



3.1.9. Хирургия
ОБЗОР

Современное состояние и перспективы применения биогенных материалов в комплексном лечении хронического остеомиелита

В. О. Золотухин^{1, 2}, А. А. Глухов¹, В. В. Новомлинский^{1, 3}, А. А. Андреев¹,
А. Ю. Лаптиёва^{1, 3}, А. П. Остроушко^{1, 3}, А. А. Дубок¹

¹ Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация

² Воронежская областная клиническая больница № 1, г. Воронеж, Российская Федерация

³ Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж, г. Воронеж, Российская Федерация

✉ laptievaa@mail.ru

Аннотация

Цель исследования. Анализ результатов исследований, посвященных применению биологических трансплантатов при лечении хронического остеомиелита, и определение оптимального способа пластики костного дефекта.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ отечественных литературных источников, индексируемых в электронных ресурсах PubMed, e-Library, Scholar, CyberLeninka. Поиск осуществлялся по ключевым словам «хронический остеомиелит», «пластика костного дефекта», «факторы роста». Рассматривались как экспериментальные, так и клинические исследования.

Результаты. Заполнение костного дефекта является одним из основных этапов при лечении хронического остеомиелита. Для усиления регенеративных способностей в очаге поражения необходимо использовать имплантат с содержанием факторов роста: FGF, VEGF, IGF, TGF-β, PDGF, BMP. Они содержатся в аутоотрансплантатах, плазме, обогащенной тромбоцитами, мезенхимальных стволовых клетках, жировой ткани. Возможно также добавление факторов роста к аллогraftам или другим трансплантатам для улучшения их остеоиндуктивных способностей или использование данных биоматериалов для пластики дефекта в качестве депо-систем для создания высоких локальных доз антибиотиков, что улучшает терапию остеомиелита.

Заключение. Использование аутологичного трансплантата является золотым стандартом для замещения костных дефектов при лечении хронического остеомиелита, однако сопряжено с дополнительными рисками в донорской зоне. Хорошие результаты получены при использовании плазмы, обогащенной тромбоцитами, ксеногенных имплантатов, а также пантов марала, что обусловлено содержанием в них большого количества факторов роста. Комбинация имплантата с антибактериальным препаратом позволяет добиться лучших результатов терапии.

Ключевые слова: факторы роста, хронический остеомиелит, пластика костного дефекта

Для цитирования: Золотухин В. О., Глухов А. А., Новомлинский В. В., Андреев А. А., Лаптиёва А. Ю., Остроушко А. П., Дубок А. А. Современное состояние и перспективы применения биогенных материалов в комплексном лечении хронического остеомиелита. Research and Practical Medicine Journal (Исследования и практика в медицине). 2026; 13(3): 163-174.
DOI: <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2026-13-3-10> EDN: JIGNXG

Для корреспонденции: Лаптиёва Анастасия Юрьевна – к. м. н., доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация; врач-хирург ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж», г. Воронеж, Российская Федерация
Адрес: 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10
E-mail: laptievaa@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3307-1425>, eLibrary SPIN: 7626-9016, AuthorID: 1021173, Scopus Author ID: 57222068825

Current state and prospects for the use of biogenic materials in the comprehensive treatment of chronic osteomyelitis

V. O. Zolotukhin^{1,2}, A. A. Glukhov¹, V. V. Novomlinsky^{1,3}, A. A. Andreev¹, A. Yu. Laptiyova^{1,3}✉, A. P. Ostroushko^{1,3}, A. A. Dubok¹

¹ Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russian Federation

² Voronezh Regional Clinical Hospital No.1, Voronezh, Russian Federation

³ Clinical Hospital "RZD-Medicine Voronezh", Voronezh, Russian Federation

✉ laptievaa@mail.ru

Abstract

Purpose of the study. To analyze the results of studies on the use of biological grafts in the treatment of chronic osteomyelitis and to determine the optimal method for bone defect reconstruction.

Materials and methods. A retrospective review of Russian literature indexed in the electronic databases PubMed, eLIBRARY, Google Scholar, and CyberLeninka was performed. The search was conducted using the keywords "chronic osteomyelitis", "bone defect reconstruction" and "growth factors." Both experimental and clinical studies were considered.

Results. Bone defect reconstruction is one of the key stages in the treatment of chronic osteomyelitis. To enhance regenerative capacity at the affected site, implants containing growth factors, including FGF, VEGF, IGF, TGF- β , PDGF, and BMP, should be used. These growth factors are found in autografts, platelet-rich plasma, mesenchymal stem cells, and adipose tissue. Growth factors may also be added to allografts or other graft materials to enhance their osteoinductive properties. In addition, these biomaterials can be used for bone defect reconstruction as local drug-delivery systems, enabling high local concentrations of antibiotics and thereby improving the treatment of osteomyelitis.

Conclusion. Autologous bone grafting remains the "gold standard" for the reconstruction of bone defects in chronic osteomyelitis; however, it is associated with additional donor-site morbidity. Favorable outcomes have also been reported with platelet-rich plasma (PRP), xenogeneic implants, and maral antler-derived materials, which may be attributed to their high content of growth factors. Combining an implant with an antibacterial agent may improve treatment outcomes.

Keywords: growth factors, chronic osteomyelitis, bone defect repair

For citation: Zolotukhin V. O., Glukhov A. A., Novomlinsky V. V., Andreev A. A., Laptiyova A. Yu., Ostroushko A. P., Dubok A. A. Current state and prospects for the use of biogenic materials in the comprehensive treatment of chronic osteomyelitis. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2026; 13(3): 163-174. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2026-13-3-10> EDN: JIGNXG

For correspondence: Anastasia Yu. Laptiyova – Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University; surgeon, Clinical Hospital "RZD-Medicine Voronezh", Voronezh, Russian Federation
Address: 10 Studencheskaya str., Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: laptievaa@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3307-1425>, eLibrary SPIN: 7626-9016, AuthorID: 1021173, Scopus Author ID: 57222068825

АКТУАЛЬНОСТЬ

Хронический остеомиелит – длительно существующее инфекционное воспаление, возникающее в результате инвазии микроорганизмов в костную ткань. Пациенты с гнойными заболеваниями составляют до 30 % от числа всех хирургических больных, из которых у 3–10 % выявляются гнойные заболевания костей [1–3]. В структуре причин опорно-двигательных нарушений остеомиелит составляет 5,0–6,5 % [1–4]. Развитие хронической формы остеомиелита сопровождается стойкой утратой трудоспособности, достигающей 50–90 %. Данное заболевание остается одной из наиболее трудноизлечимых патологий, что подтверждается рецидивами заболевания, выявляемыми в 10–40 % случаев [1, 3–6]. Эволюция микроорганизмов, формирование биопленок, распространение коморбидной патологии и иммунодефицитные состояния пациентов приводят к увеличению числа неудачных исходов лечения гнойной патологии костей [7–9]. Хронический остеомиелит является одной из наиболее сложных и актуальных проблем современной хирургии [8].

Патогенез хронического остеомиелита сочетает травму, инфекцию и нарушение микроциркуляции в зоне поражения, которые приводят к формированию некротических масс, образованию секвестров, угнетающих процессы регенерации и действие антибиотиков, что создает предпосылки для рецидива инфекции [1, 8, 10]. У 15,6 % пациентов обменные изменения корковой пластинки за пределами зоны деструкции приводят к образованию микрополостей и микроабсцессов, играющих важную роль в хронизации заболевания [5, 11]. Нарушение регионального кровотока и склеротический барьер вокруг костной полости, развивающиеся локальные и системные иммунодефицитные состояния, резистентность микроорганизмов к антибиотикам, атрофия мышц, рубцовые и трофические повреждения кожи практически исключают возможность консервативного излечения заболевания [1, 2, 12–14].

Основным методом лечения хронического остеомиелита является хирургический [13]. Требуемый объем вмешательства предполагает широкий доступ к зоне поражения, трепанацию кости на всем протяжении остеомиелитического процесса, некрэктомию с обработкой внутренней стенки гнойной полости и последующим

ее заполнением костнопластическим материалом [13]. В незамещенных и неадекватно дренированных «мертвых пространствах» может скапливаться лизированная кровь, развиваться инфекция, в том числе, приводящая к рецидиву заболевания [12].

Ежегодно в Европе и США выполняется более 400 и 600 тыс. операций [15], а в мире – свыше 2 млн операций, связанных с использованием методов замещения костных дефектов [9, 16], которые остаются основополагающими моментами эффективного лечения остеомиелита [1, 10, 12].

Цель исследования: анализ результатов отечественных исследований, посвященных применению биологических трансплантатов при лечении хронического остеомиелита, и определение оптимального способа пластики костного дефекта.

Проведен ретроспективный анализ литературных источников, индексируемых в электронных ресурсах PubMed, e-Library, Scholar, CyberLeninka. Поиск осуществлялся по ключевым словам: «хронический остеомиелит», «пластика костного дефекта», «факторы роста». Для исключения нерелевантных публикаций применялись следующие критерии: исключение дублирующихся данных из разных источников, а также исключение работ, в которых пластика дефекта не проводилась. Рассматривались как экспериментальные, так и клинические исследования.

Костные дефекты устраняются посредством использования остеопластических материалов, стимулирующих специализированный клеточный дифференциал и оптимизирующих специфические реакции, происходящие на молекулярном уровне [17]. При выполнении хирургических вмешательств с заполнением остаточных костных полостей остается вопрос об оптимальном материале для остеозамещения, который обеспечивал бы эффективное формирование костной ткани как при эмбриональном развитии [6, 18].

Интерес представляет применение матриц, обладающих высокой репаративной активностью, способных длительно поддерживать терапевтические концентрации антибактериальных препаратов, при отсутствии нежелательных системных и локальных цитотоксических эффектов [12].

На данный момент для улучшения костной регенерации используют [12, 19]:

1) костные трансплантаты, которые различаются по происхождению биологической ткани (аутологичные, изогенные, аллогенные и ксеногенные); по составу (нативные / сохраненная

структура; деминерализованные / оставлена коллагеновая основа; депротеинизированные / оставлен минеральный каркас из гидроксипатита); по типу костной ткани (губчатая, кортикальная); по способу подготовки (например, лиофилизированные);

2) компоненты внеклеточного матрикса: коллаген, фибронектин, ламинин;

3) *ex vivo*-культивируемые терапевтические клетки: мезенхимальные стволовые клетки, внеклеточный матрикс, сформированный клетками, экзосомы.

Идеальный биоразлагаемый материал должен способствовать прорастанию сосудов, обладать биосовместимостью, биорезорбтивностью, остеокондуктивностью и остеоиндуктивностью; деградировать для образования собственного внеклеточного матрикса, создавая пространство для развития костной ткани; не вызывать при имплантации воспалительной и токсической реакции [20, 21].

Добавление антибиотика к трансплантатам, позволяет добиться постоянного уровня антибактериального препарата в области воспаления, что повышает эффективность применения трансплантата, однако возможно местное цитотоксическое воздействие [20].

Трансплантаты из аутологичной костной ткани

Аутологичные трансплантаты считаются золотым стандартом остеопластики, являясь единственным материалом, обладающим всеми необходимыми свойствами, но их применение приводит к дополнительной хирургической травме [3, 12, 17, 22, 23].

Трансплантат из трабекулярной кости имеет идеальные остеокондуктивные характеристики и содержит мезенхимальные стволовые клетки; из кортикальной кости – менее выраженные остеокондуктивные, остеоиндуктивные и остеогенные характеристики, но обладает высокой прочностью [9]. Материал для трансплантации в виде костного лоскута из малоберцовой, дистальных метаэпифизов бедренной или лучевой костей характеризуется приживаемостью, достигающей практически 100 % [9].

В случае хронического остеомиелита ауто-трансплантаты выступают, в том числе, в роли биологических «раздражителей» и ускорителей костной регенерации [13]. Но их применение ограничено количеством материала и осложне-

ниями со стороны донорской зоны [18, 24, 25]. Также при заборе ауто-трансплантата частота гнойных осложнений составляет 5,8 % [16], существует вероятность рассасывания трансплантата в результате недостаточного кровоснабжения реципиентной области [18], риск инфицирования в результате его низкой устойчивости к инфекции [16]. Применение ауто-трансплантатов имеет ряд существенных недостатков: забор материала травматичен и увеличивает время операции [9, 15, 21].

Аллографты и ксенотрансплантаты

Большая часть костных заменителей представлена алло- и ксеногенными материалами, которые в сумме составляют 30 % от общего числа всех зарегистрированных в Российской Федерации медицинских изделий, их них 8 % составляют материалы с функциональными добавками (антибиотики и факторы роста) [20].

Аллогенная губчатая кость имеет пористую, ячеистую структуру, содержит красный костный мозг, позволяет создать локальное депо с длительным поддержанием высоких концентраций антибактериальных препаратов; обладает хорошей доступностью и биосовместимостью, остеоиндуктивными свойствами [12]. Кортикальная кость – твердая, плотная, обеспечивает необходимый уровень жесткости, для нее характерны остеокондуктивные эффекты.

Костные материалы для направленной регенерации с высоким содержанием коллагена показали более быструю и интенсивную репарацию, чем материалы с высоким содержанием кальций-фосфатных соединений [20]. Основу остеоиндуктивного действия декальцинированного аллогенного костного трансплантата обеспечивают костные морфогенетические протеины (BMP-2, BMP-3, BMP-4, BMP-6, BMP-7 и др.), которые проявляют свою активность, находясь в значительной степени освобожденными от минеральной фазы [16].

Недостатками аллотрансплантатов является то, что в процессе их очистки часто используются агрессивные для костной ткани химические реагенты [15]. Остеопластический потенциал данных материалов, заготовленных в условиях различных тканевых банков, существенно различается, создавая сложности для прогнозирования их клинических свойств и существенно уступает ауто-трансплантатам [16]. Несмотря на существующие различные технологии очистки

аллогенной кости, обеспечивающие ее безопасность, сохраняется риск развитие иммунной реакции и передачи заболеваний. Перспективным в лечении пациентов с хроническим остеомиелитом является использование остеопластического материала на основе очищенной аллокости с антимикробной активностью [12].

Ксенотрансплантаты – это ткани животных после специальной обработки, позволяющей повысить их биосовместимость с человеческими тканями [26]. Они являются альтернативой алло- и аутогенным костным трансплантатам и характеризуются хорошей биосовместимостью и доступностью материала; высокой вероятностью иммунного ответа [12]. Деминерализованный костный ксеноматериал, содержащий около 93 % коллагена и 5 % различных факторов роста, служит шаблоном для минерализации и развития остеобластов, но обладает иммуногенностью, недостаточной биологической активностью и механической прочностью, деградирует под воздействием коллагеназы [20].

Алло- и ксенотрансплантаты характеризуются медленной остеоинтеграцией, возможностью развития реакции гистонесовместимости и хронического гранулематозного воспаления [15]. Они должны быть стерилизованы и обработаны для снижения иммунной реакции, что требует значительных затрат и отрицательно влияет на остеоиндуктивные и остеокондуктивные свойства материалов [20]. Алло- и ксенотрансплантаты не требуют проведения забора материала у пациента, но препятствием для их использования могут быть этические, моральные и религиозные принципы [15, 20, 22]. Применение данных трансплантатов можно «активировать» путем введения в их структуру ДНК, РНК, остеогенных протеинов или живых клеток – такие материалы приобретают способность активировать репаративную регенерацию костной ткани, что приближает их к механизму действия костных аутогенных трансплантатов [27]. Улучшение эксплуатационных свойств костных материалов достигается, в том числе, путем введения в их состав факторов роста и антибиотиков [20].

Трансплантаты с факторами роста

В последние годы костнопластические материалы оценивают с учетом наличия факторов роста, ключевыми из которых являются факторы роста эндотелия сосудов (VEGF), семейство трансформирующего фактора роста (TGF- β ,

BMP-2, BMP-7 и BMP-9), плацентарный фактор роста (PlGF), фактор роста гепатоцитов (HGF – hepatocyte growth factor), семейство инсулиноподобных факторов роста, ангиопоэтины (ANG 1 и 2, angiopoietin), бигликины, эндотелин-1 и нейротрофины [20]. Но применяемые факторы роста плохо переносят изменения температуры и pH; требуют введения в больших дозах, что существенно повышает стоимость препаратов; могут приводить к эктопическому развитию и аномальной резорбции костной ткани [20].

Значительный интерес в последние годы представляет изучение измельченных пантов марала, собираемые в период их активного роста [28]. В их состав входят IGF-I, IGF-II, TGF- β , EGF, витамины (ретинол, токоферол, витамины групп B, PP), аминокислоты, липиды, простогландины A, B, E, F, а также эстрогены (эстрадиол, эстрон и эстриол) и андрогены (тестостерон и андростерон) [28]. Биохимический состав пантов марала позволяет предположить возможность их использования в качестве нового лекарственного средства, стимулятора репаративных процессов [28]. Панты снижают воспалительную реакцию, стимулируют развитие клеток костной ткани, фосфорно-кальциевый обмен, более раннее и полное образование костной мозоли при лечении переломов, активируют синтез компонентов костного матрикса – коллагена и гиалуроновой кислоты [29]. Применение пантов марала показало высокую эффективность при купировании хронического остеомиелита [30].

Неорганические трансплантаты

Высокую эффективность в лечении хронического остеомиелита показали компоненты внеклеточного матрикса. Около 90 % органического матрикса кости составляет коллаген, который является основным пластическим материалом, играющим ведущую роль в осуществлении репаративной функции и полностью рассасывающийся в организме [31].

Натуральные биоразлагаемые полимерные материалы получают из белков (коллаген, желатин и альбумин) и полисахаридов (целлюлоза, гиалуронат, хитозан и альгинат) [20]. Современные исследования показали, что в основе процессов восстановления костных дефектов значительное место занимают механизмы моделирования и ремоделирования экстрацеллюлярного матрикса костной ткани, в частности – коллагена

и сульфатированных гликозаминогликанов [31]. Они обладают биоактивностью, облегчают клеточную адгезию и дифференцировку клеток, запускают деградацию и естественное ремоделирование [20]. Характеризуются отсутствием токсических и канцерогенных свойств, слабой антигенностью, устойчивостью к тканевым ферментам [31]. Однако сложны в получении и обработке, имеют неоднородный состав, слабую механическую прочность и неконтролируемую деградацию стандартизация протоколов получения аутологичных биоматериалов [20].

Гидроксиапатит – полный химический и кристаллохимический аналог основного неорганического компонента костной ткани млекопитающих [31]. Обладает абсолютной иммунной совместимостью и биоактивностью, стимулирует остеогенез и служит строительным материалом для синтеза кости [31]. Широкое применение находит деацетилированное производное хитина – хитозан, природный аминополисахарид, получаемый из панцирей ракообразных, насекомых и грибов, который может связываться и повышать биологическую активность BMP-2 [22].

***Ex vivo* трансплантаты**

Высокую активность демонстрирует применение *ex vivo*-культивируемых терапевтических клеток. Широкое применение находит применение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, мезенхимальных стволовых клеток, жировой ткани [9, 32–34]. Тромбоциты содержат биологически активные вещества, включая факторы роста, хемокины и цитокины, которые способствуют ангиогенезу, модулируют внеклеточный матрикс, ускоряют пролиферацию и дифференцировку клеток [35, 36]. В современной травматологии и ортопедии все чаще применяют аутологичную обогащенную тромбоцитами плазму [32, 34]. Ее аутологичность значительно снижает риск развития аллергических реакций и побочных действий [37]. Противовоспалительные и антибактериальные свойства тромбоцитов вместе со стимуляцией регенерации ткани делают данный препарат перспективным средством для лечения хронической костной патологии [38]. Применение обогащенной тромбоцитами аутологичной плазмы показало эффективность при наличии выраженной сопутствующей соматической патологии, когда другие методы оказались недостаточно результативны [36].

Для восстановления дефектов костной ткани может также применяться стромально-васкулярная фракция, которая содержит преадипоциты, фибробласты, иммунокомпетентные клетки, гладкомышечные клетки сосудов, эндотелиальные клетки, а также мезенхимальные стволовые клетки жировой ткани, факторы роста: FGF-2, VEGF, IGF-1, TGF- β 1, PDGF, BMP-2 [9].

Местное применение стволовых клеток с обрванным ими внеклеточным матриксом способствует высвобождению факторов роста и цитокинов, улучшающих регенерацию костной ткани [19]. Применение скаффолдов, культивируемых клеток ограничено недостаточной активностью клеток, иммунологическими реакциями и высокими затратами [19]. Минусами использования скаффолдов можно считать недостаточную механическую прочность, сложность конфигурации формы, высокие показатели иммуногенности [18]. Перспективным способом является использование коллагеновой матрицы с аутологичными мезенхимальными стромальными клетками в качестве пластического материала для восполнения костных дефектов [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Остеомиелит остается важной проблемой современной хирургии. На сегодняшний день основным способом лечения хронического остеомиелита является санация очага инфекции с пластикой сформированного дефекта различными трансплантатами в комбинации с антибактериальными препаратами для создания высоких локальных доз антибиотика в очаге поражения.

Биодеградируемые импланты постепенно заменяют небиодеградируемые трансплантаты на основе полиметилакрилата. Наиболее приближенными по своим свойствам к аутологичной кости являются аллогraftы на основе дименерализованной кости, а также препараты гидроксиапатита, однако они лишены органического компонента и их остеоиндуктивные свойства уступают аутоклеткам, для устранения этого недостатка необходимо комбинировать аллогraftы с факторами роста. Трансплантаты на основе пантов марала, стимулируют ангиогенез, репаративную регенерацию, синтез коллагена и гиалуроновой кислоты. Дополнительно снижают воспаление, ускоряют образование костной мозоли, эффективны при хроническом

остеомиелите при их комбинации с антибиотиками. Однако факторы роста очень нестабильны, чувствительны к pH и температуре, возможны риски эктопического костеобразования и стимуляции онкогенеза в костной ткани. *Ex vivo* трансплантаты: аутологичная плазма, плазма, обогащенная тромбоцитами, мезенхимальные стволовые клетки жировой ткани имеют низкий риск аллергических реакций, обладают противовоспалительным и антибактериальным действи-

ем; стромально-васкулярная фракция содержит широкий спектр факторов роста и стволовых клеток. Однако они не обладают механической прочностью и сложны в подготовке.

Дальнейшие исследования в этой области необходимо направить на создание биодеградируемого импланта обладающего механической прочностью, остеоиндуктивностью, низкой аллергенностью и способностью к длительному высвобождению антибактериального препарата.

Список источников

1. Трушин П. В., Разин М. П. Хронический остеомиелит трубчатых костей: современный взгляд на проблему. Вятский медицинский вестник. 2023;1(77):114–119. <https://doi.org/10.24412/2220-7880-2023-1-114-119>
2. Баранов С. В., Уснунц А. Р., Зайцев А. Б. Клинико-анатомические особенности остеомиелита травматолого-ортопедического и челюстно-лицевого профилей: систематический обзор. Кубанский научный медицинский вестник. 2021;28(1):103–115. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-1-103-115>
3. Халимов Э. В., Лекомцев Б. А., Михайлов А. Ю., Сяктерев А. В., Савельева А. Е. Оптимизация хирургического лечения больных с хроническим остеомиелитом длинных трубчатых костей. Вестник современной клинической медицины. 2025;18(6):78–83. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2025.18\(6\).78-83](https://doi.org/10.20969/VSKM.2025.18(6).78-83)
4. Вохмянин В. А., Гильманов Р. Т., Борзунов Д. Ю. Сроки рецидивирования при хроническом посттравматическом остеомиелите большеберцовой кости. Уральский медицинский журнал. 2022;21(2):78–80. <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2022-21-2-78-80>
5. Борисов И. В. Хирургическая обработка при остеомиелите длинных костей. Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченко. 2023;10(1):30–37. <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2023-10-1-30-37>
6. Афанасьев А. В., Божкова С. А., Артюх В. А. Предикторы рецидива хронического остеомиелита при заполнении полостных дефектов длинных костей синтетическими материалами. Травматология и ортопедия России. 2024;30(4):14–24. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17591>
7. Линник С. А., Цололо Я. Б., Ромашов П. П., Карагезов Г., Квиникадзе Г. Э., Сергеева М. Б. Применение иммуномодуляторов в комплексном лечении больных с хроническим остеомиелитом и инфицированными ложными суставами. Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе. 2024;3(16):184–188.
8. Антипов А. П., Божкова С. А., Корнева Ю. С., Соловьева А. Е., Семенова О. В. Гистоморфометрическая оценка процессов ремоделирования оригинального остеозамещающего материала с антимикробными свойствами при лечении хронического остеомиелита в эксперименте. Медицинский альянс. 2025;13(4):40–48. <https://doi.org/10.36422/23076348-2025-13-4-40-48>
9. Булгин Д. В., Базаров И. С., Хоминец В. В., Ковтун А. Л., Иванов Д. А., Радомская Е. Ю., и др. Применение аутологичных биоматериалов в комбинации с биосовместимыми матриксами для восстановления дефектов костной ткани (обзор литературы). Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2025;27(2):112–126. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2025-2-112-126>
10. Карабак И. С. Современные аспекты этиопатогенеза, диагностики и лечения остеомиелита при синдроме диабетической стопы (обзор литературы). Архив клинической и экспериментальной медицины. 2024;33(4):45–53.
11. Дьячкова Г. В., Ключин Н. М., Дьячков К. А., Шастов А. Л., Судницын А. С., Ларионова Т. А. Микроабсцессы как возможная причина рецидива хронического остеомиелита. Гений ортопедии. 2022;28(2):211–215. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-211-215>
12. Антипов А. П., Божкова С. А., Гордина Е. М., Афанасьев А. В., Гаджимагомедов М. Ш. Сравнительный анализ эффективности костнопластических материалов, импрегнированных ванкомицином, при лечении хронического остеомиелита длинных костей. Травматология и ортопедия России. 2025;31(2):33–44. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17647>

13. Румянцев Д. О., Айрапетов Г. А., Воротников А. А. Современное состояние проблемы пластического замещения дефектов мягких тканей нижних конечностей на фоне хронического остеомиелита. Инновационная медицина Кубани. 2022;7(1):69–76. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2022-25-1-69-76>
14. Цискарашвили А. В., Тараскин А. Ю., Горбатюк Д. С., Родионова С. С. Коррекция нарушенного метаболизма костной ткани - составляющая комплексной терапии хронического посттравматического остеомиелита длинных костей. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2022;1(61):12–25. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2022-1-2>
15. Шумилова А. А., Шишакская Е. И. Материалы для восстановления костной ткани. Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2014;7(2):209–221.
16. Панкратов А. С., Фадеева И. С., Юрасова Ю. Б., Гринин В. М., Черкесов И. В., Коршунов В. В. Остеоиндуктивный потенциал частично деминерализованного костного матрикса и возможности его использования в клинической практике. Вестник Российской академии медицинских наук. 2022;77(2):143–151. <https://doi.org/10.15690/vramn1722>
17. Чернигова С. В., Савиди В. О., Дочилова Е. С. Применение синтетического имплантата на основе гидроксиапатита и волластонита для стимуляции процессов регенерации костной ткани. Вестник КрасГАУ. 2024;7(208):133–142. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-7-133-142>
18. Хоминец В. В., Калужная-Земляная Л. И., Гранкин А. С., Федоров Р. А., Волов Д. А., Комаров А. В. Эволюция методов, технологий и материалов для восполнения дефектов костной ткани (научный обзор). Профилактическая и клиническая медицина. 2022;4(85):25–34. https://doi.org/10.47843/2074-9120_2022_4_25
19. Гребень А. И., Еремин П. С., Костромина Е. Ю., Марков П. А., Гильмутдинова И. Р. Использование мезенхимальных стволовых клеток и экзосом в лечении костных дефектов. Гений ортопедии. 2024;30(1):124–133. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-1-124-133>
20. Губочкина А. А., Легонькова О. А. Биорезорбируемые костные материалы: состояние в Российской Федерации. Микроэлементы в медицине. 2023;24(4):3–18. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-4-3-18>
21. Щаницын И. Н., Иванов А. Н., Ульянов В. Ю., Норкин И. А. Современные концепции стимуляции регенерации костной ткани с использованием биологически активных скаффолдов. Цитология. 2019;61(1):16–34. <https://doi.org/10.1134/s0041377119010061>
22. Байдарбеков М. У., Нурахметов А. А., Оспанов К. Т., Кожакоев А. С. Эволюция клеточных технологий в лечении нарушений репаративной регенерации костной ткани длинных трубчатых костей (обзор литературы). Вестник Казахского национального медицинского университета. 2021;3(3):360–366. <https://doi.org/10.53065/kaznmu.2021.89.58.069>
23. Керимов А. А., Кукушко Е. А., Мурзин Е. А., Хоминец И. В., Кучеренко А. А. Лечение пациентов с диафизарными костными дефектами: от основ до 3d-технологий. Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. 2025;1(19):52–64. <https://doi.org/10.53652/2782-1730-2025-6-1-52-64>
24. Пресняков Е. В., Комаров А. В., Бозо И. Я., Деев Р. В. Биотехнологический способ восстановления костной ткани: теоретический базис и клиническое применение. Восстановительные биотехнологии, профилактическая, цифровая и предиктивная медицина. 2024;1(2):12–17. <https://doi.org/10.17116/rbpdpm2024102112>
25. Давыдов А. П., Чибриков А. Г., Ульянов В. Ю., Норкин И. А. Результаты хирургической аллопластики дефектов костной ткани различной локализации при переломах дистального отдела плечевой кости. Гений ортопедии. 2025;31(4):415–423. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-415-423>
26. Серова О. Д., Тимуркаев Д. М., Антониади Ю. В. Сравнительная характеристика материалов, используемых для замещения дефектов костной ткани. Научное обозрение. Медицинские науки. 2024;1:45–50. <https://doi.org/10.17513/srms.1385>
27. Пресняков Е. В., Комаров А. В., Бозо И. Я., Деев Р. В. Биотехнологический способ восстановления костной ткани: теоретический базис и клиническое применение. Восстановительные биотехнологии, профилактическая, цифровая и предиктивная медицина. 2024;1(2):12–17. <https://doi.org/10.17116/rbpdpm2024102112>
28. Михайлов Н. О., Глухов А. А., Андреев А. А., Шишкина В. В., Лаптиева А. Ю., Судаков О. В., и др. Клинико-морфологические аспекты применения измельченных слайсов пантов марала в лечении асептических ран мягких тканей. Московский хирургический журнал. 2025;1:148–155.
29. Михайлов Н. О., Андреев А. А., Остроушко А. П., Лаптиева А. Ю. Панты марала: история их применения, состав, препараты, получение, показания к применению. Многопрофильный стационар. 2019;6(1):85–87.
30. Золотухин В. О., Андреев А. А., Глухов А. А. Применение пантов марала для купирования хронического остеомиелита: оценка регенеративных способностей. Astana Medical Journal. 2022;S1:186–189. <https://doi.org/10.54500/2790-1203.s1.2022.186-189>

31. Людчик Т. Б., Абдуллаев Ш. Ю., Муратова Н. Ю., Хакимов А. А., Абдурахмонов С. З. У., Халилов А. А. У. Роль коллагена и гидроксиапатита в составе композиционных костнопластических материалов, используемых в челюстно-лицевой хирургии (обзор литературы). Вестник современной клинической медицины. 2023;16(S2):83–90. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16\(Suppl.2\).83-90](https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16(Suppl.2).83-90)
32. Лычагин А. В., Подкосов О. Д., Крочек И. В., Набатчиков Н. А., Петров П. И. Современные тенденции диагностики и лечения хронического остеомиелита костей конечностей. Обзор литературы. Кафедра травматологии и ортопедии. 2023;(1(51)):82–89. <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-1-82-89>
33. Данилкович Н. Н., Космачева С. М., Ионова А. Г., Криворот К. А., Мазуренко А. Н., Алексеев Д. Г. Оценка биосовместимости и остеокондуктивности гибридного клеточно-тканевого трансплантата для регенеративной медицины костной ткани. Наука и инновации в медицине. 2024;9(4):256–267. <https://doi.org/10.35693/sim635822>
34. Кокорина М. Л., Алешенкова П. В., Древалева Ю. А., Зерчанинова Е. И. Способы повышения регенерации костной ткани в травматологии. Тенденции развития науки и образования. 2024;(109-10):80–85. <https://doi.org/10.18411/trnio-06-2024-450>
35. Титов Р. С., Файн А. М., Пономарёв И. Н., Борокова Н. В., Мажорова И. И., Хамидова Л. Т., и др. Эффективность применения лизата богатой тромбоцитами плазмы (БоТП) у пациентов с переломами проксимального отдела плечевой кости. Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье. 2024;14(2):52–59. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.clin.2>
36. Гилевич И. В., Шубров Э. Н., Чучварев Р. В., Коломийцева Е. А., Триандафилов К. В., Сотниченко А. С., Мелконян К. И. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении хронических воспалительных заболеваний нижних конечностей. Наука и инновации в медицине. 2021;6(3):63–68. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2021-6-3-63-68>
37. Черкасов В. Р., Чернышова А. Н., Лидохова О. В. Влияние терапии ауто-тромбоцит-обогащенной плазмой на воспалительный процесс при переломе костной ткани. Scientist (Russia). 2025;(1(31)):1–11.
38. Гилевич И. В., Чучварев Р. В., Триандафилов В. К., Коломийцева Е. А. Лечение хронического остеомиелита нижних конечностей с помощью обогащенной тромбоцитами плазмы. В книге: III конгресс ортобиология 2022 «От исследования к клинической практике». Воронеж; 2022. с. 65–67.

References

1. Trushin PV, Razin MP. Chronic osteomyelitis of tubular bones: modern view on the problem. Vyatskii meditsinskii vestnik. 2023;1(77):114–119. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2220-7880-2023-1-114-119>
2. Baranov S.V., Usnunts A.R., Zaytsev A.B. Clinical and anatomical traits of orthopaedic traumatic and maxillofacial osteomyelitis: a systematic review. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2021;28(1):103–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-1-103-115>
3. Khalimov EV, Lekomtsev BA, Mikhailov AYU, Syakterev AV, Savelyeva AE. Optimizing surgical treatment of patients with the chronic osteomyelitis of long bones. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2025;18(6):78–83. (In Russ.). [https://doi.org/10.20969/VSKM.2025.18\(6\).78-83](https://doi.org/10.20969/VSKM.2025.18(6).78-83)
4. Vohmjanin VA, Gilmanov RT, Borzunov DYU. Recurrence time in chronic posttraumatic osteomyelitis of the tibia. Ural Medical Journal. 2022;21(2):78–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2022-21-2-78-80>
5. Borisov IV. Surgical debridement in long bones osteomyelitis. Wounds and wound infections. The prof. B.M. Kostyuchenok Journal. 2023;10(1):30–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.25199/2408-9613-2023-10-1-30-37>
6. Afanasyev AV, Bozhkova SA, Artyukh VA. Predictors for recurrence of chronic osteomyelitis following long bones cavity defect replacement with synthetic materials. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2024;30(4):14–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17591>
7. Linnik SA, Tsololo YaB, Romashov PP, Karagezov G, Kvinikadze GE, Sergeeva MB. The use of immunomodulators in the complex treatment of patients with chronic osteomyelitis and infected pseudarthrosis. Emergency Surgery named after I.I.Dzanelidze. 2024;3(16):184–188. (In Russ.).
8. Antipov AP, Bozhkova SA, Korneva YuS, Soloveva AE, Semenova OV. Histomorphometric evaluation of a novel antimicrobial-loaded bone substitute remodeling in experimental chronic osteomyelitis. MedAlliance 2025;13(4):40–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.36422/23076348-2025-13-4-40-48>
9. Bulgin DV, Bazarov IS, Khominets VV, Kovtun AL, Ivanov DA, Radomskaya EYu, et al. The use of autologous biomaterials in combination with biocompatible matrices for restoration of bone tissue defects (literature review). Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs. 2025;27(2):112–126. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2025-2-112-126>

10. Karabak IS. Modern aspects of etiopathogenesis, diagnosis and treatment of osteomyelitis in diabetic foot syndrome (literature review). *Archive of Clinical and Experimental Medicine*. 2024;33(4):45–53. (In Russ.).
11. Diachkova GV, Kliushin NM, Diachkov KA, Shastov AL, Sudnitsyn AS, Larionova TA. Microabscesses as a possible cause of recurrence in chronic osteomyelitis. *Genij Ortopedii*. 2022;28(2):211–215. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-211-215>
12. Antipov AP, Bozhkova SA, Gordina EM, Afanasyev AV, Gadzhimagomedov MS.. Effectiveness of vancomycin-impregnated bone graft substitutes for the treatment of chronic osteomyelitis in long bones: comparative analysis. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(2):33–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17647>
13. Rummyantsev DO, Airapetov GA, Vorotnikov AA. The current state of the problem of soft tissue defects replacement in the lower extremities in conditions of chronic osteomyelitis. *Innovative Medicine of Kuban*. 2022;7(1):69–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2022-25-1-69-76>
14. Tsiskarashvili AV, Taraskin AYU, Gorbatiyuk DS, Rodionova SS. The correction of impaired bone tissue metabolism - is a component of complex therapy for chronic post-traumatic osteomyelitis of long bones. *University proceedings. Volga region. Medical sciences*. 2022;1(61):12–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2022-1-2>
15. Shumilova AA, Shishatskaya EI. Materials for restoration of bone tissue. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2014;7(2):209–221. (In Russ.).
16. Pankratov AS, Fadeeva IS, Yurasova YB, Grinin VM, Cherkesov IV, Korshunov VV. The Osteoinductive Potential of Partially Demineralized Bone Matrix and the Possibility of Its Use in Clinical Practice. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2022;77(2):143–151. (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vramn1722>
17. Chernigova SV, Savidi VO, Dochilova ES. Synthetic implant use based on hydroxyapatite and wollastonite to stimulate bone regeneration processes. *Bulletin of KSAU*. 2024;7(208):133–142. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-7-133-142>
18. Khominets VV, Kalyuzhnaya-Zemlyanaya LI, Grankin AS, Fedorov RF, Volov DA, Komarov AV. Evolution of methods, technologies and materials for bone tissue defects replacement (review). *Preventive and Clinical Medicine*. 2022;4(85):25–34. (In Russ.). https://doi.org/10.47843/2074-9120_2022_4_25
19. Greben AI, Eremin PS, Kostromina EYu, Markov PA, Gilmutdinova IR. Mesenchymal stem cells and exosomes in bone defects treatment. *Genij Ortopedii*. 2024;30(1):124–133. (In Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-1-124-133>
20. Gubochkina AA, Legonkova OA. Bioresorbable bone materials used in the russian federation. *Trace Elements In Medicine*. 2023;24(4):3–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2023-24-4-3-18>
21. Shchanitsyn IN, Ivanov AN, Ulyanov VYu, Norkin IA. Modern concepts of bone tissue regeneration stimulation by bioactive scaffolds. *Cell and Tissue Biology*. 2019;61(1):16–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/s0041377119010061>
22. Baidarbekov MU, Nurakhmetov AA, Ospanov KE, Kozhakov AS. Cellular technologies evolution in the treatment of reparative regeneration disorders of bone tissue in long tubular bones (literature review). *Vestnik KAZNMU*. 2021;(3):360–366. (In Russ.). <https://doi.org/10.53065/kaznm.2021.89.58.069>
23. Kerimov AA, Kukushko EA, Murzin EA, Khominets IV, Kucherenko AA. Treatment of patients with diaphyseal bone defects: from basics to 3d technology. *Medical Bulletin of the Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko*» 2025;1(19):52–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.53652/2782-1730-2025-6-1-52-64>
24. Presnyakov EV, Komarov AV, Bozo IYa, Deev RV. Biotechnological method for bone tissue recovery: theoretical basis and clinical application. *Regenerative Biotechnologies, Preventive, Digital and Predictive Medicine*. 2024;1(2):12–17. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/rbpdpm2024102112>
25. Davydov AP, Chibrikov AG, Ulyanov VYu, Norkin IA. Results of surgical alloplasty for bone defects of various locations due to distal humerus fractures. *Genij Ortopedii*. 2025;31(4):415–423. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-415-423>
26. Serova OD, Timurkaev DM, Antoniadu YV. Comparative characterization of materials used for bone tissue defects replacement. *Scientific Review. Medical Sciences*. 2024;1:45–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/srms.1385>
27. Presnyakov EV, Komarov AV, Bozo IYa, Deev RV. Biotechnological method for bone tissue recovery: theoretical basis and clinical application. *Regenerative Biotechnologies, Preventive, Digital and Predictive Medicine*. 2024;1(2):12–17. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/rbpdpm2024102112>
28. Mikhailov NO, Glukhov AA, Andreev AA, Shishkina VV, Laptiyova AYU, Sudakov OV, et al. Clinical and morphological aspects of the use of crushed maral antler slices in the treatment of aseptic soft tissue wounds. *Moscow Surgical Journal*. 2025;1:148–155. (In Russ.).

29. Mikhailov NO, Andreev AA, Ostroushko AP, Laptiova AYU. Maral antlers: history of their use, composition, preparations, production, indications for use. *Multidisciplinary Hospital*. 2019;6(1):85–87. (In Russ.).
30. Zolotukhin VO, Andreev AA, Glukhov AA. Use of maral antlers for relief of chronic osteomyelitis: assessment of regenerative capabilities. *Astana Medical Journal*. 2022;(S1):186–189. (In Russ.).
<https://doi.org/10.54500/2790-1203.s1.2022.186-189>
31. Liudchik TB, Abdullaev ShYu, Muratova NYu, Khakimov AA, Abdurakhmonov SZ, Khalilov AA. Role of collagen and hydroxyapatite in osteoplastic composites used in maxillofacial surgery (literature review). *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2023;16(S2):83–90. (In Russ.). [https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16\(Suppl.2\).83-90](https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16(Suppl.2).83-90)
32. Lychagin AV, Podkosov OD, Krochek IV, Nabatchikov NN, Petrov PI. Current trends in the diagnosis and treatment of chronic osteomyelitis of limb bones. Literature review. Department of Traumatology and Orthopaedics. 2023;(1(51)):82–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2023-1-82-89>
33. Danilkovich NN, Kosmacheva SM, Ionova AG, Krivorot KA, Mazurenko AN, Alekseev DG. Evaluation of biocompatibility and osteoconductivity of a hybrid cell-tissue graft for bone regenerative medicine. *Science and Innovations in Medicine*. 2024;9(4):256–267. (In Russ.). <https://doi.org/10.35693/sim635822>
34. Kokorina ML, Aleshenkova PV, Drevalyeva YuA, Zerchaninova EI. Ways to enhance bone tissue regeneration in traumatology. *Trends in Science and Education*. 2024;(109-10):80–85. (In Russ.).
35. Titov RS, Fayn AM, Ponomarev IN, Borovkova NV, Mazhorova II, Khamidova LT, et al. Efficacy of using platelet rich plasma lysate in treatment patients with proximal humerus fracture. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2024;14(2):52–59. (In Russ.). <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.clin.2>
36. Gilevich IV, Shubrov EN, Chuchvarev RV, Kolomiytseva EA, Triandafilov KV, Sotnichenko AS, Melkonyan KI. Platelet-rich plasma in the treatment of chronic inflammatory diseases of lower extremities. *Science and Innovations in Medicine*. 2021;6(3):63–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2021-6-3-63-68>
37. Cherkasov VR, Chernyshova AN, Lidokhova OV. Effect of therapy with autologous platelet-rich plasma on the inflammatory process in bone fracture. *Scientist (Russia)*. 2025;(1(31)):1–11. (In Russ.).
38. Gilevich IV, Chuchvarev RV, Triandafilov VK, Kolomiytseva EA. Treatment of chronic osteomyelitis of the lower extremities using platelet-rich plasma. In: III Congress Orthobiology 2022 "From Research to Clinical Practice". Voronezh, 2022, pp. 65–67. (In Russ.).

Информация об авторах:

Золотухин Владимир Олегович – врач травматолог-ортопед БУЗ ВО «Воронежская областная клиническая больница № 1», г. Воронеж, Российская Федерация; аспирант кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8513-3966>, eLibrary SPIN: 3818-0447, AuthorID: 1022266

Глухов Александр Анатольевич – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9675-7611>, eLibrary SPIN: 3821-2175, AuthorID: 160844, Scopus Author ID: 7005231400

Новомлинский Владислав Валерьевич – к.м.н., доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация; заместитель главного врача по хирургической помощи ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж», г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6874-1417>, eLibrary SPIN: 6262-0096, AuthorID: 880091

Андреев Александр Алексеевич – д.м.н., профессор кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8215-7519>, eLibrary SPIN: 1394-5147, AuthorID: 159833, Scopus Author ID: 57222067005, WoS ResearcherID: R-6129-2016

Лаптиёва Анастасия Юрьевна [✉] – к.м.н., доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация; врач-хирург ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж», г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3307-1425>, eLibrary SPIN: 7626-9016, AuthorID: 1021173, Scopus Author ID: 57222068825

Остроушко Антон Петрович – доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация; врач-хирург ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Воронеж», г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3656-5954>, eLibrary SPIN: 9811-2385, AuthorID: 526119, Scopus Author ID: 55682195400, WoS ResearcherID: P-5589-2017

Дубок Александр Александрович – студент 5-го курса, лечебного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9133-4134>, eLibrary SPIN: 1167-5878, AuthorID: 1291608

Information about authors:

Vladimir O. Zolotukhin – MD, Orthopedic Trauma Surgeon, Voronezh Regional Clinical Hospital No.1, Voronezh, Russian Federation; PhD Student, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8513-3966>, eLibrary SPIN: 3818-0447, AuthorID: 1022266

Alexandr A. Glukhov – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9675-7611>, eLibrary SPIN: 3821-2175, AuthorID: 160844, Scopus Author ID: 7005231400

Vladislav V. Novomlinsky – Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russian Federation; Deputy Chief Physician for Surgical Care, Clinical Hospital “RZD-Medicine Voronezh”, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6874-1417>, eLibrary SPIN: 6262-0096, AuthorID: 880091

Alexandr A. Andreev – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University; Senior Researcher, Scientific Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8215-7519>, eLibrary SPIN: 1394-5147, AuthorID: 159833, Scopus Author ID: 57222067005, WoS ResearcherID: R-6129-2016

Anastasia Yu. Laptiyova ✉ – Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University; surgeon, Clinical Hospital “RZD-Medicine Voronezh”, Voronezh, Russian Federation, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3307-1425>, eLibrary SPIN: 7626-9016, AuthorID: 1021173, Scopus Author ID: 57222068825

Anton P. Ostroushko – Associate Professor, Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University; surgeon, Clinical Hospital “RZD-Medicine Voronezh”, Voronezh, Russian Federation, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3656-5954>, eLibrary SPIN: 9811-2385, AuthorID: 526119, Scopus Author ID: 55682195400, WoS ResearcherID: P-5589-2017

Alexandr A. Dubok – 5th-year medical student, Faculty of General Medicine, Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9133-4134>, eLibrary SPIN: 1167-5878, AuthorID: 1291608

Участие авторов:

Золотухин В. О. – анализ литературных данных, написание исходного текста, доработка текста;
Глухов А. А. – научное руководство, формирование концепции исследования, доработка текста;
Новомлинский В. В. – анализ литературных данных, написание исходного текста, оформление текста;
Андреев А. А. – доработка текста, формирование концепции исследования, формирование итоговых выводов;
Лептиёва А. Ю. – анализ литературных данных, написание исходного текста, оформление текста;
Остроушко А. П. – анализ литературных данных, написание исходного текста, правка текста;
Дубок А. А. – отбор литературных источников, анализ литературных данных.
Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи и утвердили окончательный вариант, одобренный к публикации.

Contribution of the authors:

Zolotukhin V. O. – literature review, writing of the original draft, manuscript revision;
Glukhov A. A. – scientific supervision, study conceptualization, manuscript revision;
Novomlinsky V. V. – Andreev A. A. – manuscript revision, study conceptualization, formulation of the final conclusions;
Laptiyova A. Yu. – literature review, writing of the original draft, manuscript preparation;
Ostroushko A. P. – literature review, writing of the original draft, manuscript editing;
Dubok A. A. – selection of literature sources, literature review.
All authors made equivalent contributions to the preparation of the article and approved the final version for publication.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось.

Conflict of interest: the authors state that there are no conflicts of interest to disclose.

Funding: this work was not funded.

Статья поступила в редакцию 21.02.2026; одобрена после рецензирования 06.08.2026; принята к публикации 03.09.2026.
The article was submitted 21.02.2026; approved after reviewing 06.08.2026; accepted for publication 03.09.2026.