

<https://doi.org/10.17238/2072-3180-2026-2-194-200>

УДК: 617–089.844

© Кисляков В.А., Шиболденкова К.А., Боровкова Н.В., Макаров М.С., 2026

Обзор/Review



ЛЕЧЕНИЕ РАН ПРИ НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ ФОРМЕ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ АУТОПЛАЗМЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.А. КИСЛЯКОВ^{1,2}, К.А. ШИБОЛДЕНКОВА^{2*}, Н.В. БОРОВКОВА³, М.С. МАКАРОВ³

¹ ГБУЗ ГКБ им. А.К. Ерамишанцева ДЗМ, 129327, Москва, Россия

² Кафедра госпитальной хирургии с курсом детской хирургии ФGAOU ВО Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 117198, Москва, Россия

³ НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, отделение биотехнологий и трансфузиологии, 129090, Москва, Россия

Резюме

Введение. Нейропатическая форма синдрома диабетической стопы (НФСДС) развивается вследствие гипергликемии и нейропатии, что приводит в дальнейшем к нарушению репаративных процессов.

Стандартный объем терапии, включающий в себя хирургическую обработку раны, системную антибактериальную терапию, разгрузку конечности часто оказывается недостаточным для стимуляции заживления.

Обогащенная тромбоцитами аутоплазма (БоТП), содержащая факторы роста, представляет собой перспективный метод лечения, ускоряющий репарацию тканей. В данном обзоре рассматривается эффективность БоТП в стимуляции заживления хронических ран, включая раны при НФСДС.

Целью данного исследования является изучение доступных литературных данных отечественных и зарубежных авторов и систематизация данных о механизме действия, клинической эффективности и оптимальных протоколах применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в лечении ран при НФСДС.

Материалы и методы. Анализ доступных литературных данных зарубежных и отечественных авторов, научных баз e-library, PubMed, РМС.

Результаты. Проведенный анализ литературных данных доказал роль БоТП в ускорении заживления ран при НФСДС за счет стимуляции ангиогенеза, синтеза коллагена, снижения риска ампутаций и рецидивов инфекции. Методика не заменяет стандартное лечение, но повышает его эффективность.

Заключение. Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы позволяет повысить эффективность лечения хронических ран, в том числе ран при НФСДС за счет активизации репаративных процессов. Данный метод может рассматриваться как компонент персонализированной терапии.

Ключевые слова: нейропатическая форма синдрома диабетической стопы, PRP-терапия, богатая тромбоцитами аутоплазма, обогащенная тромбоцитами аутоплазма, регенерация тканей

Конфликт интересов: нет.

Для цитирования: Кисляков В.А., Шиболденкова К.А., Боровкова Н.В., Макаров М.С. Лечение ран при нейропатической форме синдрома диабетической стопы с применением обогащенной тромбоцитами аутоплазмы: проблемы и перспективы. *Московский хирургический журнал*. 2026. № 2. С. 194–200. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2026-2-194-200>

Вклад авторов: Кисляков В.А. – критический пересмотр статьи с внесением ценных замечаний интеллектуального содержания, научное редактирование, окончательное утверждение рукописи. Шиболденкова К.А. – сбор, подготовка и анализ литературных данных, написание статьи, подготовка к публикации. Боровкова Н.В. – критический пересмотр статьи с внесением ценных замечаний интеллектуального содержания, научное редактирование. Макаров М.С. – критический пересмотр статьи с внесением ценных замечаний интеллектуального содержания.

TREATMENT OF WOUNDS IN THE NEUROPATHIC FORM OF DIABETIC FOOT SYNDROME USING PLATELET-RICH AUTOPLASMA: PROBLEMS AND PROSPECTS

VALERY A. KISLAKOV^{1,2}, KSENIYA A. SHIBOLDENKOVA^{2*}, NATALIA V. BOROVKOVA³, MAXIM S. MAKAROV³

¹ Hospital of A.K. Yeramishantseva, 129327, Moscow, Russia

² Department of hospital surgery with a course of pediatric surgery of the RUDN University named after Patrice Lumumba, 117198, Moscow, Russia

³ N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Department of Biotechnology and Transfusiology, 129090, Moscow, Russia

Abstract

Introduction. The neuropathic form of diabetic foot syndrome develops as a result of hyperglycemia and neuropathy, which further leads to a violation of reparative processes.

The standard amount of therapy, including surgical treatment of the wound, systemic antibacterial therapy, and limb unloading, is often insufficient to stimulate healing.

Platelet-rich autoplasm (PRP) containing growth factors is a promising treatment method that accelerates tissue repair. This review examines the effectiveness of PRP in stimulating the healing of chronic wounds, including wounds with neuropathic form of diabetic foot syndrome.

The purpose of this study is to review the available literature from domestic and foreign authors and to systematize the data on the mechanism of action, clinical efficacy, and optimal protocols for using platelet-rich autoplasm in the treatment of wounds in NFSDS.

Materials and methods. Analysis of available literary data of foreign and domestic authors, scientific databases e-library, PubMed, PMC.

Results. The analysis of literature data proved the role of PRP in accelerating wound healing in neuropathic form of diabetic foot syndrome by stimulating angiogenesis, collagen synthesis, and reducing the risk of amputations and infection recurrence. The technique does not replace the standard treatment, but increases its effectiveness.

Conclusion. The use of platelet-rich autoplasm makes it possible to increase the effectiveness of treatment of chronic wounds, including wounds with neuropathic form of diabetic foot syndrome by activating reparative processes. This method can be considered as a component of personalized therapy.

Key words: neuropathic form of diabetic foot syndrome, PRP-therapy, platelet-rich autoplasm, tissue regeneration

Conflict of interests: none.

For citation: Kislyakov V.A., Shiboldenkova K.A., Borovkova N.V., Makarov M.S. Treatment of wounds in the neuropathic form of diabetic foot syndrome using platelet-rich autoplasm: problems and prospects. *Moscow Surgical Journal*, 2026, no 2, pp. 194–200. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2026-2-194-200>

Contribution of the authors: Kislyakov V.A. – critical revision of the article with valuable intellectual comments, scientific editing, final approval of the manuscript. Shiboldenkova K.A. – collection, preparation and analysis of literary data, writing of an article, preparation for publication. Borovkova N.V. – critical review of the article with valuable intellectual content comments, scientific editing. Makarov M.S. – critical review of the article with valuable intellectual content comments.

Введение

Восстановление дефектов мягких тканей представляет собой чрезвычайно важную медико-биологическую задачу, с которой сталкиваются специалисты при лечении многих патологий.

Репаративный процесс в тканях состоит из последовательно сменяющих друг друга фаз воспаления, пролиферации и ремоделирования [1]. При этом на всех этапах наблюдается активная динамика биологических систем, которые относятся к разным уровням организации живой ткани (тканевая, клеточная, молекулярная). У пациентов с хроническими ранами строгая последовательность восстановительных процессов часто нарушается, а течение раневого процесса отклоняется от нормы, что значительно затрудняет репарацию [2].

Проблема заживления хронических ран сохраняет свою актуальность в связи с их распространенностью, длительностью заживления, значительными экономическими затратами на лечение и несомненным влиянием на качество жизни пациентов [3].

Длительно незаживающие раневые дефекты в случае НФСДС представляют собой отдельную клиническую проблему, поскольку они ассоциированы с высоким риском инвалидизирующих ампутаций, стойкой утраты трудоспособности, летальных исходов и поражения контралатеральной конечности [4]. В связи с этим специалистами постоянно ведется интенсивный поиск новых эффективных методов терапии хронических ран, включая клеточные технологии и применение современных биопластических материалов [5].

На современном этапе обогащенная тромбоцитами аутоплазма применяется во многих отраслях медицины, демонстрируя положительные результаты (PRP-therapy, Platelet-rich plasma therapy). Интерес к данному методу лечения обусловлен его мультифакторным воздействием на поврежденные ткани. Одним из ключевых механизмов БоТП-терапии является выделение тромбоцитами различных факторов роста, ангиогенных факторов, цитокинов, которые способны стимулировать и регулировать многие репаративные процессы в ране [6].

Показано, что тромбоциты и их компоненты усиливают миграцию и пролиферацию эпителиальных клеток, фибробластов кожи, мезенхимальных стромальных клеток, стимулируют образование сосудов *de novo*, способны регулировать формирование межклеточного матрикса, обладают противовоспалительным действием [7–9]. С другой стороны, неоднократно была показана патофизиологическая роль тромбоцитов, в частности, их способность стимулировать апоптотические изменения в клетках, вызывать воспалительные реакции в тканях [10].

Многообразие функций тромбоцитов и сложность их регуляции делает трудным выбор эффективной формы тромбоцитарного препарата. На наш взгляд, для решения такой задачи необходим комплексный подход, который учитывал бы возможные физиологические и патофизиологические эффекты тромбоцитов на фоне той или иной патологии.

Целью настоящего обзора выступило изучение доступных литературных данных отечественных и зарубежных авторов и систематизация представлений о механизме действия, клинической эффективности и оптимальных протоколах применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в лечении ран при НФСДС.

Материалы и методы

Проведен анализ доступных работ зарубежных и отечественных авторов с использованием научных баз *e-library*, PubMed, PMC. Отбор работ проводился по ключевым словам: нейропатическая форма синдрома диабетической стопы, PRP-терапия, богатая тромбоцитами аутоплазма, обогащенная тромбоцитами аутоплазма, регенерация тканей. Для обзора были отобраны 28 источников, охватывающих период с 2013 по 2025 год для обеспечения всестороннего анализа темы. Подборка включает в себя фундаментальные исследования течения раневого процесса, механизмов действия PRP, области ее применения в клинической практике, применения PRP в лечении ран при НФСДС, систематические обзоры, мета-анализы, работы, освещающие дискуссионные вопросы и проблемы стандартизации протоколов лечения. Особое внимание уделено актуальным публикациям за последние 5 лет, что позволяет объективно оценить как потенциал, так и ограничения метода. Выбранный подход обеспечивает научную строгость, полноту и баланс между теоретической базой и практической значимостью обзора.

Основная часть

Важные аспекты и области применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы

Среди современных биопластических материалов, применяемых для стимуляции ранозаживления, наиболее часто применяются стволовые клетки, препараты гиалуроновой

кислоты, коллаген-содержащие раневые покрытия, препараты фибрина, аутологичная кондиционированная плазма и особенно обогащенная тромбоцитами аутоплазма [11].

В составе БоТП концентрация тромбоцитов увеличена в 3–5 раз по сравнению с исходной кровью, что позволяет увеличить репаративный потенциал БоТП. Существует широкий выбор подходов к получению препаратов на основе тромбоцитов человека [6–9]:

- инъекционные препараты (неактивированная БоТП, БоТП, активированная различными индукторами, тромбоцитарный лизат в плазме или бесклеточной среде, бесклеточная плазма, содержащая тромбоцитарные компоненты);

- тромбоцитарный гель (получен на основе тромбоцитов консервированной или неконсервированной крови в процессе активного фибринообразования *in vitro*;

- композитные биоконструкции на основе тромбоцитов или их компонентов и различных матриксов на основе полимеров (коллаген, хитозан, альгинат, целлюлоза).

Альфа-гранулы в составе неактивированных тромбоцитов содержат большое количество факторов роста (ФР), многие из которых стимулируют восстановление дермального и эпителиального слоев кожи (тромбоцитарный ФР, эпидермальный ФР, ФР фибробластов, инсулиноподобный ФР, ФР эндотелия сосудов, ангиогенин). К тому же они содержат биологические активные вещества, такие как серотонин, факторы свертывания, кальций, катехоламины, эйкозаноиды, принимающие участие в обеспечении гемостаза, иммунном воспалении, стимуляции регенерации и эпителизации [7].

Имеются многочисленные данные о репаративном эффекте БоТП в травматологии и ортопедии, стоматологии, комбустиологии, челюстно-лицевой хирургии, офтальмологии, спортивной медицине, широко распространено использование тромбоцитов в косметологии при проведении различных восстановительных процедур [12–15].

Применение тромбоцитарных препаратов в хирургической практике изучено в меньшей степени, разрабатываются и расширяются показания для применения БоТП при хирургических нозологиях, поэтому исследования в этой области являются перспективными.

Отмечена эффективность БоТП в улучшении результатов аутодермопластики, снижении сроков хирургического лечения по ликвидации вено-венозных рефлюксов, что значительно улучшает качество жизни пациентов и снижает стоимость лечения. Положительное влияние БоТП описано при лечении трофических язв голени венозной этиологии.

Проведенные зарубежными авторами мета-анализы демонстрируют, что PRP-терапия способствует уменьшению боли и частоты инфицирования послеоперационных ран при выполнении хирургических вмешательств [13,16].

Данные о лечении дефектов кожи с помощью тромбоцитов являются неоднозначными. С одной стороны, дерма кожи содержит большое количество субстратов для адгезии тромбоцитов, обладает широкой способностью для привлечения клеток из здоровых зон, включая волосяные придатки. С другой стороны, развитие хронических ран часто сопровождается изменением фенотипа и физиологии клеток, что приводит к дисбалансу репаративных процессов. В свою очередь дополнительное введение концентрированного препарата с факторами роста и цитокинами может препятствовать нормальному восстановлению кожи. В частности, ускоренный рост эпителия без созревания межклеточного матрикса подлежащих слоев может приводить к формированию эрозий и повторных язв.

Существуют некоторые трудности в проведении БоТП-терапии при лечении хронических ран при НФСДС.

Хронические раны характеризуются наличием персистирующего воспаления и оксидативного стресса. Эти факторы индуцируют изменение микросреды, проявляющееся в увеличении концентрации провоспалительных цитокинов и активных форм кислорода. Данные изменения в свою очередь, вызывают инактивацию и нарушение работы сигнальных систем, нарушение функционального ответа клеток и препятствуют реализации репаративного потенциала тромбоцитов. Кроме того, при хронических ранах при НФСДС наблюдается одновременное нарушение микроциркуляции и развитие гипоксии, что может препятствовать миграции и пролиферации клеток даже после применения тромбоцитарного препарата.

Немаловажной остается проблема доказательной базы применения БоТП в лечении ран при СДС: в отечественной и зарубежной литературе наблюдается неоднородность результатов исследований, отсутствие отсроченных результатов по рецидивам, отсутствие стандартизации протоколов, в том числе, по изготовлению эффективных препаратов на основе БоТП и частоте их использования [17–19].

Чрезмерно высокая концентрация тромбоцитов и ростовых факторов в их составе может вызывать ингибирующий эффект при использовании *in vivo* [10]. Исследования, проведенные ранее в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», показали высокую неоднородность пациентов с СДС по морфофункциональным параметрам тромбоцитов, в частности, по содержанию адгезивно активных тромбоцитов с гранулами (биологически полноценные тромбоциты) в циркулирующей крови пациентов.

При исследовании биологического эффекта тромбоцитов пациентов с СДС в культуре клеток человека нами установлено, что в образцах крови, исходно содержащих менее 30 % тромбоцитов с гранулами, рост-стимулирующий эффект тромбоцитов выражен значительно слабее или вообще отсутствует по сравнению с тромбоцитарными препаратами, полученными у пациентов с нормальным уровнем

биологически полноценных тромбоцитов. Более того, при низком качестве тромбоцитов у пациентов с СДС *in vitro* может наблюдаться ингибирование роста клеток. С другой стороны, избыточное содержание ростовых факторов также приводило к гибели клеток в культуре.

Таким образом, при выборе тактики лечения с использованием аутологичной БоТП является актуальной дополнительная проверка качества тромбоцитов пациента. Не исключено, что препараты на основе аллогенных тромбоцитов могут быть эффективными при лечении ран НФСДС.

Обогащенная тромбоцитами аутоплазма в лечении хронических ран при НФСДС

В настоящее время обогащенная тромбоцитами аутоплазма применяется исключительно в качестве дополнительного местного лечения хронических ран при НФСДС [18].

Есть данные о том, что инъекционное введение БоТП в область дефектов является высокоэффективным у пациентов с нейроишемической формой СДС по сравнению с традиционными методами местной терапии – раневыми покрытиями с растворами антисептиков и мазей [20].

OuYang с соавторами 2023 г. в своем исследовании указывает на способность обогащенной тромбоцитами аутоплазмы значительно увеличивать скорость заживления раневых дефектов мягких тканей при НФСДС, сокращать время их заживления и площадь. Автор также подчеркивает необходимость разработки персонализированного протокола изготовления PRP для лечения синдрома диабетической стопы [21].

В работе Paul T Gomez 2024 г. также подчеркивается роль БоТП в качестве вспомогательного метода лечения хронических ран при СДС. Автором акцентируется важность оптимизации протоколов применения БоТП и перспективность метода [22].

По данным некоторых исследований пациенты, получившие инъекции БоТП и тромбоцитарный гель на область ран при НФСДС показали статистически значимые параметры улучшения, частота успешных заживлений составила: использование тромбоцитарных препаратов было эффективным в 86% случаев, тогда как стандартная терапия – в 64 % случаев [23].

Показано, что использование инъекционных и аппликативных форм БоТП не увеличивает частоту инфицирования и число побочных эффектов при лечении [24]. Вместе с тем, у исследователей нет единого мнения относительно клинического эффекта препаратов БоТП в виде тромбоцитарного геля, приготовленного стандартным образом: по одним данным, БоТП обладает бесспорным стимулирующим заживление действием и ускоряет эпителизацию раны без повторного эрозирования [25]. По другим, применение БоТП не дает достоверного ускорения эпителизации [26].

Имеются данные о том, что пациенты с НФСДС более восприимчивы к терапии, обогащенной тромбоцитами аутоплазмой, чем пациенты с нейроишемической формой, поскольку скорость репаративных процессов напрямую связана с состоянием магистрального кровотока в нижних конечностях [27].

Наличие обширных раневых дефектов при НФСДС значительно снижает клинический эффект БоТП. По данным многих исследований существует прямая взаимосвязь между скоростью заживления и площадью раневого дефекта при НФСДС, поэтому в случае ран больших размеров терапия обогащенной тромбоцитами аутоплазмой не рекомендована [20–26, 28].

Таким образом, использование препаратов на основе БоТП представляется перспективной стратегией, призванной служить дополнением к стандартному лечению ран при НФСДС, однако такой подход требует проведения дальнейших исследований и оптимизации, в частности оптимизации формы препарата для БоТП-терапии и частоты его использования с учетом индивидуальных особенностей пациентов.

Заключение

Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в лечении хронических ран у пациентов с НФСДС изучено недостаточно. Внедрение данного метода в клиническую практику сдерживается рядом нерешенных вопросов.

Проведение дальнейших исследований в данной области представляется перспективным вследствие ограниченного количества рандомизированных клинических исследований с большими объемами выборок.

Кроме того, отсутствуют универсальные стандарты изготовления тромбоцитарных препаратов, количественные дозы, частота и методика применения оптимальные для лечения хронических, длительно незаживающих ран различной этиологии, в том числе и ран при НФСДС.

Решение этих проблем является важной медико-биологической задачей.

Список литературы:

1. Хэмм Р. Л. Раны. *Диагностика и лечение: атлас-справочник*. Пер. с англ. В. А. Митиша, Ю. С. Пасхаловой. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2021. 536 с.
2. Оболенский В.Н. Современные методы лечения хронических ран. *МС*. 2016. № 10.
3. Жунисов Б., Бакытжан А. Обзор современных методов лечения длительно не заживающих ран. *Евразийский журнал медицинских и естественных наук*. 2025. № 5 (10). С. 153–159.
4. Комелягина Е.Ю., Анциферов М.Б. Синдром диабетической стопы: патогенез, диагностика, современные подходы к терапии. *Лечащий Врач*. 2025. № 3 (28). С. 9–15.
5. Богданов С.Б., Каракулев А.В. Совершенствование комплексного применения клеточной терапии и биологических

раневых покрытий в лечении пациентов с дефектами кожных покровов. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2019. № 4. С. 43–49.

6. Крупина Е.А. Анализ молекулярных и биологических аспектов применения PRP и АСП-терапии. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2020. Т. 15. № 3. часть 2.

7. Ерашов П.А., Денисенко В.Л. Обогащенная тромбоцитами плазма (PRP). Ее классификация, получение и использование в медицине на современном этапе (обзор). *Вестник ВГМУ*. 2022. № 6.

8. Каприн А.Д., Костин А.А. Аутоплазма, обогащенная тромбоцитарными факторами роста, в лечении эректильной дисфункции: обзор доклинических и клинических исследований. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2019. № 3.

9. Васильева Е.Ф., Брусов О.С. Тромбоциты, гемостаз и психические расстройства. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019. № 119 (11). С. 103–108.

10. Макаров М.С., Боровкова Н.В. Патофизиологические особенности тромбоцитов при сепсисе. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2023. № 1.

11. Кривошеков Е.П., Аляпышев Г.С. Применение биопластических, клеточных и биологических материалов для заживления раневых дефектов. *Sciences of Europe*. 2019.

12. Малыгина М.А., Боровкова Н.В. Применение богатой тромбоцитами плазмы при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательного аппарата. *Трансплантология*. 2017. № 4.

13. Ачкасов Е.Е., Безуглов Э.Н. Применение аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, в клинической практике. *Биомедицина*. 2013. № 4. С. 46–59.

14. Боровкова Н.В., Филатова И.А. Эффективность применения лизата богатой тромбоцитами плазмы (БоТП) у пациентов с эрозией роговицы или посттравматическим рубцеванием тканей век. *Российский офтальмологический журнал*. 2020. № 13 (3). С. 8–14.

15. Качалов С.Н., Ластовка А.С. Особенности свойств тромбоцитарных концентратов первого и второго поколения. *Современная стоматология*. 2024. № 1 (92).

16. Минаев С.В., Тимофеев С.И. Обогащенная тромбоцитарная плазма в хирургической практике. Обзор литературы. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2023. № 3.

17. Tang H. Platelet-rich plasma for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review. *Front. Endocrinology*, 2023, volume 14.

18. Комелягина Е.Ю., Анциферов М.Б. Факторы роста в терапии язвенных дефектов при синдроме диабетической стопы. *Сахарный диабет*. 2019. № 4.

19. Абдрахманова С., Имашпаев Д. Опыт применения аллогенной плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении синдрома диабетической стопы. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2024.

20. OuYang H., Tang Y., et al. Platelet-rich plasma for the treatment of diabetic foot ulcer: a systematic review. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023.

21. OuYang H., Yang J., et al. Effects of different treatment measures on the efficacy of diabetic foot ulcers: a network meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024.

22. Gomez P.T., Andrews K.L., et al. Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers. *Adv Skin Wound Care*, 2024, pp. 608–615.

23. Yasser O. et al. Autologous platelet-rich plasma vs conventional dressing in the management of chronic diabetic foot ulcers. *Wounds: a Compendium of clinical research and practice*, 2022.

24. Панин С.И., Мозговой П.В. Результаты применения плазмы, обогащенной тромбоцитами в хирургической практике (обзор доказательной базы). *Вестник ВолГМУ*. 2025. № 1.

25. Obolenskiy V.N., Ermolova D.A., et al. Clinical and economic effectiveness of the use of platelet-rich plasma in the treatment of chronic wounds. *Wound Medicine*, 2017, no 19, pp. 27–32.

26. Hirase T., Ruff E., et al. Topical application of platelet-rich plasma for diabetic foot ulcers: A systematic review. *World J Diabetes*, 2018, no 9 (10), pp. 172–179.

27. Коровин А.Я., Попандопуло К.И. Комплексное лечение трофических язв нижних конечностей у больных сахарным диабетом 2-го типа. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2022. № 4. С. 48–53.

28. Xu H., Huang K., et al. Efficacy and safety of platelet-rich plasma versus conventional care in diabetic foot ulcers: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Diabetol.*, 2025, no 62 (10), pp. 1585–1596.

References:

1. Hamm R. L. Wounds. *Diagnosis and treatment: atlas-handbook*. Translated from English by V.A. Mitish, Y.S. Paskhalova. M.: GEOTAR-Media. 2021, 536 p. (In Russ.)

2. Obolenskiy V.N. Modern methods of treating chronic wounds. *MS*, 2016, no 10. (In Russ.)

3. Zhunisov B., Bakytzhan A. Review of modern methods for treating long-standing non-healing wounds. *Eurasian Journal of Medical and Natural Sciences*, 2025, no 5 (10), pp. 153–159. (In Russ.)

4. Komelyagina E.Y., Antsiferov M.B. Diabetic foot syndrome: pathogenesis, diagnosis, contemporary approaches to therapy. *The Treating Physician*, 2025, no 3 (28), pp. 9–15. (In Russ.)

5. Bogdanov S.B., Karakulov A.V. Improving the integrated use of cellular therapy and biological wound coverings in the treatment of patients with skin defects. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*, 2019, no 4, pp. 43–49. (In Russ.)

6. Krupina E.A. Molecular and biological aspects of PRP and ACP-therapy: analysis. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov*, 2020, volume 15, no 3, part 2. (In Russ.)

7. Yerashov P.A., Denisenko V.L. Platelet-rich plasma (PRP). Its classification, preparation, and use in modern medicine (review). *Bulletin of VGUMU*, 2022, no 6. (In Russ.)

8. Kaprin A.D., Kostin A.A. Autoplazma enriched with platelet growth factors in the treatment of erectile dysfunction: review of pre-clinical and clinical studies. *Research'n Practical Medicine Journal*, 2019, no 3. (In Russ.)

9. Vasilyeva E.F., Brusov O.S. Platelets, hemostasis and mental disorders. *S.S. Korsakoff Neuroscience and Psychiatry Journal*, 2019, no 119 (11), pp. 103–108. (In Russ.)

10. Makarov M.S., Borovkova N.V. Pathophysiological features of platelets in sepsis. *Far Eastern Medical Journal*, 2023, no 1. (In Russ.)

11. Krivoshchekov E.P., Alyapyshev G.S. Use of bioplastic, cellular and biological materials for healing wound defects. *Sciences of Europe*, 2019. (In Russ.)

12. Malygina M.A., Borovkova N.V. Use of platelet-rich plasma in diseases and injuries of the musculoskeletal system. *Transplantology*, 2017, no 4. (In Russ.)

13. Achkasov E.E., Bezuglov E.N. Use of autoplazma rich with platelets in clinical practice. *Biomedicina*, 2013, no 4, pp. 46–59. (In Russ.)

14. Borovkova N.V., Filatova I.A. Efficacy of using platelet-rich plasma lysate (PRP Lyse) in patients with corneal erosions or post-traumatic eyelid tissue scarring. *Russian Ophthalmologic Journal*, 2020, no 13 (3), pp. 8–14. (In Russ.)

15. Kachalov S.N., Lastovka A.S. Characteristics of properties of first- and second-generation platelet concentrates. *Modern Dentistry*, 2024, no 1 (92). (In Russ.)

16. Minaev S.V., Timofeev S.I. Platelet-rich plasma in surgical practice. A literature review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Reanimatology*, 2023, no 3. (In Russ.)

17. Tang H. Platelet-rich plasma for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review. *Frontiers in Endocrinology*, 2023, volume 14.

18. Komelyagina E.Y., Antsiferov M.B. Growth factors in therapy of ulcers in diabetic foot syndrome. *Diabetes*, 2019, no 4. (In Russ.)

19. Abdrakhmanova S., Imashpaev D. Experience of using allogeneic plasma enriched with soluble platelet factors in the treatment of diabetic foot syndrome. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2024. (In Russ.)

20. OuYang H., Tang Y., et al. Platelet-rich plasma for the treatment of diabetic foot ulcer: a systematic review. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, 2023.

21. OuYang H., Yang J., et al. Effects of different treatment measures on the efficacy of diabetic foot ulcers: a network meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, 2024.

22. Gomez P.T., Andrews K.L., et al. Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers. *Advances in Skin & Wound Care*, 2024, pp. 608–615.

23. Yasser O. et al. Autologous platelet-rich plasma vs conventional dressing in the management of chronic diabetic foot ulcers. *Wounds: A Compendium of Clinical Research and Practice*, 2022.

24. Panin S.I., Mozgovoy P.V. Results of using platelet-rich plasma in surgical practice (evidence base review). *Vestnik VolGUMU*, 2025, no 1. (In Russ.)

25. Obolenskiy V.N., Ermolova D.A., et al. Clinical and economic effectiveness of the use of platelet-rich plasma in the treatment of chronic wounds. *Wound Medicine*, 2017, no 19, pp. 27–32. (In Russ.)

26. Hirase T., Ruff E., et al. Topical application of platelet-rich plasma for diabetic foot ulcers: A systematic review. *World Journal of Diabetes*, 2018, no 9 (10), pp. 172–179.

27. Korovin A.Y., Popandopulo K.I., et al. Comprehensive treatment of trophic ulcers of the lower limbs in patients with type 2 diabetes. *Surgery. Journal named after N. I. Pirogov*, 2022, no 4, pp. 48–53. (In Russ.)

28. Xu H., Huang K., et al. Efficacy and safety of platelet-rich plasma versus conventional care in diabetic foot ulcers: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Diabetologica*, 2025, no 62 (10), pp. 1585–1596.

Сведения об авторах:

Кисляков Валерий Александрович – д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Российского Университета Дружбы Народов имени Патриса Лумумбы, 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, e-mail: vakislakov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0189-3539

Шиболденкова Ксения Александровна – аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Российского Университета Дружбы Народов имени Патриса Лумумбы, 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, e-mail: kshiboldenkova@mail.ru*

ORCID: 0009-0004-6720-2333

Боровкова Наталья Валерьевна – д.м.н., заведующая научным отделом биотехнологии и трансфузиологии НИИ скорой медицинской помощи им. Н.В. Склифосовского, доцент кафедры трансплантологии и искусственных органов им. В.П. Демикова Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова (РНИМУ им. Н.И. Пирогова), 129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3, корп. 1, e-mail: Borovkovanv@sklif.mos.ru

ORCID: 0000-0002-8897-7523

Макаров Максим Сергеевич – д.б.н., ведущий научный сотрудник научного отдела биотехнологии и трансфузиологии, Научно-исследовательский институт неотложной медицины им. Н.В. Склифосовского, 129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3, стр. 1, e-mail: makarovms@sklif.mos.ru

ORCID: 0000-0002-2184-2982

Information about the authors:

Kislyakov Valery Aleksandrovich – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Hospital Surgery with a Course in Pe-

diatric Surgery at the Patrice Lumumba Russian University of Friendship of Peoples, 117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya Street, e-mail: vakislakov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0189-3539

Shiboldenkova Kseniya Aleksandrovna – Postgraduate student of the Department of Hospital Surgery with the course of Pediatric Surgery of the Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), 117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya Street, e-mail: kshiboldenkova@mail.ru*

ORCID: 0009-0004-6720-2333

Borovkova Natalya Valerievna – Doctor of Medical Sciences, Head of Scientific Department of Biotechnology and Transfusiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Associate Professor of the V.P. Demikhov Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), 129090, Russia, Moscow, 3 Bolshaya Sukharevskaya Square, Building 1, email: Borovkovanv@sklif.mos.ru

ORCID: 0000-0002-8897-7523

Makarov Maxim Sergeevich – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Scientific Department of Biotechnology and Transfusiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 129090, Russia, Moscow, 3 Bolshaya Sukharevskaya Square, Building 1, e-mail: makarovms@sklif.mos.ru

ORCID: 0000-0002-2184-2982