Control) — в первые 24 часа: малоинвазивный внеочаговый остеосинтез аппаратами внешней фиксации.

Задачи: быстрая стабилизация сегмента, минимизация кровопотери, уменьшение болевого синдрома и системной воспалительной реакции.

II этап (окончательный остеосинтез) — внутренняя стабилизация переломов после стабилизации состояния пациента.

Методы: блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, накостный остеосинтез пластинами, комбинированные методы.

Критерий перехода: нормализация гемодинамических, респираторных и лабораторных показателей для минимизации риска «second hit».

Основная группа — 82 % (n = 252). Лечение проводилось с учетом фазности травматической болезни и системного воспалительного ответа. В острой фазе объем операций ограничивался. Тактика включала:

- временную стабилизацию переломов бедренной кости и костей голени;
- малоинвазивную фиксацию переломов плечевой кости и костей предплечья;
- щадящую стабилизацию повреждений таза;
- отсроченный окончательный остеосинтез после стабилизации витальных функций.

Подход был направлен на профилактику «second hit», снижение системного воспаления и полиорганной недостаточности.

Контрольная группа — 18 % (n = 55). Применялась традиционная тактика ранней тотальной фиксации без учета фазности травматической болезни и концепции «first hit–second hit». Выполнялся ранний окончательный остеосинтез переломов бедренной кости, костей голени, плечевой кости, костей предплечья и таза.

Методы исследования

Клиническая оценка состояния пациентов включала определение тяжести травмы по шкале Injury Severity Score (ISS), а также оценку уровня сознания по шкале комы Глазго (Glasgow Coma Scale, GCS). Дополнительно проводился динамический мониторинг витальных функций, включая показатели гемодинамики, частоту дыхания, уровень насыщения крови кислородом и параметры системной перфузии. Лабораторные исследования предусматривали определение уровня лейкоцитов, концентрации С-реактивного белка, показателей системы гемостаза (коагулограмма), анализ газового состава артериальной крови, а также биохимических маркеров, отражающих развитие системной воспалительной реакции и полиорганной дисфункции. Инструментальная диагностика включала рентгенографию костей голени и других сегментов скелета в стандартных проекциях. При сложных и многооскольчатых переломах выполнялась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с целью уточнения характера повреждений. Для оценки состояния сосудов нижних конечностей проводилась ультразвуковая доплерография.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием параметрических



и непараметрических методов статистического анализа в зависимости от характера распределения изучаемых показателей. Количественные данные представлены в виде среднего начения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Достоверность различий между группами оценивалась с применением соответствующих статистических критериев; различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Этические аспекты

Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013) и международными стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice, GCP). Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Навоийского филиала Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи. Все пациенты либо их законные представители подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных. Конфиденциальность полученной информации обеспечивалась путем

анонимизации данных и использования кодированных идентификаторов пациентов.

Результаты

В исследование включены 307 пациентов с переломами длинных трубчатых костей конечностей и костей таза в структуре политравмы. Мужчины составили 221 (72,0 %), женщины — 86 (28,0 %), что отражает преобладание травматизма среди лиц трудоспособного возраста, преимущественно вследствие дорожно-транспортных происшествий и производственных травм. Средний возраст пациентов составил $38,6 \pm 12,4$ г. (диапазон 18–74 года). Наибольшую долю составили лица в возрасте 20–49 лет — 198 человек (64,5 %). Распределение по возрастным группам было следующим: 18–29 лет — 74 (24,1 %), 30–49 лет — 124 (40,4 %), 50–64 года — 79 (25,7 %), ≥ 65 лет — 30 (9,8 %). Большинство пациентов были доставлены бригадой скорой медицинской помощи — 238 (77,5 %). Самостоятельно обратились 41 (13,4 %) пациент, переведены из других медицинских учреждений — 28 (9,1 %).

Данные о распределении пациентов в зависимости от выраженности травматического шока и времени госпитализации приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пациентов в зависимости от степени шока и времени доставки в стационар (n = 307)

Степень шока	≤ 1 час	1–3 часа	3–6 часов	> 6 часов	Всего
Без шока (n = 68)	34 (50,0 %)	22 (32,4 %)	8 (11,8 %)	4 (5,8 %)	68
Шок I (n = 97)	30 (30,9 %)	42 (43,3 %)	17 (17,5 %)	8 (8,3 %)	97
Шок II (n = 92)	20 (21,7 %)	41 (44,6 %)	22 (23,9 %)	9 (9,8 %)	92
Шок III (n = 50)	12 (24,0 %)	23 (46,0 %)	9 (18,0 %)	6 (12,0 %)	50
Всего	96	128	56	27	307

Таким образом, 224 пациента (72,9 %) были госпитализированы в первые 3 часа после травмы. В совокупности шок II–III степени выявлен у 142 пациентов (46,3 %), что свидетельствует о высокой тяжести первичного системного повреждения («first hit»).

Полученные данные свидетельствуют, что большинство пациентов представляли трудоспособный контингент мужского пола, доставленный в стационар в ранние сроки после травмы. Почти половина пострадавших поступала в состоянии выраженного травматического шока, что подтверждает тяжесть системной воспалительной и гемодинамической реакции в раннем периоде травматической болезни.

Анализ механизмов травмы показал, что преобладали дорожно-транспортные происшествия — 46,9 % (n = 144). Падения с высоты составили 24,8 % (n = 76), производственные травмы — 15,3 % (n = 47), бытовые травмы — 8,5 % (n = 26), иные механизмы (сдавление, спортивные травмы и др.) — 4,5 % (n = 14).

Пациенты с высокоэнергетическим механизмом повреждения (ДТП и падение с высоты) имели статистически значимо более высокий показатель ISS по сравнению с другими группами ($p < 0,05$). Распределение пациентов по характеру выполняемой до травмы работы представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение пациентов по характеру трудовой деятельности до травмы (n = 307)

Характер трудовой деятельности	Абс. число (n)	%
Лица физического труда	128	41,7
Рабочие промышленных предприятий	58	18,9
Служащие и офисные работники	51	16,6
Временно неработающие	42	13,7
Пенсионеры	21	6,8
Прочие категории	7	2,3
Итого	307	100,0



Высокая доля пациентов трудоспособного возраста (68,4 %) подчеркивает значительную социально-экономическую значимость переломов длинных трубчатых костей конечностей и костей таза в структуре политравмы. У данной категории пострадавших повреждения сопровождаются длительной временной утратой трудоспособности, увеличением сроков госпитализации и реабилитации, а также значительными экономическими затратами системы здравоохранения. Полученные результаты согласуются с патофизиологической концепцией «first hit—second hit». Высокоэнергетический механизм травмы инициирует выраженный первичный системный воспалительный ответ («first hit»), характеризующийся активацией провоспалительных цитокинов, нарушениями коагуляционного гемостаза и метаболическими расстройствами. У пациентов с тяжелой политравмой (ISS ≥ 25) признаки системной воспалительной реакции выявлялись в 72,1 % наблюдений. Проведение травматичных и продолжительных хирургических вмешательств в период системной нестабильности организма может выступать в качестве дополнительного повреждающего фактора («second hit»), усиливая выраженность системной воспалительной реакции и повышая риск развития полиорганной дисфункции. Сравнительный анализ показал, что у пациентов, которым выполнялся ранний окончательный остеосинтез в условиях физиологической нестабильности, частота системных осложнений достигала 31,8 %, тогда как при применении этапной тактики Damage Control Orthopaedics данный показатель составил 14,6 % ($p = 0,01$).

Риск развития полиорганной дисфункции при выполнении травматичного окончательного остеосинтеза в ранний период травматической болезни был статистически значимо выше (OR = 2,7; 95 % CI: 1,4–5,1; $p = 0,003$). Допол-

нительно установлено, что тяжесть травмы (ISS ≥ 25) является независимым прогностическим фактором развития системных осложнений (OR = 3,1; 95 % CI: 1,6–5,8; $p = 0,002$), а сочетание переломов длинных трубчатых костей с повреждениями таза увеличивает риск развития полиорганной недостаточности в 2,4 раза (OR = 2,4; 95 % CI: 1,2–4,6; $p = 0,01$).

Таким образом, полученные данные подтверждают, что механизм травмы и исходная тяжесть повреждений являются ключевыми детерминантами неблагоприятного течения травматической болезни. С клинко-патофизиологической точки зрения это обосновывает целесообразность применения этапной хирургической тактики в соответствии с принципами Damage Control Orthopaedics, направленной на минимизацию эффекта «second hit», стабилизацию физиологического состояния пациента и снижение частоты системных осложнений у больных с политравмой.

Для стандартизации морфологической характеристики переломов использовалась международная классификация АО/ОТА (2018), позволяющая объективизировать тип повреждений и обеспечить сопоставимость полученных результатов с данными современных клинических исследований. Анализ структуры повреждений у пациентов с политравмой ($n = 307$) показал, что наибольшую долю составили переломы длинных трубчатых костей конечностей — бедренной, большеберцовой, плечевой костей и костей предплечья, а также переломы костей таза. Распределение переломов по типам согласно классификации АО/ОТА представлено в таблице 3.

Оценка тяжести травматических повреждений по шкале Injury Severity Score (ISS) показала, что у большинства пациентов имела место тяжелая политравма.

Таблица 3. Распределение переломов длинных трубчатых костей конечностей и костей таза по классификации АО/ОТА (2018) у пациентов с политравмой ($n = 307$)

Локализация перелома	Код АО/ОТА	Количество (n)	%
Переломы диафиза бедренной кости	32	64	20,8
Переломы дистального отдела бедренной кости	33	18	5,9
Переломы диафиза большеберцовой кости	42	98	31,9
Переломы проксимального отдела костей голени	41	21	6,8
Переломы диафиза плечевой кости	12	32	10,4
Переломы диафизов костей предплечья (лучевой и локтевой)	22	36	11,7
Переломы костей таза	61	38	12,5
Всего		307	100

Примечание. Переломы диафизов длинных трубчатых костей нижних конечностей (АО/ОТА 32 и 42) встречались достоверно чаще по сравнению с переломами других локализаций ($p < 0,05$).

Таблица 4. Распределение пациентов по тяжести политравмы по шкале ISS ($n = 307$)

Тяжесть травмы	ISS (баллы)	Количество пациентов	%
Политравма средней тяжести	16–24	128	41,7
Тяжелая политравма	25–40	116	37,8
Крайне тяжелая политравма	≥ 40	63	20,5
Всего		307	100

Так, ISS = 16–24 балла зарегистрирован у 128 пациентов (41,7 %), ISS = 25–40 баллов – у 116 пациентов (37,8 %), а крайне тяжелая политравма (ISS ≥ 40) отмечена у 63 пациентов (20,5 %). Следует отметить, что именно у пациентов с ISS ≥ 25 наиболее часто развивались признаки системной воспалительной реакции, что соответствовало патофизиологической концепции «first hit–second hit» и требовало применения этапной хирургической тактики в рамках Damage Control Orthopaedics.

Среди пациентов с переломами длинных трубчатых костей конечностей у значительной части пострадавших диагностированы открытые переломы, что отражает высокоэнергетический характер травмы при политравме.

Таблица 5. Распределение открытых переломов по классификации Gustilo-Anderson ($n = 307$)

Тип открытого перелома	Количество пациентов	%
Тип I	21	6,8
Тип II	42	13,7
Тип IIIA	18	5,9
Тип IIIB	13	4,2
Тип IIIC	5	1,6
Итого	99	32,2

Примечание. Переломы типа IIIA–IIIC сопровождались статистически значимо более высокой частотой инфекционных осложнений ($p < 0,01$).

Анализ показал, что наиболее часто встречались открытые переломы II типа, выявленные у 42 пациентов (13,7 %). Открытые переломы III типа, характеризующиеся выраженным повреждением мягких тканей и высоким риском инфекционных осложнений, были диагностированы у 36 пациентов (11,7 %), включая подтипы IIIA, IIIB и IIIC. Наличие тяжелых открытых переломов существенно повышало риск развития системной воспалительной реакции и осложнений, что обосновывает применение принципов Damage Control Orthopaedics с целью минимизации эффекта «second hit» у пациентов с тяжелой политравмой.

Таблица 6. Локализация сочетанных повреждений у пациентов с политравмой ($n = 307$)

Локализация повреждений	Количество пациентов	%
Черепно-мозговая травма (ЧМТ)	124	40,4
Травмы грудной клетки	98	31,9
Повреждения органов брюшной полости	56	18,2
Повреждения позвоночника	37	12,1
Повреждения сосудов конечностей	22	7,2

Анализ структуры сочетанных повреждений продемонстрировал, что у пациентов с политравмой наиболее часто диагностировалась черепно-мозговая травма – у 124 пациентов (40,4 %). Повреждения грудной клетки выявлены у 98 пациентов (31,9 %) и в значительном числе случаев сопровождались развитием дыхательной недостаточности и повышением риска системной гипоксии. Травмы органов брюшной полости зарегистрированы у 56 пациентов (18,2 %), тогда как повреждения позвоночника отмечены у 37 пациентов (12,1 %). Наличие сочетанных повреждений существенно утяжеляет клиническое течение политравмы, усиливает выраженность системной воспалительной реакции и соответствует патофизиологическим механизмам феномена «first hit».

Сравнительный анализ показал, что основная и контрольная группы были сопоставимы по основным клинико-демографическим характеристикам и тяжести травмы. Среднее значение ISS составило $27,6 \pm 6,3$ балла в основной группе и $26,9 \pm 6,7$ балла в контрольной группе ($p > 0,05$). Распределение пациентов по категориям тяжести травмы (ISS 16–24, 25–40 и ≥ 40 баллов) также статистически значимо не различалось между группами, что подтверждает их сопоставимость и корректность последующего сравнительного анализа результатов лечения.

Анализ лабораторных показателей показал, что у пациентов с тяжелой политравмой отмечалось достоверное повышение биомаркеров системной воспалительной реакции. Так, уровень С-реактивного белка (CRP) в группе пациентов, у которых применялась тактика Damage Control Orthopaedics (DCO), составил $78,6 \pm 21,4$ мг/л, тогда как в группе ранней тотальной фиксации – $62,3 \pm 19,8$ мг/л ($p < 0,05$). Концентрация интерлейкина-6 (IL-6) также была статистически значимо выше в группе DCO ($92,5 \pm 30,2$ пг/мл) по сравнению с группой ранней тотальной фиксации ($68,7 \pm 24,6$ пг/мл) ($p < 0,05$). Уровень лак-

тата крови, отражающий степень тканевой гипоперфузии, составил $4,8 \pm 1,3$ ммоль/л у пациентов

основной группы против $3,6 \pm 1,1$ ммоль/л в контрольной группе ($p < 0,05$).

Таблица 7. Сравнительная характеристика пациентов основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа (DCO) n = 252	Контрольная группа n = 55	p
Возраст, лет (M $\pm$ SD)	37,9 $\pm$ 11,8	39,4 $\pm$ 12,7	>0,05
Мужчины, n (%)	182 (72,2 %)	39 (70,9 %)	>0,05
ISS, баллы (M $\pm$ SD)	27,6 $\pm$ 6,3	26,9 $\pm$ 6,7	>0,05
ISS 16–24, n (%)	103 (40,9 %)	25 (45,5 %)	>0,05
ISS 25–40, n (%)	96 (38,1 %)	20 (36,4 %)	>0,05
ISS $\geq$ 40, n (%)	53 (21,0 %)	10 (18,1 %)	>0,05
Шок II–III степени, n (%)	118 (46,8 %)	24 (43,6 %)	>0,05
Наличие ЧМТ, n (%)	101 (40,1 %)	23 (41,8 %)	>0,05
Повреждения грудной клетки, n (%)	81 (32,1 %)	17 (30,9 %)	>0,05
Повреждения органов брюшной полости, n (%)	47 (18,6 %)	9 (16,4 %)	>0,05

Примечание. ISS – Injury Severity Score; данные представлены в виде M $\pm$ SD или n (%). Различия между группами статистически недостоверны ($p > 0,05$), что свидетельствует о сопоставимости групп по тяжести травмы.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у пациентов с выраженной системной воспалительной реакцией и метаболическими нарушениями применение тактики Damage Control Orthopaedics является патофизиологически обоснованным хирургическим подходом, позволяющим минимизировать риск развития эффекта «second hit» и снизить вероятность прогрессирования полиорганной дисфункции.

Распределение пациентов осуществлялось с учетом локализации повреждений длинных трубчатых костей и костей таза, а также на основе патофизиологической концепции «first hit–second hit». В исследование были включены пациенты с переломами бедренной кости, костей голени, плечевой кости, костей предплечья и костей таза в структуре политравмы.

Клинический случай

Пациент, мужчина, 34 г., доставлен в стационар после дорожно-транспортного происшествия.

Диагноз при поступлении:

Политравма. Закрытая черепно-мозговая травма, сотрясение головного мозга. Закрытая травма груди, двусторонний экссудативный плеврит. Закрытая травма живота, разрыв левой доли печени. Закрытый перелом левой лучевой кости со смещением отломков. Открытый перелом дистального метафиза правой бедренной кости со смещением отломков. Закрытые оскольчатые переломы диафизов обеих большеберцовых костей со смещением отломков. Закрытые переломы правой пяточной кости и IV–V плюсневых костей стопы со смещением отломков. Травматический шок II–III степени. Тяжесть травмы по шкале ISS – 34 балла.



Рис. 1. Рентгенограммы переломов костей нижних конечностей пациента при поступлении

На момент поступления отмечались:

- артериальная гипотензия (АД 80/50 мм рт.ст.),
- тахикардия 128 уд/мин,
- лактат 5,6 ммоль/л,
- BE – 8,
- признаки SIRS.

Первичное повреждение («first hit») включало массивную тканевую травму, кровопотерю, разрыв паренхиматозного органа (печени) и множественные переломы длинных костей. Это привело к активации системного воспалительного ответа, выбросу провоспалительных цитокинов и выраженной эндотелиальной дисфункции. В условиях травматического шока выполнение длительного и травматичного окончательного остеосинтеза могло бы выступить в роли «second hit», усилив:

- гиперинфламацию,
- микроциркуляторные расстройства,
- риск ОРДС,
- вероятность полиорганной недостаточности.

Этап I – Damage Control (профилактика second hit)

В первые часы после стабилизации гемодинамики выполнены:

- 1) дренирование плевральных полостей;
- 2) диагностическая лапароскопия, ушивание поврежденной левой доли печени и дренирование брюшной полости;
- 3) инфузионно-трансфузионная терапия;
- 4) противошоковые мероприятия;
- 5) временная стабилизация переломов обеих костей голени аппаратом внешней фиксации;
- 6) первичная хирургическая обработка открытого перелома бедра с временной фиксацией аппаратом внешней фиксации.

Продолжительность вмешательства – минимизирована (до 60 минут).

Кровопотеря – контролируемая.

Цель этапа – ограничение хирургической агрессии в фазе гиперинфламации.

Динамика состояния к 5–7 суткам:

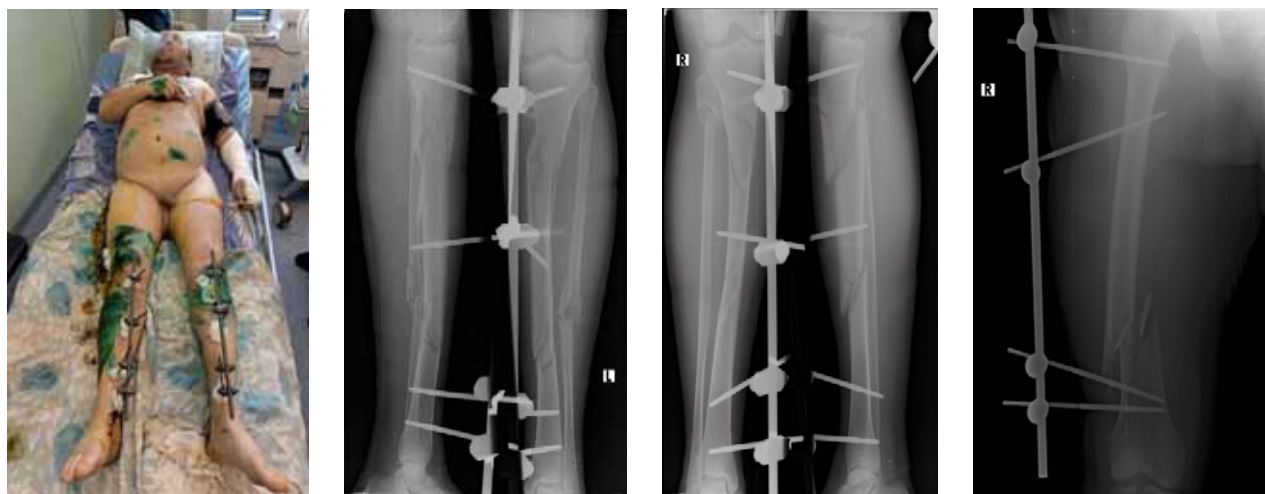


Рис. 2. Первый этап лечения: временная стабилизация переломов аппаратами внешней фиксации

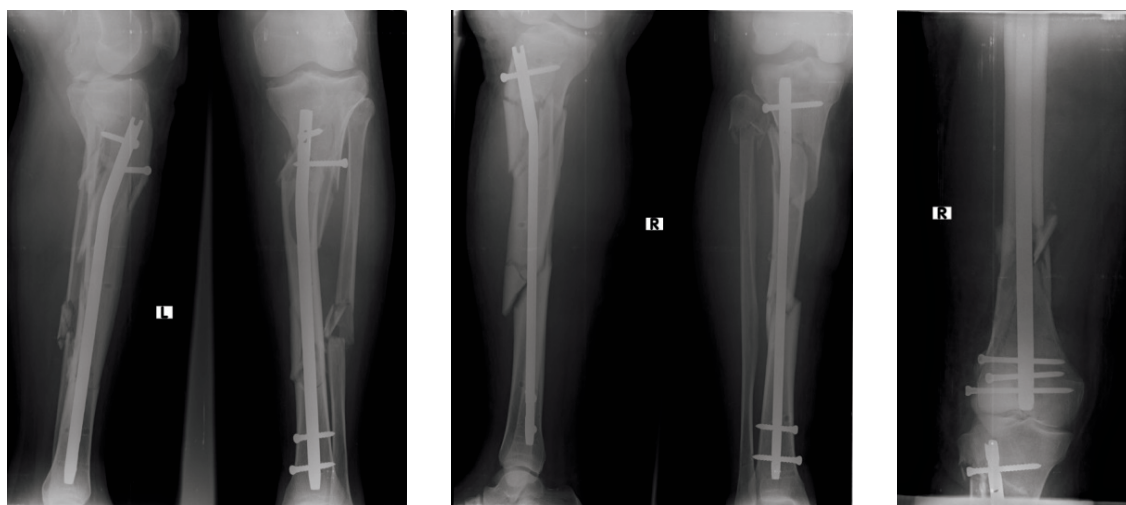


Рис. 3. Второй этап лечения: состояние после окончательного интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза костей обеих голени и правой бедренной кости



- нормализация гемодинамики;
- лактат 1,8 ммоль/л;
- BE – 2;
- регресс SIRS;
- стабилизация показателей дыхательной функции.

Системная воспалительная реакция перешла в фазу относительной стабилизации.

Этап II – Окончательный остеосинтез

После стабилизации состояния выполнен закрытый интрамедуллярный блокируемый остеосинтез обеих костей голени и правой бедренной кости.

Оперативное вмешательство проведено в «безопасное окно» (safe window), что исключило реализацию повторного воспалительного удара.

Послеоперационный период протекал без признаков ОРДС и полиорганной недостаточности.

Представленный клинический случай демонстрирует, что при исходно тяжелом состоянии пациента с ISS > 30 выполнение раннего окончательного остеосинтеза в фазе активной гиперинфламации могло бы реализовать механизм «second hit». Применение этапной хирургической тактики позволило: контролировать системную воспалительную реакцию, снизить риск эндотелиальной дисфункции, предотвратить развитие ОРДС, обеспечить оптимальные условия для остеорегенерации. Таким образом, этапный остеосинтез в рамках концепции «first hit–second hit» является патофизиологически обоснованной стратегией лечения переломов костей голени у пациентов с тяжелой политравмой.

Для оценки эффективности лечения пациентов основной и контрольной групп применялась шкала Любошица-Маттиса-Шварцберга.

Оценка проводилась через 12 месяцев после травмы.

Основная группа (n = 252)

Хорошие результаты – 198 пациентов (78,6 %).

Удовлетворительные – 42 пациента (16,7 %).

Неудовлетворительные – 12 пациентов (4,7 %).

Совокупная доля благоприятных исходов (хорошие + удовлетворительные) составила 95,3 %.

Контрольная группа (n = 55)

Хорошие результаты – 30 пациентов (54,5 %).

Удовлетворительные – 15 пациентов (27,3 %).

Неудовлетворительные – 10 пациентов (18,2 %).

Совокупная доля благоприятных исходов составила 81,8 %.

Сравнительный анализ показал: увеличение частоты хороших результатов в основной группе

на 24,1 %; снижение частоты неудовлетворительных исходов в 3,9 раза; различия статистически значимы ($\chi^2 = 12,4$; $p < 0,01$). Относительный риск неудовлетворительного исхода при применении этапной тактики составил: $RR = 0,26$, что свидетельствует о снижении риска неблагоприятного исхода на 74 %.

- Полученные данные подтверждают, что применение этапной хирургической тактики с учетом концепции «first hit – second hit» позволяет:
- минимизировать выраженность системной воспалительной реакции;
- предотвратить реализацию «second hit»;
- снизить частоту полиорганной дисфункции;
- улучшить анатомо-функциональные результаты лечения переломов костей голени у пациентов с политравмой.

Заключение

Проведенное исследование, включившее 307 пациентов с политравмой и переломами костей голени, убедительно продемонстрировало клиническую и патофизиологическую обоснованность этапной хирургической тактики, реализованной в соответствии с положениями концепции «first hit–second hit».

В основной группе (n = 252; 82 %), где лечение осуществлялось с учетом фазности травматической болезни и профилактики реализации «second hit», частота тяжелых системных осложнений была достоверно ниже по сравнению с контрольной группой (n = 55; 18 %).

Так, частота ОРДС составила 8,3 % против 21,8 % ($p < 0,01$), полиорганной недостаточности – 6,7 % против 18,2 % ($p < 0,01$), летальность – 3,2 % против 10,9 % ($p < 0,05$). Относительный риск развития неблагоприятного исхода при применении этапной тактики составил $RR = 0,26$, что соответствует снижению риска на 74 %.

Анатомо-функциональные результаты по шкале Любошица-Маттиса-Шварцберга также продемонстрировали статистически значимое преимущество основной группы: хорошие результаты достигнуты у 78,6 % пациентов против 54,5 % в контрольной группе, тогда как частота неудовлетворительных исходов снизилась с 18,2 % до 4,7 % ($\chi^2 = 12,4$; $p < 0,01$).

Полученные данные подтверждают, что выполнение окончательного остеосинтеза в фазе гиперинфламации усиливает системный воспалительный ответ и может реализовать механизм «second hit», тогда как применение Damage Control Orthopaedics с отсроченным остеосинтезом в «безопасное окно» позволяет ограничить дополнительную хирургическую агрессию, ста-



билизовать иммуновоспалительный баланс и снизить частоту полиорганной дисфункции.

Таким образом, учет концепции «first hit—second hit» при выборе хирургической тактики у пациентов с политравмой является не только теоретически

обоснованным, но и клинически доказанным фактором улучшения исходов лечения. Этапная стратегия должна рассматриваться как стандарт ведения пострадавших с тяжелой сочетанной травмой и множественными переломами костей голени.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуманенко Е.К., Хромов А.А., Линник С.А. и др. Стратегии и тактики ранней хирургической помощи пострадавшим с политравмами при переломах длинных костей: методология объективного выбора хирургической тактики (сообщение 1) // Политравма. 2024. № 2. С. 33–43. DOI: 10.24412/1819-1495-2024-2-33-43.
2. Гуманенко Е.К., Завражнов А.А., Супрун А.Ю., Хромов А.А. Тяжелая сочетанная травма и политравма: определение, классификация, клиническая характеристика, исходы лечения // Политравма. 2021. № 4. С. 6–17. DOI: 10.24412/1819-1495-2021-4-6-17.
3. Хромов А.А., Гуманенко Е.К., Линник С.А. и др. Эволюция стратегии и тактики лечения пострадавших с тяжелой сочетанной травмой и политравмой // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31232>.
4. Тулунов А.Н., Мануковский В.А., Парфенов В.Е. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению политравмы: учебно-методическое пособие / под ред. проф. В.А. Мануковского. — СПб НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе, СПб., 2021. 88 с.
5. Тулунов А.Н. Тяжелая сочетанная травма. СПб.: Русский Ювелир, 2015. 314 с.
6. Арискина О.Б., Афончиков В.Ю., Ашраф Н.Д. и др. Сочетанная механическая травма: Руководство для врачей / под ред. А.Н. Тулунова. СПб.: Стикс, 2012. 485 с. EDN: ZDCSMJ.
7. Дулаев А.К., Кутянов Д.И., Тулунов А.Н. Переломы костей конечностей у пострадавших с политравмой: учебное пособие. Санкт-Петербург: НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2017. 36 с.
8. Тулунов А.Н., Бесаев Г.М., Синенченко Г.И. и др. Оценка тяжести повреждений и динамическое прогнозирование при сочетанной травме: учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2014. 53 с.
9. Тулунов А. Н., Мануковский В.А., Арискина О.Б. и др. Политравма: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 960 с. DOI: 10.33029/9704-6527-1-РТО2022-1-960. EDN: LUNWNJ.
10. Преснов Р.А., Кажанов И.В., Каськов А.Ю. и др. Опыт применения противошоковых канюлированных винтов при тяжелых травмах таза // Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2025. Т. 14, № 3. С. 478–486. DOI: 10.23934/2223-9022-2025-14-3-478-486.
11. Volpin G., Pfeifer R., Saveski J., et al. Damage control orthopaedics in polytraumatized patients- current concepts. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;12(1):72-82. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.10.018.
12. Guerado E., Bertrand M.L., Cano J.R., et al. Damage control orthopaedics: State of the art. *World J Orthop*. 2019;10(1):1-13. DOI: 10.5312/wjo.v10.i1.1.
13. Martínez R.A., Gómez-Sierra M.A., Ossa A.A., et al. Damage control in orthopaedical and traumatology. *Colomb Méd (Cali)*. 2021;52(2):e4184802. DOI: 10.25100/cm.v52i2.4802.
14. Gupta B., Farooque K. Early total care to early appropriate care — What every anesthesiologist must know!. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2023;39(1):3-10. DOI: 10.4103/joacp.joacp_157_21.
15. Pfeifer R., Klingebiel F.K., Halvachizadeh S., et al. How to Clear Polytrauma Patients for Fracture Fixation: Results of a systematic review of the literature. *Injury*. 2023;54(2):292-317. DOI: 10.1016/j.injury.2022.11.008.

REFERENCES

1. Gumanenko E.K., Khromov A.A., Linnik S.A. Strategies and tactics of early surgical care for victims with polytrauma with long bone fractures: methodology of objective choice of surgical tactics (report 1). *Polytrauma*. 2024;(2):33-43. (In Russ.). DOI: 10.24412/1819-1495-2024-2-33-43.



2. Gumanenko E.K., Zavrazhnov A.A., Suprun A.Yu., Khromov A.A. Severe combined trauma and polytrauma: definition, classification, clinical characteristics, treatment outcomes. *Polytrauma*. 2021;(4):6-17. (In Russ.). DOI: 10.24412/1819-1495-2021-4-6-17.
3. Khromov A.A., Lazutin A.S., Gumanenko E.K., et al. Evolution of strategy and tactics in the treatment of victims with severe combined trauma and polytrauma. *Modern Problems of Science and Education*. 2021;(6). <https://science-education.ru/article/view?id=31232>.
4. Tulupov A.N., Manukovskiy V.A., Parfenov V.E., et al. *Klinicheskiye rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu politravmy [Clinical Recommendations for the Diagnosis and Treatment of Multiple Traumas]*. An Educational and Methodological Guide. St. Petersburg; 2021. (In Russ.).
5. Tulupov A.N. *Tyazhelaya sochetannaya travma [Severe Multiple Trauma]*. St. Petersburg; 2015. (In Russ.).
6. Tulupov A.N., ed. Combined mechanical trauma. St. Petersburg; 2012. EDN: ZDCSMJ.
7. Dulaev A.K., Kutyanov D.I., Tulupov A.N. Fractures of bones of extremities at victims with the polytrauma. A Textbook. St. Petersburg; 2017. (In Russ.).
8. Tulupov A.N., Besaev G.M., Sinenchenko G.I., et al. Evaluation of gravity of damages and dynamic forecasting in combined injury. An Educational and Methodological Guide. St. Petersburg; 2014. (In Russ.).
9. Tulupov A.N., Manukovsky V.A., Ariskina O.B. *Politravma: rukovodstvo dlya vrachev [Polytrauma: a guide for physicians]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. (In Russ.). DOI: 10.33029/9704-6527-1-PTO2022-1-960 EDN: LUNWNJ.
10. Presnov R.A., Kazhanov I.V., Kaskov A.Yu., et al. Experience with the Use of Anti-Shock Cannulated Screws in Severe Pelvic Injuries. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2025;14(3):478-486. (In Russ.). DOI: 10.23934/2223-9022-2025-14-3-478-486.
11. Volpin G., Pfeifer R., Saveski J., et al. Damage control orthopaedics in polytraumatized patients- current concepts. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;12(1):72-82. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.10.018.
12. Guerado E., Bertrand M.L., Cano J.R., et al. Damage control orthopaedics: State of the art. *World J Orthop*. 2019;10(1):1-13. DOI: 10.5312/wjo.v10.i1.1.
13. Martínez R.A., Gómez-Sierra M.A., Ossa A.A., et al. Damage control in orthopaedic and traumatology. *Colomb Méd (Cali)*. 2021;52(2):e4184802. DOI: 10.25100/cm.v52i2.4802.
14. Gupta B., Farooque K. Early total care to early appropriate care – What every anesthesiologist must know!. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2023;39(1):3-10. DOI: 10.4103/joacp.joacp_157_21.
15. Pfeifer R., Klingebiel F.K., Halvachizadeh S., et al. How to Clear Polytrauma Patients for Fracture Fixation: Results of a systematic review of the literature. *Injury*. 2023;54(2):292-317. DOI: 10.1016/j.injury.2022.11.008.

АВТОРЫ

Ходжанов Искандар Юнусович, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-9420-3623, SPIN: 5038-3859
Махсудов Фаррух Махсудович, к.м.н. — ORCID: 0009-0001-3031-3855
Амонов Лазиз Амонович — ORCID: 0009-0008-4553-8046

AUTHORS

Khodzhanov Iskandar Yunusovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-9420-3623, SPIN: 5038-3859
Makhsudov Farrukh Makhsudovich, Ph.D. — ORCID: 0009-0001-3031-3855
Amonov Laziz Amonovich — ORCID: 0009-0008-4553-8046



УДК 616.366-002-073

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_144_157

РОЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОДИКИ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРОГО ХОЛЕЦИСТИТА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЕГО ФОРМ.

© А.Б. ВАЛЬЧИНСКАЯ¹, А.Е. ДЕМКО^{1,2}, И.М. БАТЫРШИН^{1,2}, А.Я. ЛАТЫШЕВА², А.О. ПАРФЕНОВ^{1,2}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Острый холецистит (чаще всего обтурационный калькулезный) занимает третье место среди причин экстренной госпитализации в хирургические стационары, уступая только острому аппендициту и панкреатиту. Своевременная диагностика этого заболевания позволяет начать лечение на ранних этапах, что снижает уровень смертности и частоту осложнений. Традиционно используемые термины, описывающие степень воспалительной деструкции стенки желчного пузыря (катаральный, флегмонозный, гангренозный, перфоративный), в полной мере не отражают глубину патологического процесса, а лишь дают суммарную макро- и микроскопическую характеристику. Для выбора лечебной тактики и определения сроков операции важнее понять, ограничивается ли острое воспаление и деструкция пределами стенки пузыря, или же процесс выходит за его границы, вызывая инфильтрацию соседних тканей. Комплексное клинично-лабораторное обследование вместе с ультразвуковым исследованием уже при поступлении пациента позволяет не только подтвердить диагноз острого холецистита, но и оценить его тяжесть, а также глубину морфологических изменений как в стенке желчного пузыря, так и в окружающих органах. Именно УЗИ выступает в роли ведущего метода лучевой диагностики: оно не просто верифицирует заболевание, но и дает возможность объективно определить степень его тяжести, что напрямую влияет на выбор дальнейшей стратегии лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острый холецистит, ультразвуковое исследование, желчнокаменная болезнь.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Вальчинская А.Б., Демко А.Е., Батыршин И.М., Латышева А.Я., Парфенов А.О. Роль ультразвуковой методики в диагностике острого холецистита и дифференциации его форм // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 144–157.

THE ROLE OF ULTRASOUND TECHNIQUE IN THE DIAGNOSIS OF ACUTE CHOLECYSTITIS AND DIFFERENTIATION OF ITS FORMS

© A.B. VALCHINSKAYA¹, A.E. DEMKO^{1,2}, I.M. BATYRSHIN^{1,2}, A.YA. LATYSHEVA², A.O. PARFENOV^{1,2}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Acute cholecystitis (most often obstructive calculous) ranks third among the causes of emergency hospitalization in surgical hospitals, second only to acute appendicitis and pancreatitis. Timely diagnosis of this disease makes it possible to start treatment at an early stage, which reduces mortality and complication rates. Traditionally used, terms describing the degree of inflammatory destruction of the gallbladder wall (catarrhal, phlegmonous, gangrenous, perforated) do not fully reflect the depth of the pathological process, but only give a summary of macro- and microscopic characteristics. To choose therapeutic tactics and determine the timing of surgery, it is more important to understand whether acute inflammation and destruction are limited to the borders of the bladder wall, or whether the process goes beyond its boundaries, causing infiltration of neighboring tissues. A comprehensive clinical and laboratory examination together with ultrasound examination upon admission of the patient allows not only to confirm the diagnosis of acute cholecystitis, but also to assess its severity, as well as the depth of morphological changes both in the wall of the gallbladder and in the surrounding organs. Ultrasound is the leading method of radiation diagnosis: not only does it verify the disease, but also makes it possible to objectively determine its severity, which directly affects the choice of further treatment strategy.



KEYWORDS: acute cholecystitis, ultrasound examination, cholelithiasis.

TO CITE THIS ARTICLE: Valchinskaya A.B., Demko A.E., Batyrshin I.M., Latysheva A.Ya., Parfenov A.O. The role of ultrasound technique in the diagnosis of acute cholecystitis and differentiation of its forms. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):144-157. (In Russ.).

Введение

В последние годы широкое распространение получили диагностические критерии и система оценки тяжести острого холецистита, предложенные в Токийских рекомендациях 2013 г. (TG13). Эти критерии применяются как в повседневной клинической практике, так и в научных исследованиях. Сами рекомендации основаны на международном консенсусе, достигнутом экспертами на Токийской согласительной конференции в 2007 г.; первая версия была опубликована как TG07. Критерии TG13 отличаются высокой чувствительностью, специфичностью и хорошей диагностической точностью [1, 2]. Диагноз острого холецистита, согласно этим критериям, основывается на трех группах признаков: локальных симптомах воспаления, общих системных проявлениях воспаления и данных лучевой диагностики. Практическая ценность ультразвукового исследования (УЗИ) при остром холецистите обусловлена его неинвазивностью, быстротой выполнения и достаточной точностью в определении глубины поражения. УЗИ позволяет разделить пациентов по группам риска, обоснованно выбрать оптимальный срок операции (раннее или отсроченное вмешательство), предвидеть степень сложности предстоящей операции и объективно отслеживать эффективность консервативной терапии [3]. Актуальная версия Токийских рекомендаций (TG18) отводит ультразвуковому методу центральную роль. УЗИ выступает в качестве основного инструмента визуализации: оно не только подтверждает диагноз, но и дает возможность оценить тяжесть острого холецистита, что непосредственно определяет дальнейшую лечебную тактику [4]. Нами был проведен анализ современной литературы, посвященной роли ультразвуковой методики в диагностике острого холецистита с целью определения дифференциации его форм и прогнозирования технической сложности хирургического вмешательства при экстренном или срочном лечении.

Клинические формы острого холецистита

Под острым холециститом понимают острое воспаление желчного пузыря, которое чаще всего возникает из-за закупорки желчного протока камнем. Вследствие обструкции развивается перерастяжение стенок органа, что ведет к ишемии; наряду с токсическим повреждением тканей это может спровоцировать гангрену и пробо-

дение стенки. Данное состояние служит самым частым осложнением желчнокаменной болезни и наиболее частой причиной интенсивной боли в правом верхнем квадранте живота [5]. Острый холецистит широко распространен: на его долю приходится около 3–10 % всех госпитализаций, связанных с абдоминальными болями [7]. Основным предрасполагающим фактором выступает желчнокаменная болезнь, которая обнаруживается в 95 % случаев; среди взрослого населения западных стран ее частота достигает 10–15 % [7]. Ежегодно острый холецистит развивается у 1–4 % людей, имеющих камни в желчном пузыре, а в целом в течение жизни это заболевание возникает у 10 % таких пациентов. Бескаменная форма холецистита составляет менее 10 % случаев; среди пациентов, находящихся на лечении в хирургических отделениях интенсивной терапии, ее частота оценивается примерно в 0,2 % [6]. Повышение внутрипросветного давления лежит в основе патогенеза как калькулезного, так и бескаменного холецистита. Механизм развития включает следующие звенья: токсичные лизолецитины разрушают защитный слизистый барьер, в результате чего желчь, действуя как природный детергент, напрямую раздражает эпителий слизистой оболочки; ишемия, степень которой пропорциональна величине внутрипросветного давления, приводит к прекращению секреции. К 3–5 дню формируются отек и венозный застой в стенке желчного пузыря, затем присоединяются воспаление, гиперемия и некроз. На 7–10 день развиваются гангрена, перфорация и поздняя инфекция, обусловленная кишечной микрофлорой (эмфизематозный холецистит). Гистологический диагноз требует выявления острого нейтрофильного воспаления, а на поздних стадиях — трансмурального некроза стенки желчного пузыря [8]. Среди осложнений острого холецистита наиболее частым является гангренозный холецистит (встречается в 20 % случаев) [9]. Эмпиема желчного пузыря наблюдается у 5–15 % пациентов [10], а перфорация — примерно у 5 % [9]. Более редкие осложнения включают эмфизематозный холецистит, перихолецистический абсцесс, холецистоэнтеральные и холецистокожные свищи [11], а также сосудистые нарушения (кровоизлияние в полость желчного пузыря, тромбоз воротной вены, псевдоаневризма пузырной артерии) [12]. Синдром Мирицци представляет

собой редкое состояние, вызванное сдавлением внепеченочного желчного протока одним или несколькими конкрементами, расположенными в пузырном протоке или самом желчном пузыре [13]. Хотя этот синдром относят к функциональным печеночным расстройствам, он нередко проявляется дилатацией желчных протоков и может имитировать другие заболевания гепатобилиарной системы [14]. Гангренозный холецистит — наиболее распространенное осложнение острого холецистита, им поражено около 15 % больных (диапазон — от 2 до 30 %) [15].

Ультразвуковое исследование как метод первой линии при остром холецистите

Ультразвуковое исследование (УЗИ) рекомендовано в качестве диагностического метода первого выбора. Если после первичного осмотра диагноз остается неопределенным, исследование целесообразно повторить через 12–24 ч, поскольку ультразвуковая картина способна быстро меняться [3].



Рис. 1. Оценка васкуляризации стенки желчного пузыря

Согласно действующим клиническим рекомендациям, окончательное подтверждение острого холецистита возможно лишь при наличии характерных изменений по данным лучевых методов визуализации [16]. Именно УЗИ позволяет распознать деструктивные формы воспаления и выявить местные осложнения. К признакам, которые соответствуют средней степени тяжести заболевания (Grade II), относятся: гангренозный или эмфизематозный холецистит, перивезикальный либо печеночный абсцесс, а также ультразвуковые признаки желчного перитонита [17]. В диагностике острого холецистита полезны следующие эхографические признаки [3]: утолщение стенки желчного пузыря более 4 мм (при условии, что у пациента нет хронической патологии печени, асцита или правожелудочковой недостаточности); увели-

чение размеров пузыря (длинник более 8 см, короткая ось более 4 см); сонографический симптом Мерфи — появление болезненности при надавливании датчиком на область желчного пузыря; фиксированный (ущемленный) желчный конкремент; скопление жидкости вокруг желчного пузыря (перихолецистический выпот); наличие эхонегативного слоя в стенке пузыря; гипоехогенные участки в толще стенки [18]; внутрипросветный осадок; усиление васкуляризации стенки с повышением пиковой систолической скорости кровотока по пузырной артерии до 40 см/с и более — этот признак отличается высокой положительной прогностической ценностью [19]; пиковая систолическая скорость в печеночной артерии выше 100 см/с (однако этот показатель неспецифичен, так как может увеличиваться и при других заболеваниях печени) [3]. УЗИ с контрастным усилением (CEUS) дает возможность более точно оценить степень васкуляризации стенки желчного пузыря. Тем не менее оценка кровотока не всегда бывает простой: чувствительность цветового доплеровского картирования зависит от ряда факторов — настроек фильтра, выбранного диапазона скоростей, частоты ультразвукового луча, особенностей телосложения пациента и технических ограничений оборудования. Более высокой чувствительностью по сравнению со стандартным режимом цветного доплера обладает методика микрососудистой визуализации.

Легкая форма острого холецистита может характеризоваться как воспаление желчного пузыря у клинически здорового человека, у которого отсутствует дисфункция органов, а местные воспалительные изменения выражены минимально. В таких условиях холецистэктомия становится безопасным вмешательством с низким риском осложнений (TG13) [2]. Средняя степень тяжести острого холецистита определяется наличием выраженных местных воспалительных реакций, которые затрудняют выполнение холецистэктомии. К таким проявлениям относят: билиарный перитонит, перихолецистический абсцесс, абсцесс печени, гангренозный холецистит, эмфизематозный холецистит (TG13) [2, 20]. Тяжелая форма острого холецистита сопровождается полиорганной дисфункцией (TG13) [2]. Ультразвуковые признаки, позволяющие заподозрить гангрену или перфорацию, включают: снижение эхогенности слизистой оболочки; нарушение целостности слизистой; ее отслоение; наличие эхогенной перихолецистической жировой клетчатки, вовлечение сальника и зоны треугольника Кало; дефект стенки желчного пузыря

с прилегающим жидкостным скоплением. При этом утолщение стенки желчного пузыря считается ненадежным критерием, так как оно может наблюдаться и в норме (особенно при спавшемся пузыре). Кроме того, отек стенки нередко встречается при гипоальбуминемии, застойной сердечной недостаточности, остром гепатите, панкреатите и других состояниях и может приводить к значительному утолщению стенки. Аналогично жидкость вокруг пузыря часто выявляется при асците и болезнях, вызывающих отек его стенки. Ультразвуковой симптом Мерфи при положительном результате помогает в диагностике, однако его чувствительность невысока (всего 33 %), а доля ложноотрицательных ответов велика. Причины ложных отрицаний — гангрена стенки, применение анальгетиков, диабетическая нейропатия, пожилой возраст пациента, а также субъективность метода. Ложноположительные результаты могут быть обусловлены сопутствующей патологией [5]. Ультразвуковая классификация острого холецистита по В.М. Буянову (1994) выделяет четыре эхо-синдрома (класса), которые отражают стадийность патологического процесса. Данная классификация позволяет дифференцировать клинко-морфологические варианты заболевания, стратифицировать воспаление по классам, и, что особенно важно, не просто констатировать изменения в желчном пузыре, а выбрать правильную хирургическую тактику. Это приобретает решающее значение у пожилых пациентов со стертой клинической симптоматикой [21].

I класс: острый холецистит без деструкции стенки (катаральный холецистит). УЗ-признаки: Стенка желчного пузыря не изменена или слегка утолщена (до 3–4 мм), имеет четкие контуры. Внутреннее содержимое гомогенное, конкременты могут выявляться или отсутствовать, перипузырная эхонегативная зона отсутствует. Показано консервативное лечение и плановая операция. Отсутствие признаков глубокого поражения стенки желчного пузыря [21]. **II класс:** острый деструктивный холецистит без внепузырных осложнений (флегмонозный холецистит с очагами деструкции). УЗ-признаки: диффузное утолщение стенки желчного пузыря более 4–5 мм, расслоение и нечеткость стенки (двойной контур), контуры неровные. В просвете определяется негетогенная желчь с мелкодисперсной взвесью (гепатизация), возможны фиксированные конкременты. Отмечается расширение желчного пузыря. Фиксированный камень в области шейки пузыря. Показано срочное оперативное вмешательство [21].



Рис. 2. Острый холецистит без деструкции стенки. Стенка желчного пузыря утолщена (до 5 мм), имеет четкие контуры. Множественные мелкие конкременты желчного пузыря. Внутреннее содержимое гомогенное, перипузырная эхонегативная зона отсутствует



Рис. 3. Острый деструктивный холецистит без внепузырных осложнений. УЗ-признаки: расслоение и нечеткость стенки (двойной контур), желчный пузырь с гиперэхогенной взвесью (гепатизация). Фиксированный камень в области шейки пузыря



Рис. 4. Острый деструктивный холецистит без внепузырных осложнений. УЗ-признаки: расслоение и нечеткость стенки (двойной контур), желчный пузырь увеличен в объеме

III класс: острый деструктивный холецистит с местными осложнениями (гангренозный холецистит). УЗ-признаки: стенка желчного пузыря

резко утолщена, уплотнена, структура гетерогенная. Во внутреннем содержимом определяется плотная, неоднородная взвесь с грубыми эхопозитивными включениями (детрит). Форма пузыря деформирована, часто выявляется перихолецистическая жидкость. Выход процесса за пределы пузыря, визуализация перивезикального инфильтрата или абсцесса, перивезикальные зоны вначале с диффузным повышением эхогенности, затем гипоехогенные участки с нечеткими контурами. Требуется срочная санация [21].

IV класс: острый деструктивный холецистит с распространенным перитонитом (осложненный холецистит). Характеризуется признаками деструктивного процесса, а также УЗ-признаками местных осложнений (выраженный пери-

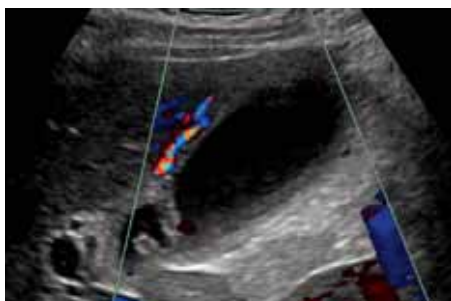


Рис. 5. Острый деструктивный холецистит с местными осложнениями. Отечный, гиперемизированный, толстостенный желчный пузырь, содержащий осадок, но без камней. Желчный пузырь увеличен в объеме, но сжимаем. Перивезикальные зоны с диффузным повышением эхогенности. Максимальная болезненность при надавливании датчиком наблюдалась в области желчного пузыря (положительный симптом Мерфи). Незначительное перихолецистическое скопление жидкости [1]



Рис. 6. Острый деструктивный калькулезный холецистит, осложненный перивезикальным инфильтратом. Отечный, толстостенный желчный пузырь, содержащий осадок, но без камней. Желчный пузырь увеличен в объеме. Перивезикальные зоны с диффузным повышением эхогенности, преимущественно в зоне шейки желчного пузыря. Конкремент в дне желчного пузыря. Незначительное перихолецистическое скопление жидкости

холецистит, абсцедирование, перфорация стенки с выходом содержимого в брюшную полость, выпот в подпеченочном пространстве). Структурно-функциональные изменения в кишечной трубке, визуализация свободной жидкости в виде эхонегативных структур в отлогих частях брюшной полости. Показана экстренная операция по жизненным показаниям [21].

Данная классификация служит следующим целям: выбору лечебной стратегии, обоснованному определению показаний к хирургическому вмешательству (особенно у лиц пожилого и старческого возраста, у которых клиническая картина нередко не отражает истинную глубину поражения). Следует подчеркнуть, что классификация Буянова хорошо согласуется с привычными клиническими формами заболевания. I класс (без деструкции) по сути соответствует острому простому (катаральному) холециститу. II и III классы (деструктивные) сопоставимы с разными вариантами острого обтурационного холецистита, в том числе с развитием водянки или эмпиемы желчного пузыря. Для выбора тактики лечения и сроков операции важнее всего понимать, ограничивается ли острое воспаление и разрушение стенки пределами пузыря или же возникает перипроцесс с инфильтрацией соседних тканей. Такое понимание наиболее полно отражено в современной классификации, предложенной морфологами [22].

Перивезикальный инфильтрат при остром холецистите является ключевым признаком, свидетельствующим о распространении воспаления за границы стенки желчного пузыря. Он соответствует III классу по ультразвуковой классификации Буянова и указывает на развитие деструктивного процесса, переход заболевания в осложненную стадию. При УЗИ зона перивезикальной инфильтрации выглядит как образование сложной, неоднородной эхоструктуры, которое формируется за счет отека и воспалительной инфильтрации окружающих желчный пузырь тканей (клетчатки, сальника, петель кишечника, паренхимы печени). Общая характеристика инфильтрата: визуализируется объемное эхопозитивное образование округлой или неправильной формы. Его главная особенность — полиморфная, сложная эхоструктура с размытыми контурами, что обусловлено гетерогенностью тканей (сальник, кишечные петли, брыжейка), вовлеченных в воспалительный конгломерат. Пограничная зона (ореол и полоска) — признак, помогающий оценить стадию процесса и выраженность отека. Между стенкой пузыря и инфильтратом нередко видна тонкая полоска

пониженной эхогенности — маркер ранней стадии, отражающий микрососудистую реакцию и накопление экссудата вокруг пузыря. Симптом ореола: при более плотном инфильтрате по его периферии может выявляться зона повышенной эхогенности (ореол), что связано с наличием некротических очагов. Вовлечение печени (гепатизация): воспаление нередко переходит на прилежащую паренхиму печени. Это проявляется снижением эхогенности участка печени, непосредственно примыкающего к желчному пузырю, и ухудшением визуализации сосудистых и протоковых структур в воротах печени из-за их отека. Структура инфильтрата: в его толще могут быть видны компоненты, указывающие на происхождение: пряди большого сальника выглядят как включения повышенной эхогенности с ячеистым строением. Присутствие мелких эхонегативных зон с нечеткими границами — тревожный знак, говорящий о формировании микроабсцессов и некротических изменений внутри инфильтрата. В режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) визуализируется усиленный хаотичный кровоток. Динамика инфильтрата (две стадии, хорошо различимые при УЗИ): ультразвуковые признаки «рыхлого» инфильтрата (начальная стадия) — увеличение объема желчного пузыря со сглаженностью его контуров, наличие упомянутой эхонегативной полосы и скопление свободной жидкости. «Плотный» инфильтрат (более поздняя стадия) — характеризуется значительным повышением эхоплотности тканей и появлением некротических участков. Прогностическое значение выявления перивезикального инфильтрата при остром холецистите весьма серьезное. Это маркер деструкции, и он практически всегда указывает на деструктивную (флегмонозную или гангренозную) форму холецистита и переход воспаления на соседние ткани. Как предиктор осложнений является промежуточным этапом на пути к перивезикальному абсцессу или разлитому перитониту, поэтому требует тщательного динамического наблюдения; определяет лечебную тактику — пациенты с инфильтратом нередко нуждаются в продленной консервативной и антибактериальной терапии. Наличие инфильтрата повышает риск конверсии (перехода с лапароскопического доступа на открытый) во время холецистэктомии. Согласно Токийской классификации, это четкий критерий средней степени тяжести. Риск перфорации высок, а операция сопряжена с большим риском ятрогенных повреждений из-за плотного инфильтрата [2].

Практическая ценность УЗИ при подозрении на перивезикальный инфильтрат заключается в



Рис. 7. Острый деструктивный калькулезный холецистит, осложненный перивезикальным инфильтратом. Желчный пузырь с утолщенной стенкой, фиксированный конкремент шейки желчного пузыря. Перивезикальные зоны с диффузным повышением эхогенности, преимущественно в зоне шейки и передней стенки желчного пузыря



Рис. 8. Острый деструктивный холецистит, осложненный перивезикальным инфильтратом. Желчный пузырь с утолщенной стенкой, гиперэхогенной взвесью (гепатизация). Перивезикальные зоны с диффузным повышением эхогенности и участками сниженной эхогенности в зоне передней стенки желчного пузыря



Рис. 9. Острый деструктивный холецистит, осложненный перивезикальным абсцессом. Желчный пузырь с утолщенной стенкой. Перивезикальные зоны с диффузным снижением эхогенности и анэхогенными участками в зоне боковой стенки желчного пузыря



Рис. 10. Острый деструктивный холецистит, осложненный перивезикальным абсцессом. Желчный пузырь с утолщенной стенкой, гиперэхогенной взвесью. Перивезикальные зоны с диффузным снижением эхогенности и анэхогенными участками в зоне боковой стенки желчного пузыря



Рис. 11. Острый деструктивный холецистит, осложненный перивезикальным абсцессом. Четко очерченный гипозоногенный абсцесс, прилегающий к желчному пузырю, с усилением доплеровского кровотока в желчнопузырной ямке, что указывает на гиперемии вследствие воспаления. Воздуха внутри абсцесса или усиления заднего акустического сигнала не обнаружено

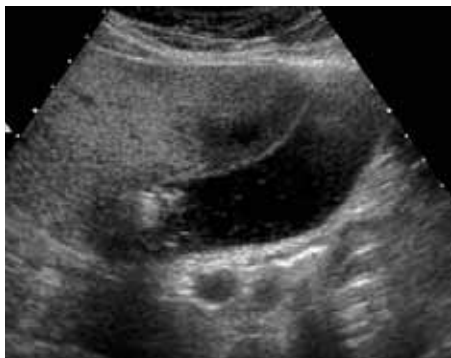


Рис. 12 Острый деструктивный холецистит, осложненный перивезикальным абсцессом. Эмфизематозный холецистит. Четко очерченный гипозоногенный абсцесс, прилегающий к желчному пузырю. Пузырь имеет тонкую стенку, но наличие воздуха (эхогенные рефлекс с затенением слева) и плавающих эхо-сигналов внутри желчного пузыря указывают на эмфизематозный холецистит

неинвазивной, быстрой и достаточно точной оценке глубины поражения, что дает возможность: стратифицировать пациентов по группам риска; обоснованно выбрать оптимальный срок операции (ранний или отсроченный); прогнозировать сложность предстоящего хирургического вмешательства; объективно контролировать эффективность консервативного лечения. Успешность консервативной терапии оценивают именно с помощью динамического УЗИ: при обратном развитии инфильтрат уменьшается в размерах и перестает определяться, что обычно происходит в течение 4–6 дней.

На данном этапе главная задача ультразвукового исследования — провести дифференцировку между плотным воспалительным инфильтратом и формирующимся абсцессом (IIIб класс по классификации Буянова), поскольку от этого принципиально зависит лечебная тактика. Перивезикальный абсцесс представляет собой гнойное осложнение острого деструктивного холецистита (также IIIб класс по Буянову), которое развивается при переходе воспаления за пределы стенки желчного пузыря на соседние ткани. Это состояние имеет ряд специфических эхографических черт, отличающих его от плотного воспалительного инфильтрата. Своевременная диагностика абсцесса крайне важна, так как она требует немедленного дренирования или оперативного пособия. На ранних этапах воспаления инфильтрат выглядит как гиперэхогенные, «рыхлые» участки без четких очертаний [24]. При наблюдении в динамике он может либо «созреть» (оформиться в более четкое образование, что говорит об отграничении процесса), либо трансформироваться в абсцесс с появлением анэхогенных зон. Разграничение этих двух состояний критически значимо, потому что абсцесс, в отличие от инфильтрата, требует не только консервативного лечения, но и активного хирургического вмешательства. Врач ультразвуковой диагностики распознает абсцесс по ряду основных признаков. Наличие жидкостного компонента (главный, кардинальный признак). Это основное отличие от инфильтрата. В толще воспаленных тканей рядом с желчным пузырем видна полость (анэхогенная или гипозоногенная зона), заполненная жидким гноем. Содержимое может быть однородным (темным) либо содержать мелкодисперсную взвесь (гнойные частицы, детрит) — феномен «снежной бури». При отстаивании гноя нередко определяется горизонтальный уровень «жидкость-детрит» или «жидкость-газ». Чаще всего образование имеет округлую или овальную форму (в

отличие от аморфного инфильтрата), но может быть и неправильной при карманообразном абсцессе. Контуры четкие или относительно четкие. По мере созревания абсцесса вокруг него формируется пиогенная капсула — гиперэхогенный ободок с ровной внутренней стенкой. Зона абсцесса преимущественно анэхогенная либо смешанной эхогенности из-за гнойного содержимого. Визуализация газа в полости (редкий, но специфичный признак). Если в абсцессе присутствуют газообразующие бактерии, внутри него появляются гиперэхогенные включения с артефактом «хвост кометы» (реверберация) или акустической тенью, что свидетельствует об анаэробной флоре. Взаимодействие с желчным пузырем. Абсцесс нередко деформирует и оттесняет желчный пузырь. В некоторых случаях УЗИ позволяет выявить локальное истончение или прерывистость контура стенки пузыря — признак перфорации. При далеко зашедшем процессе (редко) визуализируется свищевой ход между полостью абсцесса и желчным пузырем. Перивезикальный абсцесс является необратимым гнойным процессом, который обязательно требует дренирования или хирургического вмешательства [24].

Обнаружение перивезикального абсцесса при ультразвуковом исследовании имеет критическое значение, поскольку оно полностью изменяет лечебную стратегию: в таких случаях показано либо чрескожное дренирование под контролем УЗИ, либо экстренное хирургическое вмешательство. При выполнении лапароскопии существует высокий риск вскрытия абсцесса и развития гнойного перитонита, поэтому нередко приходится переходить на открытую операцию. Данное состояние расценивается либо как предперфоративная стадия, либо как уже состоявшаяся прикрытая перфорация желчного пузыря [25]. Гангренозный холецистит развивается вследствие ишемии и некроза стенки желчного пузыря [26]. Помимо типичных ультразвуковых признаков острого холецистита, заподозрить эту форму помогают следующие дополнительные находки: внутриспросветные мембраны [27]; асимметричное утолщение стенки с возможным ее повреждением и/или образованием язв; очаговые дефекты перфузии при доплерографии (они соответствуют зонам некроза); переменное отсутствие сонографического симптома Мерфи, что объясняется ишемической денервацией желчного пузыря [28]; наличие газа в стенке или просвете пузыря (эмфизематозный холецистит); очаговая неровность или дефект контура стенки желчного пузыря [29].



Рис. 13. Гангренозный холецистит. Полная деструкция стенок («стенка» 14,6 мм), перипузырная эхогенная зона — вытот вокруг пузыря

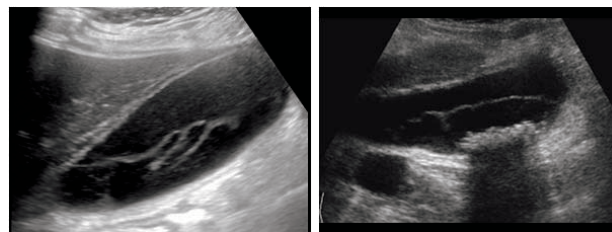


Рис. 14. Гангренозный холецистит. Внутриспросветные мембраны

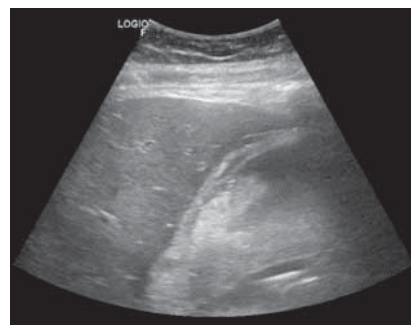


Рис. 15. Гангренозный холецистит. Желчный пузырь расширен и заполнен неоднородным гиперэхогенным содержимым различной эхогенности (гиперэхогенным, изоэхогенным, гипозэхогенным), а также плавающими эхо-сигналами. Также имеются признаки перихолецистического отека, асимметричного утолщения стенки с очаговыми нарушениями, а также эхогенные очаги и эхогенные линии в стенке желчного пузыря (вероятно, газовые скопления) [30]



Рис. 16. Эмпиема желчного пузыря. Эхогенное содержимое в просвете увеличенного желчного пузыря. Свищевой ход между желчным пузырем и абсцессом



Рис. 17. Стенка желчного пузыря утолщена. В передней стенке имеются гиперэхогенные криволинейные очаги, с артефактами «хвоста кометы», что указывает на наличие внутристеночного газа. Они смещаются при изменении положения пациента. Присутствует перихолецистическая жидкость. Ультразвуковой симптом Мерфи положительный [34]



Рис. 18. Эмфизематозный холецистит. Прицельное ультразвуковое исследование желчного пузыря выявляет множественные мельчайшие эхогенные очаги в просвете желчного пузыря, напоминающие шипучие пузырьки в бокале шампанского. Толщина стенки в пределах нормы. Перихолецистической жидкости обнаружено не было [36]



Рис. 19. Перфорация желчного пузыря. Диффузный отек стенки желчного пузыря, множественные конкременты. Дефект стенки желчного пузыря. Четко очерченное жидкостное скопление, примыкающее к стенке желчного пузыря

Гнойный холецистит (эмпиема желчного пузыря) представляет собой нечастое осложнение воспаления желчного пузыря, при котором его полость переполняется гнойным содержимым и расширяется. Как правило, причиной становится закупорка пузырного протока камнем (реже — злокачественной опухолью, например, холангиокарциномой), что блокирует отток гноя по желчевыводящим путям [31]. При ультразвуковом исследовании наряду с обычными эхографическими признаками холецистита выявляется эхогенное содержимое внутри просвета желчного пузыря, хотя этот симптом не является строго специфичным для эмпиемы. В случаях распространенного калькулезного холецистита, когда камни плотно заполняют полость пузыря, оценка эхогенности желчи может быть затруднена, и тогда может потребоваться выполнение дополнительных поперечных срезов [32].

Эмфизематозный холецистит — это редкий вариант острого воспаления желчного пузыря, при котором некротическое поражение его стенки сопровождается появлением газа в полости или в самой стенке органа. Данное состояние относится к ургентным хирургическим патологиям из-за высокой летальности, обусловленной гангреной и прободением желчного пузыря. Предполагается, что важную роль в развитии эмфизематозного холецистита играют сосудистые нарушения в бассейне пузырной артерии. При ультразвуковом исследовании выявляются гиперэхогенные структуры со слабой дорсальной акустической тенью и артефактом реверберации по типу хвоста кометы [33].

Менее распространенным, но более специфическим признаком являются небольшие, не создающие тени эхогенные очаги, поднимающиеся из нижних отделов просвета желчного пузыря, похожие на шипучие пузырьки в бокале шампанского (симптом шампанского) [35].

Перфорация (прободение) желчного пузыря — это тяжелое осложнение острого холецистита, соответствующее далеко зашедшей стадии заболевания. Оно чаще наблюдается у пожилых пациентов и/или лиц с сопутствующей патологией и ассоциировано с повышенными показателями заболеваемости и летальности. Цепочка событий, ведущих к перфорации, обычно начинается с закупорки пузырного протока (чаще всего камнем), что вызывает задержку внутрипросветного секрета. Последующее перерастяжение желчного пузыря и рост внутрипросветного давления нарушают венозный и лимфатический отток, что приводит к ишемии, а в итоге — к некрозу и прободению стенки.

Согласно классификации Нимейера, выделяют три основных клинических типа.

Тип I – острая свободная перфорация. Происходит сквозной дефект стенки с выходом содержимого в свободную брюшную полость, что ведет к развитию разлитого желчного перитонита. Требуется экстренного оперативного вмешательства.

Тип II – локализованный подострый перивезикальный абсцесс. Перфорация прикрывается окружающими тканями (обычно салынком), в результате формируется ограниченный абсцесс вокруг желчного пузыря и развивается локальный перитонит.

Тип III – хронический холецистоэнтеральный свищ. Это медленная, хроническая перфорация, при которой содержимое выходит не в брюшную полость, а образуется фистула между желчным пузырем и соседним органом.

В некоторых источниках классификация дополнена IV типом (модификация Андерсона, 1987) – формирование свища между желчным пузырем и желчными протоками.

Ультразвуковое исследование служит методом первичной диагностики. К числу выявляемых изменений относят перихолецистические скопления жидкости с расслоением стенки желчного пузыря [37]. Также при УЗИ обнаруживается перивезикулярное скопление жидкости с признаками расслоения стенки [38].

Холецистоэнтеральные свищи представляют собой патологические соустья между желчным пузырем и любым отделом желудочно-кишечного тракта. К ним относят холецистодуоденальные, холецистоколические и холецистогастральные свищи [39]. УЗ-признаки: желчный пузырь спавшийся, его стенка утолщена, а в просвете определяется воздух. При распространении воздуха в желчные протоки может наблюдаться пневмобилия. В ряде случаев удается визуализировать сам свищевой ход с воздухом внутри, а также окружающие воспалительные изменения.

Заключение

Ультразвуковая классификация острого холецистита, разработанная В.М. Буяновым и соавторами, дает возможность разграничить клинико-морфологические варианты заболевания. Сочетание клинико-анамнестических данных с результатами УЗИ позволяет оценить степень деструкции стенки желчного пузыря, а следовательно, прогнозировать техническую сложность хирургического вмешательства при экстренном или срочном лечении. При сомнениях в диагнозе, поставленном на основании ультразвукового исследования, для его верификации рекомендуется выполнить компьютерную томографию.



Рис. 20. Перфорация желчного пузыря. Диффузный отек стенки желчного пузыря, множественные конкременты. Четко очерченное жидкостное скопление, примыкающее к стенке желчного пузыря, содержит свободно лежащий конкремент



Рис. 20. Перфорация желчного пузыря. Диффузный отек стенки желчного пузыря, внутрисветный склад, конкремент желчного пузыря. Четко очерченное жидкостное скопление, примыкающее к правой стороне тела желчного пузыря [39]



Рис. 21. Перфорация желчного пузыря. Выявляется перивезикулярное скопление жидкости с расслоением стенки желчного пузыря, выраженная гиперваскуляризация стенки



Рис. 22. Холецистоэнтеральный свищ. Выявляется желчный пузырь спавшийся, с утолщенной стенкой и воздухом (артефакты хвоста «кометы») внутри просвета



ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Radwiki T., Hacking C., Silverstone L., et al. Acute cholecystitis. <https://radiopaedia.org/articles/acute-cholecystitis>. Accessed May 21, 2026.
2. Yokoe M., Takada T., Strasberg S.M., et al. TG13 diagnostic criteria and severity grading of acute cholecystitis (with videos). *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2013;20(1):35-46. DOI: 10.1007/s00534-012-0568-9.
3. Patel R., Tse J.R., Shen L., et al. Improving Diagnosis of Acute Cholecystitis with US: New Paradigms. *Radiographics.* 2024;44(12):e240032. DOI: 10.1148/rg.240032.
4. Takada T., Strasberg S.M., Solomkin J.S., et al. TG13: Updated Tokyo Guidelines for the management of acute cholangitis and cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2013;20(1):1-7. DOI: 10.1007/s00534-012-0566-y.
5. Kimura Y., Takada T., Strasberg S., et al. TG13 Current Terminology, Etiology, and Epidemiology of Acute Cholangitis and Cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2013;20(1):8-23. DOI: 10.1007/s00534-012-0564-0.
6. Gallaher J.R., Charles A. Acute Cholecystitis: A Review. *JAMA.* 2022;327(10):965-975. DOI: 10.1001/jama.2022.2350.
7. Panni R.Z., Chatterjee D., Panni U.Y., et al. Sequential histologic evolution of gallbladder inflammation in acute cholecystitis over the first 10 days after onset of symptoms. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2023;30(6):724-736. DOI: 10.1002/jhbp.1274.
8. Fischer J.E., ed. Mastery of surgery. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
9. Wee N.K., Cheong W.S.C., Low H.M. CT and MRI findings of acute calculous cholecystitis and its complications in Singapore: A pictorial review. *Med J Malaysia.* 2021;76(5):706-713. PMID: 34508378.
10. Rinzivillo N., Danna R., Leanza V., et al. Case Report: Spontaneous Cholecystocutaneous Fistula, a Rare Choledithiasis Complication. *F1000Res.* 2017;6:1768. DOI: 10.12688/f1000research.12235.1.
11. Shakespear J.S., Shaaban A.M., Rezvani M. CT findings of acute cholecystitis and its complications. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;194(6):1523-1529. DOI: 10.2214/AJR.09.3640.
12. Klekowski J., Piekarska A., Góral M., et al. The Current Approach to the Diagnosis and Classification of Mirizzi Syndrome. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(9):1660. DOI: 10.3390/diagnostics11091660.
13. Koo J.G.A., Tham H.Y., et al. Mirizzi Syndrome-The Past, Present, and Future. *Medicina (Kaunas).* 2023;60(1):12. Published 2023 Dec 21. DOI: 10.3390/medicina60010012.
14. Venkatesh M., Silverstone L., Murphy A., et al. Gangrenous cholecystitis. <https://radiopaedia.org/articles/gangrenous-cholecystitis>. Accessed May 21, 2026.
15. Буриев И.М., Мелконян Г.Г., Малюга Н.С., Пчелин В.В., Шомахов М.Г. Ультразвуковая и клинико-лабораторная диагностика истинных морфологических форм острого холецистита: необходимость смены классификации // Анналы хирургической гепатологии. 2020. Т. 25, № 3. С. 55–62. DOI: 10.16931/1995-5464.2020355-62.
16. Okamoto K., Suzuki K., Takada T., et al. Tokyo Guidelines 2018: flowchart for the management of acute cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2018;25(1):55-72. DOI: 10.1002/jhbp.516.
17. An C., Park S., Ko S., et al. Usefulness of the tensile gallbladder fundus sign in the diagnosis of early acute cholecystitis. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;201(2):340-346. DOI: 10.2214/AJR.12.9919.
18. Perez M.G., Tse J.R., et al. Cystic artery velocity as a predictor of acute cholecystitis. *Abdom Radiol (NY).* 2021;46(10):4720-4728. DOI: 10.1007/s00261-021-03020-z.
19. Martínez A., Bona X., Velasco M., Martín J. Diagnostic accuracy of ultrasound in acute cholecystitis. *Gastrointest Radiol.* 1986;11(4):334-338. DOI: 10.1007/BF02035103.
20. Буянов В.М., Ишутинов В.Д., Зинякова М.В., Титкова И.М. Ультразвуковая классификация острого холецистита // Экстренная хирургия желчнокаменной болезни: Материалы Всероссийской конференции хирургов, Ессентуки, 10–31 января 1994 г. Ессентуки, 1994. С. 51–53.
21. Паклина О.В., Ротин Д.Л. Морфология острого холецистита // Острый калькулезный холецистит и его осложнения. Новое о холелитиазе. Практическое руководство / под ред. Буриева И.М., Мелконяна Г.Г. М., 2020. С. 73–81. DOI: 10.33029/9704-5662-0-2020-ОКН-1-272 EDN: QVLKOM.



22. Ralls P.W., Colletti P.M., Lapin S.A., et al. Real-time sonography in suspected acute cholecystitis. Prospective evaluation of primary and secondary signs. *Radiology*. 1985;155(3):767-771. DOI: 10.1148/radiology.155.3.3890007.

23. Бебуришвили А.Г., Панин С.И., Зюбина Е.Н., Быков А.В. Миниинвазивные вмешательства при остром холецистите: состояние проблемы по данным доказательной медицины // *Анналы хирургической гепатологии*. 2011. Т. 16, № 2. С. 83–88. EDN: ODWBNV.

24. Ambe P.C., Kaptanis S., Papadakis M., et al. The Treatment of Critically Ill Patients With Acute Cholecystitis. *Dtsch Arztebl Int*. 2016;113(33-34):545-551. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0545.

25. Önder A., Kapan M., Ülger B.V., et al. Gangrenous cholecystitis: mortality and risk factors. *Int Surg*. 2015;100(2):254-260. DOI: 10.9738/INTSURG-D-13-00222.1.

26. Corr P. Sonography of gangrenous cholecystitis. *J Emerg Trauma Shock*. 2012;5(1):82-83. DOI: 10.4103/0974-2700.93112.

27. Simeone J.F., Brink J.A., Mueller P.R., et al. The sonographic diagnosis of acute gangrenous cholecystitis: importance of the Murphy sign. *AJR Am J Roentgenol*. 1989;152(2):289-290. DOI: 10.2214/ajr.152.2.289.

28. Bourikian S., Anand R.J., Aboutanos M., et al. Risk factors for acute gangrenous cholecystitis in emergency general surgery patients. *Am J Surg*. 2015;210(4):730-733. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2015.05.003.

29. Barakat M. Gangrenous cholecystitis. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/215166>. Accessed May 21, 2026.

30. Kumar S., Sharma P., Muthu R., Mohakund S. Management of empyema of gallbladder with percutaneous cholecysto-duodenal stenting in a case of hilar cholangiocarcinoma treated with common bile duct metallic stenting. *Indian J Radiol Imaging*. 2011;21(4):298-300. DOI: 10.4103/0971-3026.90695.

31. Smith E.A., Dillman J.R., Elsayes K.M., et al. Cross-sectional imaging of acute and chronic gallbladder inflammatory disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(1):188-196. DOI: 10.2214/AJR.07.3803.

32. Sunnapwar A., Raut A.A., Nagar A.M., Katre R. Emphysematous cholecystitis: Imaging findings in nine patients. *Indian J Radiol Imaging*. 2011;21(2):142-146. DOI: 10.4103/0971-3026.82300.

33. Hacking C. Emphysematous cholecystitis. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/35744>. Accessed May 27, 2026.

34. Rodríguez Á.L., Pavón R.F., Rionda P.J., et al. “The Effervescent Gallbladder”: A Rare Ultrasonographic Finding that Reflects the Presence of Gas within the Gallbladder. *Ultrasound Int Open*. 2015;1(2):E72–E75. DOI: 10.1055/s-0035-1564155.

35. Kecler-Pietrzyk A. Emphysematous cholecystitis – champagne sign. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/73180>. Accessed May 27, 2026.

36. Anderson B.B., Nazem A. Perforations of the gallbladder and cholecystobiliary fistulae: a review of management and a new classification. *J Natl Med Assoc*. 1987;79(4):393-399. PMID: PMC2625500.

37. Kim P.N., Lee K.S., Kim I.Y., et al. Gallbladder perforation: comparison of US findings with CT. *Abdom Imaging*. 1994;19(3):239-242. DOI: 10.1007/BF00203516.

38. Patel M. Gallbladder perforation. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/37017>. Accessed May 21, 2026.

39. Ojemolon P.E., Kwei-Nsoro R., Haque M., et al. Different Approaches to the Management of Cholecystoenteric Fistula. *ACG Case Rep J*. 2023;10(1):e00960. Published 2023 Jan 20. DOI: 10.14309/crj.0000000000000960.

REFERENCES.

1. Radswiki T., Hacking C., Silverstone L., et al. Acute cholecystitis. <https://radiopaedia.org/articles/acute-cholecystitis>. Accessed May 21, 2026.

2. Yokoe M., Takada T., Strasberg S.M., et al. TG13 diagnostic criteria and severity grading of acute cholecystitis (with videos). *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2013;20(1):35-46. DOI: 10.1007/s00534-012-0568-9.

3. Patel R., Tse J.R., Shen L., et al. Improving Diagnosis of Acute Cholecystitis with US: New Paradigms. *Radiographics*. 2024;44(12):e240032. DOI: 10.1148/rg.240032.

4. Takada T., Strasberg S.M., Solomkin J.S., et al. TG13: Updated Tokyo Guidelines for the management of acute cholangitis and cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2013;20(1):1-7. DOI: 10.1007/s00534-012-0566-y.

5. Kimura Y., Takada T., Strasberg S., et al. TG13 Current Terminology, Etiology, and Epidemiology of Acute Cholangitis and Cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2013;20(1):8-23. DOI: 10.1007/s00534-012-0564-0.



6. Gallaher J.R., Charles A. Acute Cholecystitis: A Review. *JAMA*. 2022;327(10):965-975. DOI: 10.1001/jama.2022.2350.
7. Panni R.Z., Chatterjee D., Panni U.Y., et al. Sequential histologic evolution of gallbladder inflammation in acute cholecystitis over the first 10 days after onset of symptoms. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2023;30(6):724-736. DOI: 10.1002/jhbp.1274.
8. Fischer J.E., ed. Mastery of surgery. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
9. Wee N.K., Cheong W.S.C., Low H.M. CT and MRI findings of acute calculous cholecystitis and its complications in Singapore: A pictorial review. *Med J Malaysia*. 2021;76(5):706-713. PMID: 34508378.
10. Rinzivillo N., Danna R., Leanza V., et al. Case Report: Spontaneous Cholecystocutaneous Fistula, a Rare Choledithiasis Complication. *F1000Res*. 2017;6:1768. DOI: 10.12688/f1000research.12235.1.
11. Shakespear J.S., Shaaban A.M., Rezvani M. CT findings of acute cholecystitis and its complications. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(6):1523-1529. DOI: 10.2214/AJR.09.3640.
12. Klekowski J., Piekarska A., Góral M., et al. The Current Approach to the Diagnosis and Classification of Mirizzi Syndrome. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(9):1660. DOI: 10.3390/diagnostics11091660.
13. Koo J.G.A., Tham H.Y., et al. Mirizzi Syndrome-The Past, Present, and Future. *Medicina (Kaunas)*. 2023;60(1):12. Published 2023 Dec 21. DOI: 10.3390/medicina60010012.
14. Venkatesh M., Silverstone L., Murphy A., et al. Gangrenous cholecystitis. <https://radiopaedia.org/articles/gangrenous-cholecystitis>. Accessed May 21, 2026.
15. Buriev I.M., Melkonyan G.G., Malyuga S.S., Pchelin V.V., Shomakhov M.G. Ultrasound, clinical and laboratory diagnostics of the true morphological forms of acute cholecystitis: the need to change the classification. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery*. 2020;25(3):55-62. (In Russ.). DOI: 10.16931/1995-5464.2020355-62.
16. Okamoto K., Suzuki K., Takada T., et al. Tokyo Guidelines 2018: flowchart for the management of acute cholecystitis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2018;25(1):55-72. DOI: 10.1002/jhbp.516.
17. An C., Park S., Ko S., et al. Usefulness of the tensile gallbladder fundus sign in the diagnosis of early acute cholecystitis. *AJR Am J Roentgenol*. 2013;201(2):340-346. DOI: 10.2214/AJR.12.9919.
18. Perez M.G., Tse J.R., et al. Cystic artery velocity as a predictor of acute cholecystitis. *Abdom Radiol (NY)*. 2021;46(10):4720-4728. DOI: 10.1007/s00261-021-03020-z.
19. Martínez A., Bona X., Velasco M., Martín J. Diagnostic accuracy of ultrasound in acute cholecystitis. *Gastrointest Radiol*. 1986;11(4):334-338. DOI: 10.1007/BF02035103.
20. Buyanov V.M., Ishutinov V.D., Zinyakova M.V., Titkova I.M. Ultrazvukovaya klassifikatsiya ostrogo kholetsistita. In: *Ekstrennaya khirurgiya zhelchnokamennoy bolezni* [Ultrasound classification of acute cholecystitis. In: *Emergency surgery for gallstone disease*]: *Proceedings of the All-Russian Conference of Surgeons*. Essentuki. 1994:51-53. (In Russ.).
21. Paklina O.V., Rotin D.L. Morfologiya ostrogo kholetsistita [Morphology of acute cholecystitis]. In: Buriyev I.M., Melkonyan G.G., eds. *Ostryy kalkuleznyy kholetsistit i yego oslozhneniya. Novoye o kholelitiaze. [Acute calculous cholecystitis and its complications. New information about cholelithiasis]*. Practical guide. Moscow; 2020:73-81. (In Russ.). DOI: 10.33029/9704-5662-0-2020-OKH-1-272 EDN: QVLKOM.
22. Ralls P.W., Colletti P.M., Lapin S.A., et al. Real-time sonography in suspected acute cholecystitis. Prospective evaluation of primary and secondary signs. *Radiology*. 1985;155(3):767-771. DOI: 10.1148/radiology.155.3.3890007.
23. Beburishvili A.G., Panin S.I., Zjubina E.N., Bykov A.V. Minimally invasive interventions in acute cholecystitis: state of art concernig evidence based medicine. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery*. 2011;16(2):83-88. (In Russ.). EDN: ODWBNV.
24. Ambe P.C., Kaptanis S., Papadakis M., et al. The Treatment of Critically Ill Patients With Acute Cholecystitis. *Dtsch Arztebl Int*. 2016;113(33-34):545-551. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0545.
25. Önder A., Kapan M., Ülger B.V., et al. Gangrenous cholecystitis: mortality and risk factors. *Int Surg*. 2015;100(2):254-260. DOI: 10.9738/INTSURG-D-13-00222.1.
26. Corr P. Sonography of gangrenous cholecystitis. *J Emerg Trauma Shock*. 2012;5(1):82-83. DOI: 10.4103/0974-2700.93112.
27. Simeone J.F., Brink J.A., Mueller P.R., et al. The sonographic diagnosis of acute gangrenous cholecystitis: importance of the Murphy sign. *AJR Am J Roentgenol*. 1989;152(2):289-290. DOI: 10.2214/ajr.152.2.289.
28. Bourikian S., Anand R.J., Aboutanos M., et al. Risk factors for acute gangrenous cholecystitis in emergency general surgery patients. *Am J Surg*. 2015;210(4):730-733. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2015.05.003.
29. Barakat M. Gangrenous cholecystitis. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/215166>. Accessed May 21, 2026.



30. Kumar S., Sharma P., Muthu R., Mohakund S. Management of empyema of gallbladder with percutaneous cholecysto-duodenal stenting in a case of hilar cholangiocarcinoma treated with common bile duct metallic stenting. *Indian J Radiol Imaging*. 2011;21(4):298-300. DOI: 10.4103/0971-3026.90695.
31. Smith E.A., Dillman J.R., Elsayes K.M., et al. Cross-sectional imaging of acute and chronic gallbladder inflammatory disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(1):188-196. DOI: 10.2214/AJR.07.3803.
32. Sunnapwar A., Raut A.A., Nagar A.M., Katre R. Emphysematous cholecystitis: Imaging findings in nine patients. *Indian J Radiol Imaging*. 2011;21(2):142-146. DOI: 10.4103/0971-3026.82300.
33. Hacking C. Emphysematous cholecystitis. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/35744>. Accessed May 27, 2026.
34. Rodríguez Á.L., Pavón R.F., Rionda P.J., et al. “The Effervescent Gallbladder”: A Rare Ultrasonographic Finding that Reflects the Presence of Gas within the Gallbladder. *Ultrasound Int Open*. 2015;1(2):E72-E75. DOI: 10.1055/s-0035-1564155.
35. Kecler-Pietrzyk A. Emphysematous cholecystitis – champagne sign. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/73180>. Accessed May 27, 2026.
36. Anderson B.B., Nazem A. Perforations of the gallbladder and cholecystobiliary fistulae: a review of management and a new classification. *J Natl Med Assoc*. 1987;79(4):393-399. PMID: PMC2625500.
37. Kim P.N., Lee K.S., Kim I.Y., et al. Gallbladder perforation: comparison of US findings with CT. *Abdom Imaging*. 1994;19(3):239-242. DOI: 10.1007/BF00203516.
38. Patel M. Gallbladder perforation. Case study. <https://radiopaedia.org/cases/37017>. Accessed May 21, 2026.
39. Ojemolon P.E., Kwei-Nsoro R., Haque M., et al. Different Approaches to the Management of Cholecystoenteric Fistula. *ACG Case Rep J*. 2023;10(1):e00960. Published 2023 Jan 20. DOI: 10.14309/crj.0000000000000960.

АВТОРЫ

Вальчинская Анна Брониславовна – ORCID: 0009-0004-8719-3411

Демко Андрей Евгеньевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Батыршин Ильдар Муллаянович, д.м.н. – ORCID: 0000-0003-0241-7902, SPIN: 5287-7599

Латышева Анастасия Яковлевна, к.м.н. – ORCID: 0000-0003-3677-8765, SPIN: 6793-1985

Парфёнов Антон Олегович к.м.н, доц. – ORCID:0000-0002-1192-4087

AUTHORS

Valchinskaya Anna Bronislavovna – ORCID: 0009-0004-8719-3411

Demko Andrey Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Batyrshin Ildar Mullayanovich, Dr.Sci. (Medicine) – ORCID: 0000-0003-0241-7902, SPIN: 5287-7599

Latysheva Anastasiya Yakovlevna, Ph.D. – ORCID: 0000-0003-3677-8765, SPIN: 6793-1985

Parfenov Anton Olegovich, Ph.D., Assoc. Prof. – ORCID:0000-0002-1192-4087



УДК 618.36-073.756.8 : 618.3-008.6

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_158_168

ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ МЕТОДИКИ ВНУТРИВОКСЕЛЬНОГО НЕКОГЕРЕНТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ДИФфуЗИОННО-ПЕРфуЗИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛАЦЕНТЫ ПРИ ПРЕЭКЛАМПСИИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© Е.А. КИРИЛЛОВА, В.О. БАШИРОВА, И.А. МАЩЕНКО, Г.Е. ТРУФАНОВ

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Преэклампсия ассоциирована с нарушением перфузии плаценты и неблагоприятными материнскими и перинатальными исходами. Методика IVIM-MPT позволяет количественно оценивать диффузионно-перфузионные свойства ткани плаценты, однако данные о ее применении при преэклампсии ограничены.

ЦЕЛЬ: сравнить параметры IVIM-MPT плаценты у пациенток с преэклампсией и женщин с физиологической беременностью, а также оценить их связь с данными УЗ-доплерометрии и исходами беременности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Проведено пилотное исследование по типу «случай-контроль», в которое были включены 22 пациентки: 12 с преэклампсией и 10 из группы контроля. Диагноз преэклампсии устанавливали согласно действующим клиническим рекомендациям на основании клинико-лабораторных данных. Контрольную группу составили беременные без гипертензивных расстройств и состояний, способных существенно влиять на плацентарный кровоток. Всем пациенткам выполняли MPT плаценты с применением методики IVIM, затем производили ручную сегментацию органа и рассчитывали параметры f , D и D^* . Дополнительно анализировали показатели УЗ-доплерометрии, а также материнские и перинатальные исходы беременности.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Срок гестации на момент MPT был сопоставим: 33,00 [32,75; 34,25] недели при преэклампсии и 32,50 [29,25; 34,50] недели в группе контроля ($p = 0,349$). Фракция перфузии f была ниже при преэклампсии: 15,98 % [14,87; 17,23] против 23,79 % [21,74; 24,94] ($p < 0,001$). D и D^* также имели более низкие медианные значения, однако различия не достигли статистической значимости. После поправки на срок гестации наличие преэклампсии сохраняло связь со снижением f : $\beta = -7,34$ процентного пункта (95 % ДИ: -10,12; -4,57; $p < 0,001$). При преэклампсии чаще отмечалось наличие нарушений кровотока по данным УЗ-доплерометрии (83,3 % против 0 %; $p < 0,001$) и преждевременное родоразрешение (83,3 % против 30,0 %; $p = 0,027$). Внутри этой группы более низкие значения f были ассоциированы с более ранним родоразрешением ($p = 0,58$; $p = 0,049$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. У пациенток с преэклампсией фракция перфузии плаценты f по данным IVIM-MPT была статистически значимо ниже, чем при физиологической беременности. Полученные данные позволяют рассматривать f как потенциальный количественный показатель нарушения плацентарной микроциркуляции, однако его диагностическая и прогностическая значимость требует дальнейшего изучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: преэклампсия, плацента, MPT, IVIM-MPT, фракция перфузии, ДВИ, УЗ-доплерометрия.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Кириллова Е.А., Баширова В.О., Машченко И.А., Труфанов Г.Е. Возможности магнитно-резонансной методики внутривоксельного некогерентного движения в оценке диффузионно-перфузионных изменений плаценты при преэклампсии: пилотное исследование // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 158–168.

THE POTENTIAL OF INTRAVOXEL INCOHERENT MOTION MRI IN THE ASSESSMENT OF PLACENTAL DIFFUSION-PERFUSION CHANGES IN PRE- ECLAMPSIA: A PILOT STUDY

© Е.А. KIRILLOVA, V.O. BASHIROVA, I.A. MASHCHENKO, G.E. TRUFANOV

Federal State Budgetary Institution “Almazov National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia



ABSTRACT

RATIONALE: Pre-eclampsia is associated with impaired placental perfusion and adverse maternal and perinatal outcomes. Intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging (IVIM-MRI) allows for the quantitative evaluation of the diffusion and perfusion properties of placental tissue; however, data regarding its application in preeclampsia remain limited

OBJECTIVE: The aim of the work is to compare placental IVIM-MRI parameters between patients with pre-eclampsia and women with physiological pregnancies, and to evaluate their association with Doppler ultrasound findings and pregnancy outcomes.

MATERIAL AND METHODS: A pilot case-control study was conducted, including 22 patients: 12 with pre-eclampsia and 10 controls. Pre-eclampsia was diagnosed basing on clinical and laboratory data in accordance with current clinical guidelines. The control group consisted of pregnant women without hypertensive disorders or conditions capable of significantly affecting placental blood flow. All patients underwent placental MRI using the IVIM technique, followed by manual segmentation of the organ to calculate the parameters f , D and D^* . Doppler ultrasound indices, as well as maternal and perinatal pregnancy outcomes, were additionally analyzed.

RESULTS: Gestational age at the time of MRI was comparable between the groups: 33.00 [32.75; 34.25] weeks in the preeclampsia group and 32.50 [29.25; 34.50] weeks in the control group ($p = 0.349$). The perfusion fraction (f) was significantly lower in preeclampsia: 15.98 % [14.87; 17.23] vs. 23.79 % [21.74; 24.94] ($p < 0.001$). Median values for D and D^* were also lower in the pre-eclampsia group, but the differences did not reach statistical significance. After adjusting for gestational age, preeclampsia remained associated with a reduction in f : $\beta = -7.34$ percentage points (95 % CI: -10.12 ; -4.57 ; $p < 0.001$). Pre-eclampsia was characterized by a higher prevalence of blood flow abnormalities on Doppler ultrasound (83.3 % vs. 0 %; $p < 0.001$) and a higher rate of preterm delivery (83.3 % vs. 30.0 %; $p = 0.027$). Within the preeclampsia group, lower f values were associated with earlier delivery ($\rho = 0.58$; $p = 0.049$).

CONCLUSION: In patients with preeclampsia, the placental perfusion fraction f deriving from IVIM-MRI was statistically significantly lower than in physiological pregnancies. These findings suggest that f could serve as a potential quantitative marker of placental microcirculation impairment; however, its diagnostic and prognostic value requires further investigation.

KEYWORDS: pre-eclampsia, placenta, MRI, IVIM-MRI, perfusion fraction, DWI, Doppler ultrasound.

TO CITE THIS ARTICLE: Kirillova E.A., Bashirova V.O., Mashchenko I.A., Trufanov G.E. The potential of intravoxel incoherent motion MRI in the assessment of placental diffusion-perfusion changes in pre-eclampsia: a pilot study. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):158-168. (In Russ.).

Обоснование

Гипертензивные расстройства во время беременности продолжают оставаться одной из значимых причин материнской и перинатальной заболеваемости и смертности [1]. Особое место среди них занимает преэклампсия — мультисистемное осложнение беременности, развитие которого связано с нарушением ремоделирования спиральных артерий, гипоперфузией плаценты, эндотелиальной дисфункцией и последующим формированием неблагоприятных исходов как для матери, так и для плода [2]. Поскольку перфузионные изменения плаценты играют ключевую роль в патогенезе преэклампсии [3], особый интерес представляет возможность *in vivo* оценки параметров ее функционирования.

В клинической практике основным методом оценки состояния плаценты и кровотока в системе «мать-плацента-плод» является ультразвуковое исследование (УЗИ), дополненное доплерометрией [4, 5]. Однако, несмотря на широкое распространение, метод имеет ряд ограничений: возможности визуализации структурных измене-

ний плаценты ограничены сравнительно низким пространственным разрешением и меньшей тканевой контрастностью, результаты исследования могут зависеть от положения плода, локализации плаценты в полости матки, телосложения пациентки, опыта оператора и ряда других факторов [6, 7]. Кроме того, ультразвуковое исследование не позволяет напрямую количественно оценить диффузионно-перфузионные свойства плацентарной ткани, а лишь гемодинамику в крупных сосудах [7]. Магнитно-резонансная томография (МРТ) представляет собой перспективный дополнительный метод визуализации, который, помимо высокого тканевого контраста и широкого поля обзора, предоставляет возможность применения специальных методик, позволяющих оценить функциональные параметры плаценты. К одной из таких методик относится внутривоксельное некогерентное движение — IVIM-МРТ (IntraVoxel Incoherent Motion) [7, 8].

Методика IVIM-МРТ основана на получении диффузионно-взвешенных изображений и позволяет отдельно оценивать в тканях диффузию



молекул воды и микроциркуляторное движение крови в капиллярном русле — т.н. биэкспоненциальная модель [9]. Основными параметрами этой модели являются фракция перфузии f , коэффициент истинной диффузии D и коэффициент псевдодиффузии D^* : фракция перфузии f отражает долю МР-сигнала, связанную с движением крови в микроциркуляторном русле; коэффициент диффузии D характеризует степень диффузии молекул воды в ткани плаценты; коэффициент псевдодиффузии D^* отражает скорость микроциркуляторного кровотока и хаотичного (некогерентного) движения крови в капиллярном русле плаценты и межворсинчатом пространстве [9, 10].

Несмотря на возрастающий интерес к применению IVIM-MPT для оценки функциональных параметров показателей плаценты, данные об использовании данной методики при преэклампсии остаются ограниченными. В связи с этим дальнейшее изучение диффузионно-перфузионных параметров плаценты при преэклампсии представляет научный и практический интерес.

Цель исследования: сравнить IVIM-параметры плаценты у пациенток с преэклампсией и женщин с физиологически протекающей беременностью, а также оценить взаимосвязи полученных показателей с данными ультразвуковой доплерометрии и исходами беременности.

Материал и методы исследования

Настоящее пилотное исследование по типу «случай-контроль» выполнено на базе Перинатального центра ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. В исследование были включены 22 пациентки: 12 с преэклампсией и 10 из группы контроля. В основной группе были представлены пациентки с умеренной и тяжелой преэклампсией, в том числе часть случаев — на фоне хронической артериальной гипертензии. Контрольную группу составили беременные без установленного диагноза гипертензивного расстройства во время беременности, патологии прикрепления плаценты, трофобластической болезни на фоне развивающейся беременности, объемных образований плаценты и сахарного диабета I и II типов, а также врожденных пороков развития плода, которые могли бы оказывать влияние на состояние кровотока в плаценте. Все пациентки подписали информированное согласие, исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Пациенткам основной группы диагноз гипертензивного расстройства во время беременности устанавливался в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [4] с учетом анализа данных анамнеза, результатов оценки

артериального давления и уровня суточной протеинурии.

Для каждой пациентки анализировали возраст, срок гестации на момент выполнения МРТ, срок родоразрешения, тип родоразрешения, а также отдельные перинатальные исходы. Учитывали способ родоразрешения — через естественные родовые пути или путем кесарева сечения, а также факт преждевременных родов, к которым относили родоразрешение до 37 недель гестации. Состояние новорожденного оценивали по шкале Апгар на 1-й и 5-й минутах жизни. Дополнительно определяли соответствие массы и длины тела новорожденного сроку гестации при рождении с учетом пола ребенка по международным стандартам INTERGROWTH-21st [11]. Для статистического анализа данные показатели учитывали не как абсолютные значения, а как бинарные признаки соответствия или несоответствия референсному диапазону. По данным ультразвуковой доплерометрии оценивали наличие нарушений кровотока в маточных артериях и артерии пуповины согласно действующим клиническим рекомендациям [12]. При этом учитывали как изолированное нарушение кровотока в каждом из указанных сосудистых бассейнов, так и сочетанное их поражение. Нарушение кровотока фиксировали при значении пульсационного индекса выше 95-го перцентиля для соответствующего срока гестации, а для артерии пуповины также учитывали наличие патологического диастолического кровотока. Для анализа использовали данные УЗ-доплерометрии, выполненной в пределах двух суток до или после МРТ плаценты.

МРТ плаценты выполняли на томографе Siemens Magnetom Vida (Германия) с напряженностью магнитного поля 3,0 Тл. Протокол включал T1- и T2-взвешенные изображения в трех стандартных плоскостях, а также получение диффузионно-взвешенных изображений с использованием дыхательного триггера, располагаемого на правой половине купола диафрагмы. Для IVIM-анализа использовали 10 значений b-фактора: 0, 20, 40, 60, 80, 100, 140, 200, 400 и 600 с/мм². Блок из 15 срезов ориентировали перпендикулярно длинной оси плаценты с центром на уровне ее срединных отделов в области ветвления сосудов пуповины (рис. 1).

Постпроцессинговая обработка полученных диффузионно-взвешенных изображений выполнялась с использованием программного обеспечения FireVoxel (версия 483) (США) [13]. Изображения загружались в виде четырехмерного DICOM-набора, после чего производилась ручная сегментация плаценты по изображениям

с b -фактором, равным 0 с/мм^2 (рис. 2). В область интереса, ROI (Region of Interest), включалась только ткань плаценты, в то время как миометрий, амниотическая жидкость, ткани плода, крупные сосуды, лакуны, гематомы, инфаркты,

а также участки выраженных артефактов исключались для наиболее точного расчета параметров IVIM. Расчет показателей f , D и D^* выполнялся на основе сегментированной биэкспоненциальной модели IVIM.

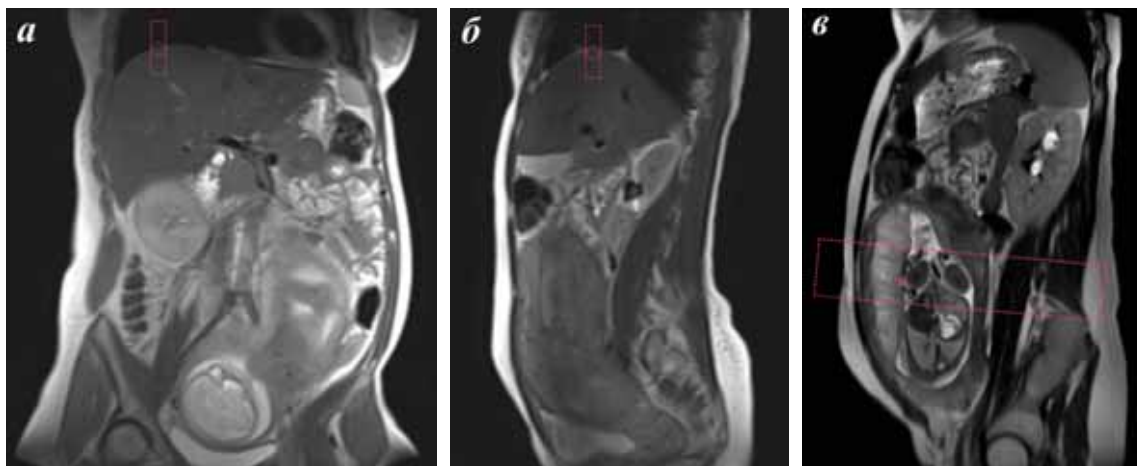


Рис. 1. Пример планирования диффузионно-взвешенных изображений при МРТ плаценты, 23-я неделя беременности. Позиционирование дыхательного триггера и блока срезов проводилось по изображениям Localizer в корональной (а) и сагиттальной (б) плоскостях, а также T2-ВИ в сагиттальной плоскости (в). Малый прямоугольник соответствует расположению дыхательного триггера на уровне середины правой половины купола диафрагмы. Большой прямоугольник отображает блок срезов диффузионно-взвешенных изображений, ориентированный перпендикулярно длинной оси плаценты с размещением геометрического центра в ее центральных отделах в области ветвления сосудов пуповины (*)

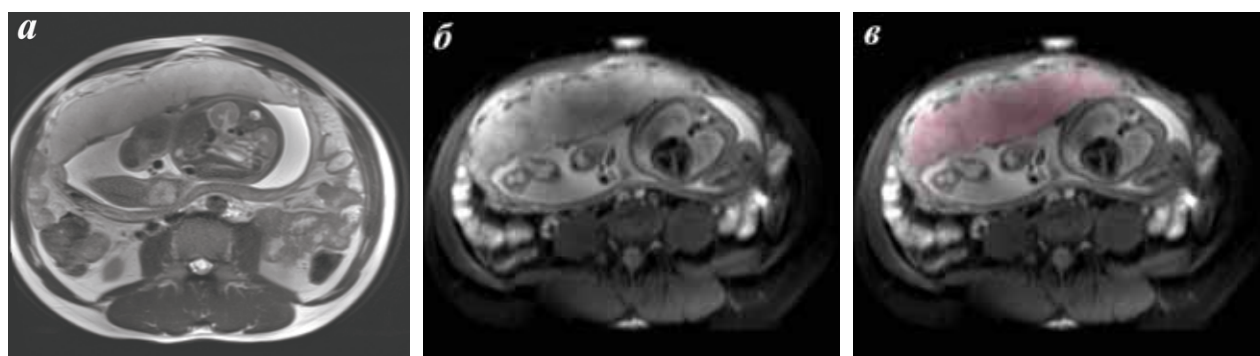


Рис. 2. Пример сегментации плаценты, 29-я неделя беременности. T2-ВИ в аксиальной плоскости (а) использовались в качестве исходных для определения анатомических ориентиров. Сегментация выполнялась на диффузионно-взвешенных изображениях при b -факторе 0 с/мм^2 в аксиальной плоскости (а). Также представлен пример среза с цветовым ROI-слоем, наложенным на ткань плаценты (в)

Статистический анализ проводился с учетом малого объема выборки с использованием программы StatTech (Россия). Количественные данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала Me [Q1; Q3]. Для сравнения независимых количественных переменных между двумя группами использовали U-критерий Манна-Уитни, для сравнения категориальных переменных – точный критерий Фишера. Дополнительно выполнен линейный регрессионный анализ с поправкой на

срок гестации на момент МРТ. Поисковый корреляционный анализ проводили с использованием коэффициента Спирмена. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В основной группе из 12 пациенток с преэклампсией диагностики были распределены следующим образом: изолированная умеренная преэклампсия выявлена у 4 пациенток (33,3 %), умеренная преэклампсия на фоне хронической артериальной гипер-



тензии — у 2 (16,7 %), изолированная тяжелая преэклампсия — у 2 (16,7 %), тяжелая преэклампсия на фоне хронической артериальной гипертензии — у 4 (33,3 %).

Краткая клиническая характеристика исследуемых групп, а также показатели УЗ-доплерометрии и исходы беременности представлены в таблицах 1, 2 и 3 соответственно.

Срок гестации на момент выполнения МРТ в обеих группах был сопоставим и преимущественно соответствовал III триместру беременности: медиана составила 33,00 [32,75; 34,25] недели в группе преэклампсии и 32,50 [29,25; 34,50] недели в группе контроля ($p = 0,349$). Также группы не различались по возрасту пациенток: 37,0 [29,0; 37,5] года в основной группе и 36,0 [34,2; 38,5] года в группе контроля ($p = 0,815$). В то же время срок родоразрешения у пациенток с преэклампсией был статистически значимо меньше по сравнению с контрольной группой: 34,00 [33,00; 36,00] недели против 37,50 [35,50; 38,75] недели соответственно ($p = 0,010$). Оценка состояния новорожденных по шкале Апгар имела тенденцию к более низким значениям в группе преэклампсии, однако статистически значимых различий получено не было: на 1-й минуте жизни — 7,0 [7,0; 7,0] баллов против 7,0 [7,0;

8,0] ($p = 0,068$), на 5-й минуте — 8,0 [8,0; 8,0] баллов против 8,0 [8,0; 9,0] ($p = 0,313$).

Нарушения кровотока по данным ультразвуковой доплерометрии значительно чаще регистрировались у пациенток с преэклампсией. Любые доплерометрические нарушения были выявлены у 10 из 12 пациенток основной группы (83,3 %) и не отмечались в группе контроля (0 из 10; 0,0 %; $p < 0,001$). Нарушение кровотока в маточных артериях определялось у 8 из 12 пациенток с преэклампсией (66,7 %) и отсутствовало в контрольной группе ($p = 0,002$). Нарушение кровотока в артерии пуповины было зарегистрировано у 3 из 12 пациенток основной группы (25,0 %) и не выявлялось в группе контроля, однако различия не достигли статистической значимости ($p = 0,221$). Сочетанное нарушение кровотока в маточных артериях и артерии пуповины отмечалось у 5 из 12 пациенток с преэклампсией (41,7 %) и отсутствовало в контрольной группе ($p = 0,040$). Кроме того, в основной группе чаще выполнялось родоразрешение путем операции кесарева сечения — 11 из 12 наблюдений (91,7 %) против 4 из 10 (40,0 %) в группе контроля ($p = 0,020$), а также чаще происходило преждевременное родоразрешение до 37 недель гестации — 10 из 12 (83,3 %) против 3 из 10 (30,0 %) соответственно ($p = 0,027$).

Таблица 1. Клиническая характеристика исследуемых групп

Показатель	Преэклампсия, n = 12	Контроль, n = 10	p
Возраст, лет	37,0 [29,0; 37,5]	36,0 [34,2; 38,5]	0,815
Срок гестации на момент МРТ, нед.	33,00 [32,75; 34,25]	32,50 [29,25; 34,50]	0,349

Таблица 2. Показатели УЗ-доплерометрии в исследуемых группах

Показатель	Преэклампсия, n = 12	Контроль, n = 10	p
Любое нарушение доплерометрии	10/12 (83,3 %)	0/10 (0,0 %)	<0,001
Нарушение кровотока в маточных артериях	8/12 (66,7 %)	0/10 (0,0 %)	0,002
Нарушение кровотока в артерии пуповины	3/12 (25,0 %)	0/10 (0,0 %)	0,221
Одновременное нарушение кровотока в маточных артериях и артерии пуповины	5/12 (41,7 %)	0/10 (0,0 %)	0,040

Таблица 3. Исходы беременности и состояние новорожденных в исследуемых группах

Показатель	Преэклампсия, n = 12	Контроль, n = 10	p
Срок родоразрешения, нед.	34,00 [33,00; 36,00]	37,50 [35,50; 38,75]	0,010
Оценка по шкале Апгар, 1-я минута	7,0 [7,0; 7,0]	7,0 [7,0; 8,0]	0,068
Оценка по шкале Апгар, 5-я минута	8,0 [8,0; 8,0]	8,0 [8,0; 9,0]	0,313
Кесарево сечение	11/12 (91,7 %)	4/10 (40,0 %)	0,020
Роды через естественные родовые пути	1/12 (8,3 %)	6/10 (60,0 %)	0,020
Преждевременное родоразрешение <37 нед.	10/12 (83,3 %)	3/10 (30,0 %)	0,027
Несоответствие массы тела новорожденного сроку гестации	2/12 (16,7 %)	1/10 (10,0 %)	1,000
Несоответствие длины тела новорожденного сроку гестации	3/12 (25,0 %)	2/10 (20,0 %)	1,000



Результаты расчета и статистической обработки IVIM-параметров плаценты представлены в таблице 4. При сравнении IVIM-параметров плаценты между группами наиболее выраженные различия были получены для фракции перфузии f . У пациенток с преэклампсией медиана f соста-

вила 15,98 % [14,87; 17,23], тогда как в контрольной группе – 23,79 % [21,74; 24,94] ($p < 0,001$). Показатели D и D^* в группе преэклампсии также имели более низкие медианные значения, однако статистически значимых различий по ним получено не было.

Таблица 4. IVIM-параметры плаценты у пациенток с преэклампсией и в группе контроля

Показатель	Преэклампсия, $n = 12$	Контроль, $n = 10$	p
Фракция перфузии f , %	15,98 [14,87; 17,23]	23,79 [21,74; 24,94]	$<0,001$
Коэффициент истинной диффузии D , $\times 10^{-3}$ мм ² /с	1,54 [1,42; 1,63]	1,68 [1,53; 1,77]	0,187
Коэффициент псевдодиффузии D^* , $\times 10^{-3}$ мм ² /с	20,16 [18,76; 23,76]	26,18 [23,69; 28,63]	0,121

При проведении линейного регрессионного анализа с поправкой на срок гестации на момент МРТ наличие преэклампсии сохраняло статистически значимую связь со снижением f : среднее снижение показателя составило 7,34 процентного пункта (95 % ДИ: –10,12; –4,57; $p < 0,001$). Для D и D^* статистически значимой независимой связи с наличием преэклампсии выявлено не было.

В поисковом поданализе внутри группы преэклампсии статистически значимых различий по IVIM-параметрам между пациентками с умеренной и тяжелой преэклампсией выявлено не было. При умеренной преэклампсии f составила 16,39 % [14,25; 18,92], при тяжелой – 15,98 % [15,34; 16,90] ($p = 0,818$); D – 1,45 [1,42; 1,55] $\times 10^{-3}$ мм²/с и 1,63 [1,53; 1,65] $\times 10^{-3}$ мм²/с соответственно ($p = 0,394$); D^* – 20,98 [18,77; 25,91] $\times 10^{-3}$ мм²/с и 19,78 [18,97; 22,04] $\times 10^{-3}$ мм²/с соответственно ($p = 1,000$). Аналогично не было получено статистически значимых различий между пациентками с преэклампсией на фоне хронической артериальной гипертензии и пациентками с преэклампсией без хронической артериальной гипертензии: f – 15,95 % [15,32; 16,90] и 16,43 % [14,27; 18,92] соответственно ($p = 0,589$), D – 1,55 [1,42; 1,65] $\times 10^{-3}$ мм²/с и 1,54 [1,45; 1,61] $\times 10^{-3}$ мм²/с ($p = 0,937$), D^* – 21,16 [20,07; 22,45] $\times 10^{-3}$ мм²/с и 18,63 [18,20; 25,14] $\times 10^{-3}$ мм²/с ($p = 0,240$).

С учетом малого объема выборки и различий между основной и контрольной группами анализ взаимосвязи IVIM-параметров с клинико-инструментальными показателями носил поисковый характер и выполнялся отдельно внутри групп. В группе преэклампсии была выявлена умеренная положительная корреляция между фракцией перфузии f и сроком родоразрешения ($p = 0,58$; $p = 0,049$), тогда как в контрольной группе статистически значимой связи между этими показателями получено не было ($p = -0,04$; $p = 0,913$). Таким образом, у пациенток с преэклампсией более низкие значения f были ассоциированы с более ранним завершением беременности.

При анализе внутри группы преэклампсии статистически значимых различий f в зависимости от наличия нарушений кровотока по данным доплерометрии выявлено не было. При нарушении кровотока в маточных артериях f составила 16,21 % [13,20; 17,89], при отсутствии данного признака – 15,98 % [15,64; 16,50] ($p = 1,000$). При нарушении кровотока в артерии пуповины значения f составили 13,80 % [11,57; 17,19] против 16,30 % [15,59; 17,19] при отсутствии нарушения ($p = 0,600$). При сочетанном нарушении кровотока в маточных артериях и артерии пуповины f составила 15,59 % [13,80; 16,30], тогда как при отсутствии сочетанного нарушения – 17,10 % [15,45; 17,27] ($p = 0,530$).

В группе преэклампсии сравнение значений f в зависимости от способа родоразрешения было статистически неинформативным, поскольку кесарево сечение было выполнено у 11 из 12 пациенток. При преждевременном родоразрешении до 37 недель значения f были ниже, чем при срочных родах: 15,62 % [14,16; 16,90] против 18,34 % [17,77; 18,91], однако различия не достигли статистической значимости ($p = 0,182$). Статистически значимой связи f с оценкой по шкале Апгар на 1-й минуте ($p = 0,24$; $p = 0,459$), на 5-й минуте ($p = 0,47$; $p = 0,124$), а также с несоответствием длины тела новорожденного сроку гестации ($p = 0,727$) выявлено не было.

Обсуждение

В настоящем исследовании наиболее выраженные межгрупповые различия среди анализируемых IVIM-параметров были выявлены для фракции перфузии f : у пациенток с преэклампсией значения f были статистически значимо ниже по сравнению с группой физиологически протекающей беременности, в том числе после поправки на срок гестации на момент МРТ. Показатели D и D^* также имели тенденцию к снижению в группе преэклампсии, однако статистически значимых различий по ним получено не было. Кроме того, в группе преэклампсии более



низкие значения f были ассоциированы с более ранним сроком родоразрешения. При этом у пациенток основной группы значительно чаще выявлялись нарушения параметров УЗ-доплерометрии, однако внутри группы преэклампсии статистически значимой связи f с отдельными доплерометрическими показателями выявлено не было.

С патофизиологической точки зрения снижение параметра f может отражать уменьшение объема функционирующего микрососудистого русла, снижение кровенаполнения межворсинчатого пространства и выраженность плацентарной гипоперфузии [14], что соответствует современным представлениями о патогенезе преэклампсии как состояния, связанного с неполным ремоделированием спиральных артерий, ишемическим повреждением плаценты и последующим развитием системной эндотелиальной дисфункции [15].

Выявленное в нашем исследовании снижение фракции перфузии f при преэклампсии согласуется с результатами Мао Y. и соавт., 2026 [10], в работе которых оценивались IVIM-параметры плаценты у пациенток с гестационной артериальной гипертензией, в том числе при осложнении беременности тяжелой задержкой роста плода. Авторы показали, что при гестационной артериальной гипертензии по сравнению с физиологически протекающей беременностью значения f были статистически значимо ниже: $23,88 \pm 7,89 \%$ против $31,48 \pm 6,63 \%$ соответственно ($p < 0,001$). Аналогичная направленность изменений была выявлена и для коэффициента истинной диффузии D : $1,47 \pm 0,16 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ в группе гестационной гипертензии против $1,60 \pm 0,15 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ в группе контроля ($p = 0,001$). В то же время статистически значимых различий по D в нашей выборке получено не было, различия по D^* не достигли статистической значимости ни в нашем исследовании, ни в работе Мао Y. и соавт.

Связь IVIM-параметров плаценты с неблагоприятными исходами беременности была показана в исследовании Накао К.К. и соавт., 2023 [16]. Авторы ретроспективно анализировали данные 68 одноплодных беременностей на сроках 24–40 недель, при 15 (22,0 %) из них было зарегистрировано рождение ребенка, малого для гестационного возраста. В исследовании сопоставлялись IVIM-параметры плаценты, время T2-релаксации, косвенно отображающее уровень оксигенации плаценты, и пульсационный индекс в артерии пуповины по данным доплерометрии. В группе пациенток, где беременность завершилась операцией кесарева сечения по экстренным

показаниям, отмечались более низкие значения f и T2-релаксации, а при преждевременных родах одновременно снижались параметры f , D , D^* и время T2-релаксации. Указанные данные согласуются с результатами настоящего исследования, в котором более низкие значения f в группе преэклампсии были связаны с более ранним сроком родоразрешения, что позволяет рассматривать фракцию перфузии как потенциальный количественный показатель выраженности плацентарной дисфункции, ассоциированной с более ранним завершением беременности.

В настоящем исследовании не было выявлено статистически значимой связи f с оценкой состояния новорожденного по шкале Апгар на 1-й минуте ($p = 0,24$; $p = 0,459$) и на 5-й минуте жизни ($p = 0,47$; $p = 0,124$), а также с несоответствием длины тела новорожденного сроку гестации ($p = 0,727$), а оценка связи с несоответствием массы тела была ограничена малым числом таких наблюдений. Вместе с тем данные литературы свидетельствуют о потенциальной роли IVIM-MPT в прогнозировании неблагоприятных перинатальных исходов. В ряде исследований [16–18] параметры IVIM-MPT с оценкой внутривоксельного некогерентного движения, прежде всего фракция перфузии, были ассоциированы с признаками плацентарной недостаточности, задержкой роста плода, рождением детей, малых для срока гестации, а также преждевременным родоразрешением.

Отсутствие статистически значимых различий по D и D^* в нашем исследовании может быть связано как с малым объемом выборки, так и с методологическими особенностями оценки параметров IVIM. На результаты расчета могут влиять набор b-факторов, особенно число значений b-фактора менее 100 с/мм^2 , соотношение сигнал/шум, движения матери и плода, подход к сегментации плаценты, число анализируемых срезов и выбранный алгоритм математического расчета показателей IVIM [10, 19].

Вместе с тем указанное отсутствие статистических различий D и D^* не исключает их биологической значимости. Коэффициент диффузии D отражает подвижность молекул воды в ткани плаценты и может изменяться при ряде ее патоморфологических изменений, таких как отложение фибриноида, появление участков инфарктов и кровоизлияний, выраженность которых может существенно различаться у разных пациенток. Коэффициент псевдодиффузии D^* характеризует скорость микроциркуляторного кровотока и хаотичного движения крови в капиллярном русле плаценты и межворсинчатом пространстве,



однако является более технически вариабельным показателем [10, 20]. В связи с этим фракция перфузии f в небольших клинических выборках может быть более практически применимым параметром.

Полученные нами результаты не противостоят данным ультразвуковой доплерометрии, а дополняют их, поскольку характеризуют разные уровни плацентарного кровообращения. УЗИ и доплерометрия сохраняют значение методов первой линии благодаря доступности, возможности динамического наблюдения и непосредственной клинической применимости, однако преимущественно отражают гемодинамику в крупных сосудистых бассейнах системы «мать-плацента-плод» [4, 5, 7]. IVIM-MPT, в свою очередь, позволяет количественно оценивать диффузионно-перфузионные свойства ткани самой плаценты и, следовательно, потенциально отражает микрососудистый компонент плацентарной дисфункции [9]. В настоящем исследовании снижение f сочеталось с большей частотой доплерометрических нарушений, что указывает на согласованность этих методов, но не на их взаимозаменяемость. С практической точки зрения IVIM-MPT может рассматриваться как дополнительный метод функциональной оценки плаценты, количественные параметры которого в перспективе могут уточнять выраженность плацентарной дисфункции и использоваться при разработке моделей стратификации риска неблагоприятного течения беременности.

Таким образом, результаты настоящего исследования поддерживают концепцию комплексной оценки плаценты, при которой IVIM-параметры анализируются не изолированно, а в сочетании с клиническим фенотипом преэклампсии, сроком гестации, данными ультразвуковой доплерометрии и перинатальными исходами. Наиболее перспективным направлением дальнейших исследований представляется создание мультимодальных моделей, объединяющих структурные МР-признаки, количественные IVIM-параметры, лабораторные маркеры, доплерометрические пока-

затели, а также данные патоморфологического исследования.

Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Работа выполнена на небольшой одноцентровой выборке, что снижает статистическую мощность и ограничивает возможности стратифицированного анализа с учетом тяжести преэклампсии и наличия хронической артериальной гипертензии. Клиническая неоднородность основной группы, поперечный дизайн и отсутствие динамической оценки IVIM-параметров также ограничивают интерпретацию результатов. Кроме того, не оценивалась меж- и внутринаблюдательная воспроизводимость сегментации, а также не проводилось сопоставление IVIM-параметров с данными патоморфологического исследования плаценты.

Выводы

В рамках данного пилотного исследования было выявлено, что фракция перфузии плаценты f по данным IVIM-MPT у пациенток с преэклампсией была статистически значимо ниже, чем при нормально протекающей беременности. Различия по другим IVIM-параметрам в исследуемой выборке не достигли статистической значимости. Снижение фракции перфузии может рассматриваться как количественный маркер нарушения плацентарной микроциркуляции и перфузии при преэклампсии. В группе преэклампсии более низкие значения f были связаны с более ранним сроком родоразрешения, при этом самостоятельная связь f с нарушениями кровотока по данным УЗ-доплерометрии в данной выборке не была подтверждена. Для уточнения диагностической и прогностической роли IVIM-MPT плаценты у пациенток с преэклампсией необходимы более крупные проспективные исследования со стандартизацией протокола сканирования, оценкой воспроизводимости сегментации, а также сопоставлением полученных данных с более широким спектром клинических, лабораторных, инструментальных и патоморфологических показателей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Работа поддержана ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

SOURCE OF FUNDING. This work was supported by Federal State Budgetary Institution “Almazov National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xie Y., Mu Y., Chen P., et al. Season of conception and risk of hypertensive disorder during pregnancy. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2025;25(1):97. DOI: 10.1186/s12884-025-07210-1.



2. Robbins M., Nembaware H., Mandal S., et al. Hypertensive pregnancy disorders: from mechanisms to management. *American Journal of Hypertension*. 2025;39:3-14. DOI: 10.1093/ajh/hpaf080.
3. Metoki H., Iwama N., Hamada H., et al. Hypertensive disorders of pregnancy: definition, management, and out-of-office blood pressure measurement. *Hypertension Research*. 2022;45(8):1298-1309. DOI: 10.1038/s41440-022-00965-6.
4. Преэклампсия. Эклампсия. Отеки, протеинурия и гипертензивные расстройства в время беременности, в родах и послеродовом периоде: МКБ-10: O10, O10.0, O10.1, O10.2, O10.3, O10.4, O10.9, O11, O12, O12.0, O12.1, O12.2, O13, O14, O14.0, O14.1, O14.2, O14.9, O15, O15.0, O15.2, O15.9, O16: клинические рекомендации. Министерство Здравоохранения Российской Федерации, Российское общество акушеров-гинекологов. 2024. / Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/637_2.
5. Bhide A., Acharya G., Baschat A., et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): use of Doppler velocimetry in obstetrics. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2021;58(2):331-339. DOI: 10.1002/uog.23698.
6. Golshan R., Faraji A., Mohtasham M. et al. The diagnostic accuracy of sonography for detecting placenta accreta spectrum in pregnant women with placenta previa. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2023;39(5):471-479. DOI: 10.1177/87564793231176024.
7. Sadiku E., Sun L., Macgowan C.K., et al. Advanced magnetic resonance imaging in human placenta: insights into fetal growth restriction and congenital heart disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2024;11:1426593. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1426593.
8. Clark A., Flouri D., Mufti N., et al. Developments in functional imaging of the placenta. *British Journal of Radiology*. 2023;96(1147):20220891. DOI: 10.1259/bjr.20211010.
9. Ercolani G., Capuani S., Celli V., et al. Intravoxel incoherent motion MRI to assess feto-placental diffusion and perfusion properties in small fetuses. *La Radiologia Medica*. 2025;130(1):81-95. DOI: 10.1007/s11547-024-01918-4.
10. Mao Y., Xu J., Gu S., et al. In vivo assessment of placental microstructure in normal pregnancy and gestational hypertension: an IVIM-based MRI study. *Placenta*. 2026;175:33-39. DOI: 10.1016/j.placenta.2026.01.014.
11. Papageorgiou A.T., Kennedy S.H., Salomon L.J., et al. The INTERGROWTH-21st fetal growth standards: toward the global integration of pregnancy and pediatric care. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018;218(2 Suppl):S630-S640. DOI: 10.1016/j.ajog.2018.01.011.
12. Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери (задержка роста плода): МКБ-10: O36.5, O43, P05, P07: клинические рекомендации / Министерство Здравоохранения Российской Федерации, Российское общество акушеров-гинекологов. 2025. / Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/722_2.
13. Mikheev A., DiMartino J., Bokacheva L., et al. FireVoxel: interactive software for multi-modality analysis of dynamic medical images. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*. 2025;38(6):3397-3416. DOI: 10.1007/s10278-025-01404-x.
14. He J., Chen C., Xu L., et al. Diffusion-derived vessel density computed from a simplified intravoxel incoherent motion imaging protocol in pregnancies complicated by early preeclampsia: a novel biomarker of placental dysfunction. *Hypertension*. 2023;80(8):1658-1667. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.20311.
15. Staff A.C., Fjeldstad H.E., Fosheim I.K., et al. Failure of physiological transformation and spiral artery atherosclerosis: their roles in preeclampsia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2022;226(2 Suppl):S895-S906. DOI: 10.1016/j.ajog.2020.09.026.
16. Nakao K.K., Kido A., Fujimoto K., et al. Placental functional assessment and its relationship to adverse pregnancy outcome: comparison of intravoxel incoherent motion (IVIM) MRI, T2-relaxation time, and umbilical artery Doppler ultrasound. *Acta Radiologica*. 2023;64(1):370-376. DOI: 10.1177/02841851211060410.
17. Deng J., Cao Y., Lu Y., et al. Value of placental virtual magnetic resonance elastography and intravoxel incoherent motion-based diffusion and perfusion in predicting adverse outcomes of small-for-gestational-age infants. *Insights into Imaging*. 2023;14(1):153. DOI: 10.1186/s13244-023-01503-9.
18. Walsh C.J., Meyers M.L., Chandnani N., et al. Quantitative evaluation of placental microvascular blood flow and microstructure in fetal growth restriction with IVIM MRI. *Pediatric Radiology*. 2025;55(3):546-555. DOI: 10.1007/s00247-024-06151-9.
19. Ngremmadi M.A., Odille F., Bertholdt C., et al. Anatomically guided motion correction for placental IVIM parameter estimation with accelerated sampling method. *arXiv*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2503.17468.



20. Bockoven C., Gastfield R., Victor T., et al. Correlation of placental magnetic resonance imaging with histopathologic diagnosis: detection of aberrations in structure and water diffusivity. *Pediatric and Developmental Pathology*. 2020;23(4):260-266. DOI: 10.1177/1093526619895438.

REFERENCES

1. Xie Y., Mu Y., Chen P., et al. Season of conception and risk of hypertensive disorder during pregnancy. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2025;25(1):97. DOI: 10.1186/s12884-025-07210-1.
2. Robbins M., Nembaware H., Mandal S., et al. Hypertensive pregnancy disorders: from mechanisms to management. *American Journal of Hypertension*. 2025;39:3-14. DOI: 10.1093/ajh/hpaf080.
3. Metoki H., Iwama N., Hamada H., et al. Hypertensive disorders of pregnancy: definition, management, and out-of-office blood pressure measurement. *Hypertension Research*. 2022;45(8):1298-1309. DOI: 10.1038/s41440-022-00965-6.
4. Ministry of Health of the Russian Federation, ed. *Preeklampsiya. Eklampsiya. Oteki, proteinuriya i gipertenzivnyye rasstroystva v vremya beremennosti, v rodakh i poslerodovom periode [Preeclampsia. Eclampsia. Edema, proteinuria, and hypertensive disorders during pregnancy, childbirth, and the postpartum period]*: Clinical Guidelines. 2024. (In Russ.). https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/637_2.
5. Bhide A., Acharya G., Baschat A., et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): use of Doppler velocimetry in obstetrics. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2021;58(2):331-339. DOI: 10.1002/uog.23698.
6. Golshan R., Faraji A., Mohtasham M. et al. The diagnostic accuracy of sonography for detecting placenta accreta spectrum in pregnant women with placenta previa. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2023;39(5):471-479. DOI: 10.1177/87564793231176024.
7. Sadiku E., Sun L., Macgowan C.K., et al. Advanced magnetic resonance imaging in human placenta: insights into fetal growth restriction and congenital heart disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2024;11:1426593. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1426593.
8. Clark A., Flouri D., Mufti N., et al. Developments in functional imaging of the placenta. *British Journal of Radiology*. 2023;96(1147):20220891. DOI: 10.1259/bjr.20211010.
9. Ercolani G., Capuani S., Celli V., et al. Intravoxel incoherent motion MRI to assess fetoplacental diffusion and perfusion properties in small fetuses. *La Radiologia Medica*. 2025;130(1):81-95. DOI: 10.1007/s11547-024-01918-4.
10. Mao Y., Xu J., Gu S., et al. In vivo assessment of placental microstructure in normal pregnancy and gestational hypertension: an IVIM-based MRI study. *Placenta*. 2026;175:33-39. DOI: 10.1016/j.placenta.2026.01.014.
11. Papageorgiou A.T., Kennedy S.H., Salomon L.J., et al. The INTERGROWTH-21st fetal growth standards: toward the global integration of pregnancy and pediatric care. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2018;218(2 Suppl):S630-S640. DOI: 10.1016/j.ajog.2018.01.011.
12. Ministry of Health of the Russian Federation, ed. *Nedostatochnyy rost ploda, trebuyushchiy predostavleniya meditsinskoy pomoshchi materi (zaderzhka rosta ploda) [Insufficient fetal growth requiring medical assistance for the mother (fetal growth restriction)]*: Clinical Guidelines. 2025. (In Russ.). https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/722_2.
13. Mikheev A., DiMartino J., Bokacheva L., et al. FireVoxel: interactive software for multi-modality analysis of dynamic medical images. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*. 2025;38(6):3397-3416. DOI: 10.1007/s10278-025-01404-x.
14. He J., Chen C., Xu L., et al. Diffusion-derived vessel density computed from a simplified intravoxel incoherent motion imaging protocol in pregnancies complicated by early preeclampsia: a novel biomarker of placental dysfunction. *Hypertension*. 2023;80(8):1658-1667. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.20311.
15. Staff A.C., Fjeldstad H.E., Fosheim I.K., et al. Failure of physiological transformation and spiral artery atherosclerosis: their roles in preeclampsia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2022;226(2 Suppl):S895-S906. DOI: 10.1016/j.ajog.2020.09.026.
16. Nakao K.K., Kido A., Fujimoto K., et al. Placental functional assessment and its relationship to adverse pregnancy outcome: comparison of intravoxel incoherent motion (IVIM) MRI, T2-relaxation time, and umbilical artery Doppler ultrasound. *Acta Radiologica*. 2023;64(1):370-376. DOI: 10.1177/02841851211060410.
17. Deng J., Cao Y., Lu Y., et al. Value of placental virtual magnetic resonance elastography and intravoxel incoherent motion-based diffusion and perfusion in predicting adverse outcomes of small-for-gestational-age infants. *Insights into Imaging*. 2023;14(1):153. DOI: 10.1186/s13244-023-01503-9.



18. Walsh C.J., Meyers M.L., Chandnani N., et al. Quantitative evaluation of placental microvascular blood flow and microstructure in fetal growth restriction with IVIM MRI. *Pediatric Radiology*. 2025;55(3):546-555. DOI: 10.1007/s00247-024-06151-9.

19. Ngremmadji M.A., Odille F., Bertholdt C., et al. Anatomically guided motion correction for placental IVIM parameter estimation with accelerated sampling method. *arXiv*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2503.17468.

20. Bockoven C., Gastfield R., Victor T., et al. Correlation of placental magnetic resonance imaging with histopathologic diagnosis: detection of aberrations in structure and water diffusivity. *Pediatric and Developmental Pathology*. 2020;23(4):260-266. DOI: 10.1177/1093526619895438.

АВТОРЫ

Кириллова Елизавета Александровна – ORCID: 0000-0003-0532-8606

Баширова Вероника Оскаровна – ORCID: 0009-0001-3140-5444

Мащенко Ирина Александровна, к.м.н. – ORCID: 0000-0002-4949-8829, SPIN: 5154-7080

Труфанов Геннадий Евгеньевич, д.м.н., проф. – ORCID: 0000-0002-1611-5000, SPIN: 3139-3581

AUTHORS

Kirillova Elizaveta Alexandrovna – ORCID: 0000-0003-0532-8606

Bashirova Veronika Oskarovna – ORCID: 0009-0001-3140-5444

Mashchenko Irina Aleksandrovna, Ph.D. – ORCID: 0000-0002-4949-8829, SPIN: 5154-7080

Trufanov Gennady Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. – ORCID: 0000-0002-1611-5000, SPIN: 3139-3581



УДК 616-005.1-08:616-001

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_169_181

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ТКАНЕВОГО МЕТАБОЛИЗМА У РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С КРОВОПОТЕРЕЙ ЛЕГКОЙ, СРЕДНЕЙ И ТЯЖЕЛОЙ СТЕПЕНЕЙ

© А.Н. ГРИЦАЙ, А.В. ЩЕГОЛЕВ, В.С. АФОНЧИКОВ, О.В. ОРЛОВА, Ф.С. ТОРОПОВ

ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ЦЕЛЬ: оценить изменения гемодинамики и тканевого метаболизма у раненых и пострадавших с кровопотерей легкой, средней и тяжелой степени для оптимизации диагностики и инфузионно-трансфузионной терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено проспективное когортное исследование 45 раненых и пострадавших с сочетанной травмой, разделенных на 3 группы в зависимости от класса кровопотери (I класс — 13, II класс — 17, III класс — 15). Оценивали гемодинамические показатели, параметры КОС, фибриноген, протромбиновый индекс (ПТИ), гемоглобин (Hb), гематокрит (Ht), ионизированный кальций в крови (Ca^{2+}) при поступлении и после операции. Применяли непараметрические методы статистики, корреляционный анализ Спирмена и частную корреляцию.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлена сильная корреляция шокового индекса (ШИ) с дефицитом оснований (BE) ($\rho = -0,81$) и pH ($\rho = -0,74$). Объем инфузионно-трансфузионной терапии (ИТТ) прогрессивно возрастал от I к III группе (3050 → 5515 мл). Установлено значимое снижение фибриногена (до 2,0 г/л), ПТИ (до 73 %) во II и III группах, гипокальциемия (0,96 ммоль/л) в III группе. Частный корреляционный анализ показал, что снижение Hb, Ht, фибриногена, ПТИ определяется тяжестью кровопотери, а не дилуцией, а гипокальциемия — следствие кровопотери и трансфузии компонентов крови с цитратом, с преимущественным влиянием тяжести кровопотери.

ВЫВОДЫ. ШИ и BE — наиболее чувствительные маркеры тяжести кровопотери. Гипокальциемия имеет сочетанный генез (кровопотеря + цитратная нагрузка). Снижение показателей гемостаза определялось тяжестью исходной травмы и кровопотери, а не дилуцией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: травматический шок, кровопотеря, шоковый индекс, дефицит оснований, инфузионно-трансфузионная терапия, гипокальциемия, фибриноген.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Грицай А.Н., Щеголев А.В., Афончиков В.С., Орлова О.В., Торопов Ф.С. Анализ изменений показателей гемодинамики и тканевого метаболизма у раненых и пострадавших с кровопотерей легкой, средней и тяжелой степеней // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 169–181.

ANALYSIS OF CHANGES IN HEMODYNAMIC PARAMETERS AND TISSUE METABOLISM IN INJURED AND WOUNDED PATIENTS WITH MILD, MODERATE, AND SEVERE BLOOD LOSS

© A.N. GRITSAY, A.V. SHCHEGOLEV, V.S. AFONCHIKOV, O.V. ORLOVA, F.S. TOROPOV

St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of the work is to evaluate changes in hemodynamics and tissue metabolism in wounded and injured patients with mild, moderate, and severe blood loss in order to optimize diagnosis and fluid resuscitation therapy.

MATERIALS AND METHODS: A prospective cohort study of 45 polytrauma patients divided into 3 groups according to hemorrhage class (class I — 13, class II — 17, class III — 15) was carried out. Hemodynamic parameters, acid-base status, fibrinogen, PTI, Hb, Ht, and Ca^{2+} were assessed on admission and after surgery. Nonparametric statistics, Spearman's correlation, and partial correlation analysis were applied.



RESULTS: Strong correlations were found between SI and BE ($\rho = -0.81$) and between SI and pH ($\rho = -0.74$). Total infusion volume progressively increased from class I to III (3050 $\rightarrow$ 5515 mL). Significant decreases in fibrinogen (to 2.0 g/L), PTI (to 74 %) and hypocalcemia (0.96 mmol/L) were observed in class III. Partial correlation analysis revealed that decreases in Hb, Ht, fibrinogen, and PTI were determined by the severity of blood loss rather than dilution, while hypocalcemia was a consequence of blood loss and transfusion of blood components with citrate, with a predominant effect of the severity of blood loss.

CONCLUSIONS: SI and BE are the most sensitive markers of hemorrhage severity. Hypocalcemia has a combined genesis (blood loss + citrate load). Decreases in hemostatic parameters are determined by the severity of initial trauma and blood loss, not by dilution.

KEYWORDS: traumatic shock, blood loss, shock index, base deficit, fluid resuscitation therapy, hypocalcemia, fibrinogen.

TO CITE THIS ARTICLE: Gritsay A.N., Shchegolev A.V., Afonchikov V.S., Orlova O.V., Toropov F.S. Analysis of changes in hemodynamic parameters and tissue metabolism in injured patients and victims with mild, moderate, and severe blood loss. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):169-181. (In Russ.).

Введение

Тяжелый травматический шок представляет собой жизнеугрожающее состояние, вызванное прогрессирующим снижением внутрисосудистого объема и венозного возврата крови к сердцу, следствием чего является критическое падение минутной производительности сердца, развитие циркуляторной гипоксии, обусловленной несоответствием между доставкой и скоростью потребления кислорода [1, 2]. Ранняя диагностика тяжести травматического шока и продолжающегося кровотечения играет ключевую роль в выработке адекватной лечебно-диагностической тактики у раненых и пострадавших. Высокие компенсаторные резервы, особенно у молодых пациентов, позволяют длительно сохранять стабильные показатели гемодинамики даже при кровопотере, достигающей 20–25 % дефицита объема циркулирующей крови (ОЦК), что может стать причиной недооценки тяжести кровопотери и неадекватного лечения [3–7]. Современные рекомендации подчеркивают важность оценки шокового индекса (ШИ), дефицита оснований (BE) и своевременного выявления признаков гипокоагуляции. Раннее устранение компонентов летальной триады – метаболического ацидоза и гипокоагуляции как следствий значимой кровопотери, дефицита ОЦК и циркуляторной гипоксии – определяет выраженность травматического токсикоза, тяжесть органной дисфункции [1, 8–10], длительность госпитализации и исход травматической болезни [4–7, 11].

Цели и задачи исследования

Цели:

1. Выявить наиболее информативные гемодинамические показатели и параметры кислотно-основного состояния (КОС), характеризующие развитие циркуляторных нарушений у раненых и пострадавших с кровопотерей I, II и III классов.
2. Проанализировать количественный и качественный состав инфузионно-трансфузионной

терапии (ИТТ) в остром периоде травмы у раненых и пострадавших с кровопотерей I, II и III классов.

3. Оценить динамику изменения концентрации фибриногена по Клаусу, протромбинового индекса (ПТИ), концентрации гемоглобина (Hb) в крови, величины гематокрита (Ht), концентрации ионизированного Ca^{2+} в крови при поступлении и в раннем послеоперационном периоде.

4. Определить влияние инфузионной терапии и кровопотери на концентрацию фибриногена, ПТИ, Hb и Ht.

5. Определить влияние кровопотери и трансфузионной терапии на концентрацию ионизированного Ca^{2+} в крови в раннем послеоперационном периоде.

Задачи:

1. Провести сравнительный анализ гемодинамических показателей и тканевого газообмена при поступлении: систолического, диастолического и среднего артериального давлений (АДсист, АДдиаст и АДср), частоты сердечных сокращений (ЧСС), шокового индекса (ШИ), насыщения кислородом капиллярной крови (SpO_2).

2. Оценить динамику КОС: pH, дефицита оснований (BE), парциального напряжения углекислого газа в артериальной крови (PaCO_2), стандартного бикарбоната (SB), Hb, Ht, фибриногена и ПТИ при поступлении и в раннем послеоперационном периоде.

3. Изучить взаимосвязь между ШИ и SpO_2 , ШИ и BE, ШИ и pH в общей популяции раненых и пострадавших.

4. Сравнить объемы инфузионных сред и компонентов крови в составе ИТТ в зависимости от класса кровопотери.

5. Оценить степень влияния инфузионной терапии и кровопотери на концентрацию фибриногена, ПТИ, Hb и Ht в исследуемых группах в послеоперационном периоде.

6. Оценить степень влияния трансфузионной терапии и кровопотери на уровень ионизированного Ca^{2+} в крови.

**Материалы и методы****Дизайн исследования и характеристика пациентов**

Проведено проспективное когортное исследование на базе военно-полевого лечебного учреждения 2-го уровня. В исследование включены 45 раненых и пострадавших в возрасте от 24 до 55 лет с сочетанной травмой груди, живота, таза и конечностей, поступивших на этапы оказания квалифицированной помощи по неотложным и срочным показаниям, которым была оказана квалифицированная помощь в сокращенном объеме. Критерии исключения: наличие сопутствующих заболеваний сердечно-сосудистой системы в анамнезе, проникающие ранения черепа.

Распределение на группы

Распределение по классам кровопотери осуществлялось в соответствии с общепринятой классификацией геморрагического шока, основанной на клинических и лабораторных критериях [1]. Учитывая, что одним из наиболее информативных признаков значимой кровопотери является нарушение тканевого метаболизма, обусловленное циркуляторными расстройствами, все раненые и пострадавшие были распределены на три группы в зависимости от тяжести кровопотери. При распределении принимали во внимание не только показатели гемодинамики, но и выраженность нарушений КОС.

Первая группа (I, n = 13, предполагаемый класс кровопотери I) включала пациентов с нормаль-

ными показателями АДсис, у которых уровень ВЕ составлял не ниже -2 ммоль/л, а pH находился в пределах референсных значений. Тяжесть травмы по шкале ISS у раненых и пострадавших данной группы варьировала от 16 до 24 баллов.

Вторая группа (II, n = 17, предполагаемый объем кровопотери 25–30 % ОЦК) объединила раненых и пострадавших без нарушений сознания, у которых АДсис было ниже 110 мм рт. ст., либо наблюдалось нормальное АДсис, но имели место признаки нарушения системной циркуляции, проявлявшиеся метаболическим ацидозом ($\text{pH} < 7,35$ и $\text{BE} < -2$ ммоль/л). Тяжесть травмы по шкале ISS у пострадавших II группы составляла от 26 до 35 баллов.

Третья группа (III, n = 15) включала раненых и пострадавших с выраженной артериальной гипотензией и грубыми нарушениями КОС. Уровень АДсис при поступлении был ниже 100 мм рт. ст. У всех пациентов третьей группы диагностирован метаболический ацидоз. Уровень сознания при поступлении соответствовал 13 баллам по шкале комы Глазго (ШКГ). Тяжесть травмы по шкале ISS варьировала от 36 до 48 баллов. Структура раненых и пострадавших, вошедших в вышеописанные группы по анатомическим повреждениям, тяжести травмы по шкале ISS, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Распределение раненых и пострадавших с повреждениями различных анатомических областей по классу кровопотери и тяжести травмы (ISS)

Анатомическая область повреждения	Абсолютное число, n	Класс кровопотери	ISS, баллы
Открытый перелом большеберцовой кости с обширным повреждением мягких тканей голени	7	I	16–24
Закрытая травма груди, малый гемоторакс, закрытый перелом костей предплечья	4	I	16–24
Закрытый перелом бедра с повреждением мягких тканей	2	I	16–24
Всего I класс	13	I	16–24
Закрытая травма живота с повреждением тонкой кишки	3	II	26–35
Закрытый перелом костей обеих голени с обширным повреждением мягких тканей	4	II	26–35
Закрытый перелом бедра и голени	7	II	26–35
Закрытая травма груди, множественные переломы ребер, средний гемоторакс, закрытый перелом плечевой кости	3	II	26–35
Всего II класс	17	II	26–35
Проникающее ранение живота с повреждением тонкой и толстой кишки	4	III	36–48
Сочетанное ранение живота и таза с повреждением толстой кишки	4	III	36–48
Торакоабдоминальное ранение с повреждением селезенки и толстой кишки	2	III	36–48
Множественные переломы костей таза	3	III	36–48
Закрытый перелом обеих бедренных костей	2	III	36–48
Всего III класс	15	III	36–48
ИТОГО	45	I–III	16–48



У всех пациентов при поступлении на этап оказания квалифицированной неотложной помощи, до начала оперативного вмешательства, регистрировали следующие параметры: АДсист, АДдиаст, АДсер, ЧСС, SpO₂, а также ШИ, рассчитываемый по формуле: $ШИ = ЧСС / АДсист$. До начала инфузионной терапии осуществляли взятие артериальной крови (из лучевой или бедренной артерии) с последующим выполнением клинического и биохимического анализов. В клиническом анализе крови оценивали концентрацию Hb и Ht. Для оценки КОС регистрировали: рН, РаСО₂, SB, BE. Для экспресс-оценки системы гемостаза проводили коагулологические исследования. Оценивали концентрацию фибриногена по Клаусу и ПТИ. После взятия крови и катетеризации центральной и периферической вен всем раненым и пострадавшим проводили инфузионную терапию подогретыми полиионными сбалансированными кристаллоидными растворами. Инфузию осуществляли малыми болюсами с соблюдением тактики допустимой гипотонии для достижения целевого уровня АДсист – 80–90 мм рт. ст у пациентов с исходной гипотензией. В случае отсутствия гемодинамического эффекта после инфузии 1000 мл кристаллоидного раствора терапию дополняли 4 % сукцинированным желатином. При неэффективности инфузионной терапии дополнительно проводили вазоактивную поддержку норадреналином в стартовой дозе 0,03 мкг/кг/мин. У раненых и пострадавших с нормальными показателями АДсист стремились не превышать исходные значения (инфузия кристаллоидов была ограничена).

Для оценки эффективности проводимых лечебных мероприятий в исследуемых группах анализировали следующие параметры: общий объем ИТТ, объем перелитых кристаллоидных растворов, объем 4 % раствора гидрокарбоната натрия; общий объем перелитых кристаллоидов, включая 4 % раствор гидрокарбоната натрия; объем перелитых коллоидов (4 % сукцинированного желатина), общий объем плазмозаменителей (кристаллоиды + коллоиды), общий объем трансфузионных сред. Результаты исследований КОС (рН, РаСО₂, SB, BE), полученные до начала ИТТ, сравнивали с результатами, зафиксированными в течение первого часа после окончания оперативного вмешательства. Для оценки влияния ИТТ на гемостаз и транспортную функцию крови в послеоперационном периоде проводили сравнительный межгрупповой анализ следующих показателей: концентрации фибриногена, ПТИ, уровня ионизированного Ca²⁺, Ht, Hb.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics (версия 23). Учитывая малый объем выборки (менее 30 наблюдений в каждой группе), применяли методы непараметрической статистики.

Для оценки динамики показателей (при поступлении и в раннем послеоперационном периоде) использовали критерий Вилкоксона (Wilcoxon signed-rank test) для связанных выборок. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Результаты представляли в виде величины T, стандартизованного Z, уровня значимости p. Для выявления различий между тремя независимыми группами применяли критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal–Wallis H-test). Критический уровень значимости принимали равным $p \leq 0,05$. При наличии статистически значимых межгрупповых различий выполняли попарные сравнения с помощью критерия Манна-Уитни (Mann–Whitney U-test). С учетом трехкратного попарного сравнения применяли поправку Бонферрони со скорректированным уровнем значимости – $p \leq 0,017$. Результаты представляли в виде N (df) и p для критерия Краскела-Уоллиса и U, Z и p для критерия Манна-Уитни. Данные представлены в виде медианы (Me), первого и третьего квартилей (Q₁; Q₃) – 25-й и 75-й процентиля.

Для оценки связи между гемодинамическими и циркуляторными нарушениями выполняли корреляционный анализ в общей выборке (n = 45) между ШИ и SpO₂ при первичном поступлении в острый период травмы или ранения. В связи с ненормальным распределением данных (проверка по критерию Шапиро-Уилка) использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ).

Для оценки связи между гемодинамическими и метаболическими нарушениями выполняли корреляционный анализ между ШИ и рН, ШИ и BE в общей выборке при первичном поступлении в острый период травмы.

Корреляционный анализ между инфузией плазмозаменителей и изменением концентрации фибриногена, ПТИ, Hb и Ht осуществляли в 2 этапа: этап 1 (влияние дилуции) – отдельно в каждой группе (I, II, III) изучали динамику силы связи между объемом инфузии и изменением концентрации фибриногена, ПТИ, Hb и Ht (оценивали усиливающееся влияние дилуции по мере нарастания объема инфузии плазмозаменителей); этап 2 – с целью исключения влияния вливающегося фактора (конфаундера), в частности, исключения возможного влияния тяжести кровопотери на концентрацию фибриногена,



ПТИ, Нб, Нт, и для оценки «чистой» связи между инфузией плазмозаменителей и изменением вышеуказанных показателей проводили частный корреляционный анализ (partial correlation), предварительно выполнив ранговое преобразование исходных значений.

Корреляционный анализ между трансфузией компонентов крови и изменением концентрации ионизированного Ca^{2+} в крови также проводили в два этапа: этап 1 (влияние трансфузии) — отдельно в каждой группе (I, II, III) для изучения динамики силы связи между объемом перелитых трансфузионных сред и концентрацией ионизированного Ca^{2+} в плазме (оценивали влияние цитратной нагрузки по мере нарастания объема трансфузий и количества цитрата в компонентах крови); этап 2 (влияние тяжести кровопотери) — с целью исключения влияния конфаундера, в частности, исключения возможного влияния тяжести кровопотери на концентрацию ионизированного

Ca^{2+} в крови и оценки «чистой» связи между объемом трансфузии компонентов крови и концентрацией ионизированного Ca^{2+} проводили частный корреляционный анализ (partial correlation), предварительно выполняя ранговое преобразование исходных значений. Силу связи интерпретировали по шкале Чеддока: 0–0,3 — очень слабая; 0,3–0,5 — слабая; 0,5–0,7 — средняя; 0,7–0,9 — высокая; 0,9–1,0 — очень высокая. Статистически значимыми считали корреляции при $p \leq 0,05$.

Результаты

Сравнительный межгрупповой анализ показателей гемодинамики, ШИ и SpO_2 при первичном поступлении

Результаты сравнительного анализа показателей АД, ЧСС, ШИ и SpO_2 у раненых и пострадавших с кровопотерей I, II и III классов при поступлении на этап оказания квалифицированной помощи представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменения показателей гемодинамики, ЧСС, ШИ и SpO_2 у раненых и пострадавших при первичном поступлении на этап оказания квалифицированной помощи

Показатель	Группа I (n = 13) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа II (n = 17) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа III (n = 15) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Тест Краскела-Уоллиса H (df), p
АДсис, мм рт. ст.	118 (114; 122)	110 (103; 127)	78 ** (71; 80)	31,0 (2), $p < 0,001$
АДдиаст, мм рт. ст.	70 (64; 83)	62 (60; 96)	49 ** (40; 52)	24,0 (2), $p < 0,001$
АДср, мм рт. ст.	85 (82; 95)	78 (73; 104)	57 ** (53; 63)	29,0 (2), $p < 0,001$
ЧСС, уд/мин	105 (100; 113)	118 * (112; 123)	117 * (94; 136)	7,0 (2), $p = 0,027$
ШИ, у.е.	0,89 (0,87; 0,92)	1,07 * (1,0; 1,0)	1,5 ** (1,27; 1,84)	21,0 (2), $p < 0,001$
SpO_2 , %	97 (95; 99)	97 (96; 99)	94 ** (88; 96)	14,0 (2), $p = 0,001$

Примечание:

* — статистически значимое различие по сравнению с показателями в группе I.

** — статистически значимое различие по сравнению с показателями в группах I и II (критерий Манна-Уитни, $p \leq 0,017$).

Наиболее выраженные гемодинамические нарушения закономерно отмечались в III группе. Уровень АДсис в III группе был в 1,5 раза ниже, чем в I группе ($U = 0$, $Z = -4,5$, $p < 0,001$), и в 1,4 раза ниже, чем во II группе ($U = 0$, $Z = -4,8$, $p < 0,001$). Во II группе наблюдалась тенденция к снижению АДсис по сравнению с I группой, однако статистически значимых различий не выявлено. АДдиаст в III группе было в 1,4 раза ниже, чем в I группе ($U = 2$, $Z = -4,4$, $p < 0,001$) и в 1,3 раза ниже, чем во II группе ($U = 26$, $Z = -3,8$, $p < 0,001$).

Значимых различий по уровню АДдиаст между I и II группами не зарегистрировано. Показатели АДср в I и II группах оставались в пределах нормальных значений без статистически значимой разницы. В III группе АДср было в 1,5 раза ниже, чем в I группе ($U = 6$, $Z = -4,6$, $p < 0,001$), и в 1,4 раза ниже, чем во II группе ($U = 0$, $Z = -4,5$, $p < 0,001$).

Значимое увеличение ЧСС зарегистрировано во II группе по сравнению с I группой ($U = 40$, $Z = -3,0$, $p = 0,002$). Статистически значимых различий по ЧСС между II и III, а также между I и III группами не выявлено.

В III группе уровень SpO_2 был значимо ниже, чем в I группе ($U = 27$, $Z = -3,3$, $p = 0,001$) и во II группе ($U = 42$, $Z = -3,2$, $p = 0,001$). Различия между I и II группами отсутствовали. ШИ различался во всех группах: во II группе — в 1,2 раза выше, чем в I ($U = 25$, $Z = -3,6$, $p < 0,001$); в III группе — в 1,5 раза выше, чем во II ($U = 36$, $Z = -3,5$, $p < 0,001$); в III группе — в 1,7 раза выше, чем в I ($U = 26$, $Z = -3,3$, $p = 0,001$).

Таким образом, при поступлении у пациентов I группы (кровопотеря I класса) показатели гемодинамики и оксигенации были компенсированными. II группа характеризовалась развитием тахикардии, повышением ШИ $> 1,0$ при относительно сохранном артериальном давлении



и высокой ЧСС. Изменения в III группе могли свидетельствовать о развернутой картине геморрагического шока, что проявлялось выраженной гипотензией, высокой ЧСС, ШИ > 1,5 и снижением $SpO_2 < 94\%$ как следствием нарушения микроциркуляции.

Сравнительный межгрупповой анализ показателей КОС, концентрации Hb и Ht при первичном поступлении

Изменения показателей КОС, концентрации Hb и Ht при первичном поступлении представлены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели КОС, Hb и Ht при поступлении

Показатель	Группа I (n = 13) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа II (n = 17) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа III (n = 15) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Тест Краскела-Уоллиса H (df, p)
pH	7,38 (7,35; 7,41)	7,30 * (7,27; 7,33)	7,25 ** (7,14; 7,28)	24,0 (2), p < 0,001
PaCO ₂ , мм рт. ст.	37 (35; 40)	33 * (30; 36)	32 * (23; 34)	10,0 (2), p = 0,007
SB, ммоль/л	24,2 (23,2; 24,9)	20,7 * (19,4; 22,4)	12,8 ** (10,9; 17,4)	34,0 (2), p < 0,001
BE, ммоль/л	0,5 (-1,3; 1,5)	-4,7 * (-5,4; -3,95)	-11,0 ** (-16,2; -6,4)	29,0 (2), p < 0,001
Hb, г/л	122 (114; 133)	119 (112; 130)	114 (111; 127)	0,8 (2), p = 0,68
Ht, %	37 (24; 38)	34 (31; 36)	35 (33; 38)	4,0 (2), p = 0,17

Примечание:

* – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группе I.

** – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группах I и II (критерий Манна-Уитни, p ≤ 0,017).

Значимое снижение pH наблюдали во II группе по сравнению с I (U = 23, Z = -3,7, p < 0,001) и в III группе по сравнению со II (U = 59, Z = -2,6, p = 0,009) и I группой (U = 6, Z = -4,2, p < 0,001).

Изменения BE продемонстрировали наиболее выраженную динамику: во II группе BE был в 9,4 раза ниже, чем в I группе (U = 15, Z = -3,9, p < 0,001); в III группе – в 2,4 раза ниже, чем во II группе (U = 26, Z = -3,8, p < 0,001) и в 22 раза ниже, чем в I группе (U = 6, Z = -4,2, p < 0,001).

Уровень SB снижался вместе с BE и pH. В III группе SB был в 1,6 раза ниже, чем во II группе (U = 23, Z = -3,9, p < 0,001) и в 1,9 раза ниже, чем в I группе (U = 0, Z = -4,5, p < 0,001).

Значения PaCO₂ были значимо ниже во II группе по сравнению с I (U = 52, Z = -2,5, p = 0,014) и в III группе по сравнению с I (U = 37, Z = -2,8, p = 0,004) и расценивались как неэффективная дыхательная компенсация метаболического ацидоза. Выявленные изменения КОС отражают прогрессивное нарастание метаболического ацидоза и истощение бикарбонатной буферной системы по мере прогрессирования тяжести кровопотери.

Значимых отличий Hb и Ht при первичном поступлении независимо от тяжести кровопотери выявлено не было.

Анализ взаимосвязи между ШИ и BE, pH и SpO_2 в общей выборке при первичном поступлении

Корреляционный анализ в общей выборке выявил сильную отрицательную связь между ШИ и BE, ШИ и pH, а также умеренную отрицательную связь между ШИ и SpO_2 (табл. 4), что подтверждает общую закономерность, при которой нарастание гемодинамических нарушений

(рост ШИ) сопровождается прогрессирующими микроциркуляторными расстройствами и метаболическим ацидозом (снижением BE и pH).

Объем и качественный состав ИТТ

Общий объем ИТТ прогрессивно и значимо возрастал по мере увеличения тяжести кровопотери (табл. 5).

Во II группе общий объем ИТТ был на 1050 мл больше, чем в I группе (U = 8, Z = -4,0, p < 0,001), в III группе – на 1415 мл больше, чем во II группе (U = 55, Z = -2,7, p = 0,006) и на 2450 мл больше, чем в I группе (U = 2, Z = -4,4, p < 0,001).

Объем перелитых кристаллоидов также значимо различался между группами. Во II группе он был на 500 мл больше, чем в I (U = 33, Z = -3,4, p = 0,001), а в III группе – на 1000 мл больше, чем в I группе (U = 31, Z = -3,2, p = 0,001). Статистически значимых различий между II и III группами по объему перелитых кристаллоидов не выявлено. При добавлении 4 % гидрокарбоната натрия к общему объему кристаллоидов сохранялась аналогичная закономерность. Во II группе общий объем кристаллоидов был на 500 мл больше, чем в I группе (U = 32, Z = -3,4, p = 0,001), а в III группе – на 1200 мл больше, чем в I группе (U = 15, Z = -3,9, p < 0,001). Коррекцию метаболического ацидоза с помощью 4 % гидрокарбоната натрия в I и II группах применяли эпизодически. В III группе объем гидрокарбоната натрия был на 400 мл больше, чем в I группе (U = 39, Z = -3,3, p = 0,001). Статистически значимых различий между II и III группами не выявлено. Клинически значимый объем (400 мл) получали только пациенты III группы (табл. 3).

Таблица 4. Корреляционные связи между ШИ, ВЕ, рН и SpO₂ в общей выборке

Анализ	n	Пара	ρ	P
Общая выборка	45	ШИ ↔ ВЕ	−0,81	<0,001
Общая выборка	45	ШИ ↔ рН	−0,74	<0,001
Общая выборка	45	ШИ ↔ SpO ₂	−0,54	<0,001

Таблица 5. Объем и качественный состав ИТТ у раненых и пострадавших с острой кровопотерей I, II и III классов

Инфузионные и трансфузионные среды	Группа I (n = 13) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа II (n = 17) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Группа III (n = 15) Me (Q ₁ ; Q ₃)	Тест Краскела-Уоллиса H (df), p
Общий объем ИТТ, мл	3050 (2565; 3270)	4100 * (3685; 4698)	5515 ** (4780; 6600)	28,0 (2), p < 0,001
Кристаллоиды, мл	1500 (1500; 2000)	2000 * (2000; 2150)	2500 * (1800; 3500)	14,0 (2), p = 0,001
4 % раствор гидрокарбоната натрия, мл	0 (0; 0)	0 (0; 200)	400 * (0; 400)	12,0 (2), p = 0,002
4 % раствор сукцинированного желатина, мл	0 (0; 500)	500 * (500; 1000)	500 * (500; 1000)	18,0 (2), p < 0,001
Общий объем плазмозаменителей (кристаллоиды + коллоиды), мл	2000 (1500; 2000)	2500 * (2500; 3200)	3500 * (2600; 4800)	25,0 (2), p < 0,001
Общий объем кристаллоидов, включая 4 % гидрокарбонат натрия, мл	1500 (1500; 2000)	2000 * (2000; 2300)	2700 * (2100; 3900)	19,0 (2), p < 0,001
Общий объем трансфузионных сред (компоненты крови), мл	1196 (1000; 1415)	1380 * (1220; 1985)	1800 ** (1560; 2465)	11,0 (2), p = 0,003

Примечание:

* – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группе I.

** – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группах I и II (критерий Манна-Уитни, p ≤ 0,017).

Объем инфузии коллоидного раствора возрастал во II и III группах по сравнению с I. Во II группе он был на 500 мл больше, чем в I (U = 37, Z = −3,3, p = 0,001), в III группе – также на 500 мл больше, чем в I группе (U = 18, Z = −4,0, p < 0,001). Различий между II и III группами не выявлено.

Суммарный объем плазмозаменителей прогрессивно нарастал по мере тяжести кровопотери: во II группе он был на 500 мл больше, чем в I группе (U = 7, Z = −4,4, p < 0,001); в III группе – на 1500 мл больше, чем в I группе (U = 3, Z = −4,4, p < 0,001).

Потребность в трансфузии компонентов крови также возрастала пропорционально тяже-

сти кровопотери. Во II группе она была на 184 мл больше, чем в I (U = 54, Z = −2,4, p = 0,017), в III группе – на 420 мл больше, чем во II группе (U = 62, Z = −2,5, p = 0,013) и на 604 мл больше, чем в I группе (U = 14, Z = −3,8, p < 0,001). Медиана объема трансфузионных сред в III группе составила 1800 мл и могла свидетельствовать о запуске протокола массивных трансфузий у части пациентов с тяжелой кровопотерей.

Анализ внутригрупповых изменений показателей КОС, фибриногена, ПТИ и Ca²⁺ при поступлении и в раннем послеоперационном периоде

Сравнительный анализ показателей КОС, фибриногена, ПТИ и Ca²⁺ представлен в таблице 6.

Таблица 6. Динамика показателей КОС, фибриногена, ПТИ и Ca²⁺ в исследуемых группах при поступлении и в послеоперационном периоде

Показатель	Группа I (n = 13)		Группа II (n = 17)		Группа III (n = 15)	
	Исходно	После операции	Исходно	После операции	Исходно	После операции
рН	7,38 (7,35–7,41)	7,36 (7,33–7,45)	7,30 (7,27–7,33)	7,38 * (7,33–7,41)	7,25 (7,14–7,28)	7,32 * (7,29–7,34)
PaCO ₂ , мм рт. ст.	37 (35–40)	38 (32–40)	33 (30–36)	39 * (35–42)	32 (23–34)	40 * (34–48)
SB, ммоль/л	24,2 (23,2–24,9)	22,9 (21,2–25,0)	20,7 (19,4–22,4)	25,1 * (22,9–26,5)	12,8 (10,9–17,4)	23,4 * (21,2–27,4)



Показатель	Группа I (n = 13)		Группа II (n = 17)		Группа III (n = 15)	
	Исходно	После операции	Исходно	После операции	Исходно	После операции
BE, ммоль/л	0,5 (-1,3-1,5)	-0,8 (-2,3-2,5)	-4,7 (-5,4... -3,95)	0,3 * (-2,8-1,7)	-11,0 (-16,2... -6,4)	-2,8 * (-3,8... -1,9)
Ca ²⁺ , ммоль/л	1,09 (1,04-1,13)	1,02 (0,95-1,12)	1,14 (1,09-1,21)	1,07 (0,98-1,20)	1,14 (1,10-1,20)	0,96 * (0,88-1,05)
Фибриноген, г/л	4,0 (3,4-4,6)	2,9 * (2,3-3,4)	3,6 (3,2-4,1)	2,0 * (1,7-2,9)	3,4 (2,8-4,1)	2,1 * (1,8-2,2)
ПТИ, %	88 (82-96)	80 (78-87)	88 (83-92)	74 * (60-79)	85 (79-93)	73 * (70-77)

Примечание. * – статистически значимое различие по сравнению с исходными показателями внутри группы (критерий Вилкоксона, $p \leq 0,05$).

У пациентов I группы исходные показатели КОС находились в пределах референсных значений. В раннем послеоперационном периоде статистически значимых изменений pH, PaCO₂, SB и BE не выявлено. У пациентов II группы при поступлении развивался умеренный некомпенсированный метаболический ацидоз. В раннем послеоперационном периоде, на фоне проводимой ИТТ, наблюдалась полная нормализация всех показателей КОС: pH ($T = 23$, $Z = -2,5$, $p = 0,011$), PaCO₂ ($T = 40$, $Z = -2,7$, $p = 0,007$), SB ($T = 7$, $Z = -3,3$, $p = 0,001$) и BE ($T = 1$, $Z = -3,6$, $p < 0,001$). У пациентов III группы исходно регистрировался декомпенсированный метаболический ацидоз тяжелой степени. В раннем послеоперационном периоде отмечалась положительная динамика, но с сохраняющимися отклонениями pH ($T = 4$, $Z = -2,9$, $p = 0,004$), BE ($T = 0$, $Z = -3,4$, $p = 0,001$) и нормализацией PaCO₂ ($T = 7$, $Z = -3,0$, $p = 0,003$) и SB ($T = 0$, $Z = -3,4$, $p = 0,001$).

Таким образом, у пациентов I группы значимых изменений pH, PaCO₂, SB и BE не выявлено. Проводимая инфузионно-трансфузионная терапия позволила полностью устранить метаболический ацидоз у пациентов II группы. В III группе, несмотря на выраженную положительную динамику, полной нормализации КОС не произошло. Сохранялись признаки метаболического ацидоза, при котором умеренное снижение pH (7,32) и BE (-2,8 ммоль/л) требовало продолжения коррекции в послеоперационном периоде. Значимое снижение концентрации ионизированного Ca²⁺ в послеоперационном периоде зарегистрировано только в III группе, который снизился на 0,18 ммоль/л ($T = 6$, $Z = -3,1$, $p = 0,002$). В I и II группах отмечалась лишь тенденция к его снижению. Гипокальциемия в III группе (Me = 0,96 ммоль/л) была ниже референсных значений, требовала коррекции.

Во всех трех группах в раннем послеоперационном периоде зафиксировано значимое снижение концентрации фибриногена. В I группе наблюдалось его снижение на 28 % ($T = 4$, $Z = -2,9$, $p = 0,003$), во II группе – на 44 % ($T = 0$, $Z = -3,6$, $p < 0,001$), в III группе – на 38 % ($T = 3$, $Z = -3,2$, $p = 0,001$).

Значимое снижение ПТИ в послеоперационном периоде выявлено во II и III группах. В I группе изменения ПТИ практически отсутствовали ($T = 21$, $Z = -1,8$, $p = 0,075$). Во II он снижался на 16 % ($T = 8$, $Z = -3,2$, $p = 0,001$), в III группе на 14 % ($T = 8$, $Z = -2,9$, $p = 0,003$).

Межгрупповые изменения концентраций ионизированного Ca²⁺, фибриногена, ПТИ, Ht и Hb в раннем послеоперационном периоде

Межгрупповых различий в показателях ионизированного Ca²⁺ в послеоперационном периоде не выявлено. Выраженная послеоперационная гипокальциемия наблюдалась в III группе.

Значимое снижение фибриногена после операции (на 0,9 г/л) зафиксировано у раненых и пострадавших во II группе ($U = 51$, $Z = -2,5$, $p = 0,013$) и на 0,8 г/л в III группе ($U = 23$, $Z = -3,4$, $p = 0,001$) по сравнению с I группой. Различия между II и III группами практически отсутствовали и не превышали 0,1 г/л (табл. 7).

Во II группе после операции ПТИ был ниже на 6 %, ($U = 42$, $Z = -2,9$, $p = 0,004$), а в III группе – на 7 % ($U = 31$, $Z = -3,1$, $p = 0,002$), чем в I группе. Различий между II и III группами не выявлено.

Во II группе Ht был значимо ниже, чем в I группе (разница составила 6 %) ($U = 41$, $Z = -2,9$, $p = 0,004$). В III группе разницы в показателях Ht по сравнению с показателями в I и II группах не наблюдалось. Во II группе концентрация Hb была значимо ниже, чем в I группе (разница составила 9 г/л) ($U = 43$, $Z = -2,8$, $p = 0,005$). В III группе она не отличалась от I и II групп.

Таблица 7. Межгрупповое сравнение Ca^{2+} , фибриногена, ПТИ, Нт, Нб в раннем послеоперационном периоде

Показатель	Группа I (n = 13)	Группа II (n = 17)	Группа III (n = 15)	N (df), p
Ca^{2+} , ммоль/л	1,02 (0,95–1,12)	1,07 (0,98–1,20)	0,96 (0,88–1,05)	4,3 (2), p = 0,12
Фибриноген, г/л	2,9 (2,3–3,4)	2,0 * (1,7–2,9)	2,1 * (1,8–2,2)	11,71 (2), p = 0,003
ПТИ, %	80 (78–87)	74* (60–79)	73 * (70–77)	11,73 (2), p = 0,003
Нт, %	32 (28–36)	26 * (23–29)	30 (28–32)	10,3 (2), p = 0,006
Нб, г/л	107 (88–117)	88 * (80–96)	101 (93–108)	9,0 (2), p = 0,011

Примечание:

* – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группе I.

** – статистически значимое различие по сравнению с показателями в группах I и II (критерий Манна-Уитни, $p \leq 0,017$).**Влияние дилуции и кровопотери на Нб, Нт, фибриноген и ПТИ**

Для выявления дилутирующего эффекта терапии плазмозаменителями на Нб, Нт, фибриноген и ПТИ выполнен парный корреляционный анализ (плазмозаменители ↔ Нб, плазмозаменители ↔ Нт, плазмозаменители ↔ фибриноген, плазмозаменители ↔ ПТИ) отдельно в каждой из трех исследуемых групп ($n = 13$, $n = 17$, $n = 15$), при котором статистически значимых корреляционных связей выявлено не было ($p > 0,05$). Отсутствие значимых корреляций свидетельствовало о том, что внутри групп гемодилюция не являлась ведущим фактором, определяющим вариабельность этих показателей.

В то же время выявлена умеренная отрицательная корреляция между объемом перелитых плазмозаменителей и показателями фибриноген и ПТИ в общей выборке ($n = 45$), что может быть обусловлено как гемодилюцией, так и тяжестью кровопотери. Последнее подтверждалось выявленной сильной обратной связью между объемом плазмозаменителей и тяжестью кровопотери ($r = -0,76$, $p < 0,001$) (табл. 8).

Таблица 8. Корреляционный анализ между объемом перелитых плазмозаменителей и послеоперационными показателями в общей выборке ($n = 45$)

Пара ($n = 45$)	ρ	p
Плазмозаменители ↔ Нб	-0,15	0,32
Плазмозаменители ↔ Нт	-0,24	0,12
Плазмозаменители ↔ Фибриноген	-0,45	0,002
Плазмозаменители ↔ ПТИ	-0,48	0,001
Плазмозаменители ↔ Тяжесть кровопотери	-0,76	<0,001

После исключения вклада тяжести кровопотери чистая связь уровня фибриногена с инфузией плазмозаменителей, а также связь ПТИ с инфузией плазмозаменителей утрачивали значимость, которая также отсутствовала и в связи Нб, Нт ↔ плазмозаменители (табл. 9).

Таблица 9. Частный корреляционный анализ в общей выборке ($n = 45$) с исключением влияния фактора тяжести кровопотери на послеоперационный уровень Нб, Нт, фибриногена и ПТИ

Пара ($n = 45$)	ρ partial	p
Плазмозаменители ↔ Нб	-0,15	0,32
Плазмозаменители ↔ Нт	-0,24	0,11
Плазмозаменители ↔ Фибриноген	-0,14	0,34
Плазмозаменители ↔ ПТИ	-0,12	0,42

Таким образом, снижение концентрации фибриногена и ПТИ в послеоперационном периоде определялось в первую очередь тяжестью исходной кровопотери, а не дилуционным эффектом инфузионной терапии.

При выявлении влияния переливаемых трансфузионных сред на уровень ионизированного Ca^{2+} зарегистрирована значимая умеренная отрицательная обратная связь только в III группе (табл. 10).

Таблица 10. Парный корреляционный анализ между объемом трансфузионных сред и уровнем ионизированного Ca^{2+} в раннем послеоперационном периоде в исследуемых группах

Группа	ρ	p
I ($n = 13$)	-0,36	0,21
II ($n = 17$)	-0,26	0,31
III ($n = 15$)	-0,53	0,042

Кроме того, корреляционный анализ в общей выборке ($n = 45$) выявил слабую статистически значимую отрицательную корреляционную связь между уровнем Ca^{2+} и объемом трансфузий, а также умеренную прямую связь между тяжестью кровопотери и объемом перелитых трансфузионных сред (табл. 11).

Частный корреляционный анализ между объемом трансфузионных сред и ионизированным Ca^{2+} в общей выборке ($n = 45$) исключил влияние фактора тяжести кровопотери на уровень ионизированного Ca^{2+} в раннем послеоперационном периоде и в отсутствие влияния кро-



вопотери не выявил статистически значимой взаимосвязи между объемом перелитых трансфузионных сред и концентрацией Ca^{2+} в крови (пара – «объем трансфузионных сред $\leftrightarrow$ Ca^{2+} », $r_{\text{partial}} = -0,162$, $p = 0,29$). Таким образом, снижение концентрации ионизированного Ca^{2+} в крови в послеоперационном периоде определялось в первую очередь тяжестью исходной кровопотери, а не цитратной нагрузкой, связанной с трансфузионной терапией.

Таблица 11. Корреляционный анализ в общей выборке ($n = 45$) между объемом перелитых трансфузионных сред и концентрацией ионизированного Ca^{2+} в раннем послеоперационном периоде

Пара ($n = 45$)	ρ	p
Объем трансфузионных сред $\leftrightarrow$ Ca^{2+}	-0,32	0,03
Тяжесть кровопотери $\leftrightarrow$ Объем трансфузионных сред	0,62	<0,001

Обсуждение результатов

Изучение показателей АДсист, АДдиаст, АДср, ЧСС, SpO_2 и ШИ в сопоставлении с данными КОС у раненых и пострадавших при первичном поступлении показало, что наиболее информативным критерием тяжести кровопотери был ШИ. В III группе (кровопотеря тяжелой степени) зарегистрированы максимальные значения ШИ, которые сопровождалась значимым снижением АДсист, АДдиаст, АДср и SpO_2 как проявления нарушения микроциркуляции (табл. 2), что согласуется с классическими критериями декомпенсированного шока [1, 3–6]. Высокий ШИ ($>1,0$) во II группе при отсутствии значимых различий в показателях АД (табл. 2) указывает на скрытую гипоперфузию, что подтверждает данные о ШИ как раннем предикторе декомпенсации [1, 7, 8]. Изменения КОС (табл. 3) полностью соответствовали динамике ШИ. Наиболее тяжелые сдвиги pH, SB и BE отмечены в III группе. BE продемонстрировал наибольшую чувствительность. Различие между I и II группами составило 9,4 раза, между I и III – 22 раза. Снижение BE <-6 ммоль/л (табл. 3) является независимым предиктором тяжелого шока и массивной гемотрансфузии [6, 9, 16]. Гипокапния во II и III группах расценивалась как неэффективная дыхательная компенсация метаболического ацидоза [10]. Снижение $\text{SpO}_2 <94\%$ (табл. 2), наблюдаемое только в III группе, косвенно свидетельствует о выраженных нарушениях периферического кровотока и тканевой оксигенации, что коррелировало с показателями ШИ, который имел сильную обратную корреляционную связь с выраженностью метаболического ацидоза и умеренную с пока-

зателями SpO_2 (табл. 2, 4). Исходные показатели Hb и Ht не имели статистически значимых межгрупповых различий, несмотря на разный объем кровопотери (табл. 3), и не могут служить критериями ранней стратификации тяжести кровопотери [1, 3, 5, 6]. ИТТ обеспечила коррекцию КОС во II и III группах. Во II группе достигнута полная нормализация показателей КОС. В III группе, несмотря на выраженную положительную динамику (повышение BE с $-11,0$ до $-2,8$ ммоль/л), сохранялся умеренный ацидоз (pH – 7,32, BE – $-2,8$), требующий продолжения терапии (табл. 6).

Гипокальциемия, которая является одним из ключевых, но недооцененных причин ранней посттравматической коагулопатии [13–15], зарегистрирована только в III группе ($\text{Me} = 0,96$ ммоль/л) (табл. 6). Корреляционный анализ подтвердил наличие умеренной обратной связи между объемом трансфузии и уровнем ионизированного Ca^{2+} крови в III группе (табл. 10). Частный корреляционный анализ позволил заключить, что гипокальциемия при тяжелой кровопотере имеет сочетанный генез (табл. 11). При этом ведущая роль принадлежит, прежде всего, кровопотере и в меньшей степени – цитратной нагрузке, поскольку в отсутствие влияния кровопотери статистически значимая связь между объемом перелитых трансфузионных сред и концентрацией Ca^{2+} в крови была утрачена ($r_{\text{partial}} = -0,162$, $p = 0,29$).

Объем ИТТ закономерно нарастал от I к III группе и обеспечил статистически значимую коррекцию pH, PaCO_2 , SB и BE во II и III группах (табл. 5, 6), что позволяет рассматривать ШИ и BE как ориентиры для планирования инфузионной терапии [1, 16]. Кристаллоиды были основным компонентом ИТТ, их объемы во II и III группах (2000–2500 мл) значимо превышали показатели I группы (табл. 5) и были выше рекомендуемых [1]. Коллоиды (4 % сукцинированный желатин) применяли во II и III группах в объеме 500 (500; 1000) мл, что превышало показатели I группы, но соответствовало современной тактике их ограниченного применения с точки зрения неблагоприятного влияния на гемостаз и функцию почек [6, 3, 11, 12]. Раствор гидрокарбоната натрия в объеме 400 мл применяли только в III группе ($\text{Me} = 400$ мл), что было напрямую обусловлено критическими сдвигами pH (до 7,14) и BE (до $-11,0$ ммоль/л) (табл. 5, 6).

Анализ объема переливаемых трансфузионных сред выявил статистически значимые различия между всеми тремя группами. У раненых и пострадавших III группы объем трансфузионной поддержки ($\text{Me} = 1800$ мл) у части пациен-



тов достигал 2400 мл (табл. 5) и соответствовал критериям инициации протокола массивных трансфузий. Наиболее низкие показатели Hb и Ht в раннем послеоперационном периоде зарегистрированы во II группе (88 г/л и 26 % соответственно), что значимо отличалось от I группы и не отличалось от III группы (табл. 7). Достигнутые уровни Hb и Ht в послеоперационном периоде не требовали экстренной коррекции [1, 3, 4, 6], что в целом свидетельствует о сбалансированном подходе к трансфузионной терапии.

Во всех группах зарегистрировано значимое снижение концентрации фибриногена в послеоперационном периоде (табл. 7). Наиболее выраженное снижение (на 44 %) в этот период наблюдали во II группе. Как во II, так и в III группе его концентрация была значимо ниже, чем в I группе, при отсутствии статистической разницы между II и III группами. Снижение уровня фибриногена $< 2,0$ г/л, наблюдавшееся у раненых и пострадавших во II и III группах, являлось пороговым для развития коагулопатии, что требовало динамического мониторинга его концентрации с возможностью проведения заместительной терапии.

Значимое снижение ПТИ отмечено во II и III группах. Его наиболее низкие значения зафиксированы в III группе ($Me = 73$ %) (табл. 7), что косвенно отражает дефицит витамин-К-зависимых факторов свертывания. Снижение ПТИ < 70 %, встречавшееся во II и III группах (табл. 7), свидетельствовало о необходимости динамического мониторинга с возможной коррекцией трансфузией свежезамороженной плазмы.

Отсутствие статистически значимых связей при парном корреляционном анализе между объемом плазмозаменителей и послеоперационными показателями Hb, Ht, фибриногена, ПТИ в каждой группе отдельно позволило сделать вывод о том, что независимо от объема кровопотери, наблюдавшейся в каждой отдельной группе, гемодилюция не являлась ведущим фактором, определяющим вариабельность этих показателей (табл. 8). Корреляционный анализ в общей выборке пациентов ($n = 45$) с кровопотерей легкой, средней и тяжелой степени выявил умеренную отрицательную корреляцию между инфузией плазмозаменителей и уровнем фибриногена, а также между инфузией плазмозаменителей и ПТИ на фоне сильной прямой корреляционной связи между инфузией плазмозаменителей и тяжестью кровопотери (табл. 8). Частный корреляционный анализ после исключения влияния тяжести

кровопотери показал, что все выявленные связи утратили статистическую значимость (табл. 10), что свидетельствовало о ведущей роли тяжести кровопотери как причины послеоперационной гипофибриногемии и снижения ПТИ.

Следует отметить, что отсутствие статистически значимой корреляции между объемом перелитых плазмозаменителей и снижением фибриногена, ПТИ, Hb и Ht при частном корреляционном анализе не отменяет роль гемодилюции в снижении уровня фибриногена и ПТИ и может быть обусловлено недостаточной статистической мощностью исследования ($n = 45$). Известный в литературе дилуционный эффект больших объемов кристаллоидов, вызывающий развитие коагулопатии [6, 12] мог быть нивелирован доминирующим влиянием тяжести кровопотери, которая имела сильную обратную связь с объемом инфузии плазмозаменителей ($\rho = -0,76$; $p < 0,001$). Даже умеренная гемодилюция при массивных инфузиях может клинически значимо влиять на гемостаз [11], однако в условиях острой травмы этот эффект маскируется более мощным воздействием кровопотери. Для окончательного разделения вклада гемодилюции и кровопотери в развитие коагулопатии требуются более крупные статистические исследования.

Выводы:

1. Наиболее информативными показателями тяжести кровопотери и нарушений тканевого метаболизма при поступлении являются шоковый индекс (ШИ), дефицит оснований (BE), pH и стандартный бикарбонат (SB).
2. Рост ШИ тесно взаимосвязан со снижением BE, pH и SpO_2 .
3. В составе ИТТ преобладали кристаллоидные растворы, которые превышали рекомендуемые объемы у раненых и пострадавших с кровопотерей II и III класса.
4. В раннем послеоперационном периоде у раненых и пострадавших с тяжелой кровопотерей сохранялись признаки умеренного метаболического ацидоза, что требовало продолжения лечения.
5. Снижение концентрации фибриногена и ПТИ в послеоперационном периоде определялось, в первую очередь, тяжестью исходной кровопотери, а не дилуционным эффектом ИТТ.
6. Преобладающим фактором развития гипocalциемии была кровопотеря, а не цитратная нагрузка вследствие переливания трансфузионных сред.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.



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

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболотских И.Б., Григорьев Е.В., Афончиков В.С. и др. Гиповолемический шок у взрослых. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2024. № 4. С. 7–39. DOI: 10.21320/1818-474X-2024-4-7-39 EDN: QMSLTU.
2. Jung P.Y., Yu B., Park C.-Y., et al. Clinical Practice Guideline for the Treatment of Traumatic Shock Patients from the Korean Society of Traumatology. *J Trauma Inj.* 2020;33(1):1-12. DOI: 10.20408/jti.2020.015.
3. Военная анестезиология и реаниматология. Национальное руководство / под ред. А.В. Щеголева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2026. 912 с. EDN: CJEIAQ.
4. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство / под ред. И.М. Самохвалова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. EDN: AYGWYM.
5. American College of Surgeons Committee on Trauma. *Advanced Trauma Life Support (ATLS) Student Course Manual*. 10th ed. Chicago: American College of Surgeons; 2018.
6. Rossaint R., Afshari A., Bouillon B., et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care*. 2023;27(1):80. DOI: 10.1186/s13054-023-04327-7.
7. Birkhahn R.H., Gaeta T.J., Terry D., et al. Shock index in diagnosing early acute hypovolemia. *Am J Emerg Med*. 2005;23(3):323-326. DOI: 10.1016/j.ajem.2005.02.029.
8. Mutschler M., Nienaber U., Münzberg M., et al. The Shock Index revisited – a fast guide to transfusion requirement? A retrospective analysis on 21,853 patients derived from the TraumaRegister DGU®. *Crit Care*. 2013;17(4):R172. DOI: 10.1186/cc12851.
9. Christoffel J., Maegele M. Guidelines in trauma-related bleeding and coagulopathy: an update. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2024;37(2):110-116. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001345.
10. Barash P.G., Cullen B.F., Stoelting R.K., et al., eds. *Clinical Anesthesia*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
11. Kietaihl S., Ahmed A., Afshari A., et al. Management of severe peri-operative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *Eur J Anaesthesiol*. 2023;40(4):226-304. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001803.
12. Semler M.W., Self W.H., Wanderer J.P., et al. Balanced crystalloids versus saline in critically ill adults. *N Engl J Med*. 2018;378(9):829-839. DOI: 10.1056/NEJMoa1711584.
13. Wray J.P., Bridwell R.E., Schauer S.G., et al. The diamond of death: Hypocalcemia in trauma and resuscitation. *Am J Emerg Med*. 2021;41:104-109. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.12.068.
14. DeBot M., Sauaia A., Schaid T., et al. Trauma-induced hypocalcemia. *Transfusion*. 2022;62(Suppl 1):S274–S280. DOI: 10.1111/trf.16977.
15. Vasudeva M., Mathew J.K., Fitzgerald M.C., et al. Hypocalcaemia and traumatic coagulopathy: an observational analysis. *Vox Sang*. 2020;115(2):189-195. DOI: 10.1111/vox.12875.
16. Stewart B.T., Maier R.V. Management of Shock. In: Feliciano D.V., Mattox K.L., Moore E.E., eds. *Trauma*. 9th ed. New York: McGraw-Hill; 2021:239-270.

REFERENCES

1. Zabolotskikh I.B., Grigoriev E.V., Afonchikov V.S., et al. Hypovolemic shock in adults. Guidelines of the All-Russian public organization “Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists”. *Annals of Critical Care*. 2024;(4):7-39. (In Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2024-4-7-39 EDN: QMSLTU.
2. Jung P.Y., Yu B., Park C.-Y., et al. Clinical Practice Guideline for the Treatment of Traumatic Shock Patients from the Korean Society of Traumatology. *J Trauma Inj.* 2020;33(1):1-12. DOI: 10.20408/jti.2020.015.
3. Shchegolev A.V., ed. *Voyennaya anesteziologiya i reanimatologiya [Military anesthesiology and reanimatology]*. National Guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2026. (In Russ.). EDN: CJEIAQ.
4. Samokhvalov I.M., ed. *Voyenno-polevaya khirurgiya [Military Field Surgery]*. National Guidelines. 2nd ed., rev. and exp. Moscow: GEOTAR-Media; 2024. (In Russ.). EDN: AYGWYM.
5. American College of Surgeons Committee on Trauma. *Advanced Trauma Life Support (ATLS) Student Course Manual*. 10th ed. Chicago: American College of Surgeons; 2018.
6. Rossaint R., Afshari A., Bouillon B., et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care*. 2023;27(1):80. DOI: 10.1186/s13054-023-04327-7.



7. Birkhahn R.H., Gaeta T.J., Terry D., et al. Shock index in diagnosing early acute hypovolemia. *Am J Emerg Med.* 2005;23(3):323-326. DOI: 10.1016/j.ajem.2005.02.029.
8. Mutschler M., Nienaber U., Münzberg M., et al. The Shock Index revisited – a fast guide to transfusion requirement? A retrospective analysis on 21,853 patients derived from the TraumaRegister DGU®. *Crit Care.* 2013;17(4):R172. DOI: 10.1186/cc12851.
9. Christoffel J., Maegele M. Guidelines in trauma-related bleeding and coagulopathy: an update. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2024;37(2):110-116. DOI: 10.1097/ACO.0000000000001345.
10. Barash P.G., Cullen B.F., Stoelting R.K., et al., eds. *Clinical Anesthesia*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
11. Kietai S., Ahmed A., Afshari A., et al. Management of severe peri-operative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *Eur J Anaesthesiol.* 2023;40(4):226-304. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001803.
12. Semler M.W., Self W.H., Wanderer J.P., et al. Balanced crystalloids versus saline in critically ill adults. *N Engl J Med.* 2018;378(9):829-839. DOI: 10.1056/NEJMoA1711584.
13. Wray J.P., Bridwell R.E., Schauer S.G., et al. The diamond of death: Hypocalcemia in trauma and resuscitation. *Am J Emerg Med.* 2021;41:104-109. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.12.068.
14. DeBot M., Sauaia A., Schaid T., et al. Trauma-induced hypocalcemia. *Transfusion.* 2022;62(Suppl 1):S274–S280. DOI: 10.1111/trf.16977.
15. Vasudeva M., Mathew J.K., Fitzgerald M.C., et al. Hypocalcaemia and traumatic coagulopathy: an observational analysis. *Vox Sang.* 2020;115(2):189-195. DOI: 10.1111/vox.12875.
16. Stewart B.T., Maier R.V. Management of Shock. In: Feliciano D.V., Mattox K.L., Moore E.E., eds. *Trauma*. 9th ed. New York: McGraw-Hill; 2021:239-270.

АВТОРЫ

Грицай Александр Николаевич, К.М.Н. — ORCID: 0000-0001-5909-7810, SPIN: 6756-7894
Щеголев Алексей Валерианович, Д.М.Н., проф. — ORCID: 0000-0001-6431-439X, SPIN: 4107-6860
Афончиков Вячеслав Сергеевич, К.М.Н. — ORCID: 0000-0003-4851-0619, SPIN: 2232-7310
Орлова Ольга Викторовна, К.М.Н. — ORCID: 0000-0002-7682-9427, SPIN: 1268-8237
Торопов Феликс Сергеевич — ORCID: 0009-0003-0090-1810

AUTHORS

Gritsay Alexander Nikolaevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-5909-7810, SPIN: 6756-7894
Shchegolev Alexey Valerianovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-6431-439X, SPIN: 4107-6860
Afonchikov Vyacheslav Sergeevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-4851-0619, SPIN: 2232-7310
Orlova Olga Viktorovna, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-7682-9427, SPIN: 1268-8237
Toropov Felix Sergeevich — ORCID: 0009-0003-0090-1810



УДК 616.833.34-089.5-073.48

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_182_190

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВОЙ АНЕСТЕЗИИ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ НАДКЛЮЧИЧНЫМ ДОСТУПОМ ПРИ РАНЕНИЯХ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ: СЕРИЯ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

© Р.Е. ЛАХИН^{1,2}, А.С. КУСАЙ¹, Р.Р. КАСИМОВ^{1,3}, М.В. ГАНЖА⁴, Д.Р. МАСЛОВ¹, И.Р. МУХАМЕДЖАНОВ¹, В.Г. ЦВЕТКОВ¹

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

³ ФГКУ «442 Военный клинический госпиталь им. З.П. Соловьева» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Ранения верхних конечностей составляют до 30–40 % в структуре боевой и бытовой травмы и часто сопровождаются выраженным болевым синдромом, требующим адекватного обезболивания. Традиционные методы (системная аналгезия опиоидами, местная инфильтрационная анестезия) имеют ограничения: риск побочных эффектов, недостаточная продолжительность действия, необходимость дополнительных ресурсов. Применение ультразвуковой навигации для проводниковой анестезии плечевого сплетения позволяет повысить эффективность и безопасность регионарного обезболивания как при операциях.

ОПИСАНИЕ СЛУЧАЕВ. В статье представлен анализ серии из 28 клинических наблюдений пациентов с ранениями верхних конечностей, которым выполнялась надключичная блокада плечевого сплетения под ультразвуковым контролем. Локализация ранений: область локтевого сустава ($n = 13$, 46,4 %), предплечье ($n = 10$, 35,7 %), кисть ($n = 5$, 17,9 %). Использовалась ультразвуковая система LOGIQ с датчиком 12L-RS (4–12 МГц). Объем вводимого анестетика составлял 16 мл (10 мл 0,75 % ропивакаина + 6 мл 2 % лидокаина). У 26 из 28 пациентов (92,9 %) достигнута полная сенсорная блокада, достаточная для выполнения операции без дополнительной аналгезии. У 2 пациентов (7,1 %) с ранениями кисти потребовалось введение фентанила и углубление седации кетамин. Осложнений (синдром Горнера, пневмоторакс, гематома, системная токсичность) не зафиксировано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение ультразвуковой навигации при надключичной блокаде плечевого сплетения у пациентов с ранениями верхних конечностей обеспечивает высокую частоту успешной анестезии (более 90 %), позволяет визуализировать анатомические структуры и контролировать распространение анестетика, что способствует минимизации риска осложнений. Метод может рассматриваться как предпочтительный при оказании помощи пострадавшим с травмами верхних конечностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плечевое сплетение, блокада нервов, ультразвуковая диагностика, верхняя конечность, раны и травмы, анестезия проводниковая, клинический случай.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Лахин Р.Е., Кусай А.С., Касимов Р.Р., Ганжа М.В., Маслов Д.Р., Мухамеджанов И.Р., Цветков В.Г. Применение ультразвуковой навигации для выполнения проводниковой анестезии плечевого сплетения надключичным доступом при ранениях верхней конечности: серия клинических случаев // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 182–190.

ULTRASOUND-GUIDED SUPRACLAVICULAR BRACHIAL PLEXUS BLOCK IN PATIENTS WITH UPPER EXTREMITY INJURIES: A CASE SERIES

© R.E. LAKHIN^{1,2}, A.S. KUSAI¹, R.R. KASIMOV^{1,3}, M.V. GANZHA⁴, D.R. MASLOV¹, I.R. MUKHAMEDZHANOV¹, V.G. TSVETKOV¹

¹ Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education “Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia



² Saratov Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russia

³ 442 Military Clinical Hospital named after Z.P. Solovyev, St. Petersburg, Russia

⁴ Federal State Budgetary Institution "Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko" of the Ministry of defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Upper extremity injuries account for up to 30–40 % of combat and civilian trauma and are often accompanied by severe pain requiring adequate analgesia. Traditional methods (systemic opioid analgesia, local infiltration anesthesia) have limitations: risk of side effects, insufficient duration, need for additional resources. The use of ultrasound guidance for brachial plexus block can improve the efficacy and safety of regional anesthesia.

CASE DESCRIPTION: This article presents an analysis of a series of 28 clinical cases of patients with upper extremity injuries who underwent ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. Injury locations: elbow region (n = 13, 46.4 %), forearm (n = 10, 35.7 %), hand (n = 5, 17.9 %). A LOGIQ ultrasound system with a 12L-RS (4–12 MHz) transducer was used. The anesthetic volume was 16 mL (10 mL of 0.75 % ropivacaine + 6 mL of 2 % lidocaine). Complete sensory block sufficient for surgery without additional analgesia was achieved in 26 out of 28 patients (92.9 %). Two patients (7.1 %) with hand injuries required fentanyl administration and deepened sedation with ketamine. No complications (Horner's syndrome, pneumothorax, hematoma, systemic toxicity) were recorded.

CONCLUSION: The use of ultrasound guidance for supraclavicular brachial plexus block in patients with upper extremity injuries provides a high success rate of anesthesia (over 90 %), allows visualization of anatomical structures and control of anesthetic spread, which helps minimize the risk of complications. The method can be considered preferable when providing care to victims with upper extremity trauma.

KEYWORDS: brachial plexus, nerve block, ultrasonography, upper extremity, wounds and injuries, anesthesia, conduction, case reports.

TO CITE THIS ARTICLE: Lakhin R.E., Kusai A.S., Kasimov R.R., Ganzha M.V., Maslov D.R., Mukhamed-zhanov I.R., Tsvetkov V.G. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block in patients with upper extremity injuries: a case series. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):182–190. (In Russ.).

Обоснование

Ранения конечностей занимают значительное место в структуре боевой и бытовой травмы, составляя, по данным исследований, от 30 % до 40 % всех обращений за неотложной хирургической помощью [1–3]. Выраженный болевой синдром, сопровождающий такие повреждения, требует незамедлительного и эффективного купирования. Обезболивание является не только этической необходимостью, но и важным компонентом противошоковой терапии, предотвращающим развитие осложнений, связанных с гиперактивацией симпатoadреналовой системы [4–6].

Традиционные подходы к обезболиванию при травмах конечностей имеют существенные ограничения. Системная аналгезия опиоидами, хотя и широко распространена, сопряжена с риском развития побочных эффектов: тошноты, рвоты, угнетения дыхания, седации, а также требует мониторинга и может быть недостаточно эффективной при выраженном болевом синдроме [7]. Местная инфильтрационная анестезия не всегда обеспечивает адекватное обезболивание в условиях травматического отека и повреждения тканей, а ее проведение в зоне ранения может быть ограничено анатомическими особенностями [8–10]. Применение общей анестезии, хотя и эффективно, требует привлечения допол-

нительного медицинского персонала, мониторинга и увеличивает время пребывания пациента в отделении неотложной помощи [11, 12].

Проводниковая анестезия плечевого сплетения является признанным методом выбора для обезболивания при операциях на верхней конечности [7, 10]. Надключичный доступ, в частности, позволяет блокировать дистальные отделы конечности (от локтя до кисти) с помощью одной инъекции небольшого объема анестетика [13, 14]. Внедрение ультразвуковой навигации произвело революцию в регионарной анестезии, позволив визуализировать нервные структуры, иглу и распространение анестетика в реальном времени [10, 13].

Многочисленные исследования подтверждают преимущества ультразвук-ассистированных блокад. Кокрейновский систематический обзор и мета-анализ показал, что использование ультразвука сокращает время выполнения блокады, снижает потребность в переходе на общую анестезию и уменьшает частоту таких осложнений, как случайная пункция сосудов [15]. В крупном проспективном исследовании Perlas A. et al., включившем 510 последовательных случаев выполнения надключичной блокады под ультразвуковым контролем, частота успешной анестезии после первой попытки составила 94,6 %,



а серьезные осложнения (пневмоторакс, гематома) отсутствовали [16].

Особую значимость регионарные методы обезболивания приобретают в условиях оказания помощи пострадавшим с травмой, в том числе в военно-полевой хирургии и медицине катастроф. Stojadinovic A. et al. в своем исследовании, посвященном опыту применения продленной регионарной анестезии у раненых в ходе боевых действий в Ираке, продемонстрировали, что современные регионарные методики позволяют безопасно обеспечивать анестезию и аналгезию при множественных хирургических вмешательствах, снижая потребность в опиоидах и улучшая результаты лечения [17].

Внедрение ультразвуковой навигации также привело к пересмотру представлений об объемах анестетиков, необходимых для эффективной блокады. Исследования показывают, что под контролем ультразвука можно безопасно использовать меньшие объемы местных анестетиков (15–20 мл вместо традиционных 30–40 мл) без снижения качества анестезии, что потенциально уменьшает риск системной токсичности [13, 14]. Кроме того, ультразвук позволяет выявлять анатомические вариации положения нервных корешков, которые встречаются почти у половины пациентов, и своевременно корректировать технику выполнения блокады [18].

Безопасность регионарной анестезии остается предметом пристального внимания исследователей. Согласно данным Американского общества регионарной анестезии и медицины боли, частота серьезных неврологических осложнений после периферических блокад остается низкой (менее 0,5 %), однако требует тщательного документирования и анализа. Использование ультразвука позволяет минимизировать риск внутрисосудистого введения анестетика и повреждения нервных стволов [19, 20]. Преимущества и высокая эффективность ультразвуковой навигации регионарной анестезии дало возможность ее использования у пациентов с шоком [21].

Несмотря на накопленный доказательный базис, остается актуальным дальнейшее изучение эффективности и безопасности применения ультразвуковой навигации для проводниковой анестезии плечевого сплетения в специфических условиях травмы, в том числе при огнестрельных и минно-взрывных ранениях, а также оценка возможности применения методики в условиях ограниченных ресурсов.

Цель настоящего исследования — анализ результатов применения ультразвуковой навигации при выполнении надключичной блокады плечевого сплетения у пациентов с ранениями верхних конечностей.

Описание случаев

Общая характеристика пациентов

В анализ включены 28 пациентов мужского пола (в связи со спецификой контингента) старше 18 лет. Все пациенты поступили в экстренном порядке с жалобами на наличие раны, боль различной интенсивности, нарушение функции конечности. Ранения локализовались в области локтевого сустава ($n = 13$, 46,4 %), предплечья ($n = 10$, 35,7 %) и кисти ($n = 5$, 17,9 %).

Анамнез заболевания

Время с момента получения ранения до поступления в стационар составляло от 1 до 6 ч (Me 3,2 [2,1; 4,5] ч). Механизм травмы: огнестрельные ранения ($n = 12$, 42,9 %), минно-взрывная травма ($n = 8$, 28,6 %), бытовая травма ($n = 8$, 28,6 %). Всем пациентам требовалось выполнение первичной хирургической обработки ран, ревизия сосудисто-нервного пучка, а в 8 случаях (28,6 %) — различные варианты остеосинтеза.

Тяжесть состояния при поступлении была обусловлена преимущественно местными повреждениями и кровопотерей различной степени. При поступлении у пациентов регистрировались изменения лабораторных показателей, характерные для острой кровопотери и стресс-реакции: анемия (гемоглобин 9,35 (7,4; 11,5) г/дл, эритроциты $2,34 (1,66; 2,80) \times 10^{12}/л$), снижение гематокрита до 27,68 % (21,86; 35,3). Показатели центральной гемодинамики характеризовались тенденцией к тахикардии (ЧСС 106 (94,4; 118,0) мин⁻¹), при этом систолическое артериальное давление в среднем составляло 112 (87; 127) мм рт. ст. Шоковый индекс (отношение ЧСС к систолическому АД) составлял 0,94 (0,8; 1,35) ед., что указывает на состояние компенсированного или субкомпенсированного геморрагического синдрома у части пациентов.

В биохимическом анализе крови обращали на себя внимание изменения, характерные для стресс-реакции и возможной реперфузии: повышение уровня глюкозы до 6,8 (5,6; 10,0) ммоль/л, АСТ до 78,3 (32,5; 238,2) Ед/л, АЛТ до 38,0 (18,3; 114,5) Ед/л, билирубина до 17,3 (12,5; 48,6) мкмоль/л.

При сборе анамнеза у всех пациентов уточняли наличие аллергических реакций на местные анестетики (ропивакаин, лидокаин), что явилось критерием исключения. Также оценивали показатели коагулограммы: МНО составило 1,1 (1,0; 1,3), фибриноген 3,8 (2,3; 6,8) г/л, что находилось в пределах допустимых значений для выполнения регионарной анестезии. Пациенты с исходными коагулопатиями и приемом антикоагулянтов в исследование не включались.

Результаты обследования

Всем пациентам перед операцией выполнено стандартное клинико-лабораторное обследова-

ние, включавшее общий анализ крови, коагулограмму, биохимический анализ крови. Результаты представлены в виде медиан и интерквартильных размахов (Me [Q₁; Q₃]) в таблице 1.

Таблица 1. Лабораторные показатели пациентов при поступлении (n = 28)

Показатель	Значение. Me [Q ₁ ; Q ₃]
Эритроциты, × 10 ¹² /л	2,34 [1,66; 2,80]
Гемоглобин, г/дл	9,35 [7,4; 11,5]
Гематокрит, %	27,68 [21,86; 35,3]
Лейкоциты, × 10 ⁹ /л	12,76 [8,67; 15,34]
Тромбоциты, × 10 ⁹ /л	178,0 [122,5; 205,5]
Общий белок, г/л	47,0 [44,0; 54,0]
Мочевина, ммоль/л	7,4 [5,2; 9,5]
Креатинин, мкмоль/л	98,0 [83,0; 123,0]
Билирубин общий, мкмоль/л	17,3 [12,5; 48,6]
Глюкоза, ммоль/л	6,8 [5,6; 10,0]
АСТ, Ед/л	78,3 [32,5; 238,2]
АЛТ, Ед/л	38,0 [18,3; 114,5]
МНО	1,1 [1,0; 1,3]
АЧТВ, с	43,5 [32,4; 57,5]
Фибриноген, г/л	3,8 [2,3; 6,8]
ПТИ, %	92,5 [74,6; 96,7]

Техника выполнения анестезии

Для выполнения инъекции использовалась ультразвуковая система LOGIQ с высокочастотным линейным датчиком 12L-RS с диапазоном частот 4–12 МГц. Положение пациента на спине с приведенной верхней конечностью, голова повернута в контралатеральную сторону. Датчик устанавливали параллельно ключице в

надключичной ямке, визуализируя подключичную артерию. Плечевое сплетение определялось как группа гипоэхогенных округлых структур (стволы/пучки), располагающихся латерально и поверхностно от пульсирующей подключичной артерии над поверхностью 1 ребра (рис 1.).

После анестезии кожи в месте инъекции 2–3 мл 2 % раствора лидокаина проводился вкол изолированной иглой для проводниковой анестезии 21G (Stimuplex A, B. Braun Melsungen AG, Германия). Под ультразвуковым контролем иглу продвигали в режиме реального времени (in-plane доступ) так, чтобы ее кончик находился латеральнее подключичной артерии в центре кластера пучков сплетения. Объем вводимого анестетика составлял 16 мл (10 мл 0,75 % раствора ропивакаина + 6 мл 2 % раствора лидокаина). Выбор комбинации анестетиков обусловлен необходимостью быстрого наступления эффекта (лидокаин) и продолжительного действия (ропивакаин). Инъекции выполнялись фракционно, с визуальным контролем распространения анестетика и, при необходимости, перепозиционированием кончика иглы для более равномерного омывания нервных структур (гидродиссекция). У всех пациентов после выполнения блокады оценивали наличие признаков синдрома Горнера (птоз, миоз, энофтальм), изменений голоса (осиплость), одышки или дискомфорта в груди для раннего выявления возможных осложнений.

Лечение

Всем пациентам была выполнена надключичная блокада плечевого сплетения с использованием ультразвуковой навигации по описанной выше методике. Оценка сенсорного блока проводилась каждые 5 мин в течение 20 мин после вве-

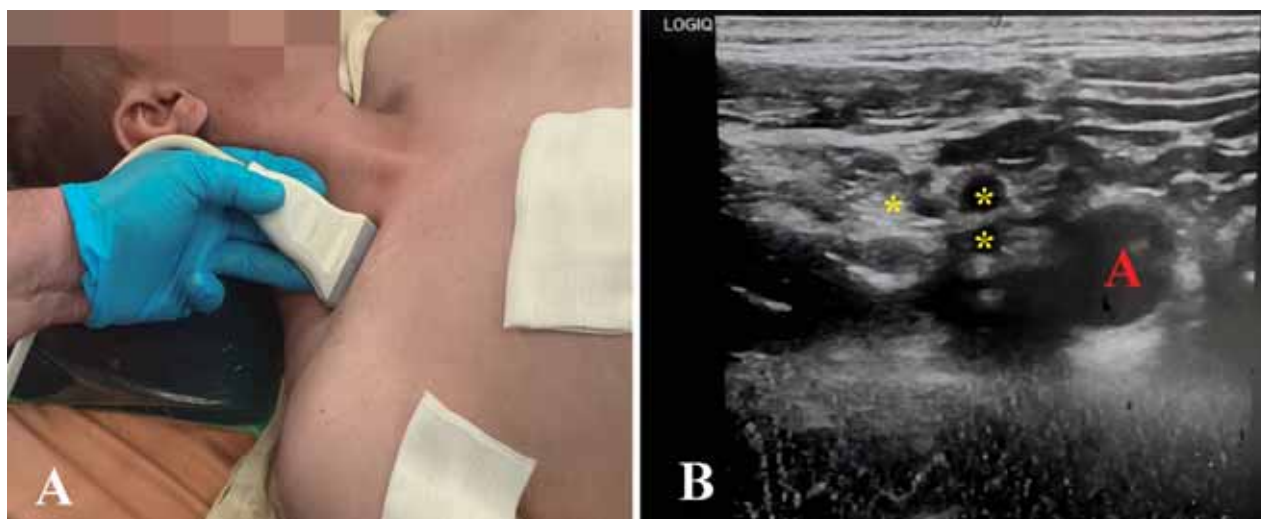


Рис. 1. Надключичная блокада.

А. Положение датчика. В. Ультразвуковая картина: А — подмышечная артерия; звездочками () отмечены компактно расположенные пучки плечевого сплетения*



дения анестетика с помощью теста на укол иглой 26G в дерматомах C5–Th1. Успешной считалась полная сенсорная блокада во всех зонах иннервации конечности, достигнутая в течение 20 мин после введения местного анестетика.

Оперативные вмешательства (первичная хирургическая обработка ран, различные варианты остеосинтеза, ревизия сосудисто-нервного пучка) выполнялись на фоне сохраненного самостоятельного дыхания с ингаляцией кислорода через носовые канюли (2–4 л/мин). У 26 пациентов (92,9 %) анестезия была признана успешной, что позволило провести весь объем вмешательства без дополнительного обезболивания. У 2 пациентов (7,1 %), оперированных на кисти, отмечена недостаточность блока в дистальных отделах (зона иннервации локтевого нерва), что потребовало дополнительной анальгезии фентанилом (общая доза 0,2 мг) и углубления седации кетаминотом (100 мг).

Интраоперационное восполнение кровопотери проводилось согласно стандартным протоколам интенсивной терапии, в зависимости от исходных показателей (гемодинамический мониторинг, показатели красной крови) и объема интраоперационной кровопотери (кристаллоидные и коллоидные растворы).

Интраоперационный период у всех пациентов протекал без особенностей. Показатели гемодинамики (АД, ЧСС) оставались стабильными на всех этапах вмешательства, признаков системной токсичности местных анестетиков не отмечено. Длительность оперативного вмешательства в среднем составила 86 ± 21 мин ($M \pm \sigma$).

Ранний послеоперационный период без осложнений. Все пациенты активизированы в ранние сроки (первые сутки после операции) и переведены на следующий этап оказания помощи.

Временная шкала

0 ч: доставка в стационар после получения травмы.

0–2 ч: клиничко-лабораторное обследование, предоперационная подготовка.

2 ч: выполнение УЗ-навигационной надключичной блокады плечевого сплетения. Оценка сенсорного блока (0–20 мин).

2,5–4 ч: оперативное вмешательство (средняя длительность 86 ± 21 мин).

1 сут.: послеоперационное наблюдение в стационаре, перевод на следующий этап лечения.

Мнение пациента

Все пациенты, включенные в серию, были удовлетворены качеством обезболивания. В послеоперационном опросе через 4–6 часов после операции они отмечали комфорт при проведении операции в сознании (на фоне легкой седации) и отсутствие

значимой боли в раннем послеоперационном периоде. Некоторые пациенты ($n = 15$) отмечали чувство онемения и слабости в конечности, что расценивалось как проявление сохраняющегося блока и проходило самостоятельно в течение суток.

Обсуждение

Выполнение надключичной блокады плечевого сплетения под ультразвуковым контролем у 28 пациентов с ранениями верхних конечностей продемонстрировало высокую частоту успешной анестезии 92,9 %. Данный показатель сопоставим с результатами крупных ретроспективных исследований. В работе Sinthuprasit W. (2024), включавшей 1830 случаев ультразвуком-ассистированных надключичных блокад, успешная анестезия достигнута у 90,71 % пациентов, при этом у 9,92 % пациентов блокада была признана несостоятельной, из них 5,08 % потребовали перехода на общую анестезию [22]. В литературе отмечается, что наиболее частой причиной неполной блокады являлась недостаточная анестезия в зоне иннервации локтевого нерва, что согласуется с нашими наблюдениями — оба случая недостаточной анестезии в нашем исследовании пришлось на операции на кисти, где требуется полноценная блокада C8–Th1 дерматомов [23]. Анатомическое обоснование этого феномена представлено в исследовании Chin K.J. et al. (2008), которые с помощью ультразвуковой визуализации выявили, что аномальное расположение корешков плечевого сплетения в надключичной области встречается у значительной части пациентов, что может приводить к неполной блокаде дистальных отделов даже при корректной технике выполнения. Авторы подчеркивают, что ультразвуковая навигация, в отличие от традиционных методов, позволяет идентифицировать эти анатомические вариации и своевременно корригировать положение иглы [24].

Вопрос безопасности ультразвуком-ассистированных блокад остается предметом дискуссии. Несмотря на отсутствие осложнений в нашем исследовании, в литературе описаны случаи пневмоторакса даже при использовании ультразвуковой навигации. Bhatia A. et al. (2010) впервые описали случай пневмоторакса после ультразвуком-ассистированной надключичной блокады, выполненной с использованием медиально-латерального доступа в плоскости [25]. Авторы проанализировали факторы, способствовавшие осложнению: недостаточная визуализация кончика иглы, анатомические особенности пациента (хроническая обструктивная болезнь легких), а также технические аспекты — транзиторная потеря визуализации при продвижении иглы. Подчеркивается, что непрерывная визуализация кончика иглы на



всем протяжении процедуры является критическим условием безопасности [26].

Важным преимуществом ультразвуковой навигации является возможность использования меньших объемов местных анестетиков. Считается, что при ультразвук-ассистированной надключичной блокаде оптимальный объем анестетика составляет 20–25 мл, что позволяет минимизировать риск системной токсичности. Duggan E. et al. (2009) в исследовании минимального эффективного объема показали, что под ультразвуковым контролем возможно снижение объема анестетика до 20 мл без потери эффективности блокады [27].

В рандомизированном контролируемом исследовании Senapati L.K. et al. (2025), сравнивавшем надключичный и костоклавикулярный доступы у 64 пациентов, надключичный доступ показал сопоставимые с костоклавикулярным продолжительность сенсорного и моторного блока, а также длительность анальгезии. Время выполнения блокады в надключичной группе составило 1,98 мин, что согласуется с нашими данными. Авторы также отметили, что частота осложнений в обеих группах была сопоставима и не превышала 3 % [28].

Относительно риска гемидиафрагмального паралича, который является частым осложнением надключичного доступа, Guo Z. et al. (2023) в обзоре литературы отмечают, что ультразвуковой контроль позволяет минимизировать этот риск за счет более точного позиционирования иглы и меньшего объема анестетика. Тем не менее, выполнение билатеральных блокад остается противопоказанным из-за риска дыхательных нарушений [13].

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений: отсутствие контрольной группы (сравнения с нейростимуляцией или другими доступами), относительно небольшой размер выборки, отсутствие слепой оценки исходов, а также гетерогенность хирургических вмешательств. Кроме того,

мы не проводили рутинного рентгенологического контроля для исключения бессимптомного пневмоторакса, что могло повлиять на оценку частоты осложнений. Также не оценивалась функция диафрагмального нерва, что могло бы выявить случаи субклинического гемидиафрагмального пареза.

Клиническая значимость

Полученные данные подтверждают, что ультразвук-ассистированная надключичная блокада плечевого сплетения является эффективным методом анестезии при ранениях верхних конечностей. Частота успеха более 90 % и отсутствие серьезных осложнений в нашей серии согласуются с крупными международными исследованиями [16, 22, 29]. Для операций на кисти, особенно в зоне иннервации локтевого нерва, следует рассматривать возможность сочетания с общей анестезией, выполнение комбинированной блокады или альтернативных доступов (проксимальный подключичный, подмышечный) для обеспечения полноценной анестезии.

Заключение

Применение ультразвуковой навигации для проводниковой анестезии плечевого сплетения надключичным доступом у пациентов с ранениями верхних конечностей является высокоэффективным (частота успеха более 90 %) и безопасным методом анестезиологического обеспечения. Ультразвуковой контроль позволяет визуализировать анатомические структуры, точно позиционировать иглу и контролировать распространение анестетика, что способствует достижению полной и прогнозируемой сенсорной блокады у подавляющего большинства пациентов и минимизирует риск таких осложнений, как пневмоторакс, гематома и системная токсичность. Представленная методика может быть рекомендована к широкому применению в клинической практике многопрофильных стационаров и при оказании специализированной помощи пострадавшим с травмой верхних конечностей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касимов Р.Р., Просветов В.А., Самохвалов И.М. и др. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий // Военно-медицинский журнал. 2024. Т. 345, № 7. С. 4–12. DOI: 10.52424/00269050_2024_345_7_4 EDN: INTONT.
2. Касимов Р.Р., Хежев М.А., Самохвалов И.М. и др. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в неактив-



ную фазу боевых действий // Военно-медицинский журнал. 2025. Т. 346, № 3. С. 4–13. DOI: 10.52424/00269050_2024_346_3_4 EDN IMUTTQ.

3. Ootes D., Lambers K.T., Ring D.C. The epidemiology of upper extremity injuries presenting to the emergency department in the United States. *Hand (N Y)*. 2012;7(1):18-22. DOI: 10.1007/s11552-011-9383-z.

4. Щеголев А.В., Афончиков В.С., Грицай А.Н., Орлова О.В. Анестезиологическое обеспечение оперативных вмешательств в остром периоде травмы // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 136–148.

5. Сергovenцев А.А., Щеголев А.В., Чуприна А.П. и др. Эффективность центрального неопиоидного анальгетика нефопама в лечении острого болевого синдрома у участников специальной военной операции // Военно-медицинский журнал. 2024. Т. 345, № 5. С. 31–39. DOI: 10.52424/00269050_2024_345_5_31 EDN FEZTRK.

6. Möllmann M., Auf der Landwehr U. Treatment of pain in trauma patients with injuries of the upper limb. *Injury*. 2000;31 Suppl 1:3-10. DOI: 10.1016/s0020-1383(99)00257-0.

7. Perlman R., Bonge S. Regional anesthesia in trauma patients: a quality improvement study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2023;49(1):495-504. DOI: 10.1007/s00068-022-02097-5.

8. Ridderikhof M.L., Leenders N., Goddijn H., et al. Anesthesia with topical lidocaine hydrochloride gauzes in acute traumatic wounds in triage, a pilot study. *Int Emerg Nurs*. 2016;28:25-28. DOI: 10.1016/j.ienj.2016.02.005.

9. Gupta A. Wound infiltration with local anaesthetics in ambulatory surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(6):708-713. DOI: 10.1097/ACO.0b013e32833f0dd7.

10. Mirea L., Dumitriu A.M., Cobilinschi C., et al. Integrating Peripheral Nerve Blocks in Multiple Trauma Care: Current Evidence and Clinical Challenges. *J Clin Med*. 2025;14(15):5598. DOI: 10.3390/jcm14155598.

11. Stone M.B., Wang R., Price D.D. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus nerve block vs procedural sedation for the treatment of upper extremity emergencies. *Am J Emerg Med*. 2008;26(6):706-710. DOI: 10.1016/j.ajem.2007.09.011.

12. Raeyat Doost E., Heiran M.M., Movahedi M., Mirafzal A. Ultrasound-guided interscalene nerve block vs procedural sedation by propofol and fentanyl for anterior shoulder dislocations. *Am J Emerg Med*. 2017;35(10):1435-1439. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.04.032.

13. Guo Z., Zhao M., Shu H. Ultrasound-guided brachial plexus block at the clavicle level: A review. *Drug Discov Ther*. 2023;17(4):230-237. DOI: 10.5582/ddt.2023.01005.

14. Yi R., Li Z., Yang X., et al. The Utilization of Ultrasound-Guided Regional Nerve Blocks in Anesthetic Management for Fracture Surgery. *J Pain Res*. 2025;18:353-366. Published 2025 Jan 20. DOI: 10.2147/JPR.S492151.

15. Lewis S.R., Price A., Walker K.J., et al. Ultrasound guidance for upper and lower limb blocks. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(9):CD006459. DOI: 10.1002/14651858.CD006459.pub3.

16. Perlas A., Lobo G., Lo N., et al. Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med*. 2009;34(2):171-176. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31819a3f81.

17. Stojadinovic A., Auton A., Peoples G.E., et al. Responding to challenges in modern combat casualty care: innovative use of advanced regional anesthesia. *Pain Med*. 2006;7(4):330-338. DOI: 10.1111/j.1526-4637.2006.00171.x.

18. Koscielniak-Nielsen Z.J., Dahl J.B. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade of the upper extremity. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012;25(2):253-259. DOI: 10.1097/ACO.0b013e32835069c2.

19. Neal J.M., Barrington M.J., Fettiplace M.R., et al. The Third American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Practice Advisory on Local Anesthetic Systemic Toxicity: Executive Summary 2017. *Reg Anesth Pain Med*. 2018;43(2):113-123. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000720.

20. Sites B.D., Taenzer A.H., Herrick M.D., et al. Incidence of local anesthetic systemic toxicity and postoperative neurologic symptoms associated with 12,668 ultrasound-guided nerve blocks: an analysis from a prospective clinical registry. *Reg Anesth Pain Med*. 2012;37(5):478-482. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31825cb3d6.

21. Лахин Р.Е., Кусай А.С., Усольцев Е.А. и др. Регионарная анестезия при шоке (ретроспективное когортное исследование) // Анестезиология и реаниматология. 2024. № 1. С. 6–13. DOI: 10.17116/anaesthesiology20240116.

22. Sinthuprasit W. Success Rate and Safety of Ultrasound-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Blocks; A Retrospective Study of 1,830 Cases. *Thai Journal of Anesthesiology*. 2021;47(4):348-354.

23. Sripriya R., Namburu J., Dattatri R. Ulnar sparing/Lower trunk sparing: A more accurate descriptor than ulnar nerve sparing in supraclavicular blocks. *Indian J Anaesth*. 2026;70(1):299-300. DOI: 10.4103/ija.ija_1055_25.



24. Chin K.J., Niazi A., Chan V. Anomalous brachial plexus anatomy in the supraclavicular region detected by ultrasound. *Anesth Analg.* 2008;107(2):729-731. DOI: 10.1213/ane.0b013e31817dc887.
25. Bhatia A., Lai J., Chan V.W., Brull R. Case report: pneumothorax as a complication of the ultrasound-guided supraclavicular approach for brachial plexus block. *Anesth Analg.* 2010;111(3):817-819. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181e42908.
26. Gupta K., Bhandari S., Singhal D., Bhatia P.S. Pneumothorax following ultrasound guided supraclavicular brachial plexus block. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2012;28(4):543-544. DOI: 10.4103/0970-9185.101962.
27. Duggan E., El Beheiry H., Perlas A., et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(3):215-218. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31819a9542.
28. Senapati L.K., Sahoo R., Samanta P., Priyadarshini S. Comparison of Ultrasound-Guided Costoclavicular Brachial Plexus Block Versus Supraclavicular Brachial Plexus Block for Forearm and Hand Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Cureus.* 2025;17(10):e94648. DOI: 10.7759/cureus.94648.
29. Mangal V., Meena C., Meena K., et al. Comparison of USG-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Block by Single-Point Versus Multiple-Point Injection Technique: A Prospective Randomized Trial. *Cureus.* 2023;15(11):e49018. Published 2023 Nov 18. DOI: 10.7759/cureus.49018.

REFERENCES

1. Kasimov R.R., Prosvetov V.A., Samokhvalov I.M., et al. The structure of combat surgical trauma and features of surgical care in advanced medical groups in the active phase of hostilities. *Military Medical Journal.* 2024;345(7):4-12. DOI: 10.52424/00269050_2024_345_7_4.
2. Kasimov R.R., Khezhev M.A., Samokhvalov I.M., et al. The structure of combat surgical trauma and the specifics of providing surgical care in advanced medical groups during the inactive phase of combat operations. *Military Medical Journal.* 2025;346(3):4-13. DOI: 10.52424/00269050_2024_346_3_4.
3. Ootes D., Lambers K.T., Ring D.C. The epidemiology of upper extremity injuries presenting to the emergency department in the United States. *Hand (N Y).* 2012;7(1):18-22. DOI: 10.1007/s11552-011-9383-z.
4. Shchogolev A.V., Afonchikov V.S., Gritsay A.N., Orlova O.V. Anesthesiologist care of surgical intervention in the acute period of injury. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze.* 2025;(3):136-148. (In Russ.).
5. Sergoventsev A.A., Shchegolev A.V., Chuprina A.P., et al. The effectiveness of the central non-opioid analgesic nefopam in the treatment of acute pain syndrome in participants of a special military operation. *Military Medical Journal.* 2024;345(5):31-39. DOI: 10.52424/00269050_2024_345_5_31.
6. Möllmann M., Auf der Landwehr U. Treatment of pain in trauma patients with injuries of the upper limb. *Injury.* 2000;31 Suppl 1:3-10. DOI: 10.1016/s0020-1383(99)00257-0.
7. Perlman R., Bonge S. Regional anesthesia in trauma patients: a quality improvement study. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2023;49(1):495-504. DOI: 10.1007/s00068-022-02097-5.
8. Ridderikhof M.L., Leenders N., Goddijn H., et al. Anesthesia with topical lidocaine hydrochloride gauzes in acute traumatic wounds in triage, a pilot study. *Int Emerg Nurs.* 2016;28:25-28. DOI: 10.1016/j.ienj.2016.02.005.
9. Gupta A. Wound infiltration with local anaesthetics in ambulatory surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2010;23(6):708-713. DOI: 10.1097/ACO.0b013e32833f0dd7.
10. Mirea L., Dumitriu A.M., Cobilinschi C., et al. Integrating Peripheral Nerve Blocks in Multiple Trauma Care: Current Evidence and Clinical Challenges. *J Clin Med.* 2025;14(15):5598. DOI: 10.3390/jcm14155598.
11. Stone M.B., Wang R., Price D.D. Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus nerve block vs procedural sedation for the treatment of upper extremity emergencies. *Am J Emerg Med.* 2008;26(6):706-710. DOI: 10.1016/j.ajem.2007.09.011.
12. Raeyat Doost E., Heiran M.M., Movahedi M., Mirafzal A. Ultrasound-guided interscalene nerve block vs procedural sedation by propofol and fentanyl for anterior shoulder dislocations. *Am J Emerg Med.* 2017;35(10):1435-1439. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.04.032.
13. Guo Z., Zhao M., Shu H. Ultrasound-guided brachial plexus block at the clavicle level: A review. *Drug Discov Ther.* 2023;17(4):230-237. DOI: 10.5582/ddt.2023.01005.
14. Yi R., Li Z., Yang X., et al. The Utilization of Ultrasound-Guided Regional Nerve Blocks in Anesthetic Management for Fracture Surgery. *J Pain Res.* 2025;18:353-366. Published 2025 Jan 20. DOI: 10.2147/JPR.S492151.
15. Lewis S.R., Price A., Walker K.J., et al. Ultrasound guidance for upper and lower limb blocks. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(9):CD006459. DOI: 10.1002/14651858.CD006459.pub3.



16. Perlas A., Lobo G., Lo N., et al. Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(2):171-176. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31819a3f81.
17. Stojadinovic A., Auton A., Peoples G.E., et al. Responding to challenges in modern combat casualty care: innovative use of advanced regional anesthesia. *Pain Med.* 2006;7(4):330-338. DOI: 10.1111/j.1526-4637.2006.00171.x.
18. Koscielniak-Nielsen Z.J., Dahl J.B. Ultrasound-guided peripheral nerve blockade of the upper extremity. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2012;25(2):253-259. DOI: 10.1097/ACO.0b013e32835069c2.
19. Neal J.M., Barrington M.J., Fettiplace M.R., et al. The Third American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Practice Advisory on Local Anesthetic Systemic Toxicity: Executive Summary 2017. *Reg Anesth Pain Med.* 2018;43(2):113-123. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000720.
20. Sites B.D., Taenzer A.H., Herrick M.D., et al. Incidence of local anesthetic systemic toxicity and post-operative neurologic symptoms associated with 12,668 ultrasound-guided nerve blocks: an analysis from a prospective clinical registry. *Reg Anesth Pain Med.* 2012;37(5):478-482. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31825cb3d6.
21. Lakhin R.E., Kusai A.S., Usoltsev E.A., et al. Regional anesthesia for shock. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2024;(1):6-13. (In Russ., In Engl.). DOI: 10.17116/anaesthesiology20240116.
22. Sinthuprasit W. Success Rate and Safety of Ultrasound-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Blocks; A Retrospective Study of 1,830 Cases. *Thai Journal of Anesthesiology.* 2021;47(4):348-354.
23. Sripriya R., Namburu J., Dattatri R. Ulnar sparing/Lower trunk sparing: A more accurate descriptor than ulnar nerve sparing in supraclavicular blocks. *Indian J Anaesth.* 2026;70(1):299-300. DOI: 10.4103/ija.ija_1055_25.
24. Chin K.J., Niazi A., Chan V. Anomalous brachial plexus anatomy in the supraclavicular region detected by ultrasound. *Anesth Analg.* 2008;107(2):729-731. DOI: 10.1213/ane.0b013e31817dc887.
25. Bhatia A., Lai J., Chan V.W., Brull R. Case report: pneumothorax as a complication of the ultrasound-guided supraclavicular approach for brachial plexus block. *Anesth Analg.* 2010;111(3):817-819. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181e42908.
26. Gupta K., Bhandari S., Singhal D., Bhatia P.S. Pneumothorax following ultrasound guided supraclavicular brachial plexus block. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2012;28(4):543-544. DOI: 10.4103/0970-9185.101962.
27. Duggan E., El Beheiry H., Perlas A., et al. Minimum effective volume of local anesthetic for ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34(3):215-218. DOI: 10.1097/AAP.0b013e31819a9542.
28. Senapati L.K., Sahoo R., Samanta P., Priyadarshini S. Comparison of Ultrasound-Guided Costoclavicular Brachial Plexus Block Versus Supraclavicular Brachial Plexus Block for Forearm and Hand Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Cureus.* 2025;17(10):e94648. DOI: 10.7759/cureus.94648.
29. Mangal V., Meena C., Meena K., et al. Comparison of USG-Guided Supraclavicular Brachial Plexus Block by Single-Point Versus Multiple-Point Injection Technique: A Prospective Randomized Trial. *Cureus.* 2023;15(11):e49018. Published 2023 Nov 18. DOI: 10.7759/cureus.49018.

АВТОРЫ

Лакхин Роман Евгеньевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-6819-9691, SPIN: 7261-9985
Кусай Александр Сергеевич — ORCID: 0000-0002-0668-9676, SPIN: 8843-5840
Касимов Рустам Рифкатович, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-5866-8378, SPIN: 5682-2810
Ганжа Максим Валерьевич — ORCID: 0009-0006-3274-7426
Маслов Давид Рубенович — ORCID: 0009-0000-0108-3264
Мухамеджанов Ильдар Рамилевич — ORCID: 0009-0007-4142-3789, SPIN: 9929-5836
Цветков Василий Геннадьевич — ORCID: 0000-0003-4980-597X, SPIN: 5316-4617

AUTHORS

Lakhin Roman Evgenyevich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-6819-9691, SPIN: 7261-9985
Kusai Alexandr Sergeevich — ORCID: 0000-0002-0668-9676, SPIN: 8843-5840
Kasimov Rustam Rifkatovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-5866-8378, SPIN: 5682-2810
Ganzha Maxim Valerievich — ORCID: 0009-0006-3274-7426
Maslov David Rubenovich — ORCID: 0009-0000-0108-3264
Muhamedzhanov Ildar Ramilevich — ORCID: 0009-0007-4142-3789, SPIN: 9929-5836
Tsvetkov Vasilii Gennadyevich — ORCID: 0000-0003-4980-597X, SPIN: 5316-4617



УДК 616-003.821

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_191_198

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ СИСТЕМНОГО AL-АМИЛОИДОЗА, ПРОЯВИВШЕГОСЯ РЕЦИДИВИРУЮЩЕЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОНКОКИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТЬЮ

© В.М. ЛУФТ¹, А.М. СЕРГЕЕВА¹, Г.А. ПИЧУГИНА¹, А.В. ЛАПИЦКИЙ¹, М.В. НАНИЕВА¹, Г.А. РЫСЕВ¹, А.Д. ЦАРЕГОРОДЦЕВА¹, Д.А. ДЮДИКОВА², О.В. АЛЕКСЕЕНКО¹

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Системный AL-амилоидоз – заболевание, обусловленное плазмоклеточной или лимфоплазмочитарной опухолью, при которой плазматические клетки (реже В-лимфоциты) продуцируют моноклональные свободные легкие цепи иммуноглобулинов, откладывающиеся в различных органах в виде амилоида и вызывающие их дисфункцию. Несмотря на то, что поражение ЖКТ при данном заболевании верифицируется достаточно редко и в литературе ограничивается описаниями отдельных клинических случаев, в аутопсийном материале амилоид обнаруживается в тонкой или толстой кишке у 64 % пациентов с амилоидозом.

ЦЕЛЬ: представить клинический случай течения системного AL-амилоидоза с поражением тонкой и толстой кишки, брыжейки, селезенки и сердца, который проявился нарастающей рецидивирующей динамической тонкокишечной непроходимостью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В статье рассмотрен случай множественной миеломы, осложненной развитием системного AL-амилоидоза у пациента 47 лет мужского пола, находившегося на лечении в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте скорой помощи им. И.И. Джанелидзе.

РЕЗУЛЬТАТЫ. У пациента, поступившего на лечение в связи с наличием неуточненного гастроэнтерита с явлениями динамической кишечной непроходимости и наличием вторичных изменений грудного и поясничного отделов позвоночника, а также подвздошных костей, в ходе обследования была диагностирована множественная миелома. При изучении аутопсийного материала диагноз был подтвержден, также было выявлено осложнение основного заболевания в виде развития системного AL-амилоидоза с поражением тонкой и толстой кишки, брыжейки, селезенки и сердца.

ВЫВОД. Амилоидоз является редким заболеванием, при котором наиболее часто поражаются сердце и почки. Вовлечение в патологический процесс желудочно-кишечного тракта клинически верифицируется достаточно редко, в то время как у 2/3 пациентов с амилоидозом в аутопсийном материале в желудочно-кишечном тракте также обнаруживается амилоид.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: множественная миелома, амилоидоз, динамическая кишечная непроходимость.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Луфт В.М., Сергеева А.М., Пичугина Г.А., Лапицкий А.В., Наниева М.В., Рысев Г.А., Царегородцева А.Д., Дюдикова Д.А., Алексеенко О.В. Клинический случай системного AL-амилоидоза, проявившегося рецидивирующей динамической тонкокишечной непроходимостью // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 191–198.

A CLINICAL CASE OF SYSTEMIC AL-AMYLOIDOSIS MANIFESTED AS RECURRENT DYNAMIC SMALL BOWEL OBSTRUCTION

© V.M. LUFT¹, A.M. SERGEEVA¹, G.A. PICHUGINA¹, A.V. LAPITSKY¹, M.V. NANIEVA¹, G.A. RYSEV¹, A.D. TSAREGORODTSEVA¹, D.A. DYUDIKOVA², O.V. ALEKSEENKO¹

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: Systemic AL amyloidosis is a disease resulting from a plasma cell or lymphoplasmacytic tumor, in which plasma cells (less commonly, B lymphocytes) produce monoclonal free light chains of



immunoglobulins, which are deposited as amyloid in various organs, causing their dysfunction. Although gastrointestinal involvement in this disease is rarely verified and is limited to case reports in the literature, amyloid is found in the small or large intestine in autopsy specimens in 64 % of patients with amyloidosis.

OBJECTIVE: The aim of the work is to present a clinical case of systemic AL amyloidosis, with damage to the small and large intestine, mesentery, spleen and heart, which manifested itself as increasing recurrent dynamic small intestinal obstruction.

MATERIAL AND METHODS: The article examines a case of multiple myeloma complicated by the development of systemic AL amyloidosis in a 47-year-old male patient who was treated at the St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine.

RESULTS: The patient admitted for treatment with unspecified gastroenteritis with signs of dynamic intestinal obstruction and secondary lesions in the thoracic and lumbar spine and iliac bones was diagnosed with multiple myeloma. Autopsy confirmed the diagnosis, and a complication of the underlying disease was also revealed: systemic AL amyloidosis, affecting the small and large intestines, mesentery, spleen, and heart.

CONCLUSION: Amyloidosis is a rare disease that most commonly affects the heart and kidneys. Gastrointestinal involvement is rarely clinically confirmed, although amyloid is also detected in the gastrointestinal tract in two-thirds of patients with amyloidosis in autopsy specimens.

KEYWORDS: multiple myeloma, amyloidosis, dynamic intestinal obstruction.

TO CITE THIS ARTICLE: Luft V.M., Sergeeva A.M., Pichugina G.A., Lapitsky A.V., Nanieva M.V., Rysev G.A., Tsaregorodtseva A.D., Dyudikova D.A., Alekseenko O.V. A clinical case of systemic AL-amyloidosis manifested as recurrent dynamic small bowel obstruction. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):191-198. (In Russ.).

Введение

Системный AL-амилоидоз — заболевание, развивающееся вследствие плазмоклеточной или лимфоплазмочитарной опухоли, при которой плазматические клетки (реже В-лимфоциты) продуцируют моноклональные свободные легкие цепи иммуноглобулинов, которые в составе амилоида откладываются в различных органах, вызывая их дисфункцию. Согласно последней версии классификации ВОЗ 2017 г., термин «AL амилоидоз» заменен на «первичный амилоидоз» и рассматривается в подразделе «Болезни отложения моноклональных иммуноглобулинов» раздела «Плазмоклеточные новообразования» [1–3].

В зависимости от характера отложения амилоида выделяют системную и локализованную форму заболевания. В настоящее время идентифицировано более 50 белков-предшественников амилоида, способны вызывать локализованный или системный амилоидоз [4–7].

Заболеваемость AL-амилоидозом составляет приблизительно 12 случаев на миллион человек в год [8]. Большая часть форм системного амилоидоза являются приобретенными (90 %), врожденные формы составляют около 10 % (белки-предшественники — транстиретин, β_2 -микроглобулин) [9]. AL-амилоидоз — крайне гетерогенное по клиническим проявлениям заболевание с возможным вовлечением любого органа или системы. Наиболее часто поражаются сердце (70 %), почки (60 %), периферическая или автономная нервная система (25 %), печень (20 %), желудочно-кишечный тракт (15 %), а также опор-

но-двигательный аппарат, кожа, легкие, мочевыводящая система [1, 10, 11, 12].

При поражении ЖКТ могут наблюдаться чувство быстрого насыщения, дисфагия, тошнота, рвота, запор или диарея, боли в животе, псевдообструкция кишечника, вздутие живота [13], потеря веса, мальабсорбция, гепатомегалия, желтуха, гастропарез [14, 15], иногда желудочно-кишечные кровотечения [16, 17, 18, 19].

Несмотря на то, что поражение ЖКТ при данном заболевании верифицируется достаточно редко и в литературе ограничивается описаниями отдельных клинических случаев, в аутопсийном материале амилоид обнаруживается в тонкой или толстой кишке у 64 % пациентов с амилоидозом [20]. Основным методом достоверной диагностики амилоидоза является биопсия пораженного органа или ткани с окрашиванием конго красным с последующим исследованием микропрепаратов в поляризованном свете. Помимо гистологического исследования, для определения природы белка-предшественника, необходимы иммуногистохимия, иммуноэлектронная микроскопия или масс-спектрометрия [2, 8, 19].

Клинический случай

Пациент К., 47 лет, переводом из районной больницы поступил в Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе 27.06.2025 с жалобами на выраженную общую слабость, кашель с большим количеством гнойной мокроты, рвоту застойным содержимым без четкой связи с приемом пищи, вздутие живота, чередование запоров и диареи



(жидкий стул до 2 раз в сутки без видимых патологических примесей с эпизодами запоров).

Из анамнеза известно, что пациент считает себя больным с 21.05.2025, когда появились лихорадка (однократно 39 °С), головная боль, головокружение, осиплость голоса. На протяжении недели принимал Амоксиклав без положительного эффекта. Отмечал дальнейшее прогрессирование общей слабости, появление кашля с пенистой мокротой желто-зеленого цвета, многократной рвоты (суммарно около 10 раз). 31.05.2025 на фоне вздутия живота наблюдалась однократная диарея без патологических примесей в кале. 03.06.2025 в связи с выявленными явлениями азотемии (креатинин 496 мкмоль/л, мочевины 14 ммоль/л), что было расценено как острое повреждение почек на фоне гастроэнтерита, пациент был экстренно госпитализирован в Выборгскую межрайонную больницу, где на фоне проводимого лечения нарушенная функция почек полностью регрессировала.

По данным компьютерной томографии выявлены инфильтративные изменения в обоих легких с картиной типичной вирусной двусторонней полисегментарной пневмонии. Наряду с этим отмечались вторичные изменения (вероятно, метастазы) в грудном отделе позвоночника, а также в L1, участки снижения костной плотности в подвздошных костях (возможно, кисты). Предполагалось, что данные изменения могут быть миеломными очагами. Выполнена протеинограмма, по результатам которой доля гаммаглобулина составила 22,65 %, однако исследование моноклональности иммуноглобулинов не проводилось.

При выполнении рентген-контроля пассажа сульфата бария выявлены расширенные петли тонкой кишки и тонкокишечные чаши Клойбера, после чего 07.06.2025 было принято решение о выполнении диагностической лапаротомии. Интраоперационно при ревизии тонкая кишка от связки Трейца до илеоцекального угла паретична, расширена до 4–5 см, ее стенка гипертрофирована, серозная оболочка бледная, покрыта множественными мелкими «просовидными» узелками, без перфорации, перистальтирует, жизнеспособна. В брыжейке тонкой кишки наблюдались множественные лимфоузлы до 0,8 см. Выполнена фиброколоноскопия с биопсией. Получено заключение по биопсийному и операционному материалу: в препарате фрагмент слизистой тонкого кишечника с железами, выстланными призматическим эпителием, поверхностной эрозией и диффузной лимфоцитарной инфильтрацией с примесью единичных нейтрофилов, выражен-

ным фиброзом и деформацией всех прилежащих слоев. В заключении было указано, что данная гистологическая картина может соответствовать стриктурирующей форме болезни Крона тонкой кишки.

На протяжении пребывания в Выборгской межрайонной больнице у пациента разрешилось острое повреждение почек, но сохранялись явления динамической тонкокишечной непроходимости с некоторой положительной динамикой (частично усваивал глюкозо-солевые растворы, находясь преимущественно на парентеральном питании, появился стул до 2 раз в сутки, без видимых патологических примесей). Учитывая сохраняющуюся симптоматику, пациент 27.06.2025 был переведен в НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе для дообследования и продолжения лечения.

При поступлении больной контактен, на вопросы отвечает развернуто, астенизирован. Подкожно-жировая клетчатка развита достаточно. Рост 180 см, масса тела 73 кг, ИМТ 22,6 кг/м². Кожа и видимые слизистые бледные. Температура тела 36,7 °С. Пульс 90 уд./мин, ритмичный, удовлетворительного наполнения. АД 110/70 мм рт. ст. Перкуторно границы сердца не расширены, тоны приглушены. Шумов не выслушивается. Перкуторно над легкими укорочение звука в нижнебазальных отделах с обеих сторон, там же на фоне ослабленного дыхания выслушиваются влажные хрипы. Язык чистый. Живот при пальпации мягкий, вздут, умеренно болезненный в области послеоперационной раны, выслушиваются единичные кишечные шумы. Перитонеальные симптомы отрицательные. Дизурических явлений нет. Стул был дважды за прошедшие сутки, жидкий, без видимых патологических примесей.

В лабораторных исследованиях отмечались нормохромная нормоцитарная анемия средней степени тяжести (Hb 86 г/л), тромбоцитопения ($119 \times 10^9/\text{л}$) и умеренная лимфопения ($1,01 \times 10^9/\text{л}$). При биохимическом исследовании выявлены выраженная гипопроотеинемия (41,1 г/л) и гипоальбуминемия (24 г/л), снижение активности холинэстеразы до 1115 ед./л, повышение уровня СРБ до 79,54 мг/л, прокальцитонин 1,06 нг/мл.

На ЭКГ: синусовая тахикардия с ЧСС 107 уд./мин. ПВГБ. Низкоамплитудная ЭКГ. Распространенные нарушения реполяризации по типу сглаженного зубца Т.

На основании полученных данных был сформулирован диагноз:

Основное заболевание: Неуточненный гастроэнтерит с явлениями динамической кишечной непроходимости.



Конкурирующее заболевание: Внебольничная двусторонняя полисегментарная пневмония без уточнения возбудителя (при посеве мокроты от 03.06.2025 роста микрофлоры нет).

Осложнения: Высокая динамическая кишечная непроходимость. Синдром острого почечного повреждения неизвестной давности, разрешение. Двусторонний малый гидроторакс. Острая белковая недостаточность тяжелой степени по типу квашиоркора. Миокардиодистрофия. Нормохромная нормоцитарная анемия средней степени тяжести.

Сопутствующие заболевания: Вторичные изменения грудного, поясничного отдела позвоночника и подвздошных костей (возможно, метастазы). Гипертоническая болезнь II ст., РССО 3.

В связи с наличием у пациента легочного поражения (отрицательная динамика двусторонней пневмонии, появление двустороннего гидроторакса), костного поражения (множественные очаги деструкции в грудных позвонках, деструкция тела L1), кишечного поражения (динамическая кишечная непроходимость), а также данных анамнеза (контакт с больным с подтвержденным туберкулезом в 2018 г.), было высказано предположение о возможном наличии у пациента генерализованного туберкулеза с поражением тонкой кишки, легких, позвоночника. При анализе биологических жидкостей на наличие *M. Tuberculosis* получен отрицательный результат. В связи с отсутствием убедительных данных о наличии у больного онкологической патологии со стороны внутренних органов, которая могла бы быть причиной предполагаемых метастазов в костях, было высказано предположение о возможном наличии у больного плазмцитомы, для исключения которой была выполнена трепанобиопсия костного мозга. При морфологическом исследовании костного мозга подвздошной кости выявлена субтотальная плазмноклеточная инфильтрация с умеренным и неравномерным фиброзом стромы. Морфологическая картина может соответствовать следующим нозологиям: 1 — плазмноклеточная неоплазия (MGUS, множественная миелома); 2 — IgG-4 ассоциированное заболевание с поражением костного мозга; 3 — лимфопролиферативное новообразование (лимфоплазмцитарная лимфома). Для уточнения диагноза рекомендовано выполнение проточной цитометрии костного мозга на определение IgG-4, (протокол лимфоидных неоплазий), а также иммуногистохимического исследования.

Для проведения дифференциальной диагностики между туберкулезом, миеломой, метастатическим поражением был взят биоптат из очага деструкции тела L1, при гистологическом исследовании

которого было подтверждено наличие очагов деструкции костной ткани и выявлена обильная инфильтрация зрелыми плазмцитами. В связи с полученными данными, с целью уточнения диагноза был произведен повторный забор костного мозга (трепанобиопсия) для иммунофенотипирования методом проточной цитометрии (РосНИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России). На основании полученных данных диагностирована множественная миелома.

По данным ФГДС выявлены эрозивный эзофагит ст. В, эритематозная гастропатия, дуоденогастральный рефлюкс. При выполнении ФКС визуализированная слизистая толстой кишки бледно-розовая, гладкая, с единичными участками приподнятой гиперемизированной слизистой до 0,3–1,2 см с желтоватыми налетами по типу псевдомембран (процесс более выражен в левых отделах). Гистологически во всех отделах толстой кишки отмечались слабая очаговая лимфо-плазмцитарная инфильтрация с очагами деструкции слизистой оболочки и нейтрофильной инфильтрацией, острыми васкулитами, наложением фибрина с многочисленными нейтрофилами с образованием псевдомембран, что соответствовало морфологической картине псевдомембранозного колита. Иммуноферментный анализ на токсины А и В *Cl. difficile* отрицательный, IgM к *Y. enterocolitica*, *Y. Pseudotuberculosis* также отрицательны. При исследовании копрограммы — лейкоциты (36–40 в п/зр), без признаков мальдигестии.

По данным КТ (04.03.2025): гепатоспленомегалия. Двусторонний гидроторакс с наличием ателектаза в S9 и S10 нижней доли с обеих сторон и инфильтрацией в S6 и S8 нижней доли левого легкого.

За время нахождения в НИИ скорой помощи у пациента сохранялся гастростаз (имела место рвота или сброс по назогастральному зонду суммарным объемом до 1500 мл/сут.). В связи с невозможностью назогастрального энтерального питания (гастростаз) пациенту было назначено парентеральное питание — СМОФКабивен центральный 1477 мл с добавлением поливитаминных (Солувит, Виталипид) и микроэлементного (Аддамель) комплексов (энергия 1550 ккал/сут. или 21 ккал/кг/сут. и 75 г/сут. аминокислот или 1 г/кг/сут.). Далее был установлен назоеюнальный зонд, сброс по которому составлял 50–100 мл в сут., и пациент был переведен на смешанное питание. На фоне прокинетических мероприятий (метоклопрамид, эритромицин, сульфат магния, эпидуральная анестезия, Прозерин) имел место временный положительный эффект, что позволило перевести пациента на естественное пероральное щадящее питание с дополнительным

пероральным потреблением энтеральных питательных смесей методом сипинга в объеме 400 мл (Суп-портан Напиток — 600 ккал, 40 г белка). Суммарный объем субстратного обеспечения составлял в среднем 1600–2000 ккал/сут. (25–30 ккал/кг) и 80–95 г белка (1,2–1,4 г/кг/сут.).

На 10-е сутки пребывания в ОРИТ, несмотря на проводимую терапию, отмечалось нарастание дыхательной недостаточности с развитием гипотензии, потребовавших проведения ИВЛ и вазопрессорной поддержки, что было расценено как септический шок, возможным источником которого являлась внутрибольничная двусторонняя полисегментарная пневмония и (или) транслокация кишечной микрофлоры. При посеве крови выявлена мультирезистентная *Klebsiella pneumoniae*. Несмотря на проводимую систем-

ную поливалентную антибактериальную терапию (имипенем, циластатин, доксициклин), а также проводимую кишечную деконтаминацию (ванкомицин, метронидазол), наблюдалось дальнейшее ухудшение состояния. 10.07.2025 на 13 сутки госпитализации зарегистрирована остановка кровообращения без эффекта от проводимых реанимационных мероприятий, констатирована биологическая смерть больного.

На вскрытии и при последующем гистологическом исследовании был подтвержден диагноз множественной миеломы, выявлен системный амилоидоз с поражением тонкой и толстой кишки, брыжейки, селезенки и сердца (обнаружение при окраске конго красным утолщенных стенок сосудов в указанных органах за счет отложения гомогенного вещества амилоида (рис. 1).

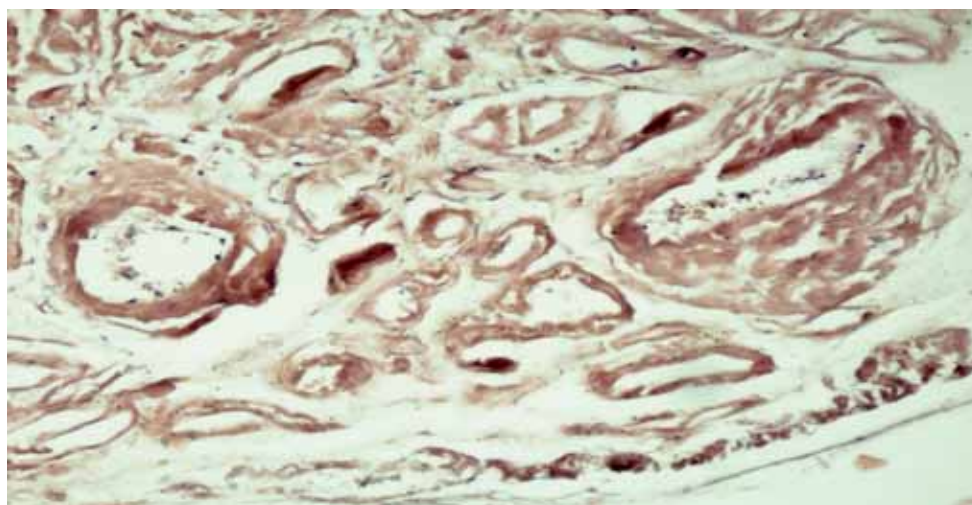


Рис. 1. Отложение амилоида в стенках сосудов в тонкой кишке, окраска конго красный: в субсерозной основе определяются участки с пролиферированными капиллярами с утолщенными стенками за счет отложений гомогенного вещества, имеющего светооптические и тинкториальные свойства амилоида



Рис. 2. Макропрепарат — тонкая кишка на аутопсии



Макроскопически серозная оболочка тонкой кишки серо-белого цвета с множественными белесоватыми участками неправильной формы. Поверхность серозной оболочки блестящая, петли тонкой кишки неравномерно раздуты, с межпетельными спайками, разделяющимися тупым путем. Слизистая тонкой кишки складчатая, блестящая, желтоватого цвета с немногочисленными полипообразными структурами.

В костном мозге отмечена пролиферация клеток плазматического ряда с признаками атипии (плазмноклеточная опухоль). При иммуногистохимическом исследовании обнаружены признаки поражения костного мозга плазмноклеточной опухолью из зрелых клеток с монотипической экспрессией легкой цепи Ig каппа (соотношение каппа и лямбда более, чем 100:1). Полученные данные свидетельствуют о наличии множественной миеломы, осложненной системным AL-амилоидозом тонкой и толстой кишки, брыжейки, селезенки и сердца.

Проявления основного заболевания, в том числе амилоидоз миокарда, в сочетании с инфекционными осложнениями (субтотальная пневмония, псевдомембранозный колит) привели к сердечно-легочной недостаточности, явившейся непосредственной причиной смерти.

Посмертный диагноз:

Основное заболевание: Множественная миелома.

Осложнения основного заболевания: Первичный системный амилоидоз тонкой и толстой

кишки, брыжейки, селезенки и сердца. Внутробольничная двусторонняя субтотальная пневмония. Динамическая тонко- и толстокишечная непроходимость. Псевдомембранозный колит. Анемия. Синдром системной воспалительной реакции. Паренхиматозная дистрофия внутренних органов. Тромбоэмболия долевых и сегментарных ветвей легочной артерии. Дыхательная недостаточность. Острая сердечная недостаточность, кардиогенный отек легких. Отек головного мозга. Острые эрозии слизистой оболочки желудка.

Сопутствующие заболевания: Атеросклероз аорты 2 стадии 2 степени. Атеросклероз почечных артерий 2 стадии 2 степени. Атеросклероз артерий головного мозга 2 стадии 2 степени.

Заключение

Амилоидоз является редким заболеванием, при котором наиболее часто поражаются сердце и почки. Вовлечение в патологический процесс желудочно-кишечного тракта клинически верифицируется достаточно редко, в то время у 2/3 пациентов с амилоидозом в аутопсийном материале в желудочно-кишечном тракте также обнаруживается амилоид. Представленный случай возникшего системного AL амилоидоза с поражением тонкой и толстой кишки, брыжейки, селезенки и сердца проявился нарастающей рецидивирующей динамической тонкокишечной непроходимостью.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко Л.В., Рамеев В.В., Моисеев С.В. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению системного амилоидоза // Клиническая фармакология и терапия. 2020. Т. 29, № 1. С. 13–24. DOI: 10.32756/0869-5490-2020-1-13-24 EDN: UCEZAB.
2. Swerdlow S.H., Campo E., Harris N.L., et al, eds. *WHO Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2017:585.
3. Bhutani D., Lentzsch S. Diagnosis and management of systemic light chain AL amyloidosis. *Pharmacol Ther.* 2020;214:107612. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2020.107612.
4. Sipe J.D., Benson M.D., Buxbaum J.N., et al. Amyloid fibril proteins and amyloidosis: chemical identification and clinical classification International Society of Amyloidosis 2016 Nomenclature Guidelines. *Amyloid.* 2016;23(4):209–213. DOI: 10.1080/13506129.2016.1257986.
5. Степанова А.А., Савенкова Н.Д. Вторичный АА-амилоидоз у педиатрических и взрослых пациентов: классификация, этиология, патогенез, диагностика, лечение // Нефрология. 2023. Т. 27, № 3. С. 23–31. DOI: 10.36485/1561-6274-2023-27-3-23-31 EDN: BDGFNW.
6. Пирогова О.В. Амилоидоз легких цепей иммуноглобулинов AL-амилоидоз. Обзор литературы // Вестник гематологии. 2023. Т. 19, № 4. С. 34–52. EDN: PQNABI.
7. Lin H.M., Gao X., Cooke C.E., et al. Disease burden of systemic light-chain amyloidosis: a systematic literature review. *Curr Med Res Opin.* 2017;33(6):1017–1031. DOI: 10.1080/03007995.2017.1297930.



8. Gertz M.A., Dispenzieri A. Systemic Amyloidosis Recognition, Prognosis, and Therapy: A Systematic Review. *JAMA*. 2020;324(1):79-89. DOI: 10.1001/jama.2020.5493.
9. Berner A., Serratrice J., Coen M. Intestinal presentation of systemic amyloidosis. *Ann Palliat Med*. 2023;12(4):676-678. DOI: 10.21037/apm-23-115.
10. Wininger A.E., Phelps B.M., Le J.T., et al. Musculoskeletal pathology as an early warning sign of systemic amyloidosis: a systematic review of amyloid deposition and orthopedic surgery. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):51. DOI: 10.1186/s12891-020-03912-z.
11. Кочиева М.Л. Амилоидоз и сердце // Справочник врача общей практики. 2024. № 1. С. 8–19. DOI 10.33920/med-10-2401-01 EDN: CIRHIF.
12. Sara J.D.S., Khodadadi R., Barth D., Burton M.C. Amyloidosis: a unifying diagnosis for nephrotic syndrome and congestive cardiac failure. *BMJ Case Rep*. 2018;2018:bcr2018224317. DOI: 10.1136/bcr-2018-224317.
13. Lee A.S.Y., Lee D.Z.Q., Vasanwala F.F. Amyloid light-chain amyloidosis presenting as abdominal bloating: a case report. *J Med Case Rep*. 2016;10:68. DOI: 10.1186/s13256-016-0857-z.
14. Menke D.M., Kyle R.A., Fleming C.R., et al. Symptomatic gastric amyloidosis in patients with primary systemic amyloidosis. *Mayo Clin Proc*. 1993;68(8):763-767. DOI: 10.1016/s0025-6196(12)60634-x.
15. Hoscheit M., Kamal A., Cline M. Gastroparesis in a Patient with Gastric AL Amyloidosis. *Case Rep Gastroenterol*. 2018;12(2):317-321. DOI: 10.1159/000489297.
16. Franck C., Venerito M., Weigt J., et al. Recurrent diffuse gastric bleeding as a leading symptom of gastrointestinal AL amyloidosis. Rezidivierende diffuse Magenblutungen als führendes Symptom bei gastrointestinaler AL-Amyloidose. *Z Gastroenterol*. 2017;55(12):1318-1322. DOI: 10.1055/s-0043-120924.
17. Kim S.Y., Moon S.B., Lee S.K., et al. Light-chain amyloidosis presenting with rapidly progressive submucosal hemorrhage of the stomach. *Asian J Surg*. 2016;39(2):113-115. DOI: 10.1016/j.asjsur.2013.09.013.
18. Talar-Wojnarowska R., Jamrozik K. Intestinal amyloidosis: Clinical manifestations and diagnostic challenge. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(5):563-570. DOI: 10.17219/acem/133521.
19. Prieto Aparicio J.F., Caldas Álvarez M., Herranz Pérez R., et al. Intestinal amyloidosis: a diagnostic challenge. *Rev Esp Enferm Dig*. 2022;114(12):752. DOI: 10.17235/reed.2022.8934/2022.
20. den Braber-Ymker M., Heijker S., Lammens M., et al. Intestinal involvement in amyloidosis is a sequential process. *Neurogastroenterol Motil*. 2018;30(12):e13469. DOI: 10.1111/nmo.13469.

REFERENCES

1. Lysenko L.V., Rameev V.V., Moiseev S.V. Clinical guidelines for diagnosis and treatment of systemic amyloidosis. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya = Clin Pharmacol Therapy*. 2020;29(1):13-24. (In Russ.). DOI: 10.32756/0869-5490-2020-1-13-24 EDN: UCEZAB.
2. Swerdlow S.H., Campo E., Harris N.L., et al, eds. *WHO Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2017:585.
3. Bhutani D., Lentzsch S. Diagnosis and management of systemic light chain AL amyloidosis. *Pharmacol Ther*. 2020;214:107612. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2020.107612.
4. Sipe J.D., Benson M.D., Buxbaum J.N., et al. Amyloid fibril proteins and amyloidosis: chemical identification and clinical classification International Society of Amyloidosis 2016 Nomenclature Guidelines. *Amyloid*. 2016;23(4):209-213. DOI: 10.1080/13506129.2016.1257986.
5. Stepanova A.A., Savenkova N.D. Secondary AA-amyloidosis in pediatric and adult patients: classification, etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment. *Nephrology*. 2023;27(3):23-31. (In Russ.). DOI: 10.36485/1561-6274-2023-27-3-23-31 EDN: BDGFNW.
6. Pirogova O.V. Amyloidosis of immunoglobulin light chains al-amyloidosis. literature review. *The Bulletin of Hematology*. 2023;19(4):34-52. (In Russ.). EDN: PQNABI.
7. Lin H.M., Gao X., Cooke C.E., et al. Disease burden of systemic light-chain amyloidosis: a systematic literature review. *Curr Med Res Opin*. 2017;33(6):1017-1031. DOI: 10.1080/03007995.2017.1297930.
8. Gertz M.A., Dispenzieri A. Systemic Amyloidosis Recognition, Prognosis, and Therapy: A Systematic Review. *JAMA*. 2020;324(1):79-89. DOI: 10.1001/jama.2020.5493.
9. Berner A., Serratrice J., Coen M. Intestinal presentation of systemic amyloidosis. *Ann Palliat Med*. 2023;12(4):676-678. DOI: 10.21037/apm-23-115.
10. Wininger A.E., Phelps B.M., Le J.T., et al. Musculoskeletal pathology as an early warning sign of systemic amyloidosis: a systematic review of amyloid deposition and orthopedic surgery. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):51. DOI: 10.1186/s12891-020-03912-z.



11. Kochieva M.L. Amyloidosis and the heart. *Journal of Family Medicine*. 2024;(1):8-19. (In Russ.). DOI 10.33920/med-10-2401-01 EDN: CIRHIF.
12. Sara J.D.S., Khodadadi R., Barth D., Burton M.C. Amyloidosis: a unifying diagnosis for nephrotic syndrome and congestive cardiac failure. *BMJ Case Rep*. 2018;2018:bcr2018224317. DOI: 10.1136/bcr-2018-224317.
13. Lee A.S.Y., Lee D.Z.Q., Vasanwala F.F. Amyloid light-chain amyloidosis presenting as abdominal bloating: a case report. *J Med Case Rep*. 2016;10:68. DOI: 10.1186/s13256-016-0857-z.
14. Menke D.M., Kyle R.A., Fleming C.R., et al. Symptomatic gastric amyloidosis in patients with primary systemic amyloidosis. *Mayo Clin Proc*. 1993;68(8):763-767. DOI: 10.1016/s0025-6196(12)60634-x.
15. Hoscheit M., Kamal A., Cline M. Gastroparesis in a Patient with Gastric AL Amyloidosis. *Case Rep Gastroenterol*. 2018;12(2):317-321. DOI: 10.1159/000489297.
16. Franck C., Venerito M., Weigt J., et al. Recurrent diffuse gastric bleeding as a leading symptom of gastrointestinal AL amyloidosis. Rezidivierende diffuse Magenblutungen als führendes Symptom bei gastrointestinaler AL-Amyloidose. *Z Gastroenterol*. 2017;55(12):1318-1322. DOI: 10.1055/s-0043-120924.
17. Kim S.Y., Moon S.B., Lee S.K., et al. Light-chain amyloidosis presenting with rapidly progressive submucosal hemorrhage of the stomach. *Asian J Surg*. 2016;39(2):113-115. DOI: 10.1016/j.asjsur.2013.09.013.
18. Talar-Wojnarowska R., Jamrozik K. Intestinal amyloidosis: Clinical manifestations and diagnostic challenge. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(5):563-570. DOI: 10.17219/acem/133521.
19. Prieto Aparicio J.F., Caldas Álvarez M., Herranz Pérez R., et al. Intestinal amyloidosis: a diagnostic challenge. *Rev Esp Enferm Dig*. 2022;114(12):752. DOI: 10.17235/reed.2022.8934/2022.
20. den Braber-Ymker M., Heijker S., Lammens M., et al. Intestinal involvement in amyloidosis is a sequential process. *Neurogastroenterol Motil*. 2018;30(12):e13469. DOI: 10.1111/nmo.13469.

АВТОРЫ

Луфт Валерий Матвеевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-5996-825X, SPIN: 2003-5693
Сергеева Анастасия Михайловна, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-9355-0498, SPIN: 6593-9128
Пичугина Галина Александровна, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-3176-5300, SPIN: 5559-2460
Лапицкий Алексей Викторович, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-8284-8328, SPIN: 7814-3276
Наниева Мадина Викторовна — ORCID: 0009-0005-4326-6997, SPIN: 6349-1121
Рысев Георгий Александрович, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-6688-3705, SPIN: 1966-3919
Царегородцева Анастасия Дмитриевна — ORCID: 0000-0002-4886-5922, SPIN: 2628-8471
Дюдикова Дарья Андреевна — ORCID: 0009-0006-7585-4029
Алексеев Ольга Викторовна, к.м.н. — ORCID: 0009-0000-3890-3254, SPIN: 7653-9207

AUTHORS

Luft Valery Matveevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-5996-825X, SPIN: 2003-5693
Sergeeva Anastasia Mikhailovna, Ph.D — ORCID: 0000-0001-9355-0498, SPIN: 6593-9128,
Pichugina Galina Alexandrovna, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-3176-5300, SPIN: 5559-2460
Lapitsky Alexey Viktorovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-8284-8328, SPIN: 7814-3276
Nanieva Madina Viktorovna — ORCID: 0009-0005-4326-6997, SPIN: 6349-1121
Rysev Georgy Alexandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-6688-3705, SPIN: 1966-3919
Tsaregorodtseva Anastasiya Dmitrievna — ORCID: 0000-0002-4886-5922, SPIN: 2628-8471
Dyudikova Daria Andreevna — ORCID: 0009-0006-7585-4029
Alekseenko Olga Viktorovna, Ph.D. — ORCID: 0009-0000-3890-3254, SPIN: 7653-9207



УДК 614.2

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_199_204

АВТОПАРК СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В РОССИИ

© И.М. БАРСУКОВА^{1,2}, Е.Ю. ТЯВОКИНА¹, М.С. КЛИМАНЦЕВА¹, А.О. БУМАЙ^{1,3}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Высокая ресурсоемкость медицинских организаций скорой медицинской помощи в значительной степени связана с автомобилями скорой медицинской помощи.

ЦЕЛЬ: изучить динамику автопарка скорой медицинской помощи в Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Использованы данные отраслевого статистического наблюдения (форма № 40, 2010–2013 гг.) и федерального статистического наблюдения (форма № 30, 2014–2024 гг.) по Российской Федерации; применялись статистический и аналитический методы исследования, программная среда Microsoft Office Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В 2024 г. насчитывалось 21,7 тыс. автомобилей скорой медицинской помощи. Существенно менялась структура автопарка автомобилей: отмечалось снижение числа автомобилей класса А (на 83,7 %), увеличение числа автомобилей класса В (на 78,0 %) и класса С (на 138,5 %). Распределение классов автомобилей скорой медицинской помощи (А, В и С) в 2010 г. составило 42,6 %, 52,1 % и 5,3 % соответственно, а в 2024 г. – 6,2 %, 82,5 % и 11,3 %. Основным классом автомобилей скорой медицинской помощи в 2024 г. стал класс В: его доля составила 82,5 %. Наблюдаемая динамика демонстрирует перераспределение числа автомобилей разных классов, направленное на повышение их уровня, рост оснащенности скорой медицинской помощи в Российской Федерации.

ВЫВОДЫ. Транспорт – ключевая составляющая медицинских организаций скорой медицинской помощи, в значительной степени определяющая оперативность и качество ее работы. Стоят вопросы повышения уровня технического оснащения бригад скорой медицинской помощи, импортозамещения, разработки инновационного салона российского автомобиля скорой медицинской помощи как передового автономного лечебно-диагностического комплекса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скорая медицинская помощь, автомобиль скорой медицинской помощи, транспорт скорой медицинской помощи, классы автомобилей скорой медицинской помощи, автопарк скорой медицинской помощи.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Барсукова И.М., Тявокина Е.Ю., Климанцева М.С., Бумай А.О. Автопарк скорой медицинской помощи в России // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 199–204.

AMBULANCE VEHICLES IN RUSSIA

© I.M. BARSUKOVA^{1,2}, E.YU. TYAVOKINA¹, M.S. KLIMANTSEVA¹, A.O. BUMAY^{1,3}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: High resource intensity of emergency medical care organizations is largely associated with ambulances.

OBJECTIVE: The aim of the study is to study the dynamics of the ambulance fleet in the Russian Federation.

MATERIALS AND METHODS: The data of industry statistical observation – form No. 40 (2010–2013) and federal statistical observation – form No. 30 (2014–2024) for the Russian Federation were used; statistical and analytical research methods, MS Office Excel 2016 spreadsheets were applied.



RESULTS: In 2024, there were 21,700 ambulances. The structure of the ambulance fleet changed significantly: there was a decrease in the number of Class A vehicles (by 83.7 %), while the number of Class B vehicles (by 78.0 %) and Class C vehicles (by 138.5 %) increased. The ratio of car classes A – B – C in 2010: 42.6 % – 52.1 % – 5.3 %, and in 2024: 6.2 % – 82.5 % – 11.3 %. Class B became the primary class of ambulances in 2024, accounting for 82.5 %. The observed dynamics demonstrate a redistribution of the number of vehicles across different classes, aimed at improving their standard and increasing the equipment of emergency medical services in the Russian Federation.

CONCLUSION: Transport is a key component of medical organizations of emergency medical care, largely determining the efficiency and quality of its work. There are issues of increasing the level of technical equipment of ambulance teams, import substitution, development of an innovative interior of the Russian ambulance, as an advanced autonomous medical and diagnostic complex.

KEYWORDS: ambulance, ambulance, ambulance transport, ambulance classes, ambulance fleet.

TO CITE THIS ARTICLE: Barsukova I.M., Tyavokina E.Yu., Klimantseva M.S., Bumay A.O. Ambulance vehicles in Russia. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):199-204. (In Russ.).

Обоснование

Структурный подход к оценке качества медицинской помощи предполагает, в том числе, оценку оснащения медицинских учреждений, характеризующего их готовность и способность к осуществлению заявленных видов деятельности. Высокая ресурсоемкость медицинских организаций скорой медицинской помощи (СМП) в значительной степени связана с автомобилями скорой медицинской помощи (АСМП) [1–4].

Оснащение станции (отделения) СМП, а в первую очередь специализированного транспортного средства (автомобиля скорой медицинской помощи), осуществляется в соответствии с утвержденными нормативами и должно быть направлено на обеспечение качества оказываемой скорой медицинской помощи больным и пострадавшим (ГОСТ 33665-2015¹, ОСТ 91500.07.0001-2002²). В этой связи АСМП рассматривается как «транспортное средство, предназначенное для транспортировки одного или нескольких пациентов с возможностью оказания медицинской помощи в объеме, соответствующем классу автомобиля скорой медицинской помощи, силами медицинской бригады (в соответствии с порядком оказания скорой, в том числе скорой специализированной медицинской помощи)» и подразделяется на А, В, С классы [5]. Очень многое зависит от класса АСМП и его конкретного назначения, его технических характеристик, условий эксплуатации, формы собственности, технического обслуживания, обеспеченности топливом и многих других факторов [6]. Дорожно-транспортная безопасность – одна из проблем работы бригад СМП,

решаемая при безусловном предоставлении преимуществ АСМП в движении на улицах и дорогах как со стороны водителей других транспортных средств, так и пешеходов [7].

По назначению и с учетом конструктивного исполнения салона и его оснащения АСМП разделяются по классам (типам): А (транспортный) – для перевозки больных (пострадавших), не нуждающихся в экстренной медицинской помощи; В – для перевозки больных и пострадавших, мониторинга состояния и оказания экстренной медицинской помощи; С (реанимобиль) – для реанимации, интенсивной терапии, мониторинга и перевозки больных и пострадавших [8, 9]. Стандарт оснащения АСМП регламентирован «Порядком оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи»³. Приложение № 5 утверждает наличие различного медицинского оборудования в различных по классу (типу) автомобилях бригад СМП и воздушных судах.

Высокий уровень оснащения, комфортные и удобные условия работы в салоне АСМП – залог эффективности оказания СМП. В настоящее время значительная доля АСМП – импортные. В настоящее время существует потребность в совершенствовании АСМП в целях повышения эффективности оказания СМП, в том числе в условиях движения. Следует обеспечить «фиксацию пациента и сотрудника СМП во время работы для соблюдения безопасности; требования к эргономике пространства; свободный доступ к зонам работы и укладкам; комфортные условия транспортировки для пациента и труда персонала СМП». На основании этого сделан

¹ ГОСТ 33665-2024. Автомобили скорой медицинской помощи. Технические требования и методы испытаний. М., 2024. 41 с.

² ОСТ 91500.07.0001-2002. Салоны автомобилей скорой медицинской помощи и их оснащение. Общие технические требования. М., 2002. 13 с.

³ Приказ Минздрава России от 20 июня 2013 г. № 388н (ред. от 14.05.2026). Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи. М., 2013.



вывод «о необходимости разработки инновационного салона российского автомобиля СМП, как автономного лечебно-диагностического комплекса» [11–14].

Цель исследования: изучить динамику автопарка автомобилей скорой медицинской помощи в Российской Федерации (РФ).

Материалы и методы

Использованы данные отраслевого статистического наблюдения (форма № 40, 2010–2013 гг.) и федерального статистического наблюдения (форма № 30, 2014–2024 гг.) по РФ (далее – ФСН № 30 и № 40); применялись статистический и аналитический методы исследования, программная среда Microsoft Office Excel 2016.

Результаты

В РФ за годы наблюдения насчитывалось $20,7 \pm 0,9$ тыс. автомобилей СМП с общим ростом числа на 12,4 % до 21,7 тыс. в 2024 г. Значимой является динамика числа АСМП и их доли в едином автопарке автомобилей скорой медицинской помощи РФ по классам автомобилей, ее анализ выявил (табл. 1 и 2, рис. 1):

- снижение числа АСМП А на 83,7 % (на 7,9 тыс., с 8,2 тыс. в 2010 г. до 1,3 тыс. в 2024 г.) и их доли в общей структуре на 85,5 % (с 42,6 % до 6,2 %); эта тенденция носит достоверный ($F > F_{\text{крит}}$) выраженный устойчивый характер ($R^2 > 0,7$) со средним ежегодным темпом сокращения на 11,5 % и 12,4 %, соответственно;
- увеличение числа АСМП В на 78,0 % (на 7,9 тыс., с 10,1 тыс. в 2010 г. до 18,0 тыс. в 2024 г.) и их доли в общей структуре на 58,3 % (с 52,1 % до 82,5 %); эта тенденция также достоверна ($F > F_{\text{крит}}$), носит выраженный устойчивый характер ($R^2 > 0,7$) со средним темпом роста на 4,3 % и 3,4 % в год;
- увеличение числа АСМП С (реанимобилей) на 138,5 % (на 1,4 тыс., с 1,0 тыс. в 2010 г. до 2,5 тыс. в 2024 г.) и их доли в общей структуре на 112,2 % (с 5,3 % до 11,3 %) со средним ежегодным темпом роста на 7,3 % и 6,2 %, соответственно, с достоверной ($F > F_{\text{крит}}$) выраженной устойчивой тенденцией динамики ($R^2 > 0,7$). Следует отметить, что реанимобили повышенной проходимости составляют $0,3 \pm 0,05$ % (3,2 тыс. в 2024 г.) в структуре АСМП С.

Таблица 1. Показатели динамики числа автомобилей скорой медицинской помощи различных классов в Российской Федерации, 2010–2024 гг.

Год / Показатели*	Число автомобилей скорой медицинской помощи			
	класс А	класс В	класс С	Всего
2010, абс. числа	8 238	10 087	1 034	19 359
2024, абс. числа	1 344	17 951	2 466	21 761
$M \pm \sigma$, 2024/2010 гг., абс. числа	$4\,963,7 \pm 2\,690,7$	$14\,080,5 \pm 2\,864,4$	$1\,656,5 \pm 554,5$	$20\,700,6 \pm 859,8$
Базисный абс. прирост, 2024/2010 гг.	–6 894	7 864	1 432	2 402
Базисный темп прироста, 2024/2010 гг., %	–83,7	78,0	138,5	12,4
Средний темп прироста, %	–11,5	4,3	7,3	0,9
Коэффициент аппроксимации (R^2)	0,967	0,984	0,799	0,645
Критерий Фишера ($F > F_{\text{критический}}$) **	$384,891 > F_{\text{кр}}$	$788,612 > F_{\text{кр}}$	$51,600 > F_{\text{кр}}$	$23,576 > F_{\text{кр}}$

Примечание. *ФСН № 30 и № 40 по РФ, 2010–2024 гг. ** $F_{\text{критический}}$ (табличный) = 4,6.
Коэффициент корреляции Пирсона $r_{\text{столб. 2/3}} = -0,988$, $r_{\text{столб. 2/4}} = -0,900$, $r_{\text{столб. 2/5}} = -0,744$, $r_{\text{столб. 3/4}} = 0,916$, $r_{\text{столб. 3/5}} = 0,829$, $r_{\text{столб. 4/5}} = 0,879$.

Таблица 2. Показатели динамики структуры автомобилей скорой медицинской помощи различных классов в Российской Федерации, 2010–2024 гг.

Год / Показатели	Доля автомобилей скорой медицинской помощи *		
	класс А	класс В	класс С
2010, %	42,6	52,1	5,3
2024, %	6,2	82,5	11,3
$M \pm \sigma$, 2024/2010 гг., %	$24,4 \pm 13,7$	$67,7 \pm 11,6$	$7,9 \pm 2,4$
Базисный абс. прирост, 2024/2010 гг.	–36	30	6
Базисный темп прироста 2024/2010 гг., %	–85,5	58,3	112,2
Средний темп прироста, %	–12,4	3,4	6,2
Коэффициент аппроксимации (R^2)	0,977	0,974	0,798
Критерий Фишера ($F > F_{\text{критический}}$) **	$554,369 > F_{\text{кр}}$	$478,587 > F_{\text{кр}}$	$51,304 < F_{\text{кр}}$

Примечание. *ФСН № 30 и № 40 по РФ, 2010–2024 гг. ** $F_{\text{критический}}$ (табличный) = 4,67.
Коэффициент корреляции Пирсона $r_{\text{столб. 2/3}} = 0,808$, $r_{\text{столб. 2/4}} = -0,507$, $r_{\text{столб. 3/4}} = -0,675$.



Выявленные изменения численности и доли АСМП разных классов имеют существенные (преимущественно сильные, $r > 0,7$) корреляционные связи, демонстрирующие перераспределение автомобилей разных классов, направленное на повышение уровня автопарка СМП, наиболее

значимые из которых: снижение числа и доли АСМП А, рост числа и доли АСМП В и С. В итоге, менялась структура автопарка автомобилей СМП: распределение классов (А, В и С) в 2010 г. составило 42,6 %, 52,1 % и 5,3 % соответственно, а в 2024 г. – 6,2 %, 82,5 % и 11,3 %.

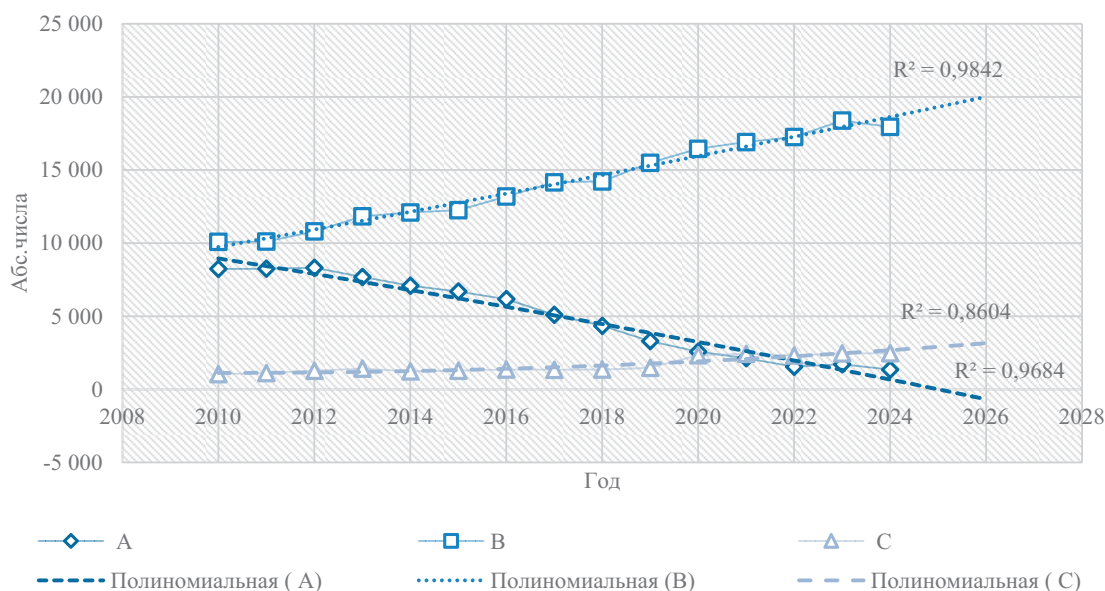


Рис. 1. Динамика числа автомобилей скорой медицинской помощи различных классов (А, В, С) в Российской Федерации, 2010–2024 гг., абс. числа

Обсуждение

В РФ в 2024 г. насчитывалось 21,7 тыс. АСМП. За период наблюдения отмечалась существенная динамика классов автомобилей: снижение числа АСМП А на 83,7 % (до 1,3 тыс. в 2024 г.), увеличение числа АСМП В на 78,0 % (до 18,0 тыс. в 2024 г.) и АСМП С на 138,5 % (до 2,5 тыс. в 2024 г.). Соответственно, менялась и структура автопарка. Основным классом автомобилей СМП в 2024 г. стал класс В (82,5 %), наиболее востребованный, предназначенный для самого распространенного вида бригад СМП – общепрофильных бригад, основного ресурса СМП. Наблюдаемая динамика демонстрирует перераспределение автомобилей разных классов, направленное на повышение

уровня автопарка СМП, оснащенности медицинских организаций СМП в РФ.

Выводы

Таким образом, автомобильный парк является ключевым элементом инфраструктуры службы скорой медицинской помощи, непосредственно влияющим на ее оперативность и качество. В связи с этим актуальными задачами становятся модернизация технического оснащения выездных бригад, импортозамещение оборудования, а также разработка инновационного салона отечественного автомобиля СМП, который будет функционировать в качестве автономного лечебно-диагностического комплекса. Работа по данному направлению уже ведется.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеева Н.М. Управление качеством в здравоохранении: направления и пути совершенствования. Курск: Деловая полиграфия. 2020. 169 с. EDN: IECIBS.
2. Багненко С.Ф., Петриков С.С., Миннуллин И.П. и др. Скорая медицинская помощь: национальное руководство. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2025. 1032 с. DOI: 10.33029/9704-8269-8-ЕМС-2025-1-1032. EDN: GFKAZB.



3. Багненко С.Ф., Мануковский В.А., Барсукова И.М. и др. Скорая медицинская помощь России: Информационные и аналитические материалы (2010–2022 гг.). СПб., 2024. 104 с. EDN: FROUOX.

4. Мануковский В.А., Вишняков Н.И., Барсукова И.М. и др. Основы организации скорой медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах. СПб.: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2023. 92 с. EDN: WRWTRD.

5. Лукогорская Н.Н., Барсукова И.М. Возможности функциональной диагностики бригад скорой медицинской помощи на догоспитальном этапе // Проблемы городского здравоохранения: Сборник научных трудов. СПб.: РИЦ ПСПбГМУ, 2024. С. 148–152. EDN: KEDQSM.

6. Иващенко В.В., Попова Е.А., Онищенко А.Н. Некоторые проблемы автомобильного санитарного транспорта // Психосоматические и интегративные исследования. 2023. Т. 9, № 4. С. 401. EDN: UALDLI.

7. Горбатенко Д.С. Обеспечение безопасности движения при эксплуатации автомобилей скорой медицинской помощи // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 4. С. 28–30. EDN: CQLLTU.

8. Барсукова И.М., Мирошниченко А.Г., Кисельгоф О.Г. Автопарк скорой медицинской помощи в Российской Федерации // Скорая медицинская помощь. 2014. Т. 15, № 1. С. 20–28. EDN: RWPOKB.

9. Мануковский В.А., Барсукова И.М. Современные основы организации скорой медицинской помощи в Российской Федерации // Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе: 90 лет на службе Отечеству: Сборник статей. СПб., 2022. С. 214–228. EDN: ZVGRVB.

10. Барсукова И.М., Тявокина Е.Ю., Попова Н.М. Обеспеченность и эксплуатация автомобилей скорой медицинской помощи в Российской Федерации // Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2025. № 4. С. 30–34. DOI: 10.64111/1994-8921.2025.51.4.007. EDN: LKXNMM.

11. Плавунов Н.Ф., Филимонов В.С., Клюкин М.П. Автомобили скорой медицинской помощи: из истории в современность // Медицинский алфавит. 2024. № 23. С. 37–43. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-23-37-43. EDN: SRAIMI.

12. Плавунов Н.Ф., Филимонов В.С., Водолазский С.Ю. и др. Методы оптимизации салонов автомобилей скорой помощи на основе обратной связи и рекомендаций экспертного сообщества // Скорая медицинская помощь. 2025. Т. 26, № 1. С. 16–22. DOI: 10.24884/2072-6716-2025-26-1-16-22. EDN: CWWNT0.

13. Плавунов Н.Ф., Филимонов В.С., Водолазский С.Ю., Клюкин М.И. Эргономическое проектирование и эффективность инновационного салона санитарного транспорта для службы скорой медицинской помощи: операционные показатели и влияние на качество экстренной помощи // Медицинский алфавит. 2024. № 35. С. 114–120. DOI: 10.33667/2078-5631-2024-35-114-120. EDN: SISESW.

14. Гребенюк А.Н., Лусина Е.А., Лусин П.Л., Старков А.В. Медицинские технические устройства для медицинской эвакуации раненых и пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2020. № 1. С. 21–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35. EDN: HDYIAT.

REFERENCES

1. Sergeeva N.M. *Upravleniye kachestvom v zdavookhranenii: napravleniya i puti sovershenstvovaniya [Quality Management in Healthcare: Directions and Paths for Improvement]*. Kursk: Delovaia Polygrafiya; 2020. (In Russ.). EDN: IECIBS.

2. Bagnenko S.F., Petrikov S.S., Minnullin I.P., et al. *Skoraya meditsinskaya pomoshch [Emergency Medical Care]: National Guidelines*. 2nd ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2025. (In Russ.). DOI: 10.33029/9704-8269-8-EMC-2025-1-1032 EDN: GFKAZB.

3. Bagnenko S.F., Manukovskiy V.A., Barsukova I.M., et al. *Skoraya meditsinskaya pomoshch Rossii: Informatsionnyye i analiticheskiye materialy (2010-2022 gg.) [Emergency Medical Care in Russia: Information and Analytical Materials (2010-2022)]*. St. Petersburg; 2024. (In Russ.). EDN: FROUOX.

4. Manukovskiy V.A., Vishnyakov N.I., Barsukova I.M., et al. *Osnovy organizatsii skoroy meditsinskoy pomoshchi na dogospitalnom i hospitalnom etapakh [Fundamentals of organizing emergency medical care at the pre-hospital and hospital stages]*. St. Petersburg; 2023. (In Russ.). EDN: WRWTRD.

5. Lukogorskaya N.N., Barsukova I.M. Vozmozhnosti funktsionalnoy diagnostiki brigad skoroy meditsinskoy pomoshchi na dogospitalnom etape. In: Vishnyakov N.I., ed. *Problemy gorodskogo zdavookhraneniya [The capabilities of functional diagnostics by emergency medical teams at the pre-hospital stage. In: Vishnyakov N.I., ed. Problems of urban healthcare]*: Collection of scientific papers. St. Petersburg; 2024. (In Russ.). EDN: KEDQSM.



6. Ivashchenko V.V., Popova E.A., Onishchenko A.N. Some problems of road ambulance transport. *Psychosomatic and Integrative Research*. 2023;9(4):401. (In Russ.). EDN: UALDLI.
7. Gorbatenko D.S. Ensuring traffic safety during the operation of ambulance vehicles. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*. 2021;(4):28-30. (In Russ.). EDN: CQLITY.
8. Barsukova I.M., Miroshnichenko A.G., Kiselgof O.G. Fleet health care in the Russian Federation. *Emergency medical care*. 2014;15(1):20-28. (In Russ.). EDN: RWPOKB.
9. Manukovskiy V.A., Barsukova I.M. Sovremennyye osnovy organizatsii skoroy meditsinskoy pomoshchi v Rossiyskoy Federatsii. In: Manukovskiy V.A., ed. *Sankt-Peterburgskiy nauchno-issledovatel'skiy institut skoroy pomoshchi imeni I.I. Dzhanelidze: 90 let na sluzhbe Otechestvu* [Modern Foundations of Emergency Medical Care Organization in the Russian Federation. In: Manukovskiy V.A., ed. *St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine: 90 Years in Service to the Fatherland*]: Collection of Articles. St. Petersburg; 2022:214-228. (In Russ.). EDN: ZVGRVB.
10. Barsukova I.M., Tyavokina E.Yu., Popova N.M. Service life of ambulance vehicles in the Russian Federation. *Zdorov'e, demografiya, ekologiya finno-ugorskikh narodov*. 2025;(4):30-34. (In Russ.). DOI: 10.64111/1994-8921.2025.51.4.007. EDN: LKXNMM.
11. Plavunov N.F., Filimonov V.S., Klyukin M.I. Ambulances: from history to the present. *Medical Alphabet*. 2024;(23):37-43. (In Russ.). DOI: 10.33667/2078-5631-2024-23-37-43. EDN: SRAIMI.
12. Plavunov N.F., Filimonov V.S., Vodolazskiy S.U. Methods for optimizing ambulance interior design based on feedback and expert community recommendations. 2025;26(1):16-22. (In Russ.). *Emergency medical care*. DOI: 10.24884/2072-6716-2025-26-1-16-22. EDN: CWWNT0.
13. Plavunov N.F., Filimonov V.S., Vodolazskiy S.Yu., Klyukin M.I. Ergonomic design and efficiency of the innovative ambulance cabin for emergency medical services: operational indicators and impact on the quality of emergency care. *Medical Alphabet*. 2024;(35):114-120. (In Russ.). DOI: 10.33667/2078-5631-2024-35-114-120. EDN: SISESW.
14. Grebenyuk A.N., Lisina E.A., Lisin P.L., Starkov A.V. Medical technical devices for medical evacuation of wounded and injured in emergency situations. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020;(1):21-35. (In Russ.). DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35. EDN: HDYIAT.

АВТОРЫ

Барсукова Ирина Михайловна, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-5398-714X, SPIN: 4888-2447

Тявокина Елена Юрьевна, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-1158-8404, SPIN: 2228-6532

Климанцева Мария Сергеевна — ORCID: 0009-0005-5286-901X

Бумаи Алексей Олегович — SPIN: 5448-5521

AUTHORS

Barsukova Irina Mikhailovna, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002-5398-714X, SPIN: 4888-2447

Tyavokina Elena Yuryevna, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-1158-8404, SPIN: 2228-6532

Klimantseva Maria Sergeevna — ORCID: 0009-0005-5286-901X

Bumay Aleksey Olegovich — SPIN: 5448-5521



УДК 61:004

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_205_210

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ

© В.А. МАНУКОВСКИЙ, В.Е. ПАРФЕНОВ, А.Е. ДЕМКО, А.Ю. КАСЬКОВ, В.Н. ЛАПШИН, В.С. АФОНЧИКОВ

ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается проблема цифровой неграмотности в медицинском сообществе на фоне стремительной цифровизации здравоохранения. Показано, что экспоненциальный рост объема информации и короткий период полураспада компетентности (3–5 лет) создают кризис в подготовке специалистов. В России лишь 75,8 % медработников имеют общее представление об автоматизации задач, а глубоко разбираются в теме только 2,2 %.

Описаны ключевые инструменты анализа данных: языки программирования Python и R, среды разработки (Jupyter Notebook, RStudio), ETL-пайплайны и BI-системы. Подчеркнута необходимость интеграции цифровой грамотности в базовое и непрерывное медицинское образование, а также включения специалистов по анализу данных в штат медучреждений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровизация здравоохранения, цифровая грамотность, анализ данных, Python, R, ETL, BI-системы, период полураспада компетентности.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Мануковский В.А., Парфенов В.Е., Демко А.Е., Каськов А.Ю., Лапшин В.Н., Афончиков В.С. Цифровизация в здравоохранении: вызовы цифровой грамотности и инструменты анализа данных // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 205–210.

DIGITALIZATION IN HEALTHCARE: CHALLENGES OF DIGITAL LITERACY AND DATA ANALYSIS TOOLS

© V.A. MANUKOVSKY, V.E. PARFENOV, A.E. DEMKO, A.YU. KASKOV, V.N. LAPSHIN, V.S. AFONCHIKOV

St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The article addresses the problem of digital illiteracy within the medical community against the backdrop of rapid digitalization of healthcare. It is demonstrated that the exponential growth of information volume and the short half-life of competence (3–5 years) create a crisis in specialist training. In Russia, only 75.8 % of healthcare workers have a general understanding of task automation, and merely 2.2 % possess in-depth knowledge in this area.

The paper describes key data analysis tools, including programming languages Python and R, development environments (Jupyter Notebook, RStudio), ETL pipelines, and BI systems. The authors emphasize the need to integrate digital literacy into both basic and continuous medical education, as well as to include data analysis specialists in the staff of healthcare institutions.

KEYWORDS: healthcare digitalization, digital literacy, data analysis, Python, R, ETL, BI systems, half-life of competence.

TO CITE THIS ARTICLE: Manukovsky V.A., Parfenov V.E., Demko A.E., Kaskov A.Yu., Lapshin V.N., Afonchikov V.S. Digitalization in healthcare: challenges of digital literacy and data analysis tools. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):205-210. (In Russ.).

Введение

Цифровизация активно внедряется в большинство структур государства и общества. Мы уже не мыслим жизнь без цифровых сервисов, а

крупные компании — без команды аналитиков данных, специалистов по машинному обучению и дата-инженеров. Эта тенденция связана с экспоненциальным ростом объема информа-



ции, производимой человечеством в последние десятилетия.

В то же время объем знаний каждого из нас ограничен. Возникает парадоксальная ситуация, когда «мы тонем в информации и задыхаемся от нехватки знаний» [1]. Н.М. Эпштейн приходит к выводу, что на повестку XXI в. «встает закон ускоренного производства информации и, как следствие, — растущий разрыв между человеком и человечеством» [2].

Рост объема информации в обществе и физиологические ограничения скорости обработки информации отдельным человеком привели к кризису: классические способы обучения не позволяют сформировать полноценного специалиста-медика из вчерашнего студента за короткий промежуток времени. Система преподавания не успевает за появлением новых технологий и знаний о мире.

В настоящее время период полураспада компетентности (временной отрезок с момента окончания вуза, когда в результате появления новых научно-технических сведений компетентность специалиста снижается на 50 %) колеблется от 3 до 5 лет [3].

Проблема цифровой неграмотности в медицине

В медицине наблюдается еще больший перекос в области цифровых технологий. С одной стороны, в распоряжении медицинских учреждений появилось высокотехнологичное оборудование; с другой — уровень знаний медицинских работников по обработке гигантских объемов данных оставляет желать лучшего. Порой речь идет об элементарной цифровой грамотности.

В итоге мы получаем выпускника-специалиста, который:

- имеет минимальные знания о современной медицинской отрасли;
- сталкивается с коротким периодом полураспада компетентности;
- обладает минимальным представлением (или вовсе не владеет) о способах получения, обработки и усвоения больших объемов информации.

Как следствие — принятие неверных клинических и управленческих решений в системе здравоохранения. В обозримом будущем это приведет к росту числа ошибок, что увеличит прямые и косвенные затраты на устранение последствий [4].

На момент 2022 г. только 75,8 % опрошенных медицинских сотрудников имели общее представление о том, как автоматизировать повседневные задачи при помощи электронных устройств. Глубоко разбирались в этом вопросе и могли объяснить другим лишь 2,2 % специали-

стов [5]. Можно предположить, что к 2025 г. картина остается прежней.

За рубежом наблюдается обратная ситуация. Во многих странах осознают необходимость повышения цифровой грамотности и компетенций в области анализа данных для медицинских специалистов. На государственном уровне разрабатываются:

- системы оценки уровня подготовки персонала медицинских учреждений;
- программы повышения квалификации;
- механизмы интеграции новых знаний в систему образования специалистов здравоохранения [6].

В России медицинские вузы и частные компании организуют образовательные программы по анализу данных и машинному обучению. Среди медицинских вузов можно отметить:

- Первый МГМУ им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет);
- РНИМУ им. Н. И. Пирогова;
- Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ);
- Приволжский исследовательский медицинский университет (ПИМУ).

Начиная от заочных курсов и заканчивая магистратурой, часть выпускников получает необходимые цифровые компетенции. Однако этого недостаточно: учебные программы носят добровольный либо профильный характер.

Как в начале XX в. в России боролись с безграмотностью, так и сейчас, в XXI в., необходимо устранять пробелы в цифровых компетенциях среди медицинского сообщества. Важно иметь хотя бы общее представление о базовых инструментах обработки больших объемов информации и понятиях, используемых для анализа данных.

Ключевые инструменты анализа данных

1. Язык программирования Python

Создан в конце 1980-х годов талантливым голландским программистом Гвидо ван Россумом (Guido van Rossum). Python быстро стал одним из самых популярных языков программирования в мире благодаря универсальности и низкому порогу входа для новичков. С октября 2021 г., согласно рейтингу TIOBE, занимает 1-е место [7].

Наличие импортируемых библиотек делает Python универсальным инструментом для решения большинства повседневных задач: научных исследований, машинного обучения, работы с базами данных и т.д. Основные библиотеки для анализа данных: *Pandas*, *Numpy*, *Matplotlib*, *SciPy* и др. Библиотеки машинного обучения еще больше расширяют возможности работы с данными [8].



2. Язык программирования R

Разработан в 1993 г. двумя новозеландскими учеными — Россом Айхэку (Ross Ihaka) и Робертом Джентлменом (Robert Gentleman) [9]. R стал стандартом для большинства научных организаций в мире и занимает 10-е место в рейтинге TIOBE [6].

Успех языка R связан с тем, что он изначально создавался для статистических исследований (как и его коммерческий предшественник — язык S). R содержит обширные базы специализированных библиотек для медицинских и биологических научных исследований [10].

Ключевая особенность R — возможность базовой обработки данных «из коробки» без установки дополнительных библиотек. Результаты работы скриптов на R (статистическая информация, графики, таблицы), представленные в исследованиях для публикации, могут редактироваться и изменяться в соответствии с требованиями конкретного научного издания [11].

3. Среды программирования (IDE, Integrated Development Environment)

IDE — программный продукт, облегчающий пользователю ввод и анализ кода, вывод результата, отладку и многие другие рутинные действия. Наиболее известные среды:

Jupyter Notebook [12];

RStudio [13].

Обе среды имеют локальный и серверный варианты.

4. ETL-пайплайн (extract-transform-load)

Анализ данных представляет собой непрерывный процесс выгрузки, трансформации, загрузки и хранения данных. Хотя термин редко встречается в медицинской научной среде, анализ запросов ETL-pipeline на сайте PubMed Central показывает экспоненциальный рост ежегодного числа исследований с 2021 г. [14].

ETL-пайплайн, разработанный единожды, ускоряет вывод информации в удобной форме для принятия решений. Как правило, итоговая информация группируется в виде графиков и таблиц. Используются статистические показатели и различные индексы. При помощи селекторов можно получить данные по определенному запросу, временному промежутку и т.д.

5. BI-системы (Business Intelligence)

BI-система — это программный продукт для сбора, обработки, анализа и визуализации данных из разнородных источников с целью поддержки принятия управленческих решений. Существуют BI-системы, которые могут использовать отечественные медицинские организации [15].

Таким образом, в базовую подготовку медицинских работников нужно включать основы

анализа данных и работы с электронной документацией.

Анализ данных и машинное обучение

Для базового понимания вопроса цифровизации необходимо различать аналитика данных (Data Analytics, DA) и дата-сайентиста (Data Scientist, DS), несмотря на то, что они часто используют сходные инструменты и методы. DA занимается подготовкой имеющихся данных, первичным анализом и делает выводы на основе полученных результатов. DS создает системы прогнозирования событий при помощи сложных математических моделей (моделей машинного обучения). DS стремится предсказать или распознать событие или объект на основании имеющихся данных и оценивает точность такого прогноза.

Именно результаты работы DS привлекают внимание медицинского сообщества. Попытки создания моделей автоматической диагностики рентгеновских изображений дают точность, превышающую человеческую. Но все имеет свою цену: такие системы порождают большое количество ложноположительных срабатываний, что требует контроля результатов врачами-специалистами [16].

Другим аспектом использования моделей машинного обучения в медицинской практике являются большие языковые модели (large language model, LLM). Они отлично справляются с полными данными для постановки окончательного диагноза, но пока не могут провести адекватную дифференциальную диагностику, что указывает на необходимость дальнейшей доработки и оценки готовности к практическому использованию [17].

Точность моделей прогнозирования напрямую зависит от качества медицинских данных, которые часто подвержены искажениям: пропуски [18], сдвиг (дрифт) данных [19], искажения при кодировании [20] и т.д.

Заключение

В ближайшее время ожидается рост цифровых технологий в системе здравоохранения, но большая часть медицинского сообщества по-прежнему не готова к цифровой трансформации лечебного процесса, что может привести к негативным последствиям. Необходима плотная интеграция базовых навыков цифровой грамотности в процесс начальной подготовки и последующего непрерывного образования медицинских специалистов. Помимо базового образования, важна подготовка и включение специалистов DA/DS в штат медицинских организаций.

Понимание основных принципов работы с медицинскими данными, моделями машинного обучения позволит получить максимальный эффект от их внедрения и использования.



ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нейсбит Дж.* Мегатренды / пер. с англ. М.Б. Левина. М.: АСТ, Ермак, 2003. 380 с.
2. *Эпштейн М.Н.* Информационный взрыв и травма постмодерна // Звезда. 1999. № 11. С. 216–227.
3. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования [Электронный ресурс] / Минобрнауки России. М., 2021. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllrbuwtujw.pdf> (дата обращения: 29.12.2022).
4. *Дудин М.Н., Гольшко П.В., Вашаломидзе Е.В. и др.* Развитие цифровых компетенций медицинских работников в контексте всеобщей цифровизации российского здравоохранения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022. Т. 30, № 5. С. 843–852. DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-5-843-852 EDN: NKOLCQ.
5. *Беззубцева М.В., Григорьева Н.С., Демкина А.Е., Кочергина А.М.* Цифровизация здравоохранения в России: мониторинговое исследование цифровой грамотности медицинских работников // Государственное управление. Электронный вестник. 2022. № 93. С. 108–120. DOI: 10.24412/2070-1381-2022-93-108-120 EDN: HIWKVK.
6. *Старшинин А.В., Аксенова Е.И., Домбаанай Б.С. и др.* Анализ цифровых компетенций медицинских работников: современные подходы и лучшие практики: экспертный обзор. М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2024. URL: <https://niiioz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/obzory/>. 61 с. EDN: IGCKKC.
7. TIOBE Index [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения: 01.01.2026).
8. *Сторожева В.К., Тихоненко Д.В.* Сферы применения языка Python // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Т. 2. Красноярск, 2022. С. 498–500. EDN: KVERML.
9. *Задорожный С.С.* Статистическая обработка данных на языке R. М.: Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2023. 104 с.
10. Giorgi F.M., Ceraolo C., Mercatelli D. The R Language: An Engine for Bioinformatics and Data Science. *Life (Basel)*. 2022;12(5):648. DOI: 10.3390/life12050648.
11. Тема 8. R Markdown: продолжение. Подготовка рукописи научной статьи [Электронный ресурс]. URL: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/834925_33f30647b71d48859247c1fa981a6ed9.html (дата обращения: 01.01.2026).
12. Project Jupyter [Электронный ресурс]. URL: <https://jupyter.org/> (дата обращения 01.01.2026).
13. RStudio IDE User Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/> (дата обращения 01.01.2026).
14. PubMed Central [Электронный ресурс]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/search/?term=ETL-pipeline> (дата обращения 01.01.2026).
15. *Гудзь С.С., Цуканова О.А.* Рынок ВІ-технологий в России: анализ перехода на отечественные решения в контексте импортозамещения // Бизнес-информатика. 2025. Т. 19, № 3. С. 85–100. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.3.85.100 EDN: GWZPKF.
16. Kromrey M.L., Steiner L., Schön F., et al. Navigating the Spectrum: Assessing the Concordance of ML-Based AI Findings with Radiology in Chest X-Rays in Clinical Settings. *Healthcare (Basel)*. 2024;12(22):2225. DOI: 10.3390/healthcare12222225.
17. Rao A.S., Esmail K.P., Lee R.S., et al. Large Language Model Performance and Clinical Reasoning Tasks. *JAMA Netw Open*. 2026;9(4):e264003. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2026.4003.
18. Suzen N., Mirkes E.M., Roland D., et al. What is Hiding in Medicine's Dark Matter? Learning with Missing Data in Medical Practices. 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData). 2023:4979-4986. DOI: 10.1109/BigData59044.2023.10386194.
19. Guan H., Bates D., Zhou L. Keeping Medical AI Healthy and Trustworthy: A Review of Detection and Correction Methods for System Degradation. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2026;73(9):2986-3001. DOI: 10.1109/TBME.2025.3642706.
20. Gianfrancesco M.A., Tamang S., Yazdany J., Schmajuk G. Potential Biases in Machine Learning Algorithms Using Electronic Health Record Data. *JAMA Intern Med*. 2018;178(11):1544-1547. DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.3763.



REFERENCES

1. Naisbitt J. Megatrends: ten new directions transforming our lives. New York : Warner Books; 1982.
2. Epshteyn M.N. Informatsionnyy vzryv i travma postmoderna [Information Explosion and the Trauma of Postmodernism]. Zvezda. 1999;(11):216-227. (In Russ.).
3. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. Strategiya tsifrovoy transformatsii otrasli nauki i vysshego obrazovaniya [Strategy for the digital transformation of the science and higher education sector]. Moscow; 2021. <https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf> (Accessed December 29, 2022). (In Russ.).
4. Dudin M.N., Golyshko P.V., Vashalomidze E.V., et al. Development of digital competencies of medical staff in the context of the overall digitalization of the Russian healthcare. Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2022;30(5):843-852. (In Russ.). DOI: 10.32687/0869-866X-2022-30-5-843-852 EDN: NKOLCQ.
5. Bezzubtseva M.V., Grigorieva N.S., Demkina A.E., Kochergina A.M. Digitalization of Healthcare in Russia: Monitoring Study of Medical Workers' Digital Literacy. E-Journal Public Administration. 2022;(93):108-120. (In Russ.). DOI: 10.24412/2070-1381-2022-93-108-120 EDN: HIWKBK.
6. Starshinin A.V., Aksenova E.I., Dombaanay B.S., et al. Analiz tsifrovyykh kompetentsiy meditsinskikh rabotnikov: sovremennyye podkhody i luchshie praktiki: ekspertnyy obzor [Analysis of digital competencies of medical workers: modern approaches and best practices: an expert review]. Moscow: NIIOZMM DZM»; 2024. (In Russ.). EDN: IGCKKC.
7. TIOBE Index. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (Accessed January 1, 2026).
8. Storozheva V.K., Tikhonenko D.V. Sfery primeneniya yazyka Python. In: Aktualnyye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Areas of application of the Python language: In: Current issues in aviation and cosmonautics]: Proceedings of the All Russian Conference of Surgeons. Vol. 2. Krasnoyarsk; 2022:498-500. (In Russ.). EDN: KVERML.
9. Zadorozhnyy S.S. Statisticheskaya obrabotka dannykh na yazyke R [Statistical data processing in R]. Moscow; 2023. (In Russ.).
10. Giorgi F.M., Ceraolo C., Mercatelli D. The R Language: An Engine for Bioinformatics and Data Science. Life (Basel). 2022;12(5):648. DOI: 10.3390/life12050648.
11. Tema 8. R Markdown: prodolzheniye. Podgotovka rukopisi nauchnoy stati [Topic 8. R Markdown: continuation. Preparing the manuscript for a scientific article]. https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/834925_33f30647b71d48859247c1fa981a6ed9.html (Accessed January 1, 2026).
12. Project Jupyter. <https://jupyter.org/> (Accessed January 1, 2026).
13. RStudio IDE User Guide. <https://posit.co/download/rstudio-desktop/> (Accessed January 1, 2026).
14. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/search/?term=ETL-pipeline> (Accessed January 1, 2026).
15. Gudz S.S., Tsukanova O.A. The BI Technology Market in Russia: Analysis of the Transition to Domestic Solutions in the Context of Import Substitution. Business Informatics. 2025;19(3):85-100. DOI: 10.17323/2587-814X.2025.3.85.100 EDN: GWZPKF.
16. Kromrey M.L., Steiner L., Schön F., et al. Navigating the Spectrum: Assessing the Concordance of ML-Based AI Findings with Radiology in Chest X-Rays in Clinical Settings. Healthcare (Basel). 2024;12(22):2225. DOI: 10.3390/healthcare12222225.
17. Rao A.S., Esmail K.P., Lee R.S., et al. Large Language Model Performance and Clinical Reasoning Tasks. JAMA Netw Open. 2026;9(4):e264003. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2026.4003.
18. Suzen N., Mirkes E.M., Roland D., et al. What is Hiding in Medicine's Dark Matter? Learning with Missing Data in Medical Practices. 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData). 2023:4979-4986. DOI: 10.1109/BigData59044.2023.10386194.
19. Guan H., Bates D., Zhou L. Keeping Medical AI Healthy and Trustworthy: A Review of Detection and Correction Methods for System Degradation. IEEE Trans Biomed Eng. 2026;73(9):2986-3001. DOI: 10.1109/TBME.2025.3642706.
20. Gianfrancesco M.A., Tamang S., Yazdany J., Schmajuk G. Potential Biases in Machine Learning Algorithms Using Electronic Health Record Data. JAMA Intern Med. 2018;178(11):1544-1547. DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.3763.



АВТОРЫ

Мануковский Вадим Анатольевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0003-0319-814X, SPIN: 4323-4555

Парфенов Валерий Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-3221-5466, SPIN: 4954-0377

Демко Андрей Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Каськов Александр Юрьевич — ORCID: 0009-0007-6785-4528, SPIN: 2916-5354

Лапшин Владимир Николаевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0009-0000-7283-2875 SPIN: 2599-3801

Афончиков Вячеслав Сергеевич, к.м.н., доц. — ORCID: 0000-0003-4851-0619, SPIN: 2232-7310

AUTHORS

Manukovsky Vadim Anatolyevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0003-0319-814X, SPIN: 4323-4555

Parfenov Valery Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-3221-5466, SPIN: 4954-0377

Demko Andrey Evgenyevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-5606-288X, SPIN: 3399-8762

Kaskov Alexander Yurievich — ORCID: 0009-0007-6785-4528, SPIN: 2916-5354

Lapshin Vladimir Nikolaevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0009-0000-7283-2875 SPIN: 2599-3801

Afonchikov Vyacheslav Sergeevich, Ph.D., Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0003-4851-0619



УДК 614.2 : 616.37-002

DOI: 10.54866/27129632_2026_3_211_216

ЭКОНОМИКА ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА В СТАЦИОНАРАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© А.И. МАХНОВСКИЙ^{1,2,3}, И.М. БАРСУКОВА^{1,4}

¹ ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Система здравоохранения является ключевым фактором социально-экономического развития страны, требует планировать ресурсы для оказания доступной и качественной медицинской помощи.

ЦЕЛЬ: изучить финансово-экономические вопросы оказания медицинской помощи пациентам с острым панкреатитом в Санкт-Петербурге за 10 лет наблюдения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В основе анализа — счета, выставленные медицинскими организациями Санкт-Петербурга в системе ОМС (по данным Территориального фонда ОМС Санкт-Петербурга) за 2015–2024 гг., n = 26 989 случаев. Применялись статистический и аналитический методы, программная среда Microsoft Office Excel 2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Проведенное исследование позволило заключить о высокой стоимости лечения острого панкреатита и ее росте в 1,5–2,5 раза (в зависимости от формы заболевания) за период наблюдения. Она зависит от тяжести заболевания: средняя стоимость тяжелого острого панкреатита (284,9 тыс. руб.) в 2,3 раза выше, чем среднетяжелого (102,3 тыс. руб.) и в 7,9 раз выше, чем легкого (31,2 тыс. руб.). Структура стоимости лечения существенно отличается при заболеваниях различной тяжести, определяется необходимостью оперативного вмешательства, анестезиологического пособия, реанимационных мероприятий, а также продолжительностью и сложностью их проведения. За период наблюдения тарифы на оперативные вмешательства существенно возросли, а их доля в стоимости лечения увеличилась в 3,2–5,4 раза.

ВЫВОДЫ. Доступность и качество медицинской помощи в значительной степени определяется уровнем финансово-экономического обеспечения медицинских организаций. Адекватное финансирование системы здравоохранения остается стратегической задачей для государства на пути народосбережения страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономика здравоохранения, тарифы, острый панкреатит.

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Махновский А.И., Барсукова И.М. Экономика острого панкреатита в стационарах Санкт-Петербурга // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2026. № 3. С. 211–216.

ECONOMICS OF ACUTE PANCREATITIS IN ST. PETERSBURG HOSPITALS

© A.I. MAKHNOVSKY^{1,2,3}, I.M. BARSUKOVA^{1,4}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

³ Federal State Budgetary Scientific Institution “Institute of Experimental Medicine”, St. Petersburg, Russia

⁴ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE: The healthcare system is a key factor in the socio-economic development of the country and requires resource planning to provide accessible and high-quality medical care.



OBJECTIVE: The aim of the work is to study the financial and economic issues of medical care delivery to patients with acute pancreatitis in St. Petersburg over a 10-year observation period.

MATERIALS AND METHODS: The analysis was based on bills issued by St. Petersburg medical organizations under the compulsory medical insurance system (according to the St. Petersburg Territorial Compulsory Medical Insurance Fund) during 2015–2024, $n = 26,989$ cases. Statistical and analytical methods were used, along with MS Office Excel 2019 spreadsheets.

RESULTS: The study revealed the high cost of treating acute pancreatitis, increasing by 1.5–2.5 times (depending on the disease form) over the observation period. This cost depends on the severity of the disease: the average cost of severe acute pancreatitis (284,900 rubles) is 2.3 times higher than that of moderate acute pancreatitis (102,300 rubles) and 7.9 times higher than that of mild acute pancreatitis (31,200 rubles). The cost structure of treatment varies significantly depending on diseases severity and is determined by the need for surgery, anesthesia, resuscitation, and their duration and complexity. During the observation period, there was a significant increase in tariffs for surgical interventions and their share of treatment costs (3.2–5.4 times).

CONCLUSION: The accessibility and quality of medical care are largely determined by the level of financial and economic support for medical organizations. Proper funding of the healthcare system remains a strategic objective for the state as it strives to preserve the country's population.

KEYWORDS: healthcare economics, tariffs, acute pancreatitis.

TO CITE THIS ARTICLE: Makhnovsky A.I., Barsukova I.M. Economics of acute pancreatitis in St. Petersburg hospitals. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2026;(3):211–216. (In Russ.).

Обоснование

Современная система здравоохранения является ключевым фактором социально-экономического развития страны [1]. В условиях роста нагрузки на систему здравоохранения и ограниченных ресурсов особую актуальность приобретают вопросы управления затратами, оценки экономической эффективности и стратегического инвестирования в здоровье [2, 3]. Неэффективное распределение бюджетных средств, недостаточная оснащенность медицинских организаций (МО), неравномерная загрузка медицинских работников и низкая прозрачность в управлении ресурсами — основные проблемы системы здравоохранения [3–5]. В этой связи тарификация медицинских услуг — важнейшая задача на пути их решения. Программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи определяют виды, формы и объемы бесплатной медицинской помощи в стране, а также тарифы на ее оплату¹. Адекватность используемых тарифов — залог успеха при возмещении затрат МО, оплате труда персонала, дальнейшем развитии МО. При этом сохраняется существенная территориальная дифференциация тарифов на оплату медицинской помощи в системе обязательного медицинского страхования (ОМС), что определяет различную доступность и уровень медицинского обеспечения в субъектах Российской Федерации (РФ) [6, 7].

Особую значимость эти проблемы приобретают при оказании медицинской помощи в экстренной и неотложной формах, при угрозе жизни и здоровью пациента, когда на второй план уходят вопросы выбора МО, и пациент госпитализи-

руется бригадой скорой медицинской помощи в ближайший профильный стационар, способный оказать необходимую медицинскую помощь² [8]. Острый панкреатит остается серьезной проблемой абдоминальной хирургии, связанной с высокой летальностью и значительными финансовыми затратами [9–11], что требует планировать ресурсы системы здравоохранения для оказания доступной и качественной медицинской помощи.

Цель исследования: и изучить финансово-экономические вопросы оказания медицинской помощи пациентам с острым панкреатитом в Санкт-Петербурге за 10 лет наблюдения.

Материалы и методы

В основе анализа — счета, выставленные медицинскими организациями Санкт-Петербурга в системе ОМС (по данным Территориального фонда ОМС Санкт-Петербурга) за 2015–2024 гг., 26 989 случаев. Применялись статистический и аналитический методы, электронные таблицы «MS Office Excel 2019».

Результаты исследования

Проведен анализ стоимости лечения острого панкреатита в стационарах Санкт-Петербурга с учетом тяжести течения заболевания (легкое, среднетяжелое, тяжелое) в динамике 10-летнего периода (2015–2024 гг.). Не вызывает сомнения, что она складывается из составляющих его компонентов (базового тарифа ОМС, оперативного вмешательства, анестезиологического пособия, реанимационных мероприятий), продолжительности и сложности их проведения (табл. 1).

По полученным данным средняя стоимость среднетяжелого острого панкреатита за период

¹ О Программе государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов: постановление Правительства Рос. Федерации от 29.12.2025 № 2188. URL: <http://static.government.ru/media/files/jOaAAOjAT8F5J1VmdvrzeTkW5huazYr.pdf> (дата обращения: 17.01.2025).

² Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи: приказ Минздрава России от 20 июня 2013 г. № 388н. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/9118-prikaz-ministerstva-zdravoohraneniya-rossiyskoy-federatsii-ot-20-iyunya-2013-g-388n-ob-utverzhdenii-poryadka-okazaniya-skoroy-v-tom-chisle-skoroy-spetsializirovannoy-meditsinskoy-pomoschi> (дата обращения 17.01.2026).



наблюдения (102,3 тыс. руб.) в 3,4 раза выше, чем легкого (31,2 тыс. руб.), а стоимость тяжелого острого панкреатита (284,9 тыс. руб.) в 2,3 раза выше, чем среднетяжелого и в 7,9 раз выше, чем легкого.

За 10-летний период наблюдения отмечалось увеличение стоимости лечения легкого панкреатита в 2,5 раза (на 151,2 %; с 19,3 тыс. до 48,5 тыс. руб.), среднетяжелого острого панкреатита – в 2,0 раза (на 102,0 %; с 74,0 тыс. до 149,5 тыс. руб.). Динамика этих показателей носит характер достоверной, статистически значимой ($F > F_{\text{критический}}$)

выраженной устойчивой тенденции ($R^2 > 0,7$) с интенсивностью изменений показателей (средний темп прироста) 12,1 % и 8,9 % в год, соответственно. Стоимость лечения тяжелого острого панкреатита возросла менее значимо – в 1,5 раза (на 51,5 %; с 188,0 тыс. до 289,9 тыс. руб.). При этом изменения стоимости острого панкреатита различной тяжести коррелировали между собой: отмечалась сильная прямая связь ($r = 0,986, 0,816$ и $0,852$).

Таблица 1. Показатели динамики средней стоимости лечения пациентов с острым панкреатитом (ОМС) в стационарах Санкт-Петербурга, 2015–2024 гг., абс. числа (руб.), %

Год / Показатели	Формы течения острого панкреатита		
	Легкий	Средней тяжести	Тяжелый
2015, абс. числа (руб.)	19 300,59	73 994,58	188 036,46
2024, абс. числа (руб.)	48 491,06	149 466,32	284 894,61
$M \pm \sigma$, 2024/2015 гг., абс. числа (руб.)	$31234,84 \pm 9624,84$	$102280,45 \pm 25382,16$	$229528,68 \pm 46022,47$
Базисный абс. прирост 2024/2015 гг., абс. числа (руб.)	29 190,47	75 471,74	96 858,15
Базисный темп прироста 2024/2015 гг., %	151,2 (в 2,5 раза)	102,0 (в 2,0 раза)	51,5 (1,5 раза)
Средний темп прироста, %	12,1	8,9	7,1
Коэффициент аппроксимации (R^2)	0,816	0,787	0,338
Критерий Фишера ($F > F_{\text{кр.}}$)*	35,519 > $F_{\text{кр.}}$	29,479 > $F_{\text{кр.}}$	4,083 < $F_{\text{кр.}}$

* $F_{\text{критический}}$ (табличный) = 4,26

Коэффициент корреляции Пирсона $r_{\text{столб. 2/3}} = 0,986$, $r_{\text{столб. 2/4}} = 0,816$, $r_{\text{столб. 3/4}} = 0,852$

Детально рассмотрена структура стоимости лечения острого панкреатита, она существенно отличалась при заболеваниях различной тяжести (табл. 2).

Основную долю стоимости лечения составляет базовый тариф ОМС, при легкой форме острого панкреатита он составляет 71,6 %, при среднетяжелой – 66,4 %, при тяжелой – 57,8 %.

На втором месте – реанимационные тарифы, они составляют четвертую часть в стоимости лечения (23,7 %, 26,4 %, 24,7 %, соответственно). Оперативные вмешательства (3,1 %, 4,1 %, 7,0 %) и анестезиологические пособия (1,6 %, 3,2 %, 4,6 %) занимают существенно меньшую часть, они существенно возрастают (в 2–3 раза) при увеличении тяжести заболевания.

Таблица 2. Динамика структуры средней стоимости лечения (ОМС) пациентов с острым панкреатитом в стационарах Санкт-Петербурга, 2015–2024 гг., %

Год / Показатели	Степень тяжести	Структура средней стоимости лечения, %			
		Базовый тариф ОМС	Операт. вмешательства	Анестез. пособия	Реанимаци. пособия
2015, %	Легкая	81,7	1,4	1,1	15,8
	Средняя	73,6	2,6	2,8	21,0
	Тяжелая	69,1	4,5	3,5	22,9
2024, %	Легкая	66,7	7,6	1,8	23,9
	Средняя	60,6	10,4	3,4	25,6
	Тяжелая	57,8	14,3	4,8	23,1



Год / Показатели	Степень тяжести	Структура средней стоимости лечения, %			
		Базовый тариф ОМС	Операт. вмешательства	Анестез. пособия	Реанимаци. пособия
М ± σ, 2024/2015, %	Легкая	71,6 ± 5,3	3,1 ± 2,4	1,6 ± 0,4	23,7 ± 3,7
	Средняя	66,4 ± 4,9	4,1 ± 3,0	3,2 ± 0,4	26,3 ± 3,2
	Тяжелая	63,6 ± 4,9	7,0 ± 3,8	4,6 ± 0,8	24,7 ± 2,6
Базисный абс. прирост 2024/2015, %	Легкая	–15,0	6,2	0,7	8,1
	Средняя	–13,0	7,8	0,6	4,6
	Тяжелая	–11,3	9,8	1,3	0,2
Базисный темп прироста 2024/2015, %	Легкая	–18,4	442,9 /в 5,4 раза	63,6	51,3
	Средняя	–17,7	300,0 /в 4,0 раза	21,4	21,9
	Тяжелая	–16,4	217,8 /в 3,2 раза	37,1	0,9
Средний темп прироста, %	Легкая	–2,1	46,2	7,8	5,4
	Средняя	–2,0	34,3	3,4	3,0
	Тяжелая	–1,9	18,2	4,7	0,6
Коэффициент аппроксимации (R ²)	Легкая	0,665	0,656	0,372	0,327
	Средняя	0,706	0,563	0,451	0,232
	Тяжелая	0,909	0,655	0,659	0,116
Критерий Фишера (F > F _{кр}) [*]	Легкая	15,911 > F _{кр}	15,246 > F _{кр}	4,731 > F _{кр}	3,891 < F _{кр}
	Средняя	19,235 > F _{кр}	10,286 > F _{кр}	6,576 > F _{кр}	2,418 < F _{кр}
	Тяжелая	79,839 > F _{кр}	15,192 > F _{кр}	15,436 > F _{кр}	1,054 < F _{кр}

^{*}F_{критический} (табличный) = 4,26

Снижение доли базового тарифа ОМС в стоимости лечения острого панкреатита за период наблюдения (на 16,4–18,4 %) сопровождается ростом тарифов на оперативные вмешательства и их доли в стоимости лечения (в 3,2–5,4 раза).

Обсуждение

Проведенное исследование позволило заключить о высокой стоимости лечения острого панкреатита и ее росте в 1,5–2,5 раза (в зависимости от формы заболевания) за период наблюдения. Увеличение показателя при лечении заболеваний легкой и средней тяжести носит характер выраженной устойчивой тенденции со средним темпом 12,1 % и 8,9 % в год. Стоимость лечения зависит от тяжести заболевания: средняя стоимость тяжелого острого панкреатита (284,9 тыс. руб.) в 2,3 раза выше, чем среднетяжелого (102,3 тыс. руб.) и в 7,9 раз выше, чем легкого (31,2 тыс. руб.). Структура стоимости лечения острого панкреатита существенно отличается при заболеваниях

различной тяжести, определяется нуждаемостью в оперативном вмешательстве, анестезиологическом пособии, реанимационных мероприятиях, продолжительностью и сложностью их проведения. За период наблюдения существенным был рост тарифов на оперативные вмешательства и их доли в стоимости лечения (в 3,2–5,4 раза).

Выводы

Доступность и качество медицинской помощи в значительной степени определяется уровнем финансово-экономического обеспечения медицинских организаций (помимо нормативно-правового, материально-технического и организационного обеспечения). Адекватное финансирование системы здравоохранения для получения качественной и доступной медицинской помощи остается стратегической задачей для государства, поскольку здоровье населения – важный фактор экономического и социального развития страны.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.



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

ЛИТЕРАТУРА

1. Джавадова О.М. Экономические проблемы развития здравоохранения в условиях внешнего санкционного давления // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2025. Т. 3, № 108. С. 79–85. DOI: 10.37493/2307-907X.2025.3.7. EDN: SVEYRK.
2. Голощапова Л.В., Арсаханова Г.А. Экономика здравоохранения: затраты, эффективность и инвестиции в здоровье // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 5, № 158. С. 96–102. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.14.011. EDN: WQUYGN.
3. Аджиева А.И., Каппушева М.Х. Социально-экономические отношения в здравоохранении // Вестник Академии знаний. 2021. Т. 47, № 6. С. 16–19. DOI: 10.24412/2304-6139-2021-6-16-19. EDN: OZNVYM.
4. Исаева Э.Л., Мерскаева Р.С. Эффективность использования ресурсов в системе здравоохранения на региональном уровне: анализ экономических показателей и пути оптимизации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 5, № 158. С. 141–147. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.13.015. EDN: IFLHSM.
5. Габуева Л.А., Габуня Н.Ю. Существующие подходы к оценкам эффективности реализации госпрограмм в здравоохранении и возможности их совершенствования // Менеджер здравоохранения. 2021. № 10. С. 14–22. DOI: 10.21045/1811-0185-2021-10-14-22. EDN: OILZWS.
6. Шишкин С.В., Понкратова О.Ф. Территориальная дифференциация тарифов на оплату медицинской помощи в ОМС // Вопросы государственного и муниципального управления. 2021. № 1. С. 75–99. EDN: SJXCSE.
7. Барсукова И.М., Махновский А.И., Стожаров В.В. и др. Экономические аспекты госпитализации пациентов по профилю «акушерство и гинекология» в стационаре скорой медицинской помощи // Скорая медицинская помощь. 2022. Т. 23, № 2. С. 38–43. DOI: 10.24884/2072-6716-2022-23-2-38-43. EDN: OTFFVJ.
8. Основы организации скорой медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах. Санкт-Петербург: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2023. 92 с. EDN: WRWTRD.
9. Гольбрайх В.А., Маскин С.С., Матюхин В.В., Климович И.Н. Особенности течения, диагностики и лечения острого панкреатита у беременных (обзор литературы) // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2025. Т. 22, № 3. С. 14–21. DOI: 10.19163/1994-9480-2025-22-3-14-21.
10. Орбелян Л.К., Дурлештер В.М., Быков М.И.М. Раннее прогнозирование исходов острого панкреатита разной этиологии: ретроспективное наблюдательное исследование // Кубанский научный медицинский вестник. 2025. Т. 32, № 2. С. 41–54. DOI: 10.25207/1608-6228-2025-32-2-41-54.
11. Мануковский В.А., Дубикайтис П.А., Барсукова И.М. и др. Информационные материалы по неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2024 год. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2025. 22 с. EDN: IJNUTW.

REFERENCES

1. Dzhavadova O.M. Economic problems of healthcare development under the pressure of external sanctions. *Bulletin of the North Caucasus Federal University*. 2025;3(108):79-85. (In Russ.). DOI: 10.37493/2307-907X.2025.3.7.
2. Goloshchapova L.V., Arsakhanova G.A. Healthcare economics: costs, efficiency, and investments in health. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2025;5(158):96-102. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.14.011.
3. Adzhieva A.I., Kappusheva M.Kh. Socio-economic relations in healthcare. *Vestnik Akademii znaniy*. 2021;47(6):16-19. (In Russ.). DOI: 10.24412/2304-6139-2021-6-16-19.
4. Isaeva EL, Merskaeva RS Efficiency of resource use in the healthcare system at the regional level: analysis of economic indicators and optimization paths. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2025;5(158):141-147. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.13.015.
5. Gabueva LA, Gabunia NY Existing approaches to assessing the effectiveness of state programs in healthcare and possibilities for their improvement. *Manager Zdravoohranenia*. 2021;(10):14-22. (In Russ.). DOI: 10.21045/1811-0185-2021-10-14-22.



6. Shishkin S.V., Ponkratova O.F. Territorial differentiation of tariffs for payment of medical care in compulsory medical insurance. *Public Administration Issues*. 2021;(1):75-99. (In Russ.). EDN: SJXCSE.

7. Barsukova I.M., Makhnovsky A.I., Stozharov V.V. et al. Economic aspects of hospitalization of patients specializing in obstetrics and gynecology in an emergency medical care hospital. *Emergency medical care*. 2022;23(2):38-43. (In Russ.). DOI: 10.24884/2072-6716-2022-23-2-38-43.

8. *Osnovy organizatsii skoroy meditsinskoy pomoshchi na dogospitalnom i gospitalnom etapakh [Fundamentals of organizing emergency medical care at the pre-hospital and hospital stages]*. St. Petersburg: St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze, 2023. (In Russ.).

9. Golbraikh V. A., Maskin S. S., Matyukhin V. V., Klimovich I. N. Features of the course, diagnosis and treatment of acute pancreatitis in pregnant women (literature review). *Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2025;22(3):14-21. (In Russ.). DOI: 10.19163/1994-9480-2025-22-3-14-21.

10. Orbelyan L. K., Durlshter V. M., Bykov M. I. M. Early prediction of outcomes of acute pancreatitis of different etiologies: a retrospective observational study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025; 32(2):41-54. (In Russ.). DOI: 10.25207/1608-6228-2025-32-2-41-54.

11. Manukovsky V.A., Dubykaitis P.A., Barsukova I.M., et al. *Information materials on emergency surgical care for acute surgical diseases of abdominal organs in St. Petersburg for 2024*. St. Petersburg: St. Petersburg Research Institute of Emergency Care named after I.I. Dzhanelidze, 2025. 22 p. (In Russ.). EDN: IJNUTW.

АВТОРЫ

Махновский Андрей Иванович, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-3164-1092, SPIN: 6382-4478

Барсукова Ирина Михайловна, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-5398-714X, SPIN: 4888-2447

AUTHORS

Makhnovsky Andrey Ivanovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-3164-1092, SPIN: 6382-4478

Barsukova Irina Mikhailovna, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002-5398-714X, SPIN: 4888-2447

Подписано в печать 28.10.2026.

Формат 60х84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Newton.

Уч.-изд. л. 19,50. Усл.-печ. л. 23,78. Заказ № 3653.3. Тираж 50.

Отпечатано в типографии ООО «Принт».

426035, г. Ижевск, ул. Тимирязева, 5.

