

¹ Российский
университет
медицины

² Российская
детская
клиническая
больница – филиал
Российского
национального
исследовательского
медицинского
университета
им. Н.И. Пирогова

³ Российский
национальный
исследовательский
медицинский
университет
им. Н.И. Пирогова

⁴ Российский
университет
дружбы
народов
им. Патриса Лумумбы

Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в педиатрической практике

Е.В. Сибирская, д.м.н., проф.^{1, 2, 3}, П.О. Никифорова^{2, 3}, А.В. Манцева⁴,
А.О. Манцев³

Адрес для переписки: Елена Викторовна Сибирская, elsibirskaya@yandex.ru

Для цитирования: Сибирская Е.В., Никифорова П.О., Манцева А.В., Манцев А.О. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в педиатрической практике. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (4): 64–72.

DOI 10.33978/2307-3586-2025-21-4-64-72

Цель – проанализировать применение плазмы, обогащенной тромбоцитами (platelet-rich-plasma, PRP), в педиатрической практике.

Материал и методы. Проведен поиск соответствующей литературы в базах данных PubMed, Embase, Cochrane Library и Google Академия. В обзор включены исследования 2019–2024 гг.

Результаты. Всего выявлено пять систематических обзоров и метаанализов, два исследования по типу «случай – контроль», одно ретроспективное, одно открытое, одно проспективное наблюдательное, семь открытых, одно когортное, четыре рандомизированных клинических исследования, пять клинических случаев, 18 обзоров, одно практическое руководство, четыре тезиса из сборников конференций. После анализа статей они были включены в текущий обзор.

Новая отрасль регенеративной медицины в области биомедицинских технологий предлагает перспективный подход к лечению педиатрических пациентов. Способность PRP стимулировать естественные восстановительные процессы и ускорение регенерации расширяет возможность ее применения в хирургии, лечении и смежных направлениях. Кроме того, PRP, характеризующаяся существенным анальгезирующим эффектом, активно используется в послеоперационном периоде. Однако на данный момент инновационный подход требует тщательного изучения и апробации, а для повсеместного внедрения технологии необходимы новые клинические и научные данные.

Выводы. Недостаточное изучение PRP-терапии на данный момент не позволяет использовать перспективную технологию повсеместно. При должном уровне исследования и реализации клинических испытаний на больших выборках данная методика сможет стать альтернативным мультидисциплинарным методом лечения педиатрических больных.

Ключевые слова: PRP, плазма, обогащенная тромбоцитами, педиатрия, детская хирургия, ортобиология, оториноларингология, абдоминальная хирургия, торакальная хирургия, кардиохирургия, эндокринология, урология, проктология, спортивная медицина, стоматология, наследственные заболевания, врожденные аномалии развития, травматология

Введение

Ортобиология определяется как инновационная область биомедицинских технологий и новая отрасль регенеративной медицины, которая использует новый терапевтический подход, направленный на изучение биологических и клинических эффектов, эффективность и безопасность биомедицинских клеточных продуктов и методов лечения, способствующих восстановлению поврежденных тканей и органов опорно-двигательного аппарата (сухожилий, связок, костной, хрящевой и других соединительных тканей) на основе их имитации биоматериалами и трансплантатами, стимуляции естественных восстановительных процессов и ускорению их регенерации. Главными целями таких методов лечения являются стимулирование роста новых тканей, сохранение существующих тканей, уменьшение боли и улучшение нарушенных функций [1]. В рамках ортобиологии применяются аутологичные препараты с биологической активностью, ускоряющие регенерацию клеток и тканей. Среди ортобиологических продуктов наиболее применимыми считаются плазма, обогащенная тромбоцитами (platelet-rich-plasma, PRP), и концентрат аспириата костного мозга (BMAC) [2, 3].

PRP-терапия стала многообещающим методом в области регенеративной медицины [4–10]. PRP, извлеченная из собственной крови пациента (аутологичная) или донорской крови (гетерологичная), представляет собой концентрированную форму плазмы, обогащенной тромбоцитами, факторами роста, цитокинами и другими биоактивными молекулами, необходимыми для стимуляции регенерации тканей, улучшения заживления ран. Благодаря высокой концентрации факторов роста и цитокинов непосредственно в месте повреждения ускоряется процесс заживления, что способствует ангиогенезу, синтезу коллагена, уменьшению воспаления, улучшению регенерации ткани, облегчению боли и восстановлению нарушенных функций [4, 10].

Уход за ранами в педиатрии – критически важная составляющая медицинской практики, требующая инновационных подходов к оптимизации заживления и минимизации осложнений. PRP-терапия рассматривается как перспективный метод в аспекте улучшения заживления ран у детей [9].

PRP-терапия становится все более популярной, тем не менее знания о механизме действия PRP остаются весьма ограниченными в силу недостаточного количества крупномасштабных исследований. При анализе исследований авторы указывают на плохую стандартизацию методов подготовки и изменчивость в отношении PRP и качества используемых продуктов [11].

Рассмотрим возможности мультидисциплинарного применения PRP-терапии в педиатрической практике.

PRP: общие понятия

PRP – аутологичный продукт, полученный из крови, содержащий концентрацию тромбоцитов по крайней

мере в два-три раза выше нормального уровня и включающий факторы роста, связанные с тромбоцитами [4, 11].

Концепция применения PRP в гематологии для лечения пациентов с тромбоцитопенией возникла в 1970-х гг. В 1980-х и 1990-х гг. PRP начали использовать при хирургических вмешательствах, в частности в челюстно-лицевой и пластической хирургии [11, 12].

Изначально термин «плазма, богатая тромбоцитами» относился к тромбоцитарному концентрату, используемому в трансфузиологии, где он применяется и сегодня. Сначала данные продукты PRP использовались только в качестве фибриновых клеев для тканей, а тромбоциты – только для поддержки более прочной полимеризации фибрина для улучшения герметизации тканей, но не в качестве стимуляторов заживления [12, 13].

Раствор PRP рекомендуется готовить в полипропиленовых пробирках с использованием гемоконсерванта ACD-A или натрия цитрата 3,8% в режимах двойного центрифугирования со скоростью 250 и 400 г по 15 минут [2].

Процесс приготовления начинается со сбора крови, полученной путем венепункции. Основной процесс, ответственный за подготовку PRP, называется дифференциальным центрифугированием. Он может выполняться в один или два этапа. Процесс двойного центрифугирования начинается со сбора «цельной крови» в пробирки, содержащие антикоагулянты в объеме крови. Первый этап центрифугирования выполняется при постоянном ускорении с единственной целью – отделить эритроциты от центрального объема крови. Верхний слой крови в основном состоит из тромбоцитов и лейкоцитов [11]. Тонкий промежуточный слой, также известный как лейкоцитарная пленка, характеризуется обильным содержанием белых кровяных клеток. Нижний слой состоит исключительно из эритроцитов. Для создания чистой плазмы, богатой тромбоцитами (P-PRP), верхние слои отделяют от объема крови. Эта форма подготовки также предусматривает наличие неглубокой лейкоцитарной пленки. Однако для создания только лейкоцитарно-богатой PRP (L-PRP) лейкоцитарная пленка используется вместе с несколькими эритроцитами из нижнего, но не из верхнего слоя. L-PRP – препарат, изготовленный из лейкоцитов и фибриновых сетей низкой плотности после активации. L-PRP регулирует основные механизмы, участвующие в процессе заживления [11].

Второй этап центрифугирования предусматривает формирование эритроцитов-тромбоцитов на дне пробирки. После этого этапа плазма с низким содержанием тромбоцитов составляет верхнюю часть объема крови, в то время как плазма с высоким содержанием тромбоцитов – нижнюю. Верхний слой крови удаляют, оставляя эритроциты-тромбоциты. Нижний слой образует то, что называется «мягкими гранулами». Эти гранулы гомогенизируются в плазме

для создания конечного продукта плазмы с высоким содержанием тромбоцитов [11].

На основе терминологии PRP и описаний продуктов было опубликовано несколько классификаций для различных формул PRP [14]. В настоящее время ортобиологические приложения классифицируют PRP на три группы: чистый фибрин, богатый тромбоцитами (P-PRF); PRP, богатый лейкоцитами (LR-PRP); и PRP, бедный лейкоцитами (LP-PRP) [5, 7, 15, 16]. Хотя категории LR-PRP и LP-PRP более специфичны, чем общее определение продукта PRP, они, в частности, лишены какой-либо специфичности в отношении содержания лейкоцитов. Продукты LR-PRP, содержащие определенные лейкоциты, могут вносить значительный вклад в иммунную модуляцию, восстановление и регенерацию тканей, влияя на внутреннюю биологию тканей и хронических повреждений через иммунные и защитные механизмы хозяина [7].

Применение PRP

Абсолютные противопоказания к использованию аутологичной PRP связаны с заболеваниями крови (синдром дисфункции тромбоцитов, критическая тромбоцитопения) и сепсисом. Однако в этих случаях можно использовать PRP, полученную из гетерологичной крови [4].

Клинические препараты PRP широко изучены на предмет влияния на механизмы восстановления и регенерации тканей и послеоперационные результаты. Установлено, что эти препараты оказывают благотворное влияние на организм, снимают послеоперационный дискомфорт, снижают частоту возникновения инфекций. Это позволяет предположить, что PRP обладает противовоспалительными и антимикробными свойствами [7, 9, 17, 18].

Травматология

Инъекции PRP изучались как вариант лечения детей с травмами опорно-двигательного аппарата, включая ювенильный идиопатический артрит, остеохондральные дефекты, травмы связок и тендинит. Считается, что факторы роста и цитокины, присутствующие в PRP, способствуют восстановлению и регенерации тканей, потенциально улучшая процесс заживления [4, 19].

Несмотря на доказанную в доклинических и клинических исследованиях эффективность PRP в симуляции репаративного остеогенеза, применение плазмы до сих пор не нашло распространения при лечении рассекающего остеохондрита мыщелков бедренной кости (РОМБК) у детей [2, 20–23]. Опыт применения PRP представлен рядом единичных исследований и отдельных клинических случаев [2, 24, 25].

Антеградные остеоперфорации проводились под симулированным контролем артроскопии и рентгеноскопии через мыщелок бедренной кости без повреждения суставного хряща спицами 1,6 мм в три-четыре рассверливания, а затем – однократно сверлом

диаметром 4,5 мм с последующим введением через сформированный канал 2–3 мл раствора PRP с экспозицией в течение пяти минут. Во всех случаях PRP готовили путем двукратного центрифугирования 40 мл венозной крови по методике низкооборотного центрифугирования [2].

Методика антеградных остеоперфораций с введением PRP внутрь очага РОМБК позволяет сократить срок лечения в 1,8 раза по сравнению со стандартной методикой транскондральных остеоперфораций и быстрее возвращает пациента к полноценной физической активности [2].

Фиксация остеохондрального фрагмента с внутрисуставной биостимуляцией PRP в равной степени позволяет сократить срок заживления очага РОМБК, что можно видеть на магнитно-резонансной томограмме, до шести месяцев за счет стабильности фиксированного фрагмента. В отличие от традиционной методики транскондральных остеоперфораций при использовании PRP период возвращения к полной активности сокращается до восьми месяцев. Однако неизбежна травматизация суставного хряща в зоне постановки фиксаторов [2]. Следует отметить, что фиксация костно-хрящевого фрагмента при нестабильных формах рассекающего остеохондрита с сохраненной конгруэнтностью фрагмента и последующая внутрисуставная биостимуляция PRP приоритетнее, чем удаление фрагмента, после которого риск формирования раннего артроза еще выше – до 70% [2].

Малоинвазивная технология лечения РОМБК с использованием артроскопически ассистированных множественных антеградных реваскуляризирующих остеоперфораций в сочетании с внутриочаговым введением PRP внедрена в практику отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ ДГКБ им. Н.Ф. Филатова ДЗМ, отделений травматологии и медицины катастроф ГБУЗ НИИ НДХиТ ДЗМ, а также в образовательный процесс обучения студентов, интернов, ординаторов и аспирантов кафедры детской хирургии педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова [2].

В ряде случаев применение PRP было успешным в достижении костного сращения в месте перелома в течение 11 месяцев после первоначальной травмы или хирургического вмешательства. Кроме того, показано, что PRP улучшает заживление несращений при использовании с другими методами лечения, например золотым стандартом – аутологичным костным трансплантатом, а также мезенхимальными стволовыми клетками и внутренней фиксацией [26].

PRP также можно использовать с другими формами лечения несрастающихся переломов, включая ауто-трансплантаты, компрессионные пластины и/или фиксирующие устройства [26].

PRP может применяться как минимально инвазивный метод. При этом между PRP и интрамедуллярным гвоздем не обнаружено существенной разницы в достижении сращения [26].

Комбустиология

Ожоговые травмы у детей часто требуют сложных хирургических вмешательств из-за обширных ран [9, 27]. В этой области богатая тромбоцитами плазма показала себя как преобразующая сущность, обеспечив прорыв в лечении [9, 14, 28–30].

Клинические исследования убедительно подчеркивают терапевтическую эффективность PRP в ускорении заживления ран и одновременном смягчении связанных с этим побочных эффектов [9]. В рамках данной парадигмы Аль Ибран и соавт. подтвердили потенциал терапии PRP, хотя она незначительно удлиняла срок заживления ран по сравнению со стандартной перевязочной терапией, что свидетельствует о ее сложном влиянии на процесс заживления. Это дополнительно подтверждается результатами, полученными при сопоставлении расщепленной кожной пластики (STSG) с плазмой, обогащенной тромбоцитами, и демонстрирующими сокращение времени восстановления рубцов и усиление регенерации тканей за счет ускоренной реэпителизации и ангиогенеза. Обобщая совокупные доказательства, авторы недавних исследований подтвердили, что интеграция терапии PRP в уход за ожоговыми ранами отчетливо ускоряет закрытие ран по сравнению с обычными повязками, возводя ее до потенциально ключевого терапевтического дополнения к лечению ожогов [9, 28]. В контексте невропатической боли, вызванной ожогами, терапевтический потенциал терапии PRP подтверждается ее способностью облегчать аллодинию [9]. Аллодиния – боль вследствие воздействия раздражителей, обычно ее не вызывающих [31]. Кроме того, данные, полученные на крысиной модели с ожоговыми травмами, показывают, что введение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в область ожогового рубца способно уменьшить невропатическую боль. Это свидетельствует о целесообразности применения PRP в этом сложном клиническом сценарии [9].

Ортодонтия и стоматология

В детской ортодонтии и стоматологии изучали потенциальную роль PRP в ускорении движения зубов, усилении регенерации костей после удаления зуба и содействии регенерации тканей пародонта. Факторы роста и стволовые клетки, присутствующие в CBPRP, могут улучшить результаты указанных стоматологических процедур [4].

P-PRP (отсутствие лейкоцитов) более последовательно достигала эффекта в сохранении альвеолярного гребня, наращивании костной ткани, лечении осложнений после удаления зуба и расстройств височно-нижнечелюстного сустава [32].

Детская хирургия

Во всем мире особый интерес вызывает оптимизация стратегий восстановления тканей после хирургических операций, что приводит к лучшим результатам лечения пациентов (в идеале – снижению его общей стоимости), меньшему количеству осложнений [7].

В настоящее время PRP считается эффективным средством содействия заживлению ран и регенерации тканей. PRP обладает потенциалом в биостимуляции и ускорении заживления, поэтому широко применяется при различных хирургических вмешательствах [33].

Колопроктология

Пилонидальная киста копчика (ПКК), или пилонидальный синус, представляет собой узкий канал, выстланный эпителием, содержащий волосяные луковицы, сальные железы, открывающийся на коже межъягодичной складки чаще одним или несколькими точечными отверстиями. Вопрос этиологии и патогенеза заболевания остается дискуссионным [4, 34, 35]. ПКК в межъягодичной борозде – одно из распространенных гнойно-воспалительных заболеваний крестцово-копчиковой области [35].

У мужчин ПКК встречается чаще, чем у женщин. Соотношение частоты заболевания у мужчин и женщин составляет 4:1. Как правило, это пациенты молодого возраста – 16–25 лет с преобладанием интенсивного роста волосяного покрова в межъягодичной борозде [35].

Исследование выявило различные области применения PRP-терапии в детской хирургии, включая лечение пилонидального синуса (эпителиальный копчиковый ход, пилонидальная киста) и восстановление гипоспадии [4].

В научной базе имеется информация о двух статьях, касающихся применения PRP-G в качестве вспомогательного средства для улучшения заживления ран после операции на пилонидальном синусе [4].

Урология

Применение PRP целесообразно при уретропластике, особенно в случаях повторного выполнения без подходящей крайней плоти, при обрезанной гипоспадии, увечьях и в случаях, когда влагиаличная оболочка недоступна из-за предыдущей операции на яичках [4].

Одним из заболеваний, при котором применяется PRP, является гипоспадия. При этой патологии отверстие уретры открывается на вентральной поверхности полового члена. Данное состояние требует хирургической коррекции. Тем не менее нередко возникают интра- и постоперационные осложнения, такие как несостоятельность анастомоза и раневая инфекция [36]. Для снижения частоты подобных осложнений при формировании неоуретры ряд авторов предлагают использовать защитные лоскуты для укрытия анастомоза. Однако в некоторых ситуациях хирурги столкнулись с проблемой дефицита аутологичных тканей, в связи с чем А.У. Mahmoud и соавт. заинтересовала перспектива использования PRP-мембраны, уже зарекомендовавшей себя как безопасный и эффективный биоматериал в ортодонтии и травматологии. Авторы провели исследование, в котором сравнили частоту осложнений при исполь-

зовании PRP-мембраны (группа А) и dartos-лоскута (группа В) в качестве укрывающего слоя для ускорения регенерации анастомоза при коррекции гипоспадии по методике Snodgrass TIPU. PRP-мембрана изготавливалась следующим образом: аутоплазма, полученная методом двойного центрифугирования, инкубировалась три минуты при температуре 37 °С с хлоратом кальция $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ до образования ярко-красного густка, который уплотнялся между двумя хирургическими тампонами до получения мягкой устойчивой мембраны. В результате в группе А наблюдалось статистически значимое снижение частоты раневой инфекции ($p = 0,040$). Между другими послеоперационными осложнениями значимых различий в двух группах не обнаружено. Кроме того, при использовании PRP-мембраны отмечался лучший косметический результат – 73 против 69% в группах А и В соответственно [36].

Спустя шесть месяцев после использования PRP наблюдалась более низкая частота осложнений (уретрокожный свищ, частичная поверхностная раневая инфекция, частичное расхождение головки полового члена, стеноз наружного отверстия мочеиспускательного канала и стриктура уретры) [4].

Торакальная хирургия

Спонтанный пневмоторакс. В ретроспективном исследовании изучали роль PRP из аутологичной крови в профилактике послеоперационных рецидивов у пациентов, перенесших видеоассистированную торакальную операцию по поводу спонтанного пневмоторакса. Пациенты были разделены на две группы – контрольную (А) и основную – В (PRP). PRP применялась для покрытия линий скрепок. Никаких сообщений об операционной заболеваемости, в частности аллергических реакциях, или смертности не получено. При сравнении групп установлено, что частота рецидивов была значительно ниже в группе В ($p = 0,02$). Частота рецидивов у пациентов моложе 25 лет в группах А и В существенно различалась (26,1 и 0,0% соответственно; $p = 0,03$) [4, 37].

Хилоторакс. В исследовании использовали плазменно-фибриновый клей с высоким содержанием тромбоцитов (PRP-FG) для лечения хилоторакса у детей после кавопультмональных соединений. PRP-FG вводили в плевральную полость через грудную дренажную трубку. Успех определяли как объем выпота ниже 50 мл/сут через два дня. Инъекцию PRP-FG повторяли с тем же объемом, если выпот продолжался через неделю. Получен невероятный результат: показатель успешного лечения достиг 92%. Основываясь на этих результатах, хотя выборка была небольшой, исследователи пришли к выводу, что лечение хилоторакса с помощью PRP-FG безопасно и осуществимо [4, 38].

Абдоминальная хирургия

Энтерокожный свищ. Сообщается о применении PRP у младенца, у которого развился энтерокожный свищ при атрезии пищевода типа А (классификация

Гросса). В возрасте семи месяцев пациенту выполнили процедуру замены пищевода толстокишечным сегментом. На 14-й послеоперационный день над проксимальной эзофагоколопластикой образовался эзофагокожный свищ, что вызвало чрезмерное подтекание слюны. Несмотря на два месяца расширенного медикаментозного лечения, положительная динамика отсутствовала. Было принято решение о назначении PRP. Плазма, обогащенная тромбоцитами, была получена из пуповинной крови, приготовленной в банке пуповинной крови Эмилии-Романы больницы С. Орсола (Болонья, Италия). PRP применяли четырежды с повторным использованием каждые четыре дня. Лечение способствовало полному закрытию свища после третьего применения, а также улучшению качества рубца [4].

Гастрошизис. Гастрошизис – врожденный порок развития передней брюшной стенки с дефектом преимущественно справа от нормально сформированной пуповины и эквентрацией органов брюшной полости [39, 40]. Эквентрированные внутренние органы не покрыты амниотическими оболочками. Несмотря на увеличение частоты этого порока с 3,6 до 4,9 на 10 тыс. живорожденных, за последние десять лет летальность резко сократилась – до 5% [39].

В одной из работ показано, что плазма, обогащенная тромбоцитами, в сочетании с вакуумным закрытием эффективна в улучшении гастрошизиса, связанного с абдоминальными дефектами [9].

Сердечно-сосудистая хирургия

PRP-терапия также применяется в кардиохирургии, в частности при стернотомии, врожденных пороках сердца, открытых операциях на сердце и после сердечно-легочного шунтирования [9, 41].

Оториноларингология

Тонзиллэктомия – болезненная операция, проводимая в случаях рецидивирующего тонзиллита. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, для уменьшения боли и частоты заболеваемости после тонзиллэктомии приобретает все большее значение [33, 42].

К сожалению, тонзиллэктомия часто связана с сильной болью, которая может задержать выписку пациента из стационара и отсрочить возвращение к нормальной повседневной деятельности, и 2–4%-ным риском кровотечения. Среди перспективных средств, способствующих заживлению, – плазма, обогащенная тромбоцитами. Она рассматривается как потенциальная адъювантная терапия, улучшающая заживление хирургических ран, содержащая множество факторов роста и заживления, которые высвобождаются при их активации [33, 42].

Показано, что PRP, нанесенная сразу после тонзиллэктомии на ложе миндалин, ускоряет процесс заживления, уменьшает послеоперационную боль, а также частоту возникновения кровотечения [33].

Челюстно-лицевая хирургия

PRP как безопасное и экономически эффективное хранилище факторов роста улучшает остеогенез при трансплантации альвеолярной кости у пациентов с расщелиной губы и неба. В частности, сообщается о благоприятных соотношениях регенерации кости и альвеолярной расщелины в случаях применения PRP, что подтверждает ее потенциал в улучшении результатов трансплантации [9].

Дерматология

Плазма, обогащенная тромбоцитами, применяется в дерматологии, особенно при лечении андрогенетической алопеции (АГА) [9, 43, 44].

АГА – форма потери волос, обычно называемая потерей волос по мужскому или женскому типу, традиционно диагностируется при клиническом обследовании без проведения дополнительных исследований. АГА может наблюдаться у детей. Детская АГА является наиболее распространенной причиной потери волос в подростковом возрасте [43].

В основе АГА лежит изменение метаболизма андрогенов и генетическая предрасположенность [43, 45].

Как во взрослой, так и в детской популяции представители мужского пола страдают АГА чаще, чем женщины, – соотношение 2:1. АГА обычно диагностируется с помощью клинического обследования, которое может включать трихоскопию, показывающую миниатюризацию волос без рубцового эффекта [43, 45].

Согласно имеющимся данным, PRP-терапия ассоциируется со стабилизацией и возобновлением роста. Установлены хорошая переносимость такого лечения, его благоприятный профиль безопасности и минимальный послеоперационный дискомфорт [9, 43, 44].

PRP содержит ряд факторов роста (эпидермальный фактор роста, фактор роста фибробластов, фактор роста гепатоцитов, инсулиноподобный фактор роста 1, тромбоцитарный фактор роста, трансформирующий фактор роста бета, сосудистый эндотелиальный фактор роста), которые способствуют фолликулярной дифференцировке, удлинению волосяного фолликула, индукции фазы анагена, ангиогенезу, синтезу внеклеточного матрикса, фолликулогенезу и созреванию волос. Как следствие – усиление роста волос у пациентов с АГА [43, 44].

Эндокринология

Гипергликемия на фоне сахарного диабета (СД) вызвана нарушением динамики глюкозы в крови. Заболевание сопровождается потерей веса при хорошем аппетите, сильной жаждой и обильным мочеиспусканием [9, 46]. В отсутствие адекватного лечения болезнь быстро прогрессирует из-за активного роста и повышенного обмена веществ у детей [9, 46, 47]. В детской популяции наиболее распространено сочетание СД 1-го типа и аутоиммунного поражения щитовидной железы. Исследования М. Zarin и соавт. проливают свет

на сложное взаимодействие PRP в диабетическом аспекте, раскрывая ее потенциал в перекалибровке динамики инсулина плазмы и глюкозы, одновременно в купировании окислительного стресса и поддержании выработки инсулина в островках поджелудочной железы [9, 48]. В условиях эксперимента установлен преобразующий эффект PRP, что существенно повлияло на снижение уровня гипергликемии [9].

Врожденные аномалии развития

PRP считается перспективным направлением в коррекции аномалий и пороков репродуктивной системы [49, 50].

Плазма, обогащенная тромбоцитами, используется при лечении врожденных аномалий, включая такие состояния, как *spina bifida* и врожденные пороки сердца. В этой области необходимы дополнительные исследования. Тем не менее PRP рассматривается как потенциальная терапия в дополнение к традиционным методам лечения этих сложных состояний [4].

Спортивная медицина

В последнее время отмечается рост количества подростков, увлекающихся легкой атлетикой. Вместе с тем увеличивается частота травматизации, в частности разрыва мениска. Подобная травма может привести к неблагоприятным последствиям для растущего организма в долгосрочной перспективе [51, 52]. Мениск относится к структурам, имеющим решающее значение для поглощения ударов, распределения нагрузки и стабильности в суставе. Полная или частичная менискэктомия может привести к остеоартритическим и дегенеративным изменениям. Васкуляризированная область мениска уменьшается к десяти годам, когда васкуляризованы только периферические 10–30% мениска. Хорошая васкуляризация мениска у молодых людей отвечает за его способность к заживлению. При повреждениях в аваскулярной зоне процесс заживления основан на способности ткани мениска к самовосстановлению [51].

PRP также успешно применялась для лечения патологии суставного хряща [51].

Благодаря расширению знаний о дегенеративной природе хронических повреждений сухожилий и связок возрос интерес к инъекциям регенеративной медицины [53]. Кокцидиния, часто возникающая вследствие травмы, характеризуется усилением боли в области копчика в положении сидя, особенно на твердой поверхности, и уменьшением в положении стоя [53, 54]. В исследовании отмечалось уменьшение боли у трех пациентов после инъекции PRP под флуороскопическим контролем в глубокие и поверхностные крестцово-копчиковые связки [53].

Гематология

Гемофильная артропатия является одной из наиболее серьезных проблем у больных гемофилией.

Вследствие многократных кровотечений в опорно-двигательном аппарате возникают дегенеративные изменения, которые приводят к серьезным нарушениям функций двигательной системы, а нередко к инвалидности даже в молодом возрасте [9, 55, 56]. Н. Davoodabadi и соавт. провели клиническое исследование, в котором особое внимание уделили анализу эффективности PRP как терапевтического инструментария для уменьшения боли и укрепления физической функциональности у пациентов с гемофильной артропатией [9, 57].

Минусы PRP: осложнения после процедуры

Наряду с многообещающими преимуществами PRP несет в себе потенциальные осложнения. Риск инфекции, непреднамеренного повреждения нервов или кровеносных сосудов зависит от опыта оператора и состояния здоровья пациента. Для людей с ослабленным иммунитетом или восприимчивостью к определенным заболеваниям риск инфекционного процесса в обрабатываемой области возрастает [9, 58]. Взаимодействие PRP с иммунной системой проявляется через

аллергические реакции, о чем свидетельствуют случаи отека век, слизисто-гнойных выделений и кожной сыпи [9, 59].

Заключение

PRP-терапия у педиатрических пациентов позиционируется как инновационная составляющая регенеративных биомедицинских технологий. Данная методика позволяет достаточно эффективно и безопасно для пациента стимулировать восстановительные процессы и ускорять регенерацию на клеточном уровне. Следует отметить, что данная методика нашла широкое распространение, в частности, в хирургии в силу анальгезирующего эффекта. Однако в настоящий момент для повсеместного внедрения PRP-терапии необходимо более пристальное и комплексное исследование детских иммунологических состояний, а также этиологических и правовых аспектов. Масштабирование клинических испытаний и научных исследований в данной области в скором времени позволит всеобъемлюще оценить преимущества PRP-терапии и оптимизировать технологию для отдельных направлений педиатрии. 📌

Литература

1. Айрапетов Г.А. Ортобиология. IX Научно-практическая конференция с международным участием «Приоровские чтения 2021. Ортобиология» совместно с конференцией молодых ученых. 2022.
2. Семенов А.В., Коротеев В.В., Исаев И.Н., Выборнов Д.Ю. Малоинвазивное лечение рассекающего остеохондрита у детей с использованием биостимуляции. Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2020; 10.
3. Obana K.K., Schallmo M.S., Hong I.S., et al. Current trends in orthobiologics: an 11-year review of the orthopaedic literature. *Am. J. Sports Med.* 2022; 50 (11): 3121–3129.
4. Di Mitri M., D'Antonio S., Collautti E., et al. Platelet-rich plasma in pediatric surgery: a comprehensive review. *Children.* 2024; 11 (8): 971.
5. 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.
6. Akbarzadeh S., McKenzie M.B., Rahman M.M., Cleland H. Allogeneic platelet-rich plasma: is it safe and effective for wound repair? *Eur. Surg. Res.* 2021; 62 (1): 1–9.
7. Everts P.A., van Erp A., DeSimone A., et al. Platelet rich plasma in orthopedic surgical medicine. *Platelets.* 2021; 32 (2): 163–174.
8. Sharara F.I., Lelea L.L., Rahman S., et al. A narrative review of platelet-rich plasma (PRP) in reproductive medicine. *J. Assist. Reprod. Genet.* 2021; 38 (5): 1003–1012.
9. Subagio D., Fawzy A. Reviewing and exploring the prospects of platelet-rich plasma (PRP) therapy in the context of pediatric surgical wound management. *Int. J. Med. Sci. Clin. Res. Studies.* 2023; 3 (8): 1770–1781.
10. Dos Santos R.G., Santos G.S., Alkass N., et al. The regenerative mechanisms of platelet-rich plasma: a review. *Cytokine.* 2021; 144: 155560.
11. Gupta S., Paliczak A., Delgado D. Evidence-based indications of platelet-rich plasma therapy. *Exp. Rev. Hematol.* 2021; 14 (1): 97–108.
12. Mościcka P., Przyłipiak A. History of autologous platelet-rich plasma: a short review. *J. Cosmet. Dermatol.* 2021; 20 (9): 2712–2714.
13. Sreedevi M.S. Evaluation of efficacy of platelet rich fibrin matrix (PRFM) and platelet rich fibrin in treatment of intrabony defects a comparative study. Rajiv Gandhi University of Health Sciences (India), 2019.
14. Pradnyandari N.K.P.D., Natasha R.R. The role of platelet-rich plasma (PRP) in burn wound healing: a literature-review. *Intisari Sains Medis.* 2022; 13 (2): 507–510.
15. Fang J., Wang X., Jiang W., et al. Platelet-rich plasma therapy in the treatment of diseases associated with orthopedic injuries. *Tissue Eng. Part B Rev.* 2020; 26 (6): 571–585.
16. Rossi L.A., Murray I.R., Chu C.R., et al. Classification systems for platelet-rich plasma. *Bone Joint J.* 2019; 101 (8): 891–896.

17. Mahmud S.M.K., Laizu J., Rashid A., et al. 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; 1: 120–126.
18. Xia Y.J., Zhao J., Xie J., et al. The efficacy of platelet-rich plasma dressing for chronic nonhealing ulcers: a meta-analysis of 15 randomized controlled trials. *Plast. Reconstr. Surg.* 2019; 144 (6): 1463–1474.
19. Puzittello R.N., Patel B.H., Forlenza E.M., et al. Adverse impact of corticosteroids on rotator cuff tendon health and repair: a systematic review of basic science studies. *Arthrosc. Sports Med. Rehabil.* 2020; 2 (2): e161–e169.
20. Marcazzan S., Weinstein R. L., Del Fabbro M. Efficacy of platelets in bone healing: A systematic review on animal studies. *Platelets.* 2018; 29 (4): 326–337.
21. Roffi A., Nakamura N., Sanchez M., et al. Injectable systems for intra-articular delivery of mesenchymal stromal cells for cartilage treatment: a systematic review of preclinical and clinical evidence. *Int. J. Mol. Sci.* 2018; 19 (11): 3322.
22. Tawfik A.A., Osman M.A.R. The effect of autologous activated platelet-rich plasma injection on female pattern hair loss: a randomized placebo-controlled study. *J. Cosmet. Dermatol.* 2018; 17 (1): 47–53.
23. Kamel N.M. Platelet-rich plasma: three decades and ongoing, do we have a conclusion? *Suez Canal University Med. J.* 2019; 22 (1): 1–8.
24. Sánchez M., Delgado D., Pompei O., et al. Treating severe knee osteoarthritis with combination of intra-osseous and intra-articular infiltrations of platelet-rich plasma: an observational study. *Cartilage.* 2019; 10 (2): 245–253.
25. Gupta S., Sharma A.K., Purohit J., et al. Comparison between intra-articular platelet-rich plasma injection versus hydrocortisone with local anesthetic injections in temporomandibular disorders: a double-blind study. *Nat. J. Maxillofac. Surg.* 2018; 9 (2): 205–208.
26. Andersen C., Wragg N.M., Shariatzadeh M., Wilson S.L. The use of platelet-rich plasma (PRP) for the management of non-union fractures. *Curr. Osteoporos. Rep.* 2021; 19 (1): 1–14.
27. Jordan K.C., Di Gennaro J.L., von Saint André-von A.A., Stewart B.T. Global trends in pediatric burn injuries and care capacity from the World Health Organization Global Burn Registry. *Front. Pediatr.* 2022; 10: 954995.
28. Kao Y.C., Lin D.Z., Lee S.L., et al. Assisted therapy with platelet-rich plasma for burn patients: A meta-analysis and systematic review. *Burns.* 2021; 47 (5): 1012–1023.
29. Huang H., Sun X., Zhao Y. Platelet-rich plasma for the treatment of burn wounds: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Transfus. Apher. Sci.* 2021; 60 (1): 102964.
30. Chen Z., Wu Y., Turxun N., et al. Efficacy and safety of platelet-rich plasma in the treatment of severe burns: a protocol for systematic review and meta analysis. *Medicine.* 2020; 99 (45): e23001.
31. Михнов Г.И., Мирошниченко Д.Б. Синдром Зудека – современные представления о патогенезе, факторах риска, диагностике и лечении (обзор литературы). *Российский остеопатический журнал.* 2020; 1–2: 168–179.
32. Anitua E., Fernández-de-Retana S., Alkhraisat M.H. Platelet rich plasma in oral and maxillofacial surgery from the perspective of composition. *Platelets.* 2021; 32 (2): 174–182.
33. Saad A.E., Mandour M.F., Behery A.-B.S., 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; 33 (22).
34. Пахомова Р.А., Клименко К.В., Кочетова Л.В. Новый хирургический способ лечения пилонидальной кисты копчика (клинический случай). *Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье.* 2024; 14 (1): 124–128.
35. Пахомова Р.А., Клименко К.В., Кочетова Л.В., Репин И.Г. Авторское хирургическое лечение пилонидальной кисты копчика по оригинальной методике. *Московский хирургический журнал.* 2023; 3: 68–74.
36. Попов С.В., Орлов И.Н., Топузов Т.М. и др. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP) в урологической практике. *Вестник урологии.* 2023; 11 (1): 134–142.
37. Hersant B., Sid-Ahmed M., Braud L., et al. Platelet-rich plasma improves the wound healing potential of mesenchymal stem cells through paracrine and metabolism alterations. *Stem Cells Int.* 2019; 2019: 1234263.
38. Johal H., Khan M., Yung S.P., et al. Impact of platelet-rich plasma use on pain in orthopaedic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Sports Health.* 2019; 11 (4): 355–366.
39. Пилюян Ф.С. Гастрошизис: диагностика и хирургическое лечение. *Российский педиатрический журнал.* 2024; 27 (1): 61–65.
40. Коломеев Н.Ю., Ведрова И.Н., Шестакова С.А. и др. Хирургическая коррекция гастрошизиса у новорожденного. *Практическая медицина.* 2023; 21 (1): 88–90.
41. Hiramatsu T., Okamura T., Imai Y., et al. Effects of autologous platelet concentrate reinfusion after open heart surgery in patients with congenital heart disease. *Ann. Thoracic Surg.* 2002; 73 (4): 1282–1285.
42. Nanditha S., Gopalakrishnan S., Karthikeyan P., Singh Bakshi S. Efficacy of topical application of autologous platelet-rich plasma in adult tonsillectomy patients: a randomised control study. *J. Laryngol. Otol.* 2021; 135 (6): 539–544.
43. Tawfik C., Tejeda C.I., Haughton A.M. Case series evaluating the efficacy and safety of platelet-rich plasma for androgenetic alopecia in pediatric patients. *JAAD Case Rep.* 2023; 37: 8–12.
44. Justicz N., Derakhshan A., Chen J.X., Lee L.N. Platelet-rich plasma for hair restoration. *Facial Plast. Surg. Clin. North Am.* 2020; 28 (2): 181–187.
45. Кемежук А.В., Жуковская К.Г. Осведомленность студентов об андрогенетической алопеции и особенностях ее течения. *ББК.* 2024.

46. Худоерова Д.Р. Сахарный диабет у ребенка. 2023.
47. Мотовилин О.Г., Саверская Е.Н., Хаиров Р.Р. Дети с сахарным диабетом и социальный мир: проблемы и возможности (социальная оздоровительно-образовательная программа «Диабет. Танцы. Дети»). Медицинский совет. 2022; 16 (12): 71–84.
48. Zarin M., Karbalaee N., Keshtgar S., Nemati M. Platelet-rich plasma improves impaired glucose hemostasis, disrupted insulin secretion, and pancreatic oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rat. *Growth Factors*. 2019; 37 (5–6): 226–237.
49. Адамян Л.В., Сибирская Е.В., Пивазян Л.Г. и др. Пороки развития половых органов у девочек от классификаций до диагностики: современное состояние вопроса. РМЖ. Мать и дитя. 2023; 6 (4): 433–440.
50. Адамян Л.В., Сибирская Е.В., Пивазян Л.Г. и др. Абдоминальный болевой синдром у девочек с пороками развития половых органов. Обзор литературы. 2022.
51. Popescu M.B., Carp M., Tevanov I., et al. Isolated meniscus tears in adolescent patients treated with platelet-rich plasma intra-articular injections: 3-month clinical outcome. *Biomed. Res. Int*. 2020; 2020: 8282460.
52. Самойлов А.С., Рылова Н.В., Жолинский А.В. Актуальные аспекты детской спортивной медицины. 2022.
53. Sussman W.I., Jerome M.A., Foster L. Platelet-rich plasma for the treatment of coccydynia: A case report and review of regenerative medicine for coccydynia. *Regen. Med*. 2019; 14 (12): 1151–1154.
54. Завадский М.А., Зелинский П.В., Сак С.П. Механизмы противостояния профессиональному стрессу работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям. Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2022.
55. Gualtierotti R., Solimeno L.P., Peyvandi F. Hemophilic arthropathy: current knowledge and future perspectives. *J. Thromb. Haemost*. 2021; 19 (9): 2112–2121.
56. Касем А.Н.А., Мохамед Х.Х.А., Поликарпова А.А. Модернизация эндопротеза тазобедренного сустава. Проблемы развития современного общества. 2023; 242–244.
57. Davoodabadi H., Malek F., Habibpanah B., Ghoojani A. The efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of hemophilic arthropathy. *J. Res. Orthoped. Sci*. 2020; 7 (4): 165–168.
58. Medina-porqueres I., Moreno-pedrosa C., Mateo-rodriguez J., Rosado-velazquez D. An early-exercise-mediated adverse reaction associated with platelet-rich plasma therapy. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2022; 33 (1): 85–89.
59. Latalski M., Walczyk A., Fatyga M., et al. Allergic reaction to platelet-rich plasma (PRP): case report. *Medicine*. 2019; 98 (10): e14702.

The Use of Platelet-Rich Plasma in Pediatric Practice

Ye.V. Sibirskaya, PhD, Prof.^{1,2,3}, P.O. Nikiforova^{2,3}, A.V. Mantseva⁴, A.O. Mantsev³

¹ Russian University of Medicine

² Russian Children's Clinical Hospital – a Branch of N.I. Pirogov Russian National Research Medical University

³ N.I. Pirogov Russian National Research Medical University

⁴ Peoples' Friendship University of Russia

Contact person: Yelena V. Sibirskaya, elsibirskaya@yandex.ru

Purpose is to analyze the application of PRP in pediatric practice.

Material and methods. We conducted a literature search in the following databases: PubMed, Embase, Cochrane Library and Google Scholar. This literature review includes studies from 2019 to 2024.

Results. A total of 5 systematic reviews and meta-analyses, 2 case-control studies, 1 retrospective study, 2 open-label trial, 1 cohort study, 1 prospective observational study, 4 randomized controlled trials, 5 clinical cases, 18 reviews, 1 guideline, 4 conference abstracts were identified. After analyzing these articles, they were included in the current literature review.

A new branch of regenerative medicine in the field of biomedical technologies offers a promising method of treatment in pediatric practice. The ability of PRP therapy to stimulate natural recovery processes and accelerate regeneration provides a wide opportunity for application in various surgical, therapeutic and related areas. PRP also has a significant analgesic effect, which in turn is actively used in the postoperative period. However, at the moment, the innovative approach requires careful study and testing, and new clinical and scientific data are needed for the widespread implementation of the technology.

Conclusions. Insufficient study of PRP therapy at various levels currently does not allow the use of promising technology everywhere. With the proper level of research and implementation of clinical trials on large samples, this method can become an alternative multidisciplinary treatment method in pediatrics.

Keywords: PRP, platelet-rich plasma, pediatrics, pediatric surgery, orthobiology, otolaryngology, abdominal surgery, thoracic surgery, cardiac surgery, endocrinology, urology, proctology, sports medicine, dentistry, hereditary diseases, congenital malformations, traumatology