



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЫ, ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ, ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Винницкий национальный медицинский университет им. Н.И. Пирогова, г. Винница,
Украина

Цель. Оценить эффективность инъекционного использования плазмы, обогащенной тромбоцитами, при лечении ран у экспериментальных животных с ожогами.

Материал и методы. Эксперимент проведен на 30 половозрелых крысах-самцах породы Wistar, которые, после моделирования инфицированного ожога кипятком и иссечения на 2-е сутки некротических тканей до «кровяной росы», гемостаза, были разделены на основную и контрольную группы в зависимости от выбранной стратегии дальнейшего лечения. Животным контрольной группы (15 крыс) раневой дефект обрабатывали и накладывали повязки, пропитанные 0,02% раствором декаметоксина. Животным основной группы (15 крыс) дополнительно проводили инъекции в область раны инъекций плазмы, обогащенной тромбоцитами, на 1, 3, 5 сутки после некрэктомии. Остаток этой плазмы путем аппликации наносили на раневую поверхность с последующим закрытием поливинилхлоридной пленкой и марлевой повязкой. Перевязки проводились ежедневно. Изучение предусматривало гистологическое исследование участка раны и окружающих тканей, забор которых осуществлялся на 1, 3, 7, 14-е сутки после удаления некротизированных тканей.

Результаты. У животных основной группы, лечение которых предусматривало использование плазмы, обогащенной тромбоцитами, уже на 3 сутки после некрэктомии в области раны определяли уменьшение глубины повреждений, которые распространялись только до подкожной клетчатки, снижение активности воспалительной реакции в тканях с последующей пролиферацией молодого эпидермиса и почти полным заживлением раневого дефекта до 14-х суток. Патологические изменения в тканях участка повреждения животных контрольной группы были более выраженными, с признаками повреждения до мышц. Кроме того, в течение всего периода наблюдения в этой группе животных сохранялась интенсивная воспалительная реакция с низкой пролиферативной активностью.

Заключение. Экспериментально подтверждена эффективность инъекционного использования плазмы, обогащенной тромбоцитами, как элемента комплексного местного лечения ожоговых ран у крыс.

Ключевые слова: ожоги, модель, животные, воспаление, заживление ран, реэпителизация, обогащенная тромбоцитами плазма

Objective. To evaluate the effectiveness of platelet-rich plasma injections in the treatment of wounds in experimental animals with burns.

Materials and methods. The experiment was carried out on 30 sexually mature male Wistar rats, which, after simulation of infected burn wound with boiling water and excision of necrotic tissue to pinpoint bleeding, hemostasis, on the second day, were divided into the main and control groups, depending on the chosen strategy of subsequent treatment. Wound defect of the animals in the control group (15 rats) was treated and bandages soaked in 0.02% decamethoxin solution were applied. Platelet-rich plasma was additionally injected into the wound area of the animals in the main group (15 rats) on the 1st, 3rd, 5th day after necrectomy. The remaining plasma was applied to the wound surface followed by closure with a polyvinyl chloride film and gauze bandage. Wound dressings were performed daily. The study involved a histological examination of the wound site and surrounding tissues the collection of which was carried out on the 1st, 3rd, 7th, 14th day after the removal of necrotic tissues.

Results. In animals of the main group, the treatment of which involved the use of platelet-rich plasma, on the 3rd day after necrectomy in the wound area a decrease in the depth of injury that extended only of to subcutaneous tissue, a decrease in the activity of the inflammatory reaction in the tissues, followed by the proliferation of new epidermis and almost complete healing of wound defect up to 14 days were determined. For comparison, pathological changes in the tissues of the injured area of the animals in the control group were more pronounced with signs of muscle injury. In addition, during the entire observation period in this group of animals, an intense inflammatory reaction with low proliferative activity persisted.

Conclusion. The effectiveness of platelet-rich plasma injections as an element of complex local treatment of burn wounds in rats has been experimentally confirmed.

Keywords: burns, model, animals, inflammation, wound healing, reepithelialization, platelet-rich plasma



Научная новизна статьи

В работе на экспериментальной модели у крыс обоснована целесообразность и эффективность применения плазмы, обогащенной тромбоцитами, при лечении ожогов. В частности, установлена ее способность положительно влиять на зону паранекроза, снижать интенсивность воспалительной реакции в тканях, активно восстанавливать придатки кожи, стимулировать процессы пролиферации и эпителизации.

What this paper adds

The expediency and effectiveness of platelet-rich plasma in the treatment of burns was histologically substantiated in the work on a specific experimental model of rats. In particular, its ability to positively influence the paranecrotic zone, reduce the intensity of inflammatory reaction in tissues, actively restore skin appendages, and stimulate the processes of proliferation and epithelization was established.

Введение

Залогом успешного лечения пациентов с ожогами остается не только стабилизация общего состояния и коррекция системных нарушений организма, но и быстрое восстановление целостности кожных покровов [1]. Стремительный прогресс в медицине способствовал внедрению широкого арсенала новых лекарственных средств для местного лечения ран, в том числе ожогового генеза. Одним из основных направлений стала разработка раневых покрытий синтетического или биологического происхождения в качестве временного закрытия раневых дефектов. Использование подобных материалов позволяет создать благоприятные условия для восстановления эпидермального и частично дермального слоев, которое невозможно при глубоких термических повреждениях. В лечении последних золотым стандартом остается аутологическая пересадка кожи, которую не всегда можно провести в необходимом объеме ввиду ограниченных возможностей донорских ресурсов и высокого риска возможных послеоперационных осложнений [2]. Приоритетным решением этой проблемы остается разработка современных клеточных технологий, большинство из которых до сих пор на уровне экспериментальных исследований или требует для реализации значительного материально-технического, кадрового потенциала. Доступной альтернативой можно считать использование аутологических тромбоцитов – небольших безъядерных цитоплазматических клеточных структур до 2 мкм в диаметре [3]. Первоначально считалось, что эти клетки отвечают только за процессы свертывания крови, вместе с тем дальнейшие исследования установили непосредственное их участие в процессе заживления ран [4]. Последующие экспериментальные исследования позволили подтвердить высокую эффективность использования плазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP), для восстановления различных структур (кожи, мышц, сухожилий, костей и т.п.) и целесообразность дальнейшего ее внедрения в клиническую практику [5]. В последние годы

наблюдается активное изучение возможности применения такой плазмы при ожогах различной степени тяжести [6]. Несмотря на это, до сих пор отсутствуют четкие критерии не только приготовления подобного биологического препарата, но и технологии его непосредственного использования в комплексной программе лечения больных с ожогами.

Цель. Оценить эффективность инъекционного использования плазмы, обогащенной тромбоцитами, при лечении ран у экспериментальных животных с ожогами.

Материал и методы

Эксперимент проведен на 30 половозрелых крысах-самцах породы Wistar весом 240–280 г, которые находились на обычном рационе. При проведении исследования придерживались международных правил и принципов «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и с другой научной целью» (Страсбург, 18.03.1986), Директивы Совета Европейского экономического общества о защите позвоночных животных (Страсбург, 24.11.1986), Directive 2010/63/EU of European Parliament and Council on the protection of animals used for scientific purposes, «Общих этических принципов экспериментов на животных» (Киев, 2011).

Под общим обезболиванием (введение раствора кетамина гидрохлорида 5% в брюшную полость в дозе 6 мг на 100 г веса) всем животным проводили моделирование ожоговой раны путем аппликации воды, нагретой до 96 °С в течение 7 с на депилированную боковую поверхность туловища. Через сутки в область раны вносили культуру микроорганизма *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (1×10^7 КОЕ/мл). Через 48 часов от начала моделирования некротические ткани удалялись, проводился гемостаз. В зависимости от выбранного дальнейшего лечения животные были разделены на основную и контрольную группы. Животным контрольной группы (15 крыс) раневой дефект обрабатывали и накладывали повязки, пропитанные 0,02% раствором декаметоксина.

Животным основной группы (15 крыс) дополнительно проводили в область раны инъекции плазмы, обогащенной тромбоцитами, в 1, 3, 5-е сутки после некрэктомии (рис. 1).

Остаток этой плазмы в виде аппликации наносили на раневую поверхность с последующим закрытием поливинилхлоридной пленкой, которая фиксировалась лейкопластырем и марлевой повязкой. перевязки проводились ежедневно и предусматривали смену повязок, очистку раневой поверхности от патологических выделений, местную обработку 0,02% раствором декаметоксина.

Для получения плазмы, обогащенной тромбоцитами, у животных основной группы непосредственно перед ее применением осуществляли забор 2 мл крови из бедренной вены, которую помещали в стерильную стеклянную пробирку с раствором гепарина натрия (ООО «Фармекс Груп», Украина) в количестве 50 МЕ и осторожно перемешивали. В дальнейшем кровь центрифугировали (Центрифуга ELM1 CM-6M, Латвия) в течение 15 мин при частоте вращения 2500 об/мин, после чего в пробирке формировалось 3 слоя: верхний слой плазмы был светло-желтого цвета, средний слой — в виде узкой каймы помутнения и нижний — интенсивного красного цвета, содержащий эритроциты. С помощью пипетки забирали верхний слой с последующим наполнением инсулинового шприца. Дефицит объема циркулирующей крови восстанавливался путем внутривенного инфузионного введения 3 мл раствора «Рингер лактат» (ЗАО «Инфузия», Украина) с помощью инфузионной помпы AITECS SEP-10S PLUS (Литва) со скоростью 5 мл/ч.

Изучение предусматривало гистологическое исследование препаратов в динамике, забор которых осуществлялся на 1, 3, 7, 14-е сутки после удаления некротизированных тканей у каждой из экспериментальных крыс путем прижизненного иссечения скальпелем небольшого участка раны и окружающих тканей под общим обезболиванием. Полученный массив тканей фиксировали в 10% растворе нейтрального

формалина, затем его промывали, обезживали, заливали в парафин и готовили срезы на микротоме толщиной 7 мкм. Изготовленные гистологические препараты окрашивали гематоксилином и эозином. Окрашенные срезы изучали с помощью светового микроскопа OLYMPUS BX-41 (МОЗ Украины, Свидетельство о государственной регистрации № 8120/2008, код 9011800000) при увеличении в 40, 100 и 200 раз. Визуализацию изображения выполняли с помощью программы Quickphoto micro 2.3 (лицензионное соглашение № 925113924).

Животные выводились на 16-е сутки от начала эксперимента путем передозировки наркотического препарата (введение раствора тиопентала натрия 2% в брюшную полость в дозе 10 мг на 100 г веса).

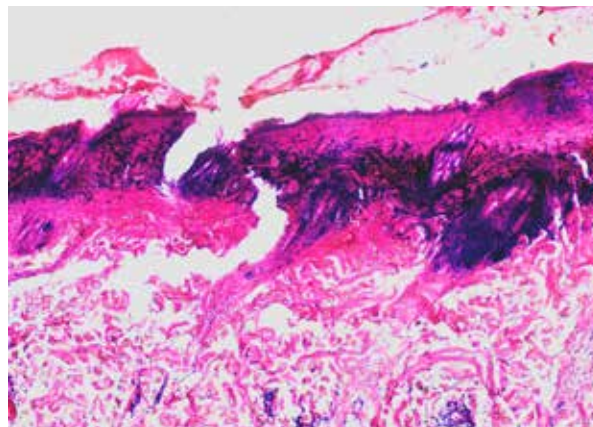
Результаты

На 1-е сутки после некрэктомии у животных обеих групп в гистологических препаратах определялись коагуляционные изменения прилегающей дермы с придатками кожи (волосатыми фолликулами). В более глубоких слоях дермы коагуляционных изменений не отмечалось. Наблюдались выраженный отек, разволокнение коллагеновых и эластиновых волокон глубоких слоев дермы, признаки умеренного отека гиподермы. Воспалительная клеточная реакция в этом сроке отсутствовала (рис. 2).

На 3-и сутки после хирургического удаления некротизированных тканей у животных основной группы определялось уменьшение глубины патологических изменений, которые распространялись только до подкожной клетчатки. Значительно уменьшилась толщина коагулированных поверхностных слоев дермы. Придатки кожи (волосатые фолликулы) были сохранены. Воспалительная инфильтративная

Рис. 2. Микроскопические изменения кожи животных основной группы на 1 сутки после некрэктомии. Окраска гематоксилин-эозин. Ув. $\times 100$.

Рис. 1. Инъекционное введение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в область раны животным основной группы на 1-е сутки после некрэктомии.



реакция была маловыраженной и представлена преимущественно сегментоядерными нейтрофилами с небольшим количеством лимфоцитов и клеток моноцитарного ряда. Значительно уменьшились явления отека более глубоких слоев дермы и гиподермы (рис. 3 А).

У животных контрольной группы в эти же сроки сохранялись признаки серьезного повреждения, которое распространялось до подкожной клетчатки и мышц.

Наблюдалось умеренное полнокровие сосудов, отек гиподермы и сетчатого слоя дермы, выраженные дистрофические изменения придатков кожи. Сохранялся достаточно толстый слой коагулированных тканей поверхностных отделов дермы. Интенсивность воспалительной реакции также была выше по сравнению с животными основной группы, с преобладанием сегментоядерных лейкоцитов (рис. 3 Б).

На 7-е сутки после некрэктомии у животных основной группы определялись пролиферация молодого эпидермиса с наплывом его на ожоговую рану, формирование молодого клеточного рубца в дерме с редукцией

большой части сосудов на месте термической травмы, умеренная лимфогистиоцитарная инфильтрация в дерме с незначительной примесью сегментоядерных лейкоцитов, местами ещё сохранялось паретическое расширение и полнокровие сосудов. Некротических коагулированных тканей не определялось (рис. 4 А).

В контрольной группе имело место отторжение остатков коагулированных тканей с наличием умеренных патологических изменений в прилегающей дерме. На месте погибших тканей формировалась грануляционная ткань, главным компонентом которой выступали вертикальные сосудистые петли и лейкоцитарно-некротическая зона. Среди воспалительных клеток доминирующее место занимали лимфогистиоцитарные клеточные элементы, одноядерные клетки типа моноцитов крови, которые трансформировались в молодые фибробласты. Еще сохранялся выраженный отек и разволокнение коллагеновых и эластиновых волокон глубоких слоев дермы (рис. 4 Б).

На 14-е сутки у животных основной группы в области повреждения определялось зажив-

Рис. 3. Микроскопические изменения кожи животных основной (А) и контрольной (Б) групп на 3-и сутки после некрэктомии. Окраска гематоксилин-эозин. Ув. $\times 100$.

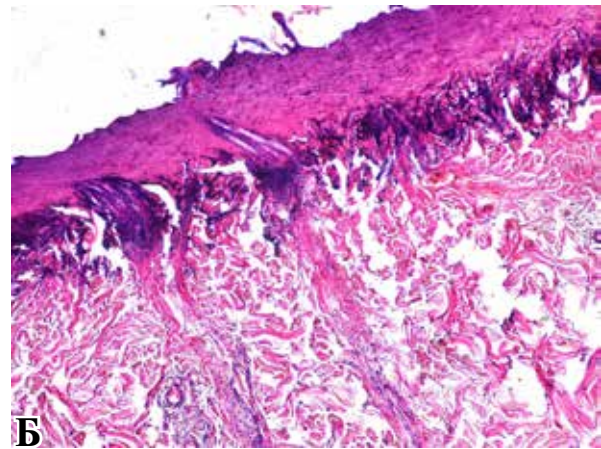
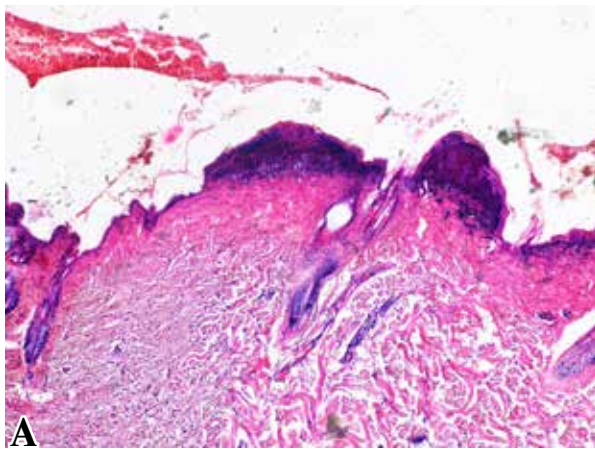
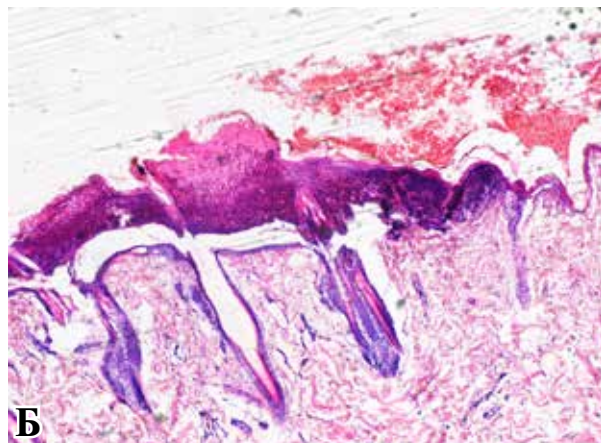
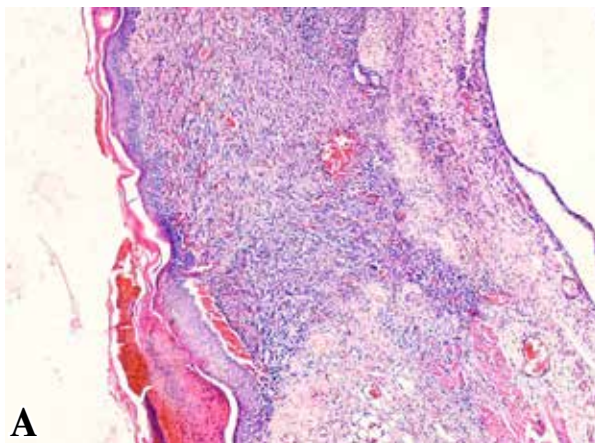


Рис. 4. Микроскопические изменения кожи животных основной (А) и контрольной (Б) групп на 7-е сутки после некрэктомии. Окраска гематоксилин-эозин. Ув. $\times 100$.



ление раневого дефекта путем формирования послеожогового рубца. Сохранялась незначительная лимфоидная инфильтрация рубцовой ткани, которая состояла преимущественно из фиброцитов и коллагеновых волокон (рис. 5 А).

В тканях контрольной группы животных наблюдалась менее активная пролиферация молодого эпидермиса, который не полностью закрывал поверхность раны даже на 14-е сутки. В местах термического повреждения дермы определялось формирование молодого клеточного рубца с незначительной лимфоцитарной инфильтрацией и присутствием небольшого количества сегментоядерных лейкоцитов (рис. 5 Б).

Обсуждение

Плазма, обогащенная тромбоцитами (PRP) — это аутологическая композиция, в которой содержание тромбоцитов в плазме превышает нормальную концентрацию в крови [7]. Несмотря на относительную новизну этого направления, которое впервые было описано в восьмидесятих годах прошлого столетия при комплексном лечении кардиологической патологии, на сегодня ученым удалось описать многие механизмы влияния тромбоцитов на течение раневого процесса и установить абсолютную безопасность их использования [8]. Это послужило основанием для дальнейшего успешного использования PRP в других областях медицины, которые нуждаются в эффективных средствах стимуляции репаративных процессов и быстром восстановлении тканевых структур [9]. Одним из них остается проблема лечения пациентов с ожогами, особенно при значительной площади и глубине повреждения [10]. До сих пор в доступной литературе отсутствует единое мнение не только об эффективности,

но и вообще целесообразности использования подобной плазмы при лечении пациентов с ожогами. Так, по результатам некоторых экспериментальных исследований не было установлено различия между влиянием PRP и комбинированной антимикробной мази с вазелиновой основой на показатели реэпителизации ожоговых ран и формирование в дальнейшем рубцов [11]. Зато существует ряд других убедительных экспериментальных исследований и клинических наблюдений, указывающих на обратное. В частности, недавние исследования с использованием свиней породы Бама убедительно установили способность PRP улучшать результаты заживления глубоких дермальных ожогов, стимулируя процессы пролиферации и ангиогенеза [12]. Более того, установлена также способность PRP регулировать активность воспалительной реакции как одного из важных факторов заживления, способствовать контракции раны, восстановлению коллагена, а также повышать показатели приживления различных видов аутодермотрансплантатов [13]. Существуют даже убедительные сведения положительного влияния подкожного инъекционного введения такой плазмы в область послеожоговых рубцов, что уменьшает их размеры и интенсивность нейропатической боли в этой области [14]. Причиной таких кардинальных различий могут служить принципиальные различия как в экспериментальном моделировании ожогов, так и технологии приготовления, применения PRP.

В проведенном исследовании была выбрана распространенная модель экспериментального термического ожога кипятком у крыс. Для приготовления PRP также была использована одна из самых простых и доступных технологий, которая предусматривала однократное центрифугирование гепаринизированной крови без ис-

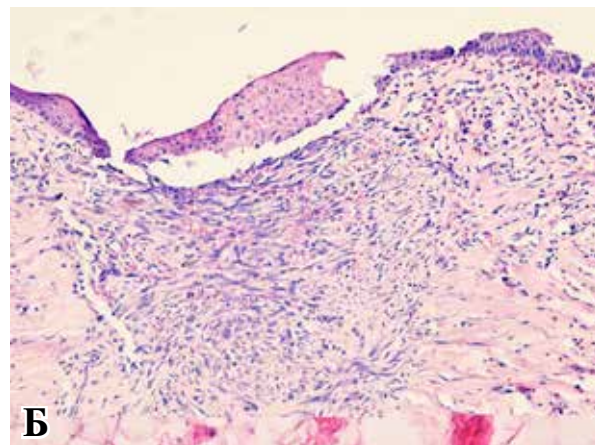
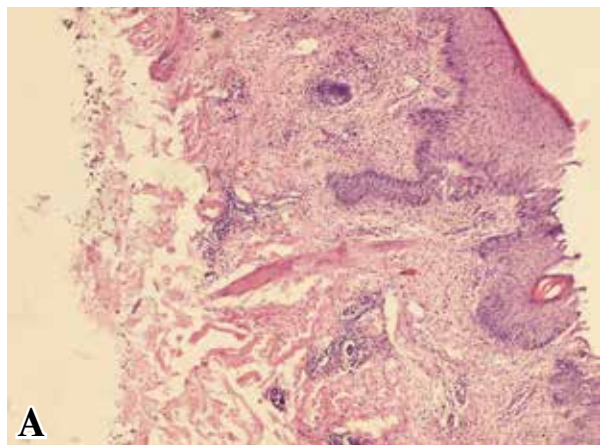


Рис. 5. Микроскопические изменения кожи животных основной (А) и контрольной (Б) групп на 14 сутки после некрэктомии. Окраска гематоксилин-эозин. Ув $\times 100$.

пользования специализированных пробирок, дополнительных активных веществ с последующим инъекционным введением препарата плазмы непосредственно в раневую дефект и дальнейшее создание условий «влажной камеры».

В результате сравнения процессов заживления ожоговых ран у животных основной и контрольной групп гистологически было установлено преимущество использования PRP уже с 3 суток после ранней некрэктомии, что, вероятно, связано с ее способностью к противовоспалительному и антиапоптотическому действию в области паранекроза, что способствует восстановлению большого массива тканей, что было подтверждено на других экспериментальных моделях [15]. В более поздние сроки сохранялась положительная динамика заживления именно у животных основной группы, которая характеризовалась более быстрым угасанием воспалительной реакции в поврежденных тканях, восстановлением придатков кожи, активным течением процессов пролиферации, формированием молодого рубца и полной эпителизацией раневого дефекта, которое наблюдалось уже на 16-е сутки после начала эксперимента.

Заключение

Полученные результаты позволили экспериментально подтвердить эффективность инъекционного использования плазмы, обогащенной тромбоцитами, как элемента комплексного местного лечения ожоговых ран у крыс. Несмотря на простоту и безопасность, дальнейшее решение других спорных вопросов практического использования этого метода (установление оптимальных показаний, терапевтической дозировки, способа и кратности введения, длительности) возможно лишь при условии его широкой имплементации в клиническую деятельность ожоговых стационаров.

Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований кафедры общей хирургии Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов авторы не получали.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

Этические аспекты. Одобрение комитета по этике

Исследование одобрено этическим комитетом Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tiwari VK. Burn wound: How it differs from other wounds? *Indian J Plast Surg.* 2012 May;45(2):364-73. doi: 10.4103/0970-0358.101319
2. Dhaliwal K, Lopez N. Hydrogel dressings and their application in burn wound care. *Br J Community Nurs.* 2018 Sep 1;23(Sup9):S24-S27. doi: 10.12968/bjcn.2018.23.Sup9.S24
3. Fernandez-Moure JS, Van Eps JL, Cabrera FJ, Barbosa Z, Medrano Del Rosal G, Weiner BK, Ellsworth WA 4th, Tasciotti E. Platelet-rich plasma: a biomimetic approach to enhancement of surgical wound healing. *J Surg Res.* 2017 Jan;207:33-44. doi: 10.1016/j.jss.2016.08.063
4. Unal M. Platelet-rich plasma in burn treatment. Hot topics in burn injuries [Internet]. *Intech Open.* 2017 Dec 20. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70835>
5. Picard F, Hersant B, Bosc R, Meningaud JP. Should we use platelet-rich plasma as an adjunct therapy to treat "acute wounds," "burns," and "laser therapies": A review and a proposal of a quality criteria checklist for further studies. *Wound Repair Regen.* 2015 Mar-Apr;23(2):163-70. doi: 10.1111/wrr.12266
6. Chen W, Zheng JS. Advance in the research of platelet-rich plasma in burn treatment. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi.* 2012 Aug;28(4):288-90. Chinese.
7. Xu P, Wu Y, Zhou L, Yang Z, Zhang X, Hu X, Yang J, Wang M, Wang B, Luo G, He W, Cheng B. Platelet-rich plasma accelerates skin wound healing by promoting re-epithelialization. *Burns Trauma.* 2020 Aug 14;8:tkaa028. doi: 10.1093/burnst/tkaa028. eCollection 2020.
8. Ferrari M, Zia S, Valbonesi M, Henriquet F, Venere G, Spagnolo S, Grasso MA, Panzani I. A new technique for hemodilution, preparation of autologous platelet-rich plasma and intraoperative blood salvage in cardiac surgery. *Int J Artif Organs.* 1987 Jan;10(1):47-50. doi: 10.1177/039139888701000111
9. Malanga GA, Goldin M. PRP: review of the current evidence for musculoskeletal conditions. *Curr Phys Med Rehabil Rep.* 2014;2;1-15. <https://doi.org/10.1007/s40141-013-0039-5>
10. Marck RE, Gardien KL, Stekelenburg CM, Vehmeijer M, Baas D, Tuinebreijer WE, Breederveld RS, Middelkoop E. The application of platelet-rich plasma in the treatment of deep dermal burns: A randomized, double-blind, intra-patient controlled study. *Wound Repair Regen.* 2016 Jul;24(4):712-20. doi: 10.1111/wrr.12443
11. Singer AJ, Toussaint J, Choi WT, McClain SA, Raut V. The effects of Platelet-rich Plasma on healing of partial thickness burns in a porcine model. *Ann Burns Fire Disasters.* 2018 Dec 31;31(4):298-305. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6441582/>
12. Sun Y, Cao Y, Zhao R, Xu F, Wu D, Wang Y. The Role of Autologous PRP on Deep Partial-Thickness Burn Wound Healing in Bama Pigs. *J Burn Care Res.* 2020 May 2;41(3):657-62. doi: 10.1093/jbcr/iraa012
13. Gupta S, Goil P, Thakurani S. Autologous platelet

rich plasma as a preparative for resurfacing burn wounds with split thickness skin grafts. *World J Plast Surg.* 2020 Jan;9(1):29-32. doi: 10.29252/wjps.9.1.29

14. Huang SH, Wu SH, Lee SS, Lin YN, Chai CY, Lai CS, Wang HD. Platelet-rich plasma injection in burn scar areas alleviates neuropathic scar pain. *Int J Med Sci.* 2018 Jan 8;15(3):238-47. doi: 10.7150/ijms.22563. eCollection 2018.

15. Uraloğlu M, Ural A, Efe G, Yuluğ E, Livaoglu M, Karaçal N. The effect of platelet-rich plasma on the zone of stasis and apoptosis in an experimental burn model. *Plast Surg (Oakv).* 2019 May;27(2):173-81. doi: 10.1177/2292550318800498

REFERENCES

1. Tiwari VK. Burn wound: How it differs from other wounds? *Indian J Plast Surg.* 2012 May;45(2):364-73. doi: 10.4103/0970-0358.101319
2. Dhaliwal K, Lopez N. Hydrogel dressings and their application in burn wound care. *Br J Community Nurs.* 2018 Sep 1;23(Sup9):S24-S27. doi: 10.12968/bjcn.2018.23.Sup9.S24
3. Fernandez-Moure JS, Van Eps JL, Cabrera FJ, Barbosa Z, Medrano Del Rosal G, Weiner BK, Ellsworth WA 4th, Tasciotti E. Platelet-rich plasma: a biomimetic approach to enhancement of surgical wound healing. *J Surg Res.* 2017 Jan;207:33-44. doi: 10.1016/j.jss.2016.08.063
4. Unal M. Platelet-rich plasma in burn treatment. Hot topics in burn injuries [Internet]. *Intech Open.* 2017 Dec 20. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70835>
5. Picard F, Hersant B, Bosc R, Meningaud JP. Should we use platelet-rich plasma as an adjunct therapy to treat "acute wounds," "burns," and "laser therapies": A review and a proposal of a quality criteria checklist for further studies. *Wound Repair Regen.* 2015 Mar-Apr;23(2):163-70. doi: 10.1111/wrr.12266
6. Chen W, Zheng JS. Advance in the research of platelet-rich plasma in burn treatment. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi.* 2012 Aug;28(4):288-90. Chinese.
7. Xu P, Wu Y, Zhou L, Yang Z, Zhang X, Hu X, Yang J, Wang M, Wang B, Luo G, He W, Cheng

Адрес для корреспонденции

21028, Украина,
г. Винница, ул. Пирогова, д. 56,
Винницкий национальный медицинский
университет им. Н.И. Пирогова,
кафедра общей хирургии,
тел.: +380 972 12 89 63,
e-mail: r.chornopyschuk@gmail.com,
Чернопишук Роман Николаевич

Сведения об авторах

Чернопишук Роман Николаевич, к.м.н., ассистент кафедры общей хирургии Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова, г. Винница, Украина.
<https://orcid.org/0000-0001-5422-7495>

Информация о статье

Поступила 9 апреля 2021 г.
Принята в печать 10 января 2022 г.
Доступна на сайте 1 марта 2022 г.

B. Platelet-rich plasma accelerates skin wound healing by promoting re-epithelialization. *Burns Trauma.* 2020 Aug 14;8:tkaa028. doi: 10.1093/burnst/tkaa028. eCollection 2020.

8. Ferrari M, Zia S, Valbonesi M, Henriquet F, Venere G, Spagnolo S, Grasso MA, Panzani I. A new technique for hemodilution, preparation of autologous platelet-rich plasma and intraoperative blood salvage in cardiac surgery. *Int J Artif Organs.* 1987 Jan;10(1):47-50. doi: 10.1177/039139888701000111
9. Malanga GA, Goldin M. PRP: review of the current evidence for musculoskeletal conditions. *Curr Phys Med Rehabil Rep.* 2014;2;1-15. <https://doi.org/10.1007/s40141-013-0039-5>
10. Marck RE, Gardien KL, Stekelenburg CM, Vehmeijer M, Baas D, Tuinebreijer WE, Breederveld RS, Middelkoop E. The application of platelet-rich plasma in the treatment of deep dermal burns: A randomized, double-blind, intra-patient controlled study. *Wound Repair Regen.* 2016 Jul;24(4):712-20. doi: 10.1111/wrr.12443
11. Singer AJ, Toussaint J, Choi WT, McClain SA, Raut V. The effects of Platelet-rich Plasma on healing of partial thickness burns in a porcine model. *Ann Burns Fire Disasters.* 2018 Dec 31;31(4):298-305. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6441582/>
12. Sun Y, Cao Y, Zhao R, Xu F, Wu D, Wang Y. The Role of Autologous PRP on Deep Partial-Thickness Burn Wound Healing in Bama Pigs. *J Burn Care Res.* 2020 May 2;41(3):657-62. doi: 10.1093/jbcr/iraa012
13. Gupta S, Goil P, Thakurani S. Autologous platelet rich plasma as a preparative for resurfacing burn wounds with split thickness skin grafts. *World J Plast Surg.* 2020 Jan;9(1):29-32. doi: 10.29252/wjps.9.1.29
14. Huang SH, Wu SH, Lee SS, Lin YN, Chai CY, Lai CS, Wang HD. Platelet-rich plasma injection in burn scar areas alleviates neuropathic scar pain. *Int J Med Sci.* 2018 Jan 8;15(3):238-47. doi: 10.7150/ijms.22563. eCollection 2018.
15. Uraloğlu M, Ural A, Efe G, Yuluğ E, Livaoglu M, Karaçal N. The effect of platelet-rich plasma on the zone of stasis and apoptosis in an experimental burn model. *Plast Surg (Oakv).* 2019 May;27(2):173-81. doi: 10.1177/2292550318800498

Address for correspondence

21028, Ukraine,
Vinnytsya, Pirogov str., 56,
National Pirogov Memorial
Medical University,
tel. +380972128963,
e-mail: r.chornopyschuk@gmail.com,
Chornopyschuk Roman N.

Information about the authors

Chornopyschuk Roman N., MD, Assistant of the Department of General Surgery, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, Ukraine.
<https://orcid.org/0000-0001-5422-7495>

Article history

Arrived: 9 April 2021
Accepted for publication: 10 January 2022
Available online: 1 March 2022