



Обзор

CC BY 4.0

УДК 616.833-001.4+616-003.93+615.38+616-092.9+611.018.2  
<https://doi.org/10.56871/RBR.2026.67.79.006>

## Применение стромально-васкулярной фракции жировой ткани и обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении повреждений периферических нервов: возможности и перспективы (обзор)

Анна-Мария Вадимовна Ерофеева<sup>1</sup>, Василий Генрихович Богдан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, 220072, г. Минск, ул. Академическая, д. 28, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Отделение медицинских наук Национальной академии наук Беларуси, 220072, г. Минск, пр. Независимости, д. 66, Республика Беларусь

**Для цитирования:** Ерофеева А.-М.В., Богдан В.Г. Применение стромально-васкулярной фракции жировой ткани и обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении повреждений периферических нервов: возможности и перспективы (обзор). *Российские биомедицинские исследования*. 2026;11(2):61–71. <https://doi.org/10.56871/RBR.2026.67.79.006>.

Поступила: 02.02.2026

Одобрена: 16.04.2026

Принята к печати: 30.05.2026

**Автор**

**для корреспонденции:**

Анна-Мария Вадимовна  
Ерофеева.

E-mail:

[amyerofeyeva@zoho.eu](mailto:amyerofeyeva@zoho.eu)

**Резюме.** Травмы периферических нервов часто сопровождаются несостоятельностью спонтанной регенерации, что приводит к серьезным сенсорным и двигательным нарушениям, хронической боли и, как следствие, снижению качества жизни. Успешность восстановления структуры и функции периферического нерва зависит от ряда факторов, критически важным из которых является поддержание нейротрофического окружения в области повреждения. Способность клеточных биопродуктов к трофической поддержке, активации репаративных процессов в сочетании с их иммуномодулирующим действием являются определяющей причиной активного интереса исследователей в области неврологии. В обзоре рассматриваются современные представления о патофизиологии повреждения периферического нерва и факторах, влияющих на его восстановление. Описаны результаты актуальных экспериментальных и клинических исследований об использовании обогащенной тромбоцитами плазмы и стромально-васкулярной фракции жировой ткани для лечения повреждений периферических нервов. Приведены сведения о биологических свойствах, основных механизмах действия и терапевтическом потенциале стромально-васкулярной фракции и обогащенной тромбоцитами плазмы, определяющих преимущества использования данных биологически активных клеточных продуктов в регенеративной неврологии как средства локальной доставки трофических факторов. Акцентируется внимание на возможности комбинированного применения стромально-васкулярной фракции и обогащенной тромбоцитами плазмы при травматической периферической нейропатии, а также на необходимости проведения экспериментальных исследований в данном направлении.

**Ключевые слова:** травма периферического нерва, регенерация, обогащенная тромбоцитами плазма, стромально-васкулярная фракция, жировая ткань

© Ерофеева А.-М.В.,  
Богдан В.Г., 2026

**Источник финансирования.** Исследование выполнено в рамках государственной программы научных исследований «Экспериментальная медицина и медицинские биотехнологии», 2026–2030 годы, НИР № 11.1.6.



## Review

<https://doi.org/10.56871/RBR.2026.67.79.006>

## Application of stromal-vascular fraction of adipose tissue and platelet-rich plasma in the treatment of peripheral nerve injuries: possibilities and prospects (a review)

Anna-Maria V. Yerofeyeva<sup>1</sup>, Vasiliy G. Bogdan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, 28 Akademicheskaya str., Minsk, 220072, Republic of Belarus

<sup>2</sup> Department of Medical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, 66 Nezavisimosti ave., Minsk, 220072, Republic of Belarus

**For citation:** Yerofeyeva A.-M.V., Bogdan V.G. Application of stromal-vascular fraction of adipose tissue and platelet-rich plasma in the treatment of peripheral nerve injuries: possibilities and prospects (a review). *Russian Biomedical Research*. 2026;11(2):61–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/RBR.2026.67.79.006>.

Received: 02.02.2026

Revised: 16.04.2026

Accepted: 30.05.2026

**Corresponding author:**

Anna-Maria V.

Yerofeyeva.

E-mail:

[amyerofeyeva@zoho.eu](mailto:amyerofeyeva@zoho.eu)

**Abstract.** Peripheral nerve injuries are often accompanied by failure of spontaneous regeneration, leading to severe sensory and motor impairments, chronic pain, and, consequently, a reduced quality of life. Successful restoration of peripheral nerve structure and function depends on a number of factors, with maintaining a neurotrophic environment at the site of injury being critical. The ability of cellular biological products to provide trophic support and activate reparative processes, as well as their immunomodulatory effects constitute a key driver of the intense interest of neurology researchers. This review examines current understanding of the pathophysiology of peripheral nerve injury and the factors influencing its recovery. The results of current experimental and clinical studies on the use of platelet-rich plasma and stromal vascular fraction of adipose tissue for the treatment of peripheral nerve injuries are presented. This article describes current information on the biological properties, primary mechanisms of action and therapeutic potential of stromal vascular fraction and platelet-rich plasma, highlighting the advantages of using these biologically active cellular products in regenerative neurology as a means of locally delivering trophic factors. The potential for combined use of stromal vascular fraction and platelet-rich plasma in traumatic peripheral neuropathy is highlighted, as is the need for experimental research in this area.

**Keywords:** peripheral nerve injury, regeneration, platelet-rich plasma, stromal-vascular fraction, adipose tissue

© Yerofeyeva A.-M.V.,  
Bogdan V.G., 2026

**Funding.** The study was carried out within the framework of the state scientific research program "Experimental Medicine and Medical Biotechnology", 2026–2030, research No. 1.1.6.



## ВВЕДЕНИЕ

Травмы периферических нервов представляют собой серьезную клиническую и медико-социальную проблему, поскольку часто приводят к развитию стойкой инвалидизации и снижению качества жизни пациентов. Это связано с тем, что повреждения могут нарушать двигательную активность, чувствительность и вегетативные функции, а также формировать хронический болевой синдром, что сопряжено со значительными социальными и экономическими потерями [1]. Несмотря на широкие возможности ранней диагностики, высокий уровень развития микрохирургических методик и вспомогательной фармакологической поддержки, проблема достижения полного восстановления структуры и функции периферических нервов после травм остается весьма актуальной.

Среди разработок новых методов лечения травматических повреждений периферической нервной системы особое место уделяют подходам регенеративной медицины. Способность клеточных биопродуктов к трофической поддержке, активации репаративных процессов в сочетании с их иммуномодулирующим действием являются определяющей причиной активного интереса исследователей в области регенеративной неврологии. В частности, эффективность мезенхимальных стволовых клеток (МСК) в неврологической практике показана для терапии болезни Альцгеймера, рассеянного склероза, травм спинного мозга, ишемического инсульта, болезни Паркинсона, диабетической и травматической нейропатии [2, 3]. Тем не менее в настоящее время проводятся многочисленные научные работы, направленные на поиск и разработку альтернативных биологически активных продуктов с высоким терапевтическим потенциалом. Обогащенная тромбоцитами плазма (ОТП) и стромально-вазкулярная фракция (СВФ) жировой ткани служат минимально инвазивным и доступным источником паракринно активных клеток и пула секретруемых ими биологически активных молекул [4, 5]. В связи с этим они привлекают пристальное внимание благодаря локальному действию клеточного компонента и комплексу трофических и регенераторных факторов при травмах периферической нервной системы.

Цель настоящего обзора — провести анализ литературных данных с оценкой возможности применения обогащенной тромбоцитами плазмы и стромально-вазкулярной фракции для лечения травм периферических нервов, уточнением основных механизмов действия, определением перспектив использования и направлений развития лечебных методов на основе регенеративных технологий.

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Травмы периферических нервов, по данным разных авторов, составляют 1–10% общего числа травм. Раны конечностей сопровождаются повреждением нервных стволов в 1,5% случаев, а переломы — в 20% [6]. Вместе с тем число пациентов с травмой периферических нервов не поддается точному определению [7]. Более половины случаев травм периферических нервов встречается у пациентов в возрасте 18–35 лет (59%), значительно чаще — у мужчин (соотношение мужчин и женщин составляет 5:1) [6].

Травматическим повреждениям чаще всего подвержены периферические нервы, иннервирующие конечности. В большинстве случаев встречаются травмы локтевого, срединного и лучевого нервов [8]. Седалищный нерв является самым длинным периферическим нервом человека, обеспечивающим двигательную и чувствительную иннервацию нижних конечностей [7]. Повреждение седалищного нерва относится к одним из наиболее распространенных видов патологии после травм нижних конечностей, оно может вызывать частичную потерю двигательных и чувствительных функций голени и стопы, а также хроническую боль. Чаще всего встречается сдавление (компрессия) седалищного нерва, реже — растяжение и разрыв, а также частичный разрыв при переломе таза. Подобные повреждения как таковые не летальны, тем не менее они приводят к частичной или полной инвалидности, особенно у людей трудоспособного возраста [8].

К наиболее частым причинам, приводящим к повреждениям периферических нервных стволов, можно отнести открытые (колотые, резаные, рубленые или огнестрельные ранения) или закрытые (ушибы, вывихи, переломы) травмы, компрессионные повреждения (длительное сдавление нерва из-за гипсовых повязок, тугих жгутов или отеков) или растяжение (резкое движение, которое может вызвать растяжение нерва, особенно вблизи костных структур) [6–8].

## ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

Структурная организация периферических нервов обеспечивает значительную биомеханическую устойчивость при движениях в повседневной жизни. Аксоны, окруженные шванновскими клетками, защищены тремя иерархично расположенными слоями соединительнотканых оболочек (эндоневрий, периневрий, эпиневрив), которые помимо кровоснабжения создают эластичный защитный каркас [9]. Тем не менее данные структуры весьма чувствительны



к повреждению при сдавлении, разрыве либо чрезмерном растяжении тканей.

Для характеристики микроанатомического повреждения нерва предложены различные классификации. Согласно классификации Н. Sheddон выделяют следующие типы повреждений: нейропраксия — разрыв части нервных волокон внутри нервного ствола; аксонотмезис — разрыв нервных волокон с сохранением соединительнотканного каркаса; нейротмезис — полный разрыв нервного ствола. Установлены пять градаций повреждения по S. Sunderland: I — нейропраксия; II–IV — аксонотмезис с различной степенью повреждения соединительнотканного каркаса; V — нейротмезис [10], которые позже были дополнены S.E. MacKinnon VI градацией, подразумевающей смешанный тип повреждения [11]. В зависимости от тяжести повреждения нерва процесс восстановления имеет свои особенности и требует особого подхода к лечению [9, 11].

Особенность репаративных процессов в периферической нервной системе, в отличие от центральной, заключается в широко развитой способности к внутриклеточной регенерации. Так, сразу после повреждения нерва запускается комплекс метаболических процессов, исходно направленный на восстановление структурной целостности: 1) в телах нейронов, нейриты которых были повреждены, происходит активация экспрессии ряда ассоциированных с регенерацией генов, при сильном повреждении часть нейронов подвергается апоптозу; 2) валлеровская дегенерация участка нерва не только дистальнее повреждения, но и проксимальнее его (до первого перехвата Ранвье); 3) активация секреции провоспалительных цитокинов и нейротрофических факторов шванновскими клетками; 4) формирование конуса роста нейритов, направляемый миелинообразующими шванновскими клетками рост нейритов с последующей реиннервацией тканей [11, 12].

Успешность спонтанной регенерации периферического нерва заключается в соединении регенерирующих нейритов через поврежденную область с формированием нервных мостиков между нервом проксимальнее повреждения и иннервируемой тканью дистальнее повреждения [13]. Данный процесс лимитирован множеством факторов, таких как: 1) длина поврежденного участка; 2) целостность эндоневральных трубок; 3) наличие и выраженность сопутствующего воспаления окружающих тканей; 4) скорость образования рубцовой ткани и формирования спайки нерва; 5) скорость роста аксонов; 6) пул нейротрофических факторов роста в микроокружении поврежденного нерва [13, 14]. Дисбаланс этих факторов может привести к неправильному направлению регенерирующих нейритов и, как следствие, к несостоятельности

восстановления нерва. Доставка и поддержание пула нейротрофических факторов в зоне повреждения периферического нерва целесообразны для успешного завершения процесса его восстановления.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕРАПИИ ТРАВМ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

Комплексное лечение повреждений периферических нервов включает ряд микрохирургических методов (нейрорафия с тубулизацией, неврулиз, эпинеуральный шов, различные виды аутопластики, в том числе трансплантация аутографтов нерва), а также физиотерапию и фармакологическую терапию в качестве вспомогательных методик в дополнение к оперативному лечению [1, 6, 15]. Эффективность хирургического подхода ограничена противопоказаниями к забору донорского нерва, высоким риском его инфицирования, длиной замещаемого участка нерва, а также формированием невромы в зоне вмешательства. Более того, указанные методы сами по себе не обеспечивают должного поддержания трофической среды в области повреждения нерва, необходимой для полного восстановления его структуры и функции [15]. Использование биологически активных продуктов для модуляции регенераторного потенциала структур периферической нервной системы будет способствовать повышению состоятельности репаративных процессов и, как следствие, нормализации сенсорных и двигательных функций.

Трофическую среду в области повреждения нерва формировали посредством выполнения локальных инъекций рекомбинантных факторов роста: нейротрофического фактора мозга (brain-derived neurotrophic factor, BDNF), фактора роста нервов (nerve growth factor, NGF) и глиального нейротрофического фактора (glial cell-derived neurotrophic factor, GDNF). Однако в ходе исследований было установлено, что факторы роста быстро инактивируются ферментными системами, что определяет неэффективность такого подхода [16]. Пролонгированное высвобождение этих факторов в области инъекции может быть достигнуто при использовании клеточных линий, обладающих высокой паракринной активностью, а также векторных конструкций с факторами роста.

В частности способность МСК, выделенных из жировой ткани, стимулировать регенерацию периферического нерва показана в ряде экспериментальных исследований [3, 17]. Среди основных механизмов нейротрофического действия МСК выделяют дифференцировку в направлении шванновских клеток, способность к миграции в место повреждения, а также активацию секретора, богатого нейротрофическими факторами, который поддерживает рост и миелинизацию аксонов, стимулирует ангиогенез и



модулирует иммунные реакции в сторону разрешения нейровоспаления [17]. С помощью генно-инженерных конструкций можно добиться стабильной и высокой экспрессии факторов роста, однако основным ограничением в настоящее время служит высокая стоимость их изготовления, а также судьба трансфицированных клеток [16].

Несмотря на полученные многообещающие результаты, существует необходимость оптимизации регенеративного и иммуномодулирующего потенциала МСК в зоне инъекции [3]. В качестве альтернативы МСК могут быть рассмотрены биологически активные клеточные продукты, такие как СВФ жировой ткани и ОТП.

### СТРОМАЛЬНО-ВАСКУЛЯРНАЯ ФРАКЦИЯ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

СВФ жировой ткани представляет собой фракцию жировой ткани, лишенную адипоцитов. Она содержит несколько популяций клеток: МСК, перicyты, фибробласты, эндотелиоциты и их предшественники, гладкомышечные клетки и различные типы иммунных клеток, таких как макрофаги жировой ткани и регуляторные Т-клетки [4, 5]. СВФ сочетает в себе насыщенность клетками с добавлением паракринно действующих сигнальных молекул, компонентов нативной ниши, которые поддерживают функционирование самих клеток, создавая для них физиологические условия [5].

Получение СВФ включает последовательное выполнение ряда основных этапов: 1) забор липоасpirата жировой ткани; 2) механическая, ферментативная либо смешанная обработка жировой ткани; 3) центрифугирование с целью отделения адипоцитов [18]. Конечный продукт содержит различные популяции клеток, каждая из которых вносит свой вклад в терапевтический потенциал СВФ. Стоит отметить, что на клеточный состав СВФ влияют не только методика липоасpirации и тип обработки, но и локализация места забора жировой ткани. В исследовании D. Jovic и соавт. показано, что из жировой ткани поясничной области удается получить СВФ с наибольшей по количеству и выживаемости клеточной массой [19]. В то же время область передней брюшной стенки более предпочтительна для забора жировой ткани, поскольку она имеет достаточное количество подкожного жира и менее инвазивна относительно других участков [18].

Считается, что основной механизм действия СВФ заключается в паракринной сигнализации путем секреции факторов роста, цитокинов и внеклеточных везикул [4, 5]. Компоненты СВФ обладают иммуномодулирующими свойствами, приводя к повышению секреции противовоспалительного интерлейкина-10 (ИЛ-10) в микроокружении, что, в свою очередь, сни-

жает уровень провоспалительного фактора некроза опухоли- $\alpha$  [20]. В ряде исследований отмечен ангиогенный эффект СВФ, который, по всей вероятности, достигается за счет наличия в ее составе прогениторных клеток эндотелиоцитов [17, 18, 20]. В состав СВФ также входят ключевые нейротрофические факторы, необходимые для восстановления нервных стволов (BDNF, NGF, GDNF) [18, 20]. Суммарно терапевтическую эффективность СВФ можно объяснить синергичным взаимодействием различных типов клеток.

В настоящее время высокий регенеративный потенциал СВФ продемонстрирован для коррекции дефектов костной ткани [21], ожоговых ран [22], остеоартита [23], при травмах спинного мозга [24], рубцовых дефектах, ишемии миокарда [20]. За счет своих свойств использование СВФ при повреждении нервов может препятствовать дезорганизованному прорастанию нейритов и способствовать регенерации нервных волокон. В модели травмы спинного мозга C. Ertlen и соавт. установлено, что субдуральная инъекция СВФ приводила к снижению экспрессии провоспалительных цитокинов и восстановлению поведенческих характеристик [25]. В работе B.K. Schilling и соавт. определено, что внутримышечное введение наножира усиливало силу сокращения икроножных мышц после повреждения седалищного нерва [26]. Стоит отметить, что имеющиеся исследования не затрагивали вопросы хронической компрессии нерва.

Основное преимущество СВФ относительно других клеточных продуктов заключается в отсутствии необходимости культивирования и фенотипирования клеток, что предполагает более быстрое получение продукта со значительно меньшими финансовыми расходами [4, 18].

В совокупности СВФ выступает целесообразной альтернативой использованию МСК для стимуляции регенерации периферического нерва после повреждения.

### ОБОГАЩЕННАЯ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМА

Обогащенная тромбоцитами плазма (platelet-rich plasma, PRP) — концентрат тромбоцитов в определенном объеме плазмы, как правило, в 3–6 раз больше исходной концентрации этих клеток в крови [27]. Для ОТП общепринята концентрация тромбоцитов в плазме не менее  $1 \times 10^6$ /мкл. Однако в зависимости от содержания других форменных элементов ОТП может быть богатой/бедной лейкоцитами (leukocyte rich/poor PRP) либо эритроцитами (red blood cell rich/poor PRP), которые могут влиять на итоговые терапевтические свойства биопродукта. Следует также отличать ОТП от обогащенной тромбоцитами фибрина (platelet-rich fibrin, PRF), который получают при отсутствии антикоагулянта [28, 29].



ОТП содержит широкий спектр сигнальных молекул, цитокинов и факторов роста, которые секретируются за счет дегрануляции тромбоцитов ( $\alpha$ -гранулы, плотные гранулы или  $\lambda$ -гранулы) под действием активатора, как правило, ионов кальция [29]. В частности, основными биомолекулами являются тромбоцитарный фактор роста (PDGF), трансформирующий фактор роста (TGF- $\beta$ ), эндотелиальный сосудистый фактор роста (VEGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF-1), фактор роста эндотелия (EGF), основной фактор роста фибробластов (bFGF) [28]. Помимо ряда лизосомальных ферментов и факторов свертывания ОТП содержит также нейротрофические факторы роста: фактор роста нервов (NGF), нейротрофический фактор мозга (BDNF) и нейротрофин-3 (NT-3), которые стимулируют рост аксонов, направляют рост нервных волокон [29]. Суммарно в ОТП насчитывается около 300 биологически активных молекул, обладающих терапевтическим потенциалом [30]. В совокупности состав ОТП позволяет обеспечить благоприятную микросреду для регенерации периферических нервов путем стимуляции роста аксонов и регуляции воспалительной реакции в зоне травмы.

Процесс получения ОТП относительно простой и состоит из следующих этапов: 1) забор крови в пробирку с антикоагулянтom (при этом предпочтение отдают цитрату натрия, поскольку он выводит ионы кальция из жидкости, не нарушая стабильности мембран тромбоцитов) [31]; 2) центрифугирование с выделением тромбоцитарной фракции плазмы; 3) концентрирование ОТП путем повторного центрифугирования. Дополнительно, непосредственно перед инъекцией ОТП, можно подвергнуть активации тромбином либо солями кальция. Готовый продукт можно вводить немедленно, либо материал подвергают заморозке при  $-20^{\circ}\text{C}$  [28, 30].

В настоящее время ОТП широко применяют в различных областях клинической медицины: для стимуляции восстановления хрящевой и костной ткани [32], заживления ран [33], пластической хирургии [34] и стоматологии [35]. В ряде пилотных исследований отмечен позитивный эффект ОТП в восстановлении лицевого, срединного, седалищного нервов лабораторных животных, а также в экспериментальных моделях неврологических заболеваний [36]. Тем не менее гетерогенность методологии исследований не позволяет выделить стандартный способ использования ОТП при лечении заболеваний периферических нервов.

Отдельно стоит упомянуть разносторонний положительный опыт клинического применения ОТП в Республике Беларусь. Так, эффективность ОТП была показана в тканевой инженерии, герниологии, при лечении трофических язв, синдрома диабетической стопы, хронической артериальной недостаточности,

обширных дефектов мягких тканей дистальных отделов нижних конечностей [37–40]. Ведутся экспериментальные исследования по использованию ОТП в лечении панкреатита [41]. Получен первый успешный опыт применения ОТП у пациентов с синдромом запястного канала [30].

Возможность комбинирования СВФ и ОТП представляется целесообразной, поскольку таким образом будет достигаться оптимальный состав клеток и растворимых факторов, необходимых для эффективной регенерации тканей. Ряд исследователей подчеркивают синергетический эффект комбинации ОТП с СВФ, в частности, комбинированное применение СВФ и ОТП было показано в лечении обширных ожогов [42], остеоартрита [43], рубцовых заболеваний кожи [44], но в отношении лечения повреждений периферических нервов данные в мировой литературе в настоящее время отсутствуют.

Предполагается, что синергизм ОТП и СВФ заключается в том, что пул растворимых биологически активных молекул в составе ОТП может стимулировать паракринную активность и пролиферативный потенциал МСК, основного клеточного компонента СВФ, что подтверждается исследованиями *in vitro*. Так, в исследовании Y. Zhang и соавт. продемонстрировано, что сокультивирование МСК с экзосомами, выделенными из ОТП, увеличивает их жизнеспособность и миграционную активность. Инъекция таких клеток животным с повреждением седалищного нерва приводила к усилению миелинизации нервных волокон и нормализации неврологического статуса [45]. Ранее было установлено стимулирующее влияние ОТП на жизнеспособность, скорость роста и секреторные особенности МСК человека при сохранении стабильных морфофенотипических характеристик [46].

Таким образом, комбинация СВФ и ОТП поможет добиться оптимального соотношения жизнеспособных, паракринно активных клеток и секретируемых ими биологически активных молекул для стимуляции регенерации периферического нерва, что обеспечит состоятельность восстановления его структуры и функции. Тем не менее требуются дальнейшие экспериментальные исследования в данной области для обоснования предложенной гипотезы.

Данный обзор имеет ряд ограничений. Во-первых, это неоднородность проанализированных научных статей, касающихся методик получения и инъекций биоактивных клеточных продуктов, что не позволяет сделать однозначный вывод о влиянии дозировки, кратности и сроков инъекций ОТП и СВФ на их терапевтический эффект. Во-вторых, отсутствуют четкие данные о сравнении эффектов различных клеточных продуктов при идентичной экспериментальной модели (нозологии). В-третьих, нет ясности в предпочтительном источнике



выделения биопродуктов. С одной стороны, изготовление аутологичной СВФ/ОТП значительно снижает риск отторжения клеток и инфекционных осложнений. С другой стороны, аллогенная СВФ/ОТП будет полезна особенно в тех случаях, когда имеются противопоказания для получения аутологичного биопродукта. Необходимо дальнейшие экспериментальные исследования для выявления оптимальных параметров использования СВФ и ОТП в регенерации периферических нервов, что приблизит применение этих клеточных биопродуктов в клинической практике.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СВФ и ОТП обладают значительным терапевтическим потенциалом для стимуляции репаративных процессов в поврежденном периферическом нерве. Нейропротекторные, иммуномодулирующие и ангиогенные свойства биопродуктов позволяют рассматривать их как средства будущего практического применения для трофической поддержки поврежденных перифериче-

ских нервов. Дальнейшие исследования продолжат развитие клеточных технологий в этом направлении.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Концепция исследования, анализ литературы, подготовка рукописи, одобрение итоговой версии статьи — все авторы.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contributions.** Study concept, literature review, manuscript preparation, approval of the final version of the article — all authors.

All authors read and approved the final version before publication.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

## ЛИТЕРАТУРА

- Modrak M., Talukder M.A.H., Gurgenshvil K., Noble M., Elfar J.C. Peripheral nerve injury and myelination: Potential therapeutic strategies. *J Neurosci Res.* 2020;98(5):780–795. <https://doi.org/10.1002/jnr.24538>.
- Zhang X., Kuang Q., Xu J., Lin Q., Chi H., Yu D. MSC-based cell therapy in neurological diseases: a concise review of the literature in pre-clinical and clinical research. *Biomolecules.* 2024;14(5):538. <https://doi.org/10.3390/biom14050538>.
- Aldali F., Deng C., Nie M., Chen H. Advances in therapies using mesenchymal stem cells and their exosomes for treatment of peripheral nerve injury: state of the art and future perspectives. *Neural Regen Res.* 2025;20(11):3151–3171. <https://doi.org/10.4103/NRR.NRR-D-24-00235>.
- Павлов В.Н., Казихинулов А.А., Казихинулов Р.А., Аравердиев М.А., Гареев И.Ф., Бейлерли О.А., Мазоров Б.З. Стромально-васкулярная фракция: биология и потенциальное применение. *Креативная хирургия и онкология.* 2021;11(1):92–99. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-1-92-99>.
- Araújo R.S., Mussalem M.G.V.B., Carrijo G.S., Bani J.V.F., Ferreira L.M. Adipose tissue derivatives in peripheral nerve regeneration after transection: a systematic review. *Bioengineering (Basel).* 2024;11(7):697. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11070697>.
- Яриков А.В., Байтингер А.В., Тутуров А.О., Евграфов Д.П., Байтингер В.Ф., Селянинов К.В. и др. Повреждения периферических нервов, история развития лечения, консервативное, интервенционное и хирургическое лечение. *Бюллетень науки и практики.* 2025;11(1):146–184. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/110/18>.
- Miskiewicz M., Hakimi A., Ling K., Tesoriero J., Komatsu D., Wang E. Epidemiology, risk factor, and economic analysis of peripheral nerve injury following distal radius fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2025;35(1):292. <https://doi.org/10.1007/s00590-025-04396-0>.
- Yang J., Zhang S., Li X., Chen Z., Xu J., Chen J. et al. Convergent and divergent transcriptional reprogramming of motor and sensory neurons underlying response to peripheral nerve injury. *J Adv Res.* 2025;72:135–150. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.07.008>.
- Hostiuc S., Ciobanu O.M., Popa E., Căținaș R., Ionescu-Mihăiță A.M., Sima A. et al. Clinical anatomy and diagnostic challenges in peripheral nerve trauma for the forensic physician. *Diagnostics (Basel).* 2025;15(13):1597. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15131597>.
- Kaya Y., Sarikcioglu L. Sir Herbert Seddon (1903–1977) and his classification scheme for peripheral nerve injury. *Childs Nerv Syst.* 2015;31(2):177–180. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2560-y>.
- Lopes B., Sousa P., Alvites R., Branquinho M., Sousa A.C., Mendonça C. et al. Peripheral nerve injury treatments and advances: one health perspective. *Int J Mol Sci.* 2022;23(2):918. <https://doi.org/10.3390/ijms23020918>.
- Wu S., Shen W., Ge X., Ao F., Zheng Y., Wang Y. et al. Advances in large gap peripheral nerve injury repair and regeneration with bridging nerve guidance conduits. *Macromol Biosci.* 2023;23(10):2300078. <https://doi.org/10.1002/mabi.202300078>.
- Fakhr M.J., Kavakebian F., Ababzadeh S., Rezapour A. Challenges and advances in peripheral nerve tissue engineering critical factors affecting nerve regeneration. *J Tissue Eng Regen Med.* 2024;2024(1):8868411. <https://doi.org/10.1155/2024/8868411>.
- Satria O., Aprilya D. Systematic review of nerve adhesion barriers for peripheral nerve regeneration and functional recovery. *Orthop Res Rev.* 2025;17:401–412. <https://doi.org/10.2147/ORR.S506375>.



15. Vijayavenkataraman S. Nerve guide conduits for peripheral nerve injury repair: A review on design, materials and fabrication methods. *Acta Biomater.* 2020;106:54–69. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.02.003>
16. Wan T., Zhang F.S., Qin M.Y., Jiang H.R., Zhang M., Qu Y. et al. Growth factors: Bioactive macromolecular drugs for peripheral nerve injury treatment — molecular mechanisms and delivery platforms. *Biomed Pharmacother.* 2024;170:116024. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.116024>.
17. Arif F., Rahman M., Khan C. Adipose derived stem cells for the peripheral nerve regeneration: review of techniques and clinical implications. *J Pak Med Assoc.* 2023;73(Suppl 1):S148–S154. <https://doi.org/10.47391/JPMA.AKUS-24>.
18. Goncharov E.N., Koval O.A., Igorevich E.I., Encarnacion Ramirez M.J., Nurmukhametov R., Valentinovich K.K., Montemurro N. Analyzing the clinical potential of stromal vascular fraction: a comprehensive literature review. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(2):221. <https://doi.org/10.3390/medicina60020221>.
19. Jovic D., Preradovic L., Kremenovic M., Jovic F., Antonic M., Aleksic Z., Ljubojevic V. Effect of donor site selection for fat grafting on the yield and viability of the stromal vascular fraction. *Aesthet Surg J.* 2023;43(9):NP704–NP712. <https://doi.org/10.1093/asj/sjad184>.
20. Gareev I., Beylerli O., Sufianov A., Pavlov V., Shi H. Stromal vascular fraction cell therapy: A promising therapeutic method for intracerebral hemorrhage. *Brain Hemorrhages.* 2025;6(3):110–120. <https://doi.org/10.1016/j.hest.2025.01.002>.
21. Анастасиева Е.А., Черданцева Л.А., Толстикова Т.Г., Кирилова И.А. Использование депротенинизированной костной ткани в качестве матрицы тканеинженерной конструкции: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(1):46–59. <https://doi.org/10.17816/2511-2905-2016>.
22. Алексеев А.А., Филимонов К.А., Астрелина Т.А., Кобзева И.В., Бобровников А.Э., Хромина С.С. и др. Комбинированное применение аутологичных клеток стромально-васкулярной фракции жировой ткани при аутодермопластике обширных глубоких ожогов. *Клиническая и экспериментальная хирургия.* 2025;13(3(49)):7–15. <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2025-13-3-7-15>.
23. Tang Q., Zhao X.S., Guo A., Cui R.T., Song H.L., Qi Z.Y. et al. Therapeutic applications of adipose-derived stromal vascular fractions in osteoarthritis. *World J Stem Cells.* 2022;14(10):744–755. <https://doi.org/10.4252/wjsc.v14.i10.744>.
24. Santos-De-La-Mata Á., Esteban P.F., Martínez-Torija M., Paniagua-Torija B., Espino-Rodríguez F.J., Beltrán-Camacho L. et al. Vasculogenic potential of adipose tissue derived stem cells from patients with chronic spinal cord injury and pressure injuries. *Angiogenesis.* 2025;28(4):48. <https://doi.org/10.1007/s10456-025-10002-y>.
25. Ertlen C., Seblani M., Bonnet M., Brezun J.M., Coyle T., Sabatier F. et al. Efficacy of the immediate adipose-derived stromal vascular fraction autograft on functional sensorimotor recovery after spinal cord contusion in rats. *Stem Cell Res Ther.* 2024;15(1):29. <https://doi.org/10.1186/s13287-024-03645-z>.
26. Schilling B.K., Baker J.S., Komatsu C., Turer D.M., Bengur F.B., Nerone W.V. et al. Intramuscular nanofat injection promotes inflammation-induced gastrocnemius regeneration in a syngeneic rat sciatic nerve injury model. *Plast Reconstr Surg.* 2023;151(6):947e–958e. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000010115>.
27. Илюнина О.О., Зюлькина Л.А., Щетинин В.В., Шастин Е.Н. Обогащенная тромбоцитами плазма в стоматологии: свойства, применение, протоколы приготовления (обзор литературы). *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2025;(2(74)):12–28. <https://doi.org/10.21685/20723032-2025-2-2>.
28. Rath M., Spinnen J., Kuhrt L.D., Priglinger E., Seika P., Runge D. et al. Platelet-rich plasma — a comprehensive review of isolation, activation, and application. *Acta Biomaterialia.* 2025;204:52–75. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2025.07.050>.
29. Zhang Z., Liu P., Xue X., Zhang Z., Wang L., Jiang Y. et al. The role of platelet-rich plasma in biomedicine: A comprehensive overview. *iScience.* 2025;28(2):111705. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111705>.
30. Чернуха Т.Н., Потапнев М.П., Линник О.В., Асаевич В.И. Плазма, обогащенная растворимыми факторами тромбоцитов: перспективы в терапии заболеваний периферической нервной системы. Обзор. *Коморбидная Неврология.* 2025;2(4):20–28. <https://doi.org/10.62505/3034-185x-2025-2-4-20-28>.
31. Минина А.О., Бокарев А.В., Холодный Р.Д. Сравнительная способность тромбоцитов, выделенных из образцов крови, стабилизированных цитратом натрия, ЭДТА или гепарином, к агрегации в ответ на активацию некоторыми агонистами. *Международный вестник ветеринарии.* 2025;(2):364–375. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.2.364>.
32. Walsh M.R., Nelson B.J., Braman J.P., Yonke B., Obermeier M., Raja A., Reams M. Platelet-rich plasma in fibrin matrix to augment rotator cuff repair: a prospective, single-blinded, randomized study with 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018;27(9):1553–1563. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.05.003>.
33. Uçar Ö., Çelik S. Comparison of platelet-rich plasma gel in the care of the pressure ulcers with the dressing with serum physiology in terms of healing process and dressing costs. *Int Wound J.* 2020;17(3):831–841. <https://doi.org/10.1111/iwj.13344>.
34. Hui Q., Chang P., Guo B., Zhang Y., Tao K. The clinical efficacy of autologous platelet-rich plasma combined with ultra-pulsed fractional CO<sub>2</sub> laser therapy for facial rejuvenation. *Rejuvenation Res.* 2017;20(1):25–31. <https://doi.org/10.1089/rej.2016.1823>.
35. ElSheshtawy A.S., Nazzal H., El Shahawy O.I., El Baz A.A., Ismail S.M., Kang J., Ezzat K.M. The effect of platelet-rich plasma as a scaffold in regeneration/revitalization endodontics of immature permanent teeth assessed using 2-dimensional radiographs and cone beam computed tomography: a randomized controlled trial. *Int Endod J.* 2020;53(7):905–921. <https://doi.org/10.1111/iej.13303>.
36. Wang S., Liu Z., Wang J., Cheng L., Hu J., Tang J. Platelet-rich plasma (PRP) in nerve repair. *Regen Ther.* 2024;27:244–250. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2024.03.017>.



37. Потапнев М.П., Загородный Г.М., Кривенко С.И., Богдан В.Г., Свирский А.О., Ясюкевич А.С. и др. Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2020;9(4):33–45. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33>.
38. Третьяков А.А., Зиновкин Д.А., Карпенко Ф.Н., Потапнев М.П., Николаев В.И., Пранджол М.З.И. Патоморфологическая оценка эффективности внутрисуставного применения растворимых факторов тромбоцитов для лечения экспериментального остеоартрита. *Гений ортопедии*. 2024;30(1):90–98. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-1-90-98>.
39. Богдан В.Г., Янушко В.Я., Варикаш Д.В., Потапнев М.П., Кривенко С.И. Клиническая эффективность применения аутологичной плазмы, обогащенной ростовыми факторами тромбоцитов, в комплексном лечении пациентов с хронической ишемией нижних конечностей. *Хирургия Восточная Европа*. 2025;14(4):549–563. <https://doi.org/10.34883/Pl.2025.14.4.016>.
40. Богдан В.Г., Федоров К.А., Трухан А.П. Эффективность клинического применения комплексного реконструктивно-регенеративного метода в лечении пациентов с обширными дефектами мягких тканей дистальных отделов нижних конечностей. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2025;23(5):463–471. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-5-463-471>.
41. Куделич О.А., Кондратенко Г.Г., Летковская Т.А., Степуро О.А., Потапнев М.П., Неровня А.М. Влияние мезенхимальных стромальных клеток, их микровезикул и плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, на патологические изменения в ткани поджелудочной железы при остром некротизирующем панкреатите у крыс. *Трансплантология*. 2025;17(2):167–183. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2025-17-2-167-183>.
42. Дерий Э.К., Зиновьев Е.В., Костяков Д.В., Пятаков С.Н., Мануковский В.А. Эффективность применения аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, и стромально-васкулярной клеточной фракции жировой ткани при аутодермопластике. *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(3(31)):87–93. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-87-93>.
43. Schwitzguebel A., Cadavid D.A.R., Silva T.D., Decavel P., Benaim C. Effectiveness of stromal vascular fraction (SVF) and platelet-rich plasma (PRP) in patients with knee osteoarthritis: protocol for a phase 3, prospective, randomized, controlled, multicenter study (SPOST Study). *JMIR Res Protoc*. 2025;14(1):e62659. <https://doi.org/10.2196/62659>.
44. Pensato R., Al-Amer R., La Padula S. Efficacy and safety of transplantation of autologous fat, platelet-rich plasma (PRP) and stromal vascular fraction (SVF) in the treatment of acne scar: systematic review and meta-analysis. *Aesth Plast Surg*. 2024;48(13):2592–2593. <https://doi.org/10.1007/s00266-023-03477-x>.
45. Zhang Y., Yi D., Hong Q., Liu C., Chi K., Liu J. et al. Platelet-rich plasma-derived exosomes enhance mesenchymal stem cell paracrine function and nerve regeneration potential.

*Biochem Biophys Res Commun*. 2024;699:149496. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2024.149496>.

46. Богдан В.Г., Багатка С.С., Юркевич М.Ю., Зафранская М.М., Гаин Ю.М. Влияние обогащенной тромбоцитами плазмы на жизнеспособность, скорость роста, морфо-фенотипические и секреторные особенности мезенхимальных стромальных клеток жировой ткани человека. *Медицинский журнал*. 2011;(1(35)):27–29. EDN: RSKLEJ.

## REFERENCES

1. Modrak M., Talukder M.A.H., Gurgenshvil K., Noble M., Elfar J.C. Peripheral nerve injury and myelination: Potential therapeutic strategies. *J Neurosci Res*. 2020;98(5):780–795. <https://doi.org/10.1002/jnr.24538>.
2. Zhang X., Kuang Q., Xu J., Lin Q., Chi H., Yu D. MSC-based cell therapy in neurological diseases: a concise review of the literature in pre-clinical and clinical research. *Biomolecules*. 2024;14(5):538. <https://doi.org/10.3390/biom14050538>.
3. Aldali F., Deng C., Nie M., Chen H. Advances in therapies using mesenchymal stem cells and their exosomes for treatment of peripheral nerve injury: state of the art and future perspectives. *Neural Regen Res*. 2025;20(11):3151–3171. <https://doi.org/10.4103/NRR.NRR-D-24-00235>.
4. Pavlov V.N., Kazikhinurov A.A., Kazikhinurov R.A., Agaverdiev M.A., Gareev I.F., Beylerli O.A., Mazorov B.Z. Stromal vascular fraction: biology and application outlook. *Creative surgery and oncology*. 2021;11(1):92–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-1-92-99>.
5. Araújo R.S., Mussalem M.G.V.B., Carrijo G.S., Bani J.V.F., Ferreira L.M. Adipose tissue derivatives in peripheral nerve regeneration after transection: a systematic review. *Bioengineering (Basel)*. 2024;11(7):697. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11070697>.
6. Yarikov A.V., Baitinger A.V., Tuturov A.O., Yevgrafov D.P., Baitinger V.F., Selyaninov K.V. et al. Peripheral nerve injury, the history of treatment development, conservative, interventional and surgical treatment. *Bulletin of Science and Practice*. 2025;11(1):146–184. (In Russ.). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/110/18>.
7. Miskiewicz M., Hakimi A., Ling K., Tesoriero J., Komatsu D., Wang E. Epidemiology, risk factor, and economic analysis of peripheral nerve injury following distal radius fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2025;35(1):292. <https://doi.org/10.1007/s00590-025-04396-0>.
8. Yang J., Zhang S., Li X., Chen Z., Xu J., Chen J. et al. Convergent and divergent transcriptional reprogramming of motor and sensory neurons underlying response to peripheral nerve injury. *J Adv Res*. 2025;72:135–150. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.07.008>.
9. Hostiuc S., Ciobanu O.M., Popa E., Căținaș R., Ionescu-Mihăiță A.M., Sima A. et al. Clinical anatomy and diagnostic challenges in peripheral nerve trauma for the forensic physician. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(13):1597. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15131597>.
10. Kaya Y., Sarikcioglu L. Sir Herbert Seddon (1903–1977) and his classification scheme for peripheral nerve injury. *Childs Nerv Syst*. 2015;31(2):177–180. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2560-y>.



11. Lopes B., Sousa P., Alvites R., Branquinho M., Sousa A.C., Mendonça C. et al. Peripheral nerve injury treatments and advances: one health perspective. *Int J Mol Sci.* 2022;23(2):918. <https://doi.org/10.3390/ijms23020918>.
12. Wu S., Shen W., Ge X., Ao F., Zheng Y., Wang Y. et al. Advances in large gap peripheral nerve injury repair and regeneration with bridging nerve guidance conduits. *Macromol Biosci.* 2023;23(10):2300078. <https://doi.org/10.1002/mabi.202300078>.
13. Fakhr M.J., Kavakebian F., Ababzadeh S., Rezapour A. Challenges and advances in peripheral nerve tissue engineering critical factors affecting nerve regeneration. *J Tissue Eng Regen Med.* 2024;2024(1):8868411. <https://doi.org/10.1155/2024/8868411>.
14. Satria O., Aprilia D. Systematic review of nerve adhesion barriers for peripheral nerve regeneration and functional recovery. *Orthop Res Rev.* 2025;17:401–412. <https://doi.org/10.2147/ORR.S506375>
15. Vijayavenkataraman S. Nerve guide conduits for peripheral nerve injury repair: A review on design, materials and fabrication methods. *Acta Biomater.* 2020;106:54–69. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.02.003>
16. Wan T., Zhang F.S., Qin M.Y., Jiang H.R., Zhang M., Qu Y. et al. Growth factors: Bioactive macromolecular drugs for peripheral nerve injury treatment — molecular mechanisms and delivery platforms. *Biomed Pharmacother.* 2024;170:116024. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.116024>.
17. Arif F., Rahman M., Khan C. Adipose derived stem cells for the peripheral nerve regeneration: review of techniques and clinical implications. *J Pak Med Assoc.* 2023;73(Suppl 1):S148–S154. <https://doi.org/10.47391/JPMA.AKUS-24>.
18. Goncharov E.N., Koval O.A., Igorevich E.I., Encarnacion Ramirez M.J., Nurmukhametov R., Valentinovich K.K., Montemurro N. Analyzing the clinical potential of stromal vascular fraction: a comprehensive literature review. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(2):221. <https://doi.org/10.3390/medicina60020221>.
19. Jovic D., Preradovic L., Kremenovic M., Jovic F., Antonic M., Aleksic Z., Ljubojevic V. Effect of donor site selection for fat grafting on the yield and viability of the stromal vascular fraction. *Aesthet Surg J.* 2023;43(9):NP704–NP712. <https://doi.org/10.1093/asj/sjad184>.
20. Gareev I., Beylerli O., Sufianov A., Pavlov V., Shi H. Stromal vascular fraction cell therapy: A promising therapeutic method for intracerebral hemorrhage. *Brain Hemorrhages.* 2025;6(3):110–120. <https://doi.org/10.1016/j.hest.2025.01.002>.
21. Anastasieva E.A., Cherdantseva L.A., Tolstikova T.G., Kirilova I.A. Deproteinized bone tissue as a matrix for tissue-engineered construction: experimental study. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(1):46–59. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2016>.
22. Alekseev A.A., Filimonov K.A., Astrelina T.A., Kobzeva I.V., Bobrovnikov A.E., Khromina S.S. et al. Combined use of autologous cells of the stromal vascular fraction of adipose tissue in autodermoplasty of extensive deep burns. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2025;13(3(49)):7–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2025-13-3-7-15>.
23. Tang Q., Zhao X.S., Guo A., Cui R.T., Song H.L., Qi Z.Y. et al. Therapeutic applications of adipose-derived stromal vascular fractions in osteoarthritis. *World J Stem Cells.* 2022;14(10):744–755. <https://doi.org/10.4252/wjsc.v14.i10.744>.
24. Santos-De-La-Mata Á., Esteban P.F., Martínez-Torija M., Paniagua-Torija B., Espino-Rodríguez F.J., Beltrán-Camacho L. et al. Vasculogenic potential of adipose tissue derived stem cells from patients with chronic spinal cord injury and pressure injuries. *Angiogenesis.* 2025;28(4):48. <https://doi.org/10.1007/s10456-025-10002-y>.
25. Ertlen C., Seblani M., Bonnet M., Brezun J.M., Coyle T., Sabatier F. et al. Efficacy of the immediate adipose-derived stromal vascular fraction autograft on functional sensorimotor recovery after spinal cord contusion in rats. *Stem Cell Res Ther.* 2024;15(1):29. <https://doi.org/10.1186/s13287-024-03645-z>.
26. Schilling B.K., Baker J.S., Komatsu C., Turer D.M., Bengur F.B., Nerone W.V. et al. Intramuscular nanofat injection promotes inflammation-induced gastrocnemius regeneration in a syngeneic rat sciatic nerve injury model. *Plast Reconstr Surg.* 2023;151(6):947e–958e. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000010115>.
27. Ilyunina O.O., Ziulkina L.A., Shchetinin V.V., Shastin E.N. Platelet-rich plasma in dentistry: properties, application, preparation protocols (literature review). *University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2025;(2(74)):12–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2025-2-2>.
28. Rath M., Spinnen J., Kührt L.D., Priglinger E., Seika P., Runge D. et al. Platelet-rich plasma — a comprehensive review of isolation, activation, and application. *Acta Biomaterialia.* 2025;204:52–75. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2025.07.050>.
29. Zhang Z., Liu P., Xue X., Zhang Z., Wang L., Jiang Y. et al. The role of platelet-rich plasma in biomedicine: A comprehensive overview. *iScience.* 2025;28(2):111705. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111705>.
30. Charnukha T.N., Potapnev M.P., Linnik O.V., Asaevich V.I. Platelet-rich Plasma: Prospects in the Treatment of Peripheral Nervous System Diseases. A Review. *Comorbidity Neurology.* 2025;2(4):20–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.62505/3034-185x-2025-2-4-20-28>.
31. Minina A.O., Bokarev A.V., Kholodny R.D. The comparative ability of platelets isolated from blood samples stabilized with sodium citrate, edta, or heparin to aggregate in response to activation by certain agonists. *International Journal of Veterinary Medicine.* 2025;(2):364–375. (In Russ.). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.2.364>
32. Walsh M.R., Nelson B.J., Braman J.P., Yonke B., Obermeier M., Raja A., Reams M. Platelet-rich plasma in fibrin matrix to augment rotator cuff repair: a prospective, single-blinded, randomized study with 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018;27(9):1553–1563. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.05.003>.
33. Uçar Ö., Çelik S. Comparison of platelet-rich plasma gel in the care of the pressure ulcers with the dressing with serum physiology in terms of healing process and dressing costs. *Int Wound J.* 2020;17(3):831–841. <https://doi.org/10.1111/iwj.13344>.
34. Hui Q., Chang P., Guo B., Zhang Y., Tao K. The clinical efficacy of autologous platelet-rich plasma combined with ultra-pulsed



- fractional CO<sub>2</sub> laser therapy for facial rejuvenation. *Rejuvenation Res.* 2017;20(1):25–31. <https://doi.org/10.1089/rej.2016.1823>.
35. ElSheshtawy A.S., Nazzal H., El Shahawy O.I., El Baz A.A., Ismail S.M., Kang J., Ezzat K.M. The effect of platelet-rich plasma as a scaffold in regeneration/revitalization endodontics of immature permanent teeth assessed using 2-dimensional radiographs and cone beam computed tomography: a randomized controlled trial. *Int Endod J.* 2020;53(7):905–921. <https://doi.org/10.1111/iej.13303>.
  36. Wang S., Liu Z., Wang J., Cheng L., Hu J., Tang J. Platelet-rich plasma (PRP) in nerve repair. *Regen Ther.* 2024;27:244–250. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2024.03.017>.
  37. Potapnev M.P., Zagorodny G.M., Krivenko S.I., Bogdan V.G., Svirsky A.O., Yasyukevich A.S., Asaevich V.I., Bukach D.V., Eismont O.L. Modern aspects of the use of plasma enriched in soluble platelet factors in the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system. *Sports Medicine: Research and Practice.* 2019;9(4):33–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33>.
  38. Tretyakov A.A., Zinovkin D.A., Karpenko F.N., Potapnev M.P., Nikolaev V.I., Pranjol M.Z. Pathomorphologic evaluation of intra-articular injections of soluble platelet-rich plasma for treatment of experimental osteoarthritis. *Genij Ortopedii.* 2024;30(1):90–98. (In Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-1-90-98>.
  39. Bogdan V.G., Yanushko V.Ya., Varikash D.V., Potapnev M.P., Krivenko S.I. Clinical efficacy of using autologous plasma enriched with platelet growth factors in comprehensive treatment of patients with chronic lower limb ischemia. *Surgery Eastern Europe.* 2025;14(4):549–563. (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/PI.2025.14.4.016>.
  40. Bogdan V.G., Fedorov K.A., Trukhan A.P. Effectiveness of clinical application of comprehensive reconstructive-regenerative method in the treatment of patients with extensive defects of soft tissue of the distal sections of the lower extremities. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2025;23(5):463–471. (In Russ.). <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-5-463-471>.
  41. Kudelich O.A., Kondratenko G.G., Letkovskaya T.A., Stepuro O.A., Potapnev M.P., Nerovnya A.M. The effect of mesenchymal stromal cells, their microvesicles and platelet-rich plasma on pathological changes in pancreatic tissue in acute necrotizing pancreatitis in rats. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation.* 2025;17(2):167–183. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2025-17-2-167-183>.
  42. Derii E.K., Zinovev E.V., Kostyakov D.V., Pyatakov S.N., Manukovskiy V.A. Effectiveness of Autologous platelet-rich plasma and stromal vascular fraction in autologous skin grafting. *Innovative Medicine of Kuban.* 2023;(3(31)):87–93. (In Russ.). <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-87-93>.
  43. Schwitzguebel A., Cadavid D.A.R., Silva T.D., Decavel P., Benaim C. Effectiveness of stromal vascular fraction (SVF) and platelet-rich plasma (PRP) in patients with knee osteoarthritis: protocol for a phase 3, prospective, randomized, controlled, multicenter study (SPOST Study). *JMIR Res Protoc.* 2025;14(1):e62659. <https://doi.org/10.2196/62659>.
  44. Pensato R., Al-Amer R., La Padula S. Efficacy and safety of transplantation of autologous fat, platelet-rich plasma (PRP) and stromal vascular fraction (SVF) in the treatment of acne scar: systematic review and meta-analysis. *Aesth Plast Surg.* 2024;48(13):2592–2593. <https://doi.org/10.1007/s00266-023-03477-x>.
  45. Zhang Y., Yi D., Hong Q., Liu C., Chi K., Liu J. et al. Platelet-rich plasma-derived exosomes enhance mesenchymal stem cell paracrine function and nerve regeneration potential. *Biochem Biophys Res Commun.* 2024;699:149496. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2024.149496>.
  46. Bogdan V.G., Bagatka S.S., Yurkevich M.Yu., Zafanskaya M.M., Gain Yu.M. The influence of platelet-rich plasma on the viability, growth rate, morpho-phenotypic and secretory features of mesenchymal stromal cells of human adipose tissue. *Medical Journal.* 2011;(1(35)):27–29. (In Russ.). EDN: RSKLEJ.

## Об авторах

\* **Анна-Мария Вадимовна Ерофеева** — к.б.н., ведущий научный сотрудник Центра морфологических исследований. E-mail: amyerofeyeva@zoho.eu; <https://orcid.org/0000-0002-9407-9295>; SPIN: 8724-2194  
**Василий Генрихович Богдан** — д.м.н., профессор, академик-секретарь Отделения медицинских наук Национальной академии наук Беларуси. E-mail: bogdan-5@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7849-6497>; SPIN: 9466-0328

\* Автор, ответственный за переписку.  
Corresponding author.

## Authors' info

\* **Anna-Maria V. Yerofeyeva** — Cand. Sci. (Biol.), Lead Researcher of the Center of Morphology Research. E-mail: amyerofeyeva@zoho.eu; <https://orcid.org/0000-0002-9407-9295>; SPIN: 8724-2194  
**Vasiliy G. Bogdan** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician-Secretary of the Department of Medical Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus. E-mail: bogdan-5@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7849-6497>; SPIN: 9466-0328