

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

Обзорная статья



Обогащенная тромбоцитарная плазма в хирургической практике. Обзор литературы

С.В. Минаев¹, С.И. Тимофеев², А.Н. Григорова³, О.В. Владимирова¹, Ю.Н. Болотов¹,
О.И. Ячная¹, М.Г. Строганов⁴

¹ Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия;

² Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия;

³ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия;

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Применение обогащенной тромбоцитами плазмы в клинических условиях — актуальная проблема в различных областях медицины. Вместе с тем при использовании обогащенной тромбоцитами плазмы отсутствует единый и структурированный подход в ее приготовлении и этапности применения. В связи с чем в настоящем обзоре проведен анализ литературных данных по ее внедрению в хирургическую практику. Анализ данных строился на основании изучения российских и зарубежных научных источников, локализованных на поисковых платформах научного цитирования (РИНЦ, PubMed, Scopus и Web of Science). Приводятся наиболее общеупотребимые способы и методики приготовления обогащенной тромбоцитами плазмы в лабораторных и экспериментальных условиях. На основании данных клинических и экспериментальных исследований анализируется возможность и эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы в рутинной и экспериментальной хирургической практике различных специальностей. Несмотря на достаточно широкий спектр использования обогащенной тромбоцитами плазмы в различных сферах клинической медицины, применение ее в детской хирургической практике требует дальнейшей систематизации с отработкой показаний и противопоказаний.

Ключевые слова: детская хирургия; хирургия; обогащенная тромбоцитами плазма; PRP; обзор.

Как цитировать

Минаев С.В., Тимофеев С.И., Григорова А.Н., Владимирова О.В., Болотов Ю.Н., Ячная О.И., Строганов М.Г. Обогащенная тромбоцитарная плазма в хирургической практике. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 3. С. 405–417. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

Platelet-rich plasma in surgical practice: a review

Sergey V. Minaev¹, Sergey I. Timofeev², Alina N. Grigorova³, Oksana V. Vladimirova¹,
Yuri N. Bolotov¹, Oksana I. Iachnaia¹, Mikhail G. Stroganov⁴

¹ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia;

² Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia;

³ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

⁴ A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

The use of platelet-rich plasma (PRP) in clinical settings is a current issue in various fields of medicine. There is no unified and structured approach to PRP preparation and application stages. This review examines the literature data on the use of PRP in surgical practice. Data were analyzed using scientific sources from scientific citation platforms, such as RSCI, PubMed, Scopus, and Web of Science. This review describes the most commonly used methods and techniques for preparing PRP in laboratory and experimental conditions. Using data from clinical and experimental studies, the possibility and effectiveness of using PRP in routine and experimental surgical practice were analyzed. PRP has relatively wide range of applications in various areas of clinical medicine; however, its use in pediatric surgical practice requires further study, including the development of indications and contraindications.

Keywords: pediatric surgery; surgery; platelet-rich plasma; PRP; review.

To cite this article

Minaev SV, Timofeev SI, Grigorova AN, Vladimirova OV, Bolotov YuN, Iachnaia OI, Stroganov MG. Platelet-rich plasma in surgical practice: a review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(3):405–417. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

富血小板血浆在外科实践中的应用。文献综述

Sergey V. Minaev¹, Sergey I. Timofeev², Alina N. Grigorova³, Oksana V. Vladimirova¹,
Yuri N. Bolotov¹, Oksana I. Iachnaia¹, Mikhail G. Stroganov⁴

¹ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia;

² Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia;

³ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

⁴ A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia

简评

在临床实践中使用富血小板血浆是医学各种各样方面亟待解决的问题。然而，富血小板血浆的应用在其制备和应用阶段中缺乏统一和结构化的方法。因此，本综述分析了关于将其引入外科实践的文献资料。数据分析基于对科学引文搜索平台（俄罗斯科学引文索引、PubMed、Scopus和Web of Science）上的俄罗斯和外国科学资料进行的研究。本文介绍在实验室和实验条件下最常用的富血小板血浆制备方法和技术。根据临床和实验研究的数据，我们分析了富血小板血浆在各种各样专业常规和实验性外科实践中应用的可能性和有效性。虽然富血小板血浆在临床医学多样领域的应用范围相当广泛，但其在小儿外科实践中的应用还需要进一步系统化，并需要制定适应症和禁忌症。

关键词：小儿外科；外科；富血小板血浆；PRP；综述。

引用本文

Minaev SV, Timofeev SI, Grigorova AN, Vladimirova OV, Bolotov YuN, Iachnaia OI, Stroganov MG. 富血小板血浆在外科实践中的应用。文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(3):405–417. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1508>

收到: 13.03.2023

接受: 18.08.2023

发布日期: 28.09.2023

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время не теряет своей актуальности применение аутологичной плазмы крови (АПК) в различных областях медицины [1–4]. Еще в начале XX в. В.Ф. Войно-Ясенецкий в книге «Очерки гнойной хирургии» описал свои наблюдения при обкалывании гнойно-воспалительных очагов кровью самого больного, по сути, положив начало направлению в медицине, известному как аутогемотерапия [5]. В эру стремительного развития клеточных технологий и поиска эффективных методов управляемой регенерации имеющийся опыт применения АПК лег в основу применения обогащенной тромбоцитами плазмы (ОТП) у пациентов с челюстно-лицевой патологией, в спортивной медицине, в косметологии и эстетической медицине. Исследования безопасности применения АПК продемонстрировали не только наличие положительного клинического эффекта, но и отсутствие серьезных осложнений в раннем и отдаленном периоде наблюдений [6, 7]. Основываясь на знаниях репаративных механизмов, запускаемых АПК, возрастает интерес применения данного метода в детской хирургической практике [8–10].

Цель исследования — анализ литературных данных по применению ОТП в хирургической практике.

Проведенный анализ данных строился на основании изучения российских и зарубежных научных источников, локализованных на поисковых платформах научного цитирования (РИНЦ, PubMed, Scopus и Web of Science). В качестве ключевых слов для поиска были использованы: обогащенная тромбоцитами плазма, ОТП, аутологичная плазма крови, АПК, детская хирургия, безопасность, хирургия, platelet-rich plasma, PRP. Среди найденных 4699 публикаций произвели ранжирование работ по следующим направлениям: классификация и способы приготовления ОТП, применение ОТП в клинических и экспериментальных исследованиях, а также в детской хирургической практике.

КЛАССИФИКАЦИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ КРОВИ И ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМЫ

ОТП, или PRP (Platelet-Rich Plasma), представляет собой аутологичный биологический продукт с высоким содержанием тромбоцитов, способствующий регенерации за счет содержащихся в тромбоцитах факторов роста, имеющий низкий риск аллергической реакции [11]. На основании методов приготовления, конечного продукта, соотношения клеточного или фибринового содержания производится классифицирование АПК. При этом количественный состав фибрина и его плотность могут меняться. В 1975 г. описано экспериментальное использование ОТП Розенталем в офтальмологии, далее в 1998 г. Маркс использовал ОТП в челюстно-лицевой хирургии [12]. Рядом исследований *in vitro* и *in vivo* была доказана эффективность применения ОТП в различных областях медицины [13, 14]. На сегодняшний день существует множество классификаций ОТП. Наиболее известными из представленных научному сообществу была классификация PLRA (Platelets, Leukocyte, Red blood cells Activation) в 2015 г., в которой авторы определяли вид ОТП в зависимости от концентрации тромбоцитов, наличия/отсутствия лейкоцитов с эритроцитами и факторами роста [15]. В 2017 г. была предложена классификация ОТП, в которой демонстрировалась значимость моноцитов и лимфоцитов (PBMCS) [16]. В связи с этим была предложена новая классификация — MARSPIILL (Method, Activation, Red blood cells, Spin, Platelets, Image guidance, Leukocytes, Light activation) [17]. На сегодняшний день, наиболее распространенной и широко применяемой является классификация АПК [18] с выделением двух больших групп: ОТП и АКП (аутологичная конденсированная плазма, Autologous Conditioned Plasma — ACP) (рис. 1).

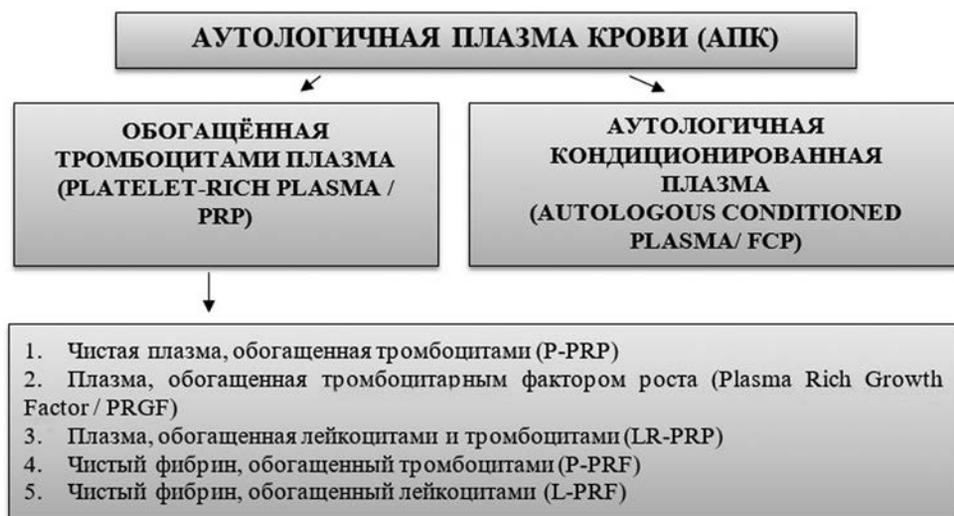


Рис. 1. Схематическая классификация аутологичной плазмы крови
Fig. 1. Schematic classification of the autologous blood plasma

Основной механизм приложения АПК и ОТП связан с активацией α -гранул тромбоцитов, после чего происходит дегрануляция путем экзоцитоза с высвобождением ряда факторов — фибронектина, фибриногена, Р-селектина, фактора Виллебранда, фактора роста тромбоцитов (PDGF), трансформирующего фактора роста бета (TGF- β), эпидермального фактора роста (EGF), матриксных металлопротеиназ, различных факторов коагуляции и факторов роста. При этом наиболее значимый эффект приписывают факторам роста и биологически активным белкам. Факторы роста в тромбоцитах находятся в неактивном состоянии. Только после взаимодействия со специфическими структурами на клеточной мембране происходит переход их в активную форму. Основными структурными мишенями являются эндотелий кровеносных сосудов, фибробласты и стволовые мезенхимальные клетки. Факторы роста запускают такие механизмы, как клеточный рост, дифференцировку и рост кровеносных сосудов [18–22].

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМЫ

Несмотря на многообразие технологических устройств для приготовления ОТП, отсутствует единый протокол их клинического применения. Кроме того, существует ряд вопросов, которые являются важными в понимании эффективности ОТП. Необходимо ли учитывать центробежную силу, действующую на ОТП при центрифугировании? Насколько важен состав и форма специальных пробирок для ОТП?

Следует отметить, что количественный и качественный состав образца ОТП имеет прямую корреляцию с возможным исходом. Ряд авторов считает, что наиболее оптимальное количество тромбоцитов в приготовленном препарате должно составлять не менее 10^6 /мл [23, 24]. В то же время существует мнение, что важное значение имеет не столько концентрация тромбоцитов, а их целостность [25]. Доказано, что в гелеобразных образцах плазмы количество выделяемых факторов роста не коррелирует с концентрацией тромбоцитов в ОТП [26, 27].

На практике проводится забор периферической крови пациента в объеме 10–30 мл у взрослых и 5–10 мл у детей в специальные пробирки с гелевым сепаратором или пробирки, позволяющие получить лейкоцитарно-тромбоцитарный концентрат в виде пальто Баффи (Buffy Coat). Затем кровь центрифугируется в различных временных режимах и частотах вращения.

В исследовании [28] проводился сравнительный анализ пробирок Ycellbio (Южная Корея) и двойные шприцы Arthrex ACP (Германия) для получения ОТП. После центрифугирования происходило разделение крови на эритроцитарную массу и плазму, особенно демонстративно это



Рис. 2. Вид пробирки Ycellbio [28] для извлечения обогащенной тромбоцитами плазмы

Fig. 2. Type of Ycellbio [28] tube for platelet-rich plasma extraction

отмечалось в пробирке Ycellbio, имевшую вид песочных часов (рис. 2).

Скорость центрифугирования составляла 1500 об/мин. Объем получаемой таким способом плазмы был в несколько раз больше и составлял в среднем $4,2 \pm 0,7$ мл. При количественном подсчете тромбоцитарно/лейкоцитарного взаимоотношения, с использованием пробирок для получения ОТП, было зарегистрировано максимальное число тромбоцитов. В то время как при применении шприца Arthrex ACP количество лейкоцитов было достоверно меньше. Этот нюанс необходимо учитывать в клинических условиях, поскольку высокая концентрация лейкоцитов может спровоцировать развитие локальной воспалительной реакции при применении ОТП. С другой стороны, наличие лейкоцитов в плазме оказывает положительный антибактериальный эффект, и, одновременно, существенно потенцирует течение раневого процесса. Данный феномен был подтвержден и в ряде проведенных исследований [28–30].

Режим центрифугирования также влияет на количественный и качественный показатель ОТП. Так, С.Б. Базлов и соавт. [31] исследовали три режима центрифугирования на стандартной лабораторной центрифуге CM-6M после получения трехслойной плазмы. Максимальное количество тромбоцитов получено из образцов плазмы нижнего слоя, при режимах центрифугирования 415 и 1660 г в течение 10 мин с использованием пробирок, не содержащих сепарационный гель. При этом образцы среднего слоя также могут быть использованы в терапевтических целях, поскольку содержат более 10^6 /мл тромбоцитов и менее 10^3 /мл лейкоцитов. Было установлено, что применение специализированных устройств для получения ОТП обеспечивает высокое содержание лейкоцитов в получаемых препаратах (в среднем $19 \pm 1,9$ тыс. клеток в мл). Число оборотов центрифуги в минуту и время проведения центрифугирования для получения ОТП несут четкие

рекомендации. Центрифугирование в течение 10 мин необходимо проводить при 3200–3600 об/мин, а в течение 14 мин — при 2300 ± 140 об/мин [32]. Но при этом отсутствуют данные об изучении целостности тромбоцитов с применением гистологических методик и их соотношения с разрушенными тромбоцитами, полученными при разных режимах центрифугирования. При сохранении целостности 80 % тромбоцитов в препаратах плазмы терапевтический эффект достигается в 1,5–2 раза быстрее при концентрации тромбоцитов ниже 10^6 /мкл [33–35].

При использовании ОТП на ранних стадиях ранозаживления для профилактики образования патологического рубца, встречается более структурированные алгоритмы и схемы применения [35, 36]. Параллельно с началом оперативного вмешательства производят забор крови из периферической или центральной вены вакутейнером в стерильную пробирку. Количество забираемой крови зависит от возраста пациента. При этом возможно использование олефинового олигомера и цитрата натрия. Пробирку центрифугируют 5 мин при 2500–3500 об/мин. Хирург набирает в шприц слой плазмы с тромбоцитами, при этом целесообразна смена иглы на калибр 17G ($1,5 \times 30$). Со стороны раны в интактную кожу вводят ОТП порциями по 0,1 мл на 0,2–0,3 см длины введения иглы, с интервалами 0,5–1 см по периметру всей раны. Дно раны обрабатывают ОТП капельным орошением, равномерно покрывая всю раневую поверхность плазмой. На донорскую рану накладывают сетчатую раневую повязку и сухие стерильные марлевые повязки.

ОБОГАЩЕННАЯ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМА В КЛИНИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Несмотря на достаточно большое количество работ, посвященных раскрытию потенциала использования ОТП, достаточно остро стоит вопрос о морфологическом подтверждении регенерации тканей. Для наглядной демонстрации были использованы модели повреждения разных групп животных. Согласно исследованию на костных трансплантатах, проведенному R.E. Marx и соавт. [37] было доказано, что для лучшего созревания костной ткани необходимы дополнительные факторы роста, полученные путем добавления ОТП. Рентгенографически доказано, что скорость остеогенеза в 1,62–2,16 раза была выше, чем при трансплантации без применения ОТП. При оценке данных гистоморфометрии также наблюдалась большая плотность костной ткани в трансплантатах, в которые добавляли ОТП ($74,0 \pm 11$ %) [38, 39]. Достаточно показательна работа [40], в которой исследовали возможный потенциал применения ОТП в экспериментах с хондроцитами для получения нового хрящевого зачатка

в костной ткани кролика. При этом полученные данные показали возможность использования ОТП в качестве интактного каркаса, обеспечивающего оппозиционный рост хрящевого дефекта [40, 41].

В экспериментальных условиях изучалось заживление тканей при реконструкции передней брюшной стенки с использованием ОТП. В исследовании Хьюстонского научно-исследовательского института (Surgical Advance Technologies Lab) применялась ОТП для улучшения результатов лечения вентральных грыж, с использованием сеток из дермальной матрицы [42]. Крысам линии Льюиса была проведена пластика вентральной грыжи с использованием несшитого бесклеточного кожного матрикса свиньи. Это исследование доказало, что добавление ОТП увеличивает образование новых сосудов в раннем послеоперационном периоде относительно контрольной группы, а также способствует увеличению прочности и снижению частоты рецидивов [43].

Исследование воздействия ОТП в клинических условиях продолжает оставаться актуальным во многих хирургических направлениях. По итогам рандомизированных исследований было продемонстрировано ускорение темпов заживления тканей в группах с использованием ОТП [44–47]. В системном обзоре M.J. Martinez-Zapata и соавт. [44] использование ОТП для лечения хронических язв у 325 пациентов (диабетическая язва стопы, трофические язвы нижних конечностей) показало полное их заживление среди пациентов, получавших лечение с добавлением ОТП, по сравнению со стандартным лечением или плацебо.

Проведенный ретроспективный анализ [48] среди 1128 пациентов с использованием ОТП для закрытия раны грудины после аортокоронарного шунтирования показал низкий уровень инфицирования и возникновения послеоперационных осложнений. Было обнаружено, что использование ОТП снижает потребность дренирования грудной клетки на 96 %, дренирования раны на 88 % и вероятность инфицирования раны грудной клетки на 93 %. В аналогичном исследовании [49] ретроспективно проанализировали данные 2259 пациентов, которым при закрытии раны после шунтирования применяли ОТП. При этом получили низкий процент встречаемости послеоперационных осложнений со стороны послеоперационной раны (0,3 %). В слепом контролируемом исследовании D. Dionysiou и соавт. [50] использовали ОТП для уменьшения осложнений со стороны раны в паховой области при эндоваскулярном лечении аневризмы брюшной части аорты. При этом только у 3 (6 %) из 50 пациентов отмечались осложнения. Кроме того, количество госпитализаций значительно сократилось в группе, получавшей ОТП. Эти данные в совокупности подтверждают наличие антибактериальных свойств у ОТП. Такое свойство тромбоцитов в сочетании с их способностью потенцировать регенерацию ран делает их незаменимым средством при травматических повреждениях.

Для исследования действия ОТП при формировании межкишечного анастомоза использовали обогащенный тромбоцитами фибрин, который аналогичен ОТП с точки зрения высокой концентрации тромбоцитов. Хирургическое вмешательство проводилось на лабораторных животных (крысы, кролики и свиньи) с наложением толстокишечного анастомоза «конец-в-конец» для восстановления непрерывности кишечника [51–55]. В исследованиях использовался непрерывный, узловый однорядный и аппаратный циркулярный шов с прямой обработкой линии анастомоза ОТП, обкалыванием плазмой возле анастомоза и пропитыванием края анастомоза. У крыс в среднем забор крови составлял 2,5 мл, у свиней — 60–100 мл, у кроликов — 8–10 мл. Применяли метод двухступенчатого центрифугирования для приготовления ОТП с высоким содержанием фибрина, также методом выбора служил одностадийный метод центрифугирования для извлечения PRF (фибрин, обогащенный тромбоцитами), PDGF и TGF- β 1 [52]. Концентрация PDGF у шва, покрытого ОТП, была стабильной и не показала существенных изменений через 1, 2, 24 и 48 ч после наложения анастомоза. Аналогичным образом высвобождение TGF- β 1 было значительно увеличено в первый послеоперационный час, но после этого высвобождение было стабильным без каких-либо серьезных изменений [53]. PDGF-BB и TGF- β 1 показали статистически значимо более высокую концентрацию в группах ОТП с высокой концентрацией по сравнению с группами ОТП с низкой концентрацией и плазмой с низким содержанием тромбоцитов [54]. Послеоперационные осложнения наблюдались в 8 случаях: 1 смерть в группе с использованием ОТП и 7 смертей в группах сравнения. Летальный исход не был связан с использованием ОТП. Общими параметрами изучения служили показатель разрыва анастомоза, тканевой гидроксипролин, отложение коллагена и инфильтрация воспалительными клетками [55].

При макроскопическом исследовании органов брюшной полости отмечались выраженные внутрибрюшные спайки. При этом пропитывание краев кишки ОТП приводило к увеличению образования внутрибрюшных спаек по сравнению с инъекцией ОТП вдоль линии анастомоза. Следует отметить, что применение PRF не приводило к образованию спаек по сравнению с контрольной группой. В исследовании Y. Daglioglu и соавт. [56] применение ОТП привело к значительному уменьшению образования внутрибрюшных спаек на модели ишемии / реперфузионного повреждения на животных по сравнению с контрольной группой.

Маркеры воспаления и иммуногистологические изменения не коррелировали с данными контрольных групп, статистически значимых изменений в уровнях провоспалительных цитокинов IL-6, IL-10 и прокальцитонина между ОТП и контрольными группами не выявлено [57]. Толщина анастомоза, среднее процентное содержание

муцина и плотность микрососудов (на 30-й день после операции) также были незначительно увеличены в анастомозах, обработанных ОТП. Эпителизация, клеточная инфильтрация, пролиферация фибробластов и неоваскуляризация оказались значительно более выраженными в группе с применением ОТП.

После проведения гемороидэктомии с применением ОТП изучалось количество интраэпителиальных лимфоцитов, эпителиально-стромальный коэффициент и митотическая активность клеток [58]. Более высокая скорость митоза в области крипт слизистой оболочки наблюдалась в группе с применением ОТП по сравнению с контрольной группой на 3-й и 7-й дни после операции. Интраэпителиальная инфильтрация лимфоцитами не представляла какой-либо существенной разницы между группами.

Еще одно из направлений исследований — изучение формирования межкишечного анастомоза с применением шовного материала, пропитанного ОТП [59]. Результатом исследования стало значительное уменьшение образования грануляционной ткани в области анастомоза по сравнению с контрольной группой. Напротив, в исследовании L. Fresno и соавт. [60] на 7-й день после операции в межкишечном анастомозе, обработанном ОТП, развилась в ряде случаев избыточная зрелая грануляционная ткань и фиброз. Однако значимой связи по сравнению с контрольной группой не обнаружено. В связи с имеющимися данными исследователи [61] пришли к выводу, что применение ОТП привело к реэпителизации и статистически значимым изменениям показателей неоваскуляризации и пролиферации фибробластов, эпителизации слизистой оболочки в группе исследования. Кроме того, плотность фибробластов и интенсивность неоваскуляризации существенно не отличались.

ОБОГАЩЕННАЯ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМА В ДЕТСКОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

За последние 5 лет в поисковых базах данных отмечается увеличение количества работ по обоснованию использования ОТП в детской хирургической практике. Так, Dr. Khalid Mahmud S.M. и соавт. [62] провели оценку результатов терапии ОТП при лечении сложных раневых дефектов у детей. Результат проспективного исследования 34 детей с осложненной раневой инфекцией показал, что более чем в трети случаев (68 %) раны заживали без осложнений в срок $11,47 \pm 3,29$ сут. Средний срок пребывания пациентов в больнице варьировал в пределах $16,45 \pm 2,16$ сут.

Опыт применения ОТП у 40 детей после тонзиллэктомии или аденотонзиллэктомии представлен в работе S.H Mandour и соавт. [63]. У каждого пациента выделяли одну сторону («тестовая сторона»), а другую

использовали в качестве контроля. При этом отмечено более быстрое заживление слизистой оболочки на стороне, где использовался ОТП, с меньшей частотой вторичных послеоперационных кровотечений. Показатели боли были ниже на стороне, где применялся ОТП (статистическая значимость отмечена только на 5-й день после операции).

Сертакова А.В. и соавт. [64] провели анализ данных использования и возможной эффективности терапии ОТП в педиатрической практике и ее применения, в частности, в травматологии и ортопедии. В целом, ОТП оказывала комплексное биологическое воздействие на регенерацию, репарацию и позитивное ремоделирование соединительной ткани. К сожалению, во всем мире отсутствует достаточный опыт использования ОТП-терапии в педиатрии, что затрудняет интерпретацию метода, оценку ее эффективности и показаний к применению.

С точки зрения клинических и патофизиологических особенностей течения заболеваний у детей, применение ОТП является перспективным методом, характеризующимся малоинвазивностью и простой техникой выполнения с минимальным риском побочных эффектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, преимущество применения ОТП состоит в ее позитивном влиянии на заживление послеоперационных ран с возможностью применения в различных областях травматологии и хирургии. Кроме того, приготовление ОТП не требует значительных затрат и возможность ее получения из собственной крови пациента открывает большие перспективы в детской хирургии. Однако, несмотря на достаточно широкий спектр использования АПК в различных сферах клинической медицины, применение ОТП в хирургической практике требует дальнейшей систематизации с отработкой показаний и противопоказаний для лечения пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырева О.В., Вахрушев С.Г., Торопова Л.А. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в медицинской практике // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5.
2. Le A.D.K., Enweze L., DeBaun M.R., Dragoo J.L. Current clinical recommendations for use of platelet-rich plasma // *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018. Vol. 11, No. 4. P. 624–634. DOI: 10.1007/s12178-018-9527-7
3. Vladimirova O.V., Lavreshin P.M., Minaev S.V., et al. Strategy for scar-prevention healing of traumatic and burns wounds // *Medical News of North Caucasus*. 2023. Vol. 18, No. 2. P. 148–151. DOI: 10.14300/mnnc.2023.18032

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: С.В. Минаев — написание текста и редактирование статьи; С.И. Тимофеев — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; А.Н. Григорова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; О.В. Владимирова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Ю.Н. Болотов — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; О.И. Ячная — сбор и анализ литературных источников; М.Г. Строганов — сбор и анализ литературных источников.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. The contributions of each author: S.V. Minaev — writing the text and editing the article; S.I. Timofeev — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; A.N. Grigorova — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; O.V. Vladimirova — literature review, collection and analysis of literary sources sources, preparation and writing of the text of the article; Yu.N. Bolotov — literature review, collection and analysis of literary sources sources, preparation and writing of the text of the article; O.I. Iachnaia — collection and analysis of literary sources; M.G. Stroganov — collection and analysis of literary sources.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

4. Khalafi R.S., Bradford D.W., Wilson M.G. Topical application of autologous blood products during surgical closure following a coronary artery bypass graft // *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008. Vol. 34, No. 2. P. 360–364. DOI: 10.1016/j.ejcts.2008.04.026
5. Войно-Ясенецкий В.Ф. Очерки гнойной хирургии. Москва: БИНОМ, 2008. 720 с.
6. Ачкасов Е.Е., Безуглов Э.Н., Ульянов А.А., и др. Применение аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, в клинической практике // *Биомедицина*. 2013. № 4. С. 46–59.
7. Медведев В.Л., Опольский А.М., Коган М.И. Перспективы развития регенеративных технологий. Современные знания об

- аутоплазме, обогащенной тромбоцитами, и возможности ее применения в лечении урологических заболеваний // Кубанский научный медицинский вестник. 2018. Т. 25, № 3. С. 155–161. DOI: 10.25207/1608-6228-2018-25-3-155-161
8. Арсютов Д.Г. Хирургия регматогенной отслойки сетчатки с использованием обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP) // Практическая медицина. 2018. № 3. С. 11–13.
9. Kim D.H., Je Y.J., Kim C.D., et al. Can platelet-rich plasma be used for skin rejuvenation? Evaluation of effects of platelet-rich plasma on human dermal fibroblast // *Ann Dermatol*. 2011. Vol. 23, No. 4. P. 424–431. DOI: 10.5021/ad.2011.23.4.424
10. Gerasimenko I.N., Obedin A.N., Timofeev S.I., et al. Evaluation of short-term outcomes in preterm infants with necrotizing enterocolitis // *Medical News of North Caucasus*. 2023. Vol. 18, No. 2. P. 193–195. DOI: 10.14300/mnnc.2023.18045
11. Alves R., Grimalt R. A review of platelet-rich plasma: history, biology, mechanism of action, and classification // *Skin Appendage Disord*. 2018. Vol. 4, No. 1. P. 18–24. DOI: 10.1159/000477353
12. Anitua E. The use of plasma-rich growth factors (PRGF) in oral surgery // *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001. Vol. 13, No. 6. P. 487–493.
13. Арсютов Д.Г. Использование аутологичной кондиционированной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в хирургии регматогенной отслойки сетчатки с центральными и периферическими разрывами // *Acta Biomedica Scientifica*. 2019. Т. 4, № 4. С. 61–65. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.4.8
14. Shen L., Yuan T., Chen S., et al. The temporal effect of platelet-rich plasma on pain and physical function in the treatment of knee osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *J Orthop Surg Res*. 2017. Vol. 12, No. 1. ID 16. DOI: 10.1186/s13018-017-0521-3
15. Dohan Ehrenfest D.M., Rasmusson L., Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) // *Trends Biotechnol*. 2009. Vol. 27, No. 3. P. 158–167. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009
16. dos Santos R.G., Santos G.S., Alkass N., et al. The regenerative mechanisms of platelet-rich plasma: A review // *Cytokine*. 2021. Vol. 144. ID 155560. DOI: 10.1016/j.cyto.2021.155560
17. Everts P., Onishi K., Jayaram P., et al. Platelet-rich plasma: new performance understandings and therapeutic considerations in 2020 // *Int J Mol Sci*. 2020. Vol. 21, No. 20. ID 7794. DOI: 10.3390/ijms21207794
18. Fukuda S, Hagiwara S, Okochi H, et al. Autologous angiogenic therapy with cultured mesenchymal stromal cells in platelet-rich plasma for critical limb ischemia. *Regen Ther*. 2023 Vol. 24. P. 472–478. DOI: 10.1016/j.reth.2023.09.011
19. Degen R.M., Bernard J.A., Oliver K.S., et al. Commercial separation systems designed for preparation of platelet-rich plasma yield differences in cellular composition // *HSS J*. 2017. Vol. 13, No. 1. P. 75–80. DOI: 10.1007/s11420-016-9519-3
20. Obana K.K., Schallmo M.S., Hong I.S., et al. Current trends in orthobiologics: an 11-year review of the orthopaedic literature // *Am J Sports Med*. 2022. Vol. 50, No. 11. P. 3121–3129. DOI: 10.1177/03635465211037343
21. Ren B., Lv X., Tu C., Li Z. Research trends of platelet-rich plasma application in orthopaedics from 2002 to 2020: a bibliometric analysis // *Int Orthop*. 2021. Vol. 45, No. 11. P. 2773–2790. DOI: 10.1007/s00264-021-05163-6
22. Duarte Lana J.F.S., da Fonseca L.F., da Rocha Macedo R., et al. Platelet-rich plasma vs bone marrow aspirate concentrate: An overview of mechanisms of action and orthobiologic synergistic effects // *World J Stem Cells*. 2021. Vol. 13, No. 2. P. 155–167. DOI: 10.4252/wjsc.v13.i2.155
23. Everts P.A., Sadeghi P., Smith D.R. Basic science of autologous orthobiologics: Part 1. Platelet-rich plasma // *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2023. Vol. 34, No. 1. P. 1–23. DOI: 10.1016/j.pmr.2022.08.003
24. Сулаева О.Н. Получение богатой тромбоцитами плазмы: мифы и реальность // *Мир медицины и биологии*. 2017. № 3. С. 150–153. DOI: 10.26724/2079-8334-2017-3-61-150-153
25. Sister D. PRP: the new frontier in regenerative medicine and aesthetic medicine // *Firence*. 2016. Vol. 58.
26. Drago L., Bortolin M., Vassena C., et al. Plasma components and platelet activation are essential for the antimicrobial properties of autologous platelet-rich plasma: an *in vitro* study // *PLoS One*. 2014. Vol. 9. ID e107813. DOI: 10.1371/journal.pone.0107813
27. Oda H., Kaizawa Y., Franklin A., et al. Assessment of a synergistic effect of platelet-rich plasma and stem cell-seeded hydrogel for healing of rat chronic rotator cuff injuries // *Cell Transplant*. 2023. Vol. 32. ID 9636897231190174. DOI: 10.1177/09636897231190174
28. Захаров В.Д., Шкворченко Д.О., Крупина Е.А., и др. Богатая тромбоцитами плазма крови в хирургическом лечении макулярных разрывов. Обзор литературы // *Аспирантский вестник Поволжья*. 2016. № 5-6. С. 88–93.
29. Dragonas P., Katsaros T., Avila-Ortiz G., et al. Effects of leukocyte-platelet rich fibrin (L-PRF) in different intraoral bone grafting procedures: a systematic review // *Int J Oral Maxillofac Surgery*. 2019. Vol. 48, No. 2. P. 250–262. DOI: 10.1016/j.ijom.2018.06.003
30. Ehrenfest D.M., Bielecki T., Mishra A., et al. In search of a consensus terminology in the field of platelet concentrates for surgical use: platelet rich plasma (PRP), platelet-rich fibrin (PRF), fibrin gel polymerization and leukocytes // *Curr Pharm Biotechnol*. 2012. Vol. 13, No. 7. P. 1131–1137. DOI: 10.2174/138920112800624328
31. Базлов С.Б., Мелконян К.И., Русинова Т.В., и др. К вопросу о получении плазмы, обогащенной тромбоцитами // *Инновационная медицина Кубани*. 2022. № 1. С. 38–43. DOI: 10.35401/2500-0268-2022-25-1-38-43
32. Soldatova L., Campbell R.G., Elkhatib A.H., et al. Role of leukocyte-platelet rich fibrin in endoscopic endonasal skull base surgery defect reconstruction // *J Neurol Surgery Skull Base*. 2017. Vol. 78, No. 1. P. 59–62. DOI: 10.1055/s0036-1584894
33. Файзрахманов Р.Р. Анти-VEGF терапия неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации: от рандомизированных исследований к реальной клинической практике // *Российский офтальмологический журнал*. 2019. № 12, № 2. С. 97–105. DOI: 10.21516/2072-0076-2019-12-2-97-105
34. Piao L., Park H., Jo C.H. Theoretical prediction and validation of cell recovery rates in preparing platelet-rich plasma through a centrifugation // *PLoS One*. 2017. Vol. 12, No. 11. ID e0187509. DOI: 10.1371/journal.pone.0187509
35. Измайлова Т.А. Персонализированная PRP-терапия: алгоритм подготовки пациента // *Инъекционные методы в косметологии*. 2016. № 2. С. 76–81.
36. Владимирова О.В., Лаврешин П.М., Владимиров В.И., и др. Применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы на ранних стадиях ранозаживления для профилактики образования патологического рубца // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2021. Т. 16, № 2. С. 203–205. DOI: 10.14300/mnnc.2021.16047

- 37.** Marx R.E., Carlson E.R., Eichstaedt R. Platelet rich plasma: growth factor enhancement for bone grafts // *Oral Surg.* 1998. Vol. 85, No. 6. P. 638–646. DOI: 10.1016/s1079-2104(98)90029-4
- 38.** Coulange Zavarro A., De Girolamo L., Laver L., et al. The Top 100 most cited articles on platelet-rich plasma use in regenerative medicine—a bibliometric analysis—from the ESSKA orthobiologic initiative // *Bioengineering (Basel).* 2022. Vol. 9, No. 10. ID 580. DOI: 10.3390/bioengineering9100580
- 39.** Фасахов Р.Р., Гайзатуллин Р.Р. Комбинированная терапия контрактур суставов кисти // *Norwegian Journal of development of the International Science.* 2020. № 51. С. 50–53. DOI: 10.24412/3453-9875-2020-51-2-50-52
- 40.** Patel S., Dhillon M.S. Platelet-rich plasma in orthopedics: efficacy, evidence, and evolution of our understanding over 10 years // *J Postgrad Med Edu Res.* 2018. Vol. 52, No. 2. P. 64–72. DOI: 10.5005/jp-journals-10028-1278
- 41.** Murphy R.F., Mooney J.F. Orthobiologics in pediatric orthopedics // *Orthop Clin North Am.* 2017. Vol. 48, No. 3. P. 323–331. DOI: 10.1016/j.ocl.2017.03.007
- 42.** Fernandez-Moure L.S., Van Eps J.L., Menn Z.K., et al. Platelet rich plasma enhances tissue incorporation of biologic mesh // *J Surg Res.* 2015. Vol. 199, No. 2. P. 412–419. DOI: 10.1016/j.jss.2015.06.034
- 43.** Anitua E., de la Fuente M., Riestra A., et al. Preservation of biological activity of plasma and platelet-derived eye-drops after their different time and temperature conditions of storage // *Cornea.* 2015. Vol. 34, No. 9. P. 1144–1148. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000489
- 44.** Martinez-Zapata M.J., Marti-Carvajal A.J., Sola I., et al. Autologous platelet-rich plasma for treating chronic wounds // *Cochrane Database Syst Rev.* 2012. Vol. 10. ID CD006899. DOI: 10.1002/14651858.CD006899.pub2
- 45.** Driver V.R., Hanft J., Fylling C.P., Berio J.M. Autologous diabetic foot ulcer study. A prospective, randomized, controlled trial of autologous platelet-rich plasma gel for the treatment of diabetic foot ulcers // *Ostomy Wound Manage.* 2006. Vol. 52, No. 6. P. 68–70.
- 46.** Ахмеров Р., Зарудий Р., Рычкова И. Плазмолифтинг. Лечение возрастной атрофии кожи богатой тромбоцитами аутоплазмой // *Эстетическая медицина.* 2011. № 2. С. 181–187.
- 47.** Arshdeep K., Kumaran M.S. Platelet-rich plasma in dermatology: Boon or a bane? // *Ind J Dermatol Venereol Leprol.* 2014. Vol. 80, No. 1. P. 5–14. DOI: 10.4103/0378-6323.125467
- 48.** Trowbridge C.C., Stammers A.H., Woods E., et al. Use of platelet gel and its effects on infection in cardiac surgery // *J Extra Corpor Technol.* 2005. Vol. 37, No. 4. P. 381–386. DOI: 10.1051/ject/200537381
- 49.** Davi G., Patrono C. Platelet activation and atherothrombosis // *N Engl J Med.* 2007. Vol. 357. P. 2482–2494. DOI: 10.1056/NEJMra071014
- 50.** Dionysiou D., Demiri E., Foroglou P., et al. The effectiveness of intralesional injection of platelet-rich plasma in accelerating the healing of chronic ulcers: an experimental and clinical study // *Int Wound J.* 2013. Vol. 10, No. 4. P. 397–406. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2012.00996.x
- 51.** Sozutek A., Colak T., Cetinkunar S., et al. The effect of platelet-rich-plasma on the healing of left colonic anastomosis in a rat model of intra-abdominal sepsis // *J Invest Surg.* 2016. Vol. 29, No. 5. P. 294–301. DOI: 10.3109/08941939.2015.1111473
- 52.** Goksu M., Alakuş H., Ertan S., Akgun S. Effect of platelet-rich plasma on colon anastomosis in rats in which hyperthermic intra-peritoneal chemotherapy was performed using 5-fluorouracil // *ANZ J Surg.* 2020. Vol. 90, No. 11. P. 2290–2297. DOI: 10.1111/ans.15993
- 53.** Ocak S., Buk O.F., Genc B., et al. The effects of platelet-rich-plasma gel application to the colonic anastomosis in hyperthermic intraperitoneal chemotherapy: An experimental rat model // *Int Wound J.* 2019. Vol. 16, No. 6. P. 1426–1432. DOI: 10.1111/iwj.13207
- 54.** Yol S., Tekin A., Yilmaz H., et al. Effects of platelet rich plasma on colonic anastomosis // *J Surg Res.* 2008. Vol. 146, No. 2. P. 190–194. DOI: 10.1016/j.jss.2007.05.015
- 55.** Geropoulos G., Psarras K., Giannis D., et al. Platelet rich plasma effectiveness in bowel anastomoses: A systematic review // *World J Gastrointest Surg.* 2021. Vol. 13, No. 12. P. 1736–1753. DOI: 10.4240/wjgs.v13.i12.1736
- 56.** Daglioglu Y., Duzgun O., Sarici I.S., Ulutas K.T. Comparison of platelet rich plasma versus fibrin glue on colonic anastomoses in rats // *Acta Cir Bras.* 2018. Vol. 33, No. 4. P. 333–340. DOI: 10.1590/s0102-865020180040000005
- 57.** Danielsen P., Jørgensen B., Karlsmark T., et al. Effect of topical autologous platelet-rich fibrin versus no intervention on epithelialization of donor sites and meshed split-thickness skin autografts: a randomized clinical trial // *Plast Reconstr Surg.* 2008. Vol. 122, No. 5. P. 1431–1440. DOI: 10.1097/PRS.0b013e318188202c
- 58.** Nuspekova D., Dzhumabekov A., Doskaliev A., et al. Clinical efficacy of the use of enriched autoplasm in patients with hemorrhoidectomy // *Bulletin of surgery in Kazakhstan.* 2023. No. 1. P. 49–55. DOI: 10.35805/BSK2023I008
- 59.** Aydin M.A., Guler E.M., Demiroz A.S., et al. Comparison of platelet-rich plasma-impregnated suture material with low and high platelet concentration to improve colonic. Anastomotic wound healing in rats // *Gastroenterol Res Pract.* 2020. Vol. 2020. ID 7386285. DOI: 10.1155/2020/7386285
- 60.** Fresno L., Fondevila D., Bambo O., et al. Effects of platelet-rich plasma on intestinal wound healing in pigs // *Vet J.* 2010. Vol. 185, No. 3. P. 322–327 DOI: 10.1016/j.tvjl.2009.06.009
- 61.** Pehlivanli F., Karaca G., Aydin O., et al. Effects of thymoquinone, zeolite and platelet rich plasma on the healing of ischemic colonic anastomosis // *Kirikkale Universitesi Tıp Fakultesi Derg.* 2019. Vol. 21, No. 1. P. 65–72. DOI: 10.24938/kutfd.522809
- 62.** Khalid Mahmud S.M., Laizu J., Rashid A., Islam A. Platelet Rich Plasma (PRP) therapy in pediatric surgical wound care my experience in a tertiary care hospital in Bangladesh // *Sch J App Med Sci.* 2023. Vol. 11, No. 1. P. 120–126. DOI: 10.36347/sjams.2023.v11i01.019
- 63.** El-moneim S.H.A., Mandour M.F., Salah Behery A.-B., Sheleb W.A. Determining the impact of platelet-rich plasma therapy on short-term postoperative outcomes of pediatric tonsillectomy patients in Egypt // *J Adv Med Med Res.* 2021. Vol. 33, No. 22. P. 1–7. DOI: 10.9734/jammr/2021/v33i2231153
- 64.** Сертакова А.В., Ульянов В.Ю., Магомедрасулова Э.А. Перспективы применения PRP терапии в педиатрической практике // *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского.* 2022. Т. 101, № 6. С. 152–157. DOI: 10.24110/0031-403X-2022-101-6-152-157

REFERENCES

1. Boldyreva OV, Vakhrushev SG, Toropova LA. Primenenie plazmy, obogashchennoi trombotsitami, v meditsinskoj praktike. *Modern Problems of Science and Education. Surgery*. 2016;(5). (In Russ.)
2. Le ADK, Enweze L, DeBaun MR, Dragoo JL. Current clinical recommendations for use of platelet-rich plasma. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2018;11(4):624–634. DOI: 10.1007/s12178-018-9527-7
3. Vladimirova OV, Lavreshin PM, Minaev SV, et al. Strategy for scar-prevention healing of traumatic and burns wounds. *Medical News of North Caucasus*. 2023;18(2):148–151. DOI: 10.14300/mnnc.2023.18032
4. Khalafi RS, Bradford DW, Wilson MG. Topical application of autologous blood products during surgical closure following a coronary artery bypass graft. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;34(2):360–364. DOI: 10.1016/j.ejcts.2008.04.026
5. Voyno-Yasenetskii VF. *Ocherki gnoinoi khirurgii*. Moscow: BINOM, 2008. 720 p. (In Russ.)
6. Achkasov EE, Bezuglov EN, Ul'yanov EN, et al. Application platelet-rich plasma in clinical practice. *Journal Biomed*. 2013;(4):46–59. (In Russ.)
7. Medvedev VL, Opolskiy AM, Kogan MI. Prospects for the development of regenerative technologies. Current knowledge of platelet rich plasma and the possibility of its application in treatment of complicated urological diseases. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2018;25(3):155–161. (In Russ.) DOI: 10.25207/1608-6228-2018-25-3-155-161
8. Arsyutov DG. Surgery of rhegmatogenous retinal detachment with the use of platelet-rich plasma (PRP). *Practical medicine*. 2018;(3):11–13. (In Russ.)
9. Kim DH, Je YJ, Kim CD, et al. Can platelet-rich plasma be used for skin rejuvenation? Evaluation of effects of platelet-rich plasma on human dermal fibroblast. *Ann Dermatol*. 2011;23(4):424–431. DOI: 10.5021/ad.2011.23.4.424
10. Gerasimenko IN, Obedin AN, Timofeev SI, et al. Evaluation of short-term outcomes in preterm infants with necrotizing enterocolitis. *Medical News of North Caucasus*. 2023;18(2):193–195. DOI: 10.14300/mnnc.2023.18045
11. Alves R, Grimalt R. A review of platelet-rich plasma: history, biology, mechanism of action, and classification. *Skin Appendage Disord*. 2018;4(1):18–24. DOI: 10.1159/000477353
12. Anitua E. The use of plasma-rich growth factors (PRGF) in oral surgery. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001;13(6):487–493.
13. Arsyutov DG. Use of autologous conditioned platelet rich plasma in the surgery of rhegmatogenous retinal detachment with central and peripheral tears. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(4):61–65. (In Russ.) DOI: 10.29413/ABS.2019-4.4.8
14. Shen L, Yuan T, Chen S, et al. The temporal effect of platelet-rich plasma on pain and physical function in the treatment of knee osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2017;12(1):16. DOI: 10.1186/s13018-017-0521-3
15. Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol*. 2009;27(3):158–167. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009
16. dos Santos RG, Santos GS, Alkass N, et al. The regenerative mechanisms of platelet-rich plasma: A review. *Cytokine*. 2021;144:155560. DOI: 10.1016/j.cyto.2021.155560
17. Everts P, Onishi K, Jayaram P, et al. Platelet-rich plasma: new performance understandings and therapeutic considerations in 2020. *Int J Mol Sci*. 2020;21(20):7794. DOI: 10.3390/ijms21207794
18. Fukuda S, Hagiwara S, Okochi H, et al. Autologous angiogenic therapy with cultured mesenchymal stromal cells in platelet-rich plasma for critical limb ischemia. *Regen Ther*. 2023;24:472–478. DOI: 10.1016/j.reth.2023.09.011
19. Degen RM, Bernard JA, Oliver KS, et al. Commercial separation systems designed for preparation of platelet-rich plasma yield differences in cellular composition. *HSS J*. 2017;13(1):75–80. DOI: 10.1007/s11420-016-9519-3
20. Obana KK, Schallmo MS, Hong IS, et al. Current trends in orthobiologics: an 11-year review of the orthopaedic literature. *Am J Sports Med*. 2022;50(11):3121–3129. DOI: 10.1177/03635465211037343
21. Ren B, Lv X, Tu C, Li Z. Research trends of platelet-rich plasma application in orthopaedics from 2002 to 2020: a bibliometric analysis. *Int Orthop*. 2021;45(11):2773–2790. DOI: 10.1007/s00264-021-05163-6
22. Duarte Lana JFS, da Fonseca LF, da Rocha Macedo R, et al. Platelet-rich plasma vs bone marrow aspirate concentrate: An overview of mechanisms of action and orthobiologic synergistic effects. *World J Stem Cells*. 2021;13(2):155–167. DOI: 10.4252/wjsc.v13.i2.155
23. Everts PA, Sadeghi P, Smith DR. Basic science of autologous orthobiologics: Part 1. Platelet-rich plasma. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2023;34(1):1–23. DOI: 10.1016/j.pmr.2022.08.003
24. Sulaieva ON. Obtaining of platelet rich plasma: myths and reality. *World of medicine and biology*. 2017;(3):150–153. (In Russ.) DOI: 10.26724/2079-8334-2017-3-61-150-153
25. Sister D. PRP: the new frontier in regenerative medicine and aesthetic medicine. *Firence*. 2016;58.
26. Drago L, Bortolin M, Vassena C, et al. Plasma components and platelet activation are essential for the antimicrobial properties of autologous platelet-rich plasma: an *in vitro* study. *PLoS One*. 2014;9:e107813. DOI: 10.1371/journal.pone.0107813
27. Oda H, Kaizawa Y, Franklin A, et al. Assessment of a synergistic effect of platelet-rich plasma and stem cell-seeded hydrogel for healing of rat chronic rotator cuff injuries. *Cell Transplant*. 2023;32:9636897231190174. DOI: 10.1177/09636897231190174
28. Zakharov VD, Shkvorchenko DO, Krupina EA, et al. Platelet-rich plasma in macular hole surgery. Literature review. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*. 2016;(5-6):88–93. (In Russ.)
29. Dragonas P, Katsaros T, Avila-Ortiz G, et al. Effects of leukocyte-platelet rich fibrin (L-PRF) in different intraoral bone grafting procedures: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surgery*. 2019;48(2):250–262. DOI: 10.1016/j.ijom.2018.06.003
30. Ehrenfest DM, Bielecki T, Mishra A, et al. In search of a consensus terminology in the field of platelet concentrates for surgical use: platelet rich plasma (PRP), platelet-rich fibrin (PRF), fibrin gel polymerization and leukocytes. *Curr Pharm Biotechnol*. 2012;3(7):1131–1137. DOI: 10.2174/138920112800624328
31. Bazlov SB, Melkonian KI, Rusinova TV, et al. On the issue of obtaining platelet-rich plasma. *Innovative Medicine of Kuban*. 2022;(1):38–43. (In Russ.) DOI: 10.35401/2500-0268-2022-25-1-38-43

- 32.** Soldatova L, Campbell RG, Elkhatib AH, et al. Role of leukocyte-platelet rich fibrin in endoscopic endonasal skull base surgery defect reconstruction. *J Neural Surgery Skull Base*. 2017;78(1):59–62. DOI: 10.1055/s0036-1584894
- 33.** Fayzrakhmanov RR. Anti-VEGF therapy of neovascular age-related macular degeneration: from randomized trials to routine clinical practice. *Russian Ophthalmological Journal*. 2019;12(2):97–105. (In Russ.) DOI: 10.21516/2072-0076-2019-12-2-97-105
- 34.** Piao L, Park H, Jo CH. Theoretical prediction and validation of cell recovery rates in preparing platelet-rich plasma through a centrifugation. *PLoS One*. 2017;12(11):e0187509. DOI: 10.1371/journal.pone.0187509
- 35.** Izmailova TA. Personalizirovannaya PRP-terapiya: algoritm podgotovki patsienta. *Injektsionnye metody v kosmetologii*. 2016;(2):76–81. (In Russ.)
- 36.** Vladimirova OV, Lavreshin PM, Vladimirov VI, et al. Platelet-rich autoplasm use at early stages of wound healing to prevent pathological scar development. *Medical News of North Caucasus*. 2021;16(2):203–205. (In Russ.) DOI: 10.14300/mnnc.2021.16047
- 37.** Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt R. Platelet rich plasma: growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg*. 1998;85(6):638–646. DOI: 10.1016/s1079-2104(98)90029-4
- 38.** Coulange Zavarro A, De Girolamo L, Laver L, et al. The Top 100 most cited articles on platelet-rich plasma use in regenerative medicine—a bibliometric analysis—from the ESSKA orthobiologic initiative. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9(10):580. DOI: 10.3390/bioengineering9100580
- 39.** Fasakhov RR, Gaizatullin RR. Combined therapy contractures of the hand joints. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2020;(51):50–53. (In Russ.) DOI: 10.24412/3453-9875-2020-51-2-50-52
- 40.** Patel S, Dhillon MS. Platelet-rich plasma in orthopedics: efficacy, evidence, and evolution of our understanding over 10 years. *J Postgrad Med Edu Res*. 2018;52(2):64–72. DOI: 10.5005/jp-journals-10028-1278
- 41.** Murphy RF, Mooney JF. Orthobiologics in pediatric orthopedics. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(3):323–331. DOI: 10.1016/j.ocl.2017.03.007
- 42.** Fernandez-Moure LS, Van Eps JL, Menn ZK, et al. Platelet rich plasma enhances tissue incorporation of biologic mesh. *J Surg Res*. 2015;199(2):412–419. DOI: 10.1016/j.jss.2015.06.034
- 43.** Anitua E, de la Fuente M, Riestra A, et al. Preservation of biological activity of plasma and platelet-derived eye-drops after their different time and temperature conditions of storage. *Cornea*. 2015;34(9):1144–1148. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000489
- 44.** Martinez-Zapata MJ, Marti-Carvajal AJ, Sola I, et al. Autologous platelet-rich plasma for treating chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;10:CD006899. DOI: 10.1002/14651858.CD006899.pub2
- 45.** Driver VR, Hanft J, Fylling CP, Berio JM. Autologel diabetic foot ulcer study. A prospective, randomized, controlled trial of autologous platelet-rich plasma gel for the treatment of diabetic foot ulcers. *Ostomy Wound Manage*. 2006;52(6):68–70.
- 46.** Akhmerov R, Zarudii R, Rychkova I. Plazmolifting. Lechenie vozrastnoi atrofii kozhi bogatoi trombotsitami autoplazmoi. *Ehsteticheskaya meditsina*. 2011;(2):181–187. (In Russ.)
- 47.** Arshdeep K, Kumaran MS. Platelet-rich plasma in dermatology: Boon or a bane? *Ind J Dermatol Venereol Leprol*. 2014;80(1):5–14. DOI: 10.4103/0378-6323.125467
- 48.** Trowbridge CC, Stammers AH, Woods E, et al. Use of platelet gel and its effects on infection in cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol*. 2005;37(4):381–386. DOI: 10.1051/ject/200537381
- 49.** Davi G, Patrono C. Platelet activation and atherothrombosis. *N Engl J Med*. 2007;357:2482–2494. DOI: 10.1056/NEJMra071014
- 50.** Dionysiou D, Demiri E, Foroglou P, et al. The effectiveness of intralesional injection of platelet-rich plasma in accelerating the healing of chronic ulcers: an experimental and clinical study. *Int Wound J*. 2013;10(4):397–406. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2012.00996.x
- 51.** Sozutek A, Colak T, Cetinkunar S, et al. The effect of platelet-rich-plasma on the healing of left colonic anastomosis in a rat model of intra-abdominal sepsis. *J Invest Surg*. 2016;29(5):294–301. DOI: 10.3109/08941939.2015.1111473
- 52.** Goksu M, Alakuş H, Ertan S, Akgun S. Effect of platelet-rich plasma on colon anastomosis in rats in which hyperthermic intraperitoneal chemotherapy was performed using 5-fluorouracil. *ANZ J Surg*. 2020;90(11):2290–2297. DOI: 10.1111/ans.15993
- 53.** Ocak S, Buk OF, Genc B, et al. The effects of platelet-rich-plasma gel application to the colonic anastomosis in hyperthermic intraperitoneal chemotherapy: An experimental rat model. *Int Wound J*. 2019;16(6):1426–1432. DOI: 10.1111/iwj.13207
- 54.** Yol S, Tekin A, Yilmaz H, et al. Effects of platelet rich plasma on colonic anastomosis. *J Surg Res*. 2008;146(2):190–194. DOI: 10.1016/j.jss.2007.05.015
- 55.** Geropoulos G, Psarras K, Giannis D, et al. Platelet rich plasma effectiveness in bowel anastomoses: A systematic review. *World J Gastrointest Surg*. 2021;13(12):1736–1753. DOI: 10.4240/wjgs.v13.i12.1736
- 56.** Daglioglu Y, Duzgun O, Sarici IS, Ulutas KT. Comparison of platelet rich plasma versus fibrin glue on colonic anastomoses in rats. *Acta Cir Bras*. 2018;33(4):333–340. DOI: 10.1590/s0102-865020180040000005
- 57.** Danielsen P, Jørgensen B, Karlsmark T, et al. Effect of topical autologous platelet-rich fibrin versus no intervention on epithelialization of donor sites and meshed split-thickness skin autografts: a randomized clinical trial. *Plast Reconstr Surg*. 2008;122(5):1431–1440. DOI: 10.1097/PRS.0b013e318188202c
- 58.** Nuspekova D, Dzhumabekov A, Doskaliev A, et al. Clinical efficacy of the use of enriched autoplasm in patients with hemorrhoidectomy. *Bulletin of surgery in Kazakhstan*. 2023;(1):49–55. DOI: 10.35805/BSK20231008
- 59.** Aydin MA, Guler EM, Demiroz AS, et al. Comparison of platelet-rich plasma-impregnated suture material with low and high platelet concentration to improve colonic. Anastomotic wound healing in rats. *Gastroenterol Res Pract*. 2020;2020:7386285. DOI: 10.1155/2020/7386285
- 60.** Fresno L, Fondevila D, Bambo O, et al. Effects of platelet-rich plasma on intestinal wound healing in pigs. *Vet J*. 2010;185(3):322–327 DOI: 10.1016/j.tvjl.2009.06.009
- 61.** Pehlivanli F, Karaca G, Aydin O, et al. Effects of thymoquinone, zeolite and platelet rich plasma on the healing of ischemic colonic anastomosis. *Kirikkale Universitesi Tip Fakultesi Derg*. 2019;21(1):65–72. DOI: 10.24938/kutfd.522809
- 62.** Khalid Mahmud SM, Laizu J, Rashid A, Islam A. Platelet Rich Plasma (PRP) therapy in pediatric surgical wound care my experience in a tertiary care hospital in Bangladesh. *Sch J App Med Sci*. 2023;11(1):120–126. DOI: 10.36347/sjams.2023.v11i01.019

63. El-moneim SHA, Mandour MF, Salah Behery A-B, Sheleb WA. Determining the impact of platelet-rich plasma therapy on short-term postoperative outcomes of pediatric tonsillectomy patients in Egypt. *J Adv Med Med Res.* 2021;33(22):1–7. DOI: 10.9734/jammr/2021/v33i2231153

64. Sertakova AV, Ulyanov VYu, Magomedrasulova EhA. Prospects for platelet-rich plasma therapy in pediatrics. *Pediatrics n. a. G.N. Speransky.* 2022;101(6):152–157. (In Russ.) DOI: 10.24110/0031-403X-2022-101-6-152-157

ОБ АВТОРАХ

Сергей Викторович Минаев, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой детской хирургии с курсом ДПО; ORCID: 0000-0002-8405-6022; eLibrary SPIN: 3113-6982; e-mail: sminaev@yandex.ru

Сергей Иванович Тимофеев, канд. мед. наук, ассистент кафедры детской хирургии; ORCID: 0000-0002-5808-0686; eLibrary SPIN: 5457-1995; e-mail: timofeev_si@mail.ru

***Алина Николаевна Григорова**, канд. мед. наук, ассистент кафедры хирургических болезней детского возраста; адрес: Россия, 350007, Краснодар, пл. Победы, д. 1; ORCID: 0000-0001-5020-232X; eLibrary SPIN: 1762-8310; e-mail: alina.mashchenko@mail.ru

Оксана Владимировна Владимирова, д-р мед. наук, доцент кафедры общей хирургии; ORCID: 0000-0002-3011-7408; eLibrary SPIN: 2162-1432; e-mail: oxy_8181@mail.ru

Юрий Николаевич Болотов, канд. мед. наук, ассистент кафедры детской хирургии с курсом ДПО; ORCID: 0000-0002-6067-5136; e-mail: b-y-n@rambler.ru

Оксана Игоревна Ячная, аспирант кафедры детской хирургии с курсом ДПО; ORCID: 0000-0003-3408-8074; e-mail: yachnaya_oksana@mail.ru

Михаил Германович Строганов, врач-ординатор кафедры сердечно-сосудистой хирургии; ORCID: 0000-0002-8261-8749; e-mail: Hjdijf737@mail.ru

AUTHORS' INFO

Sergey V. Minaev, MD, Dr. Sci. (Med.), professor, head of the Department of Pediatric Surgery with a course of DPO; ORCID: 0000-0002-8405-6022; eLibrary SPIN: 3113-6982; e-mail: sminaev@yandex.ru

Sergey I. Timofeev, Cand. Sci. (Med.) assistant of the Department of Pediatric Surgery; ORCID: 0000-0002-5808-0686; eLibrary SPIN: 5457-1995; e-mail: timofeev_si@mail.ru

***Alina N. Grigorova**, Cand. Sci. (Med.), assistant of the Department of Surgical Diseases of Childhood; address: 1 Pobedy sq., Krasnodar, 350007, Russia; ORCID: 0000-0001-5020-232X; eLibrary SPIN: 1762-8310; e-mail: alina.mashchenko@mail.ru

Oksana V. Vladimirova, Dr. Sci. (Med.), associate professor of the Department of Pediatric Surgery; ORCID: 0000-0002-3011-7408; eLibrary SPIN: 2162-1432; e-mail: oxy_8181@mail.ru

Yuriy N. Bolotov, Cand. Sci. (Med.), assistant of the Department of Pediatric Surgery; ORCID: 0000-0002-6067-5136; e-mail: b-y-n@rambler.ru

Oksana I. Iachnaia, postgraduate student of the Department of Pediatric Surgery; ORCID: 0000-0003-3408-8074; e-mail: yachnaya_oksana@mail.ru

Mikhail G. Stroganov, resident physician of the Department of Cardiovascular Surgery; ORCID: 0000-0002-8261-8749; e-mail: Hjdijf737@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author