



К вопросу о получении плазмы, обогащенной тромбоцитами

© С.Б. Базлов*, К.И. Мелконян, Т.В. Русинова, К.И. Попандопуло, Н.В. Марченко, Д.Д. Шевчук

Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

* С.Б. Базлов, Кубанский государственный медицинский университет, 350063, Краснодар, ул. М. Седина, 4, serb64@yandex.ru

Поступила в редакцию 4 октября 2021 г. Исправлена 15 декабря 2021 г. Принята к печати 21 декабря 2021 г.

Резюме

Цель: Определить оптимальные технологические режимы для приготовления аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP – platelet-rich plasma), при использовании стандартного лабораторного оборудования.

Материал и методы: Забор крови для исследования осуществлялся у 25 здоровых добровольцев. Ее центрифугирование проводили на стандартной лабораторной центрифуге СМ-6М с использованием различных режимов и двух видов вакуумных пробирок с литий-гепарином, содержащих сепарационный гель, и без него. Количество тромбоцитов и лейкоцитов подсчитывали в верхнем, нижнем и среднем слоях полученного образца плазмы.

Результаты: Оптимальными по количеству тромбоцитов являются образцы плазмы при режимах центрифугирования от 415 до 1660 г в течение 10 мин с использованием пробирок, не содержащих сепарационный гель. Забор плазмы из нижнего слоя полученного образца после центрифугирования всегда сопровождается включением в ее состав лейкоцитов, что может приводить к нежелательным тканевым реакциям при ее применении.

Заключение: Для получения PRP возможно использование стандартного лабораторного оборудования при режиме центрифугирования от 415 до 1660 г в течение 10 мин с использованием пробирок, не содержащих сепарационный гель. Забор плазмы для клинического применения следует проводить из среднего слоя полученного образца.

Ключевые слова: плазма, обогащенная тромбоцитами, способ получения, стандартизация, факторы роста, клиническая эффективность

Цитировать: Базлов С.Б., Мелконян К.И., Русинова Т.В., Попандопуло К.И., Марченко Н.В., Шевчук Д.Д. К вопросу о получении плазмы, обогащенной тромбоцитами. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(1):38–43. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2022-25-1-38-43>

On the issue of obtaining platelet-rich plasma

© Sergey B. Bazlov*, Karina I. Melkonian, Tatiana V. Rusinova, Konstantin I. Popandopulo, Nikolay V. Marchenko, Daniil D. Shevchuk

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

* Sergey B. Bazlov, Kuban State Medical University, 4, M. Sedina str., Krasnodar, 350063, serb64@yandex.ru

Received: October 4, 2021. Received in revised form: December 15, 2021. Accepted: December 21, 2021.

Abstract

Objective: To determine the optimal technological modes for the preparation of platelet-rich plasma (PRP) using standard laboratory equipment.

Material and methods: Blood for the research was taken from 25 healthy volunteers. Its centrifugation was performed on a standard СМ-6М laboratory centrifuge using various modes and two types of vacuum tubes with lithium heparin containing separation gel and without it. The number of platelets and leukocytes was calculated in the upper, lower and middle layers of the obtained plasma sample.

Results: Plasma samples obtained during centrifugation modes from 415 to 1660 g for 10 minutes using test tubes that do not contain separation gel are optimal in terms of the number of platelets. Plasma intake from the lower layer of the obtained sample after centrifugation is always accompanied by the inclusion of leukocytes in its composition, which can lead to undesirable tissue reactions when it is used.

Conclusion: To obtain PRP, it is possible to use standard laboratory equipment in the centrifugation mode from 415 to 1660 g for 10 minutes using test tubes that do not contain separation gel. Plasma sampling for clinical use should be carried out from the middle layer of the obtained sample.

Keywords: platelet-rich plasma, PRP, obtaining method, standardisation, growth factors, clinical efficacy

Cite this article as: Bazlov S.B., Melkonian K.I., Rusinova T.V., Popandopulo K.I., Marchenko N.V., Shevchuk D.D. On the issue of obtaining platelet-rich plasma. *Innovative Medicine of Kuban*. 2022;(1):38–43. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2022-25-1-38-43>



Введение

Развитие клеточных технологий и поиски эффективных методов стимуляции регенеративных процессов привели к изучению свойств аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, или Platelet Rich Plasma (PRP), которая впервые исследована в Калифорнийском университете в 1965 г. [1]. Было выявлено, что из α -гранул тромбоцитов в случае их разрушения и активации в плазму выделяются различные биоактивные вещества, включая фактор роста тромбоцитов (PDGF), трансформирующий фактор роста бета (TGF- β) и эпидермальный фактор роста (EGF) [1–3]. Данные факторы содержатся в раневых экссудатах, способствуют пролиферации и ангиогенезу на ранних стадиях процесса заживления, а также являются ключевыми сигналами в восстановлении и регенерации тканей [1–4].

В настоящее время имеется достаточная доказательная база и научное обоснование применения PRP при лечении различных заболеваний. PRP с успехом используется в клинической практике косметологов, стоматологов, ортопедов-травматологов, урологов, общих хирургов и во многих других областях медицины [5–8]. Несмотря на все более широкое использование PRP в терапевтических целях, ее клинические эффекты весьма разнообразны. PRP может стимулировать пролиферацию дермальных фибробластов человека и увеличивать синтез коллагена I типа *in vitro* [9]. Кроме того, согласно гистологическим данным, PRP при введении в глубокую дерму и непосредственно подкожную клетчатку вызывает активацию фибробластов и отложение нового коллагена, а также образование новых кровеносных сосудов и жировой ткани [10]. PRP используется в регенеративной медицине для лечения язв, заболеваний опорно-двигательной системы, а также для восстановления тканей после операции, улучшения кровообращения при хронических ранах, связанных с невропатиями и сосудистыми заболеваниями [4, 11, 12]. Еще одно применение PRP – это лечение послеожоговых, послеоперационных рубцов и рубцов от угревой сыпи [10].

Препараты PRP, полученные при помощи разных технологий, различаются по качественному и количественному составу компонентов. В зависимости от количественного содержания в препаратах лейкоцитов и фибрина их можно разделить на 4 группы:

- чистая обогащенная тромбоцитами плазма крови (P-PRP – Pure Platelet Rich Plasma);
- обогащенная лейкоцитами и тромбоцитами плазма крови (L-PRP – Leucocyte and Platelet Rich Plasma);
- чистый обогащенный тромбоцитами фибрин (P-PRF – Pure Platelet Rich Fibrin);
- обогащенный лейкоцитами и тромбоцитами фибрин (L-PRF – Leucocyte and Platelet Rich Fibrin) [13].

Количественный и качественный клеточный состав образца плазмы имеет важное значение. Большинство

авторов сходятся во мнении, что терапевтической концентрацией следует считать содержание тромбоцитов не менее 10^6 /мкл [1, 14, 15].

Несмотря на то что сейчас доступно множество коммерческих устройств для клинического приготовления PRP, стандартизованного протокола пока не существует. Более того, мало научных исследований, посвященных тому, как оптимизировать приготовление PRP человека. Например, не проводилось всестороннего исследования, каким образом центробежная сила, действующая на образцы периферической крови при центрифугировании, влияет на характеристики PRP. В связи с этим настоящее исследование посвящено разработке оптимизированного и воспроизводимого метода приготовления PRP, а также характеристике содержания тромбоцитов и лейкоцитов в полученных фракциях при разных режимах центрифугирования.

Цель исследования

Определить оптимальные технологические режимы для приготовления аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, при использовании стандартного лабораторного оборудования.

Материал и методы

Кровь для исследования забирали в вакуумные пробирки в объеме 5 мл из локтевой вены у здоровых добровольцев. Для сепарации форменных элементов крови в пробирке применяли стандартную лабораторную центрифугу CM-6M. Всего проведено 65 исследований концентрации тромбоцитов в полученных образцах плазмы. В группу 1 вошли 45 исследований, проведенных с использованием вакуумных пробирок 13×100 мм с литий-гепарином. При этом все они были разделены на 3 подгруппы по 15 пробирок в зависимости от режима центрифугирования. В 1-й подгруппе применялся режим 1000 об./мин в течение 5 мин, что для центрифуги CM-6M соответствовало центробежной силе в 184 g. Во 2-й подгруппе центрифугирование осуществляли со скоростью 1500 об./мин (415 g) в течение 10 мин. В подгруппе 3 применялся режим 3000 (1660 g) об./мин в течение 10 мин. Выбор режимов центрифугирования подбирали эмпирически. В группе сравнения кровь забирали в 20 вакуумных пробирок 13×100 мм, содержащих помимо литий-гепарина сепарационный гель. Режим центрифугирования для группы сравнения был выбран со скоростью 2000 об./мин (738 g) в течение 10 мин, так как данный режим рекомендован производителем для получения PRP. После окончания центрифугирования визуально разделяли плазму на верхний, средний и нижний слой и отбирали по 800 мкл из каждого слоя в трех независимых пробах (рис. 1). Образцы окрашивали по Паппенгейму, считали количество тромбоцитов и лейкоцитов до центрифугирования и в каждом

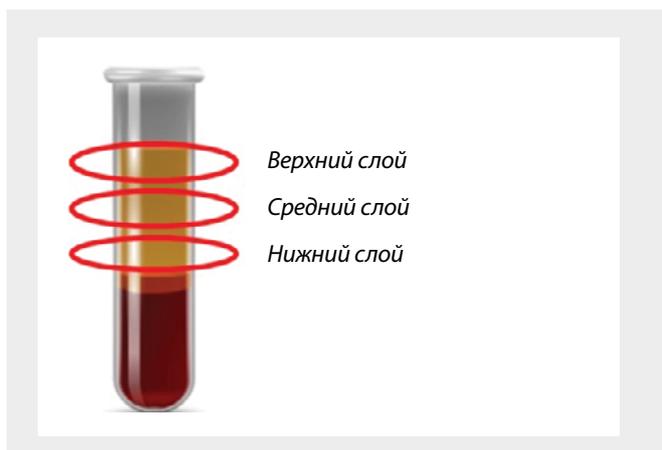


Рисунок 1. Области для отбора проб обогащенной тромбоцитами плазмы после центрифугирования образцов
Figure 1. Areas for sampling platelet-rich plasma after sample centrifugation

из слоев после центрифугирования. Подсчет клеточных элементов крови проводился в камере Горяева и по методу Фонио, в дальнейшем вычислялся интегральный показатель по двум методам.

Статистическую обработку результатов исследования выполняли с помощью программы Med Calc Statistical Software (Бельгия). Характер распределения

выборочных значений оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Поскольку все вариационные ряды продемонстрировали нормальное распределение, результаты представлены в виде среднего арифметического значения и ошибки выборочного среднего ($M \pm m$). Достоверность различия выборочных средних оценивали с помощью t -критерия Стьюдента. Нулевая гипотеза отвергалась при значении порога доверительной вероятности $p < 0,05$.

Результаты

Среднее количество тромбоцитов в цельной крови, взятой для исследования, в 1-й группе составило $273,2 \pm 15,8$ тыс./мкл, что соответствовало нормальным показателям содержания тромбоцитов в периферической крови человека. Во всех подгруппах после применения различных режимов центрифугирования терапевтической концентрации тромбоцитов в верхних слоях образцов не зарегистрировано, количество тромбоцитов определялось в пределах от $175,3 \pm 9,3$ до $401,6 \pm 22,7$ тыс./мкл. После проведения первого режима центрифугирования со скоростью 1000 об./мин (184 г) в течение 5 мин содержание тромбоцитов в верхнем слое образца плазмы составило $401,6 \pm 25,3$ тыс./мкл, в среднем слое – $891,8 \pm 37,2$ тыс./мкл, в нижнем слое – $1136,1 \pm 44,4$ тыс./мкл (рис. 2).

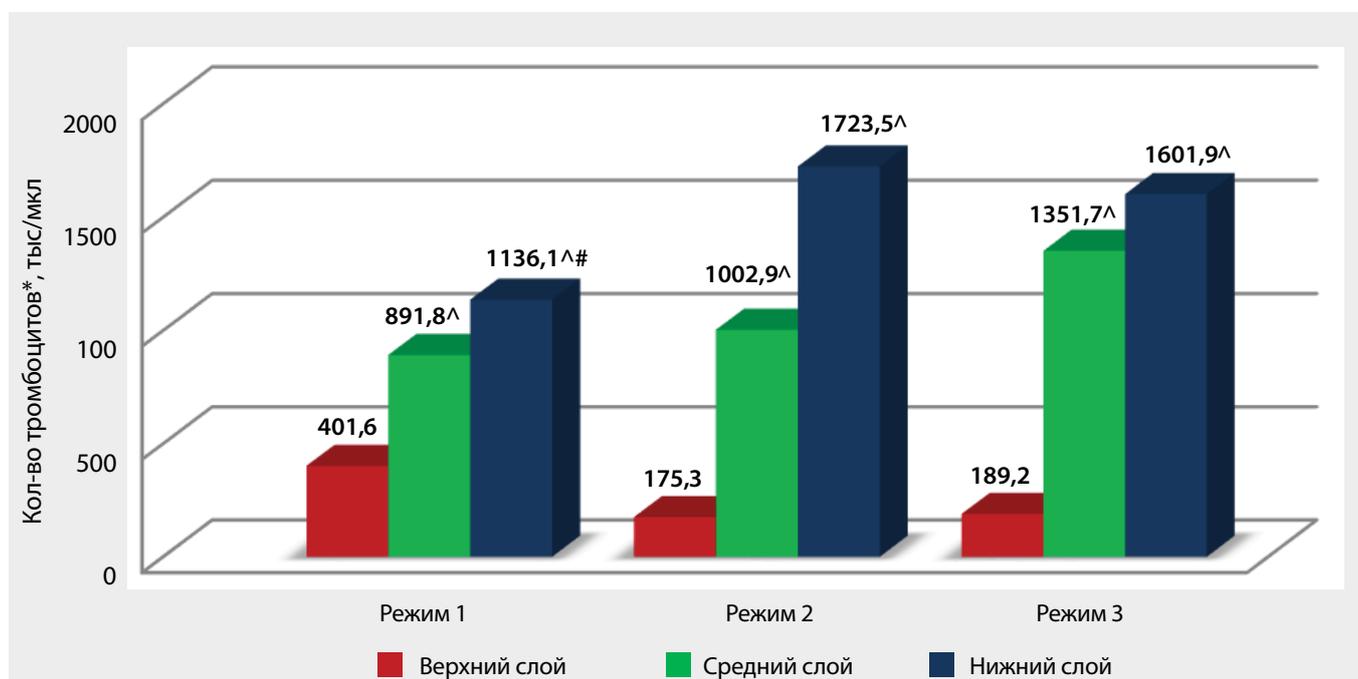


Рисунок 2. Концентрация тромбоцитов в образцах плазмы 1-й группы

Прим.: [^] $p < 0,05$ относительно показателей для верхнего слоя внутри подгруппы; [#] $p < 0,05$ относительно показателей для верхнего слоя между подгруппами; * среднее арифметическое от медианных значений количества тромбоцитов по Фонио и при их подсчете в камере Горяева

Figure 2. The concentration of platelets in plasma samples of the first group

Note: [^] $p < 0.05$, compared to the indicators for the upper layer within the subgroup; [#] $p < 0.05$, compared to the indicators for the upper layer between the subgroups; * the average of the median values of the number of platelets according to Fonio and when they are counted in the Goryaev chamber

Наибольшую концентрацию тромбоцитов в нижнем слое образца плазмы – $1723,5 \pm 125,4$ тыс./мкл удалось получить при проведении второго режима центрифугирования со скоростью 1500 об./мин (415 г) в течение 10 мин. При этом в среднем слое образца также отмечалась достаточно высокая концентрация тромбоцитов, чтобы считать эту плазму обогащенной – $1002,9 \pm 77,1$ тыс./мкл. В результате центрифугирования образцов плазмы подгруппы 3 в режиме 3000 (1660 г) об./мин в течение 10 мин получены наибольшие показатели концентрации тромбоцитов в среднем слое образца – $1351,7 \pm 96,3$ тыс./мкл. Статистически достоверной разницы в этих случаях между средним и верхним слоем, концентрация тромбоцитов в котором составила $1601,9 \pm 113,6$ тыс./мкл, не выявлено ($p = 0,041$).

Наименьшее количество примесей в виде лейкоцитов определено в верхних и средних слоях образцов плазмы – от 0,3 до 0,6 тыс./мкл (рис. 3). В нижних слоях плазмы во всех случаях определялась высокая концентрация лейкоцитов в пределах от 1,9 до 5,2 тыс./мкл.

Среднее количество тромбоцитов цельной крови перед центрифугированием пробирок из группы 2 составило $273,2 \pm 19,8$ тыс./мкл.

При центрифугировании пробирок, содержащих сепарационный гель, в режиме 2000 об./мин (738 г) в течение 10 мин нам не удалось добиться терапевтической концентрации тромбоцитов ни в одном случае. Среднее содержание тромбоцитов в верхнем слое образца плазмы составило $23,1 \pm 1,4$ тыс./мкл, в нижнем слое – $210,1 \pm 12,2$ тыс./мкл. При этом в верхнем слое плазмы примеси в виде лейкоцитов не обнаружены вообще, в нижнем слое образца концентрация лейкоцитов составила $0,1 \pm 0,05$ тыс./мкл.

Обсуждение

Концентрации тромбоцитов и лейкоцитов в образцах плазмы, полученных при разных режимах центрифугирования, имеют существенные различия. Показатели количества тромбоцитов в нижних слоях плазмы в группах 1 и 2 соответствуют данным исследования, в котором использовались пробирки без сепарационного геля и с ним, а также специализированные пробирки для получения PRP [16]. При этом в данной работе нет сведений об алгоритме отбора проб плазмы и ее количестве для анализа. Существуют данные о методиках, позволяющих получить концентрацию тромбоцитов более 2500 тыс./мкл, с применением больших объемов плазмы и двойного центрифугирования, что не удалось достичь в нашей работе [17, 18]. В то же время есть мнение, что важное значение имеет не столько концентрация тромбоцитов, сколько их целостность [15]. Доказано, что количество выделяемых факторов роста не коррелирует с концентрацией тромбоцитов в PRP, а скорость их высвобождения выше в гелеобразных образцах плазмы [14]. Кроме того, ряд авторов указывают, что при очень

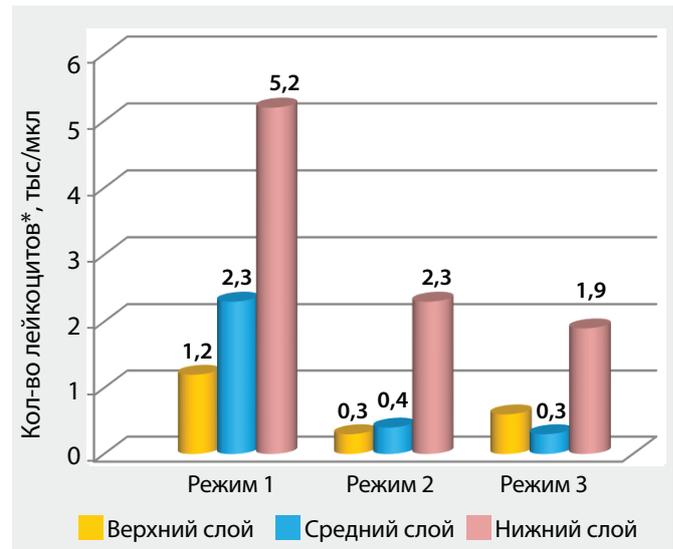


Рисунок 3. Концентрация лейкоцитов в образцах плазмы 1-й группы

Figure 3. Concentration of leukocytes in plasma samples of the first group

высокой концентрации тромбоцитов возможен также процесс аутоактивации и парадоксальный ингибирующий эффект PRP на процессы регенерации [19].

Кроме того, во многих работах описано применение специализированных устройств для получения PRP, но их использование предусматривает неизбежно высокое содержание лейкоцитов в получаемых препаратах (в среднем от 11,0 до 27,3 тыс. клеток в мкл), что не соответствует полученным нами данным [14]. Существуют противоречивые точки зрения на влияние примесей в PRP. Присутствие лейкоцитов в плазме, обогащенной тромбоцитами, предположительно оказывает положительный эффект в связи с их антибактериальной активностью, но имеющийся воспалительный потенциал лейкоцитов, содержащихся в плазме, может существенно повлиять на течение раневого процесса в целом [1, 20]. При получении собственных образцов PRP мы старались минимизировать количество лейкоцитарных примесей для профилактики развития возможных провоспалительных процессов.

Разнообразие методов получения препаратов PRP является причиной отсутствия стандартизации технологий и качества оценки результатов их применения. В большинстве отечественных и зарубежных источников методы получения PRP путем центрифугирования цельной крови описываются техническими характеристиками, включающими число оборотов центрифуги в минуту и время проведения центрифугирования, например, 3600 об./мин в течение 10 мин или 2300 ± 140 об./мин в течение 14 мин [6, 14, 17, 18]. Следует отметить, что использование показателя числа оборотов в минуту для сравнения полученных результатов у разных авторов и на разном оборудовании теряет смысл,

так как значения центробежной силы, благодаря которой и осуществляется процесс сепарации клеток крови при центрифугировании, напрямую зависят не только от количества оборотов в минуту, но и от радиуса центрифуги, и будут различаться друг от друга.

Выбранный нами наиболее оптимальный режим – 1500 об./мин (415 g) в течение 10 мин, возможно, предотвращает разрушение стенок тромбоцитов, так как количество поврежденных клеток напрямую зависит от скоростных параметров и времени проведения процедуры. Известно также, что при ускорении 400 g спонтанная активация тромбоцитов составляет 5% [16, 19]. В настоящее время нет данных об изучении соотношения числа целых и разрушенных тромбоцитов в образцах плазмы, полученных при разных режимах центрифугирования. Однако некоторые авторы сообщают о выраженном клиническом эффекте применения плазмы с содержанием тромбоцитов, в 1,5–2 раза превышающим базовую концентрацию, при доказанной целостности клеток по данным электронной микроскопии [14]. Имеются данные о клинически эффективных образцах плазмы с концентрацией тромбоцитов ниже 10^6 /мкл, полученные при малых значениях центробежной силы и однократном центрифугировании, что позволяет рассматривать возможность применения предложенных нами режимов в практике лечебных учреждений [21].

Стоит отметить, что использование пробирок с литий-гепарином и сепарационным гелем при режиме центрифугирования 738 g в течение 10 мин позволило получить обедненную тромбоцитами плазму и минимизировать количество лейкоцитарных примесей в образце. Полученный результат может быть обусловлен связыванием тромбоцитов с тиксотропным гелем, являющимся полимером и обладающим высокой вязкостью.

Заключение

Максимальными по количеству тромбоцитов являются образцы плазмы нижнего слоя, полученные при режимах центрифугирования 415 и 1660 g в течение 10 мин с использованием пробирок, не содержащих сепарационный гель. При этом образцы среднего слоя с использованием данных режимов содержат более 10^6 /мкл тромбоцитов и менее 10^3 /мкл лейкоцитов и также могут быть использованы в терапевтических целях. Следует учитывать, что отбор плазмы из нижнего слоя полученного образца после центрифугирования всегда сопровождается включением в ее состав лейкоцитов, что может приводить к нежелательным провоспалительным реакциям при ее применении. Необходимы дальнейшие фундаментальные научные исследования для определения клинически значимой роли концентрации различных клеточных компонентов в обогащенной тромбоцитами плазме.

Литература/References

1. Sánchez M, Andia I, Anitua E, et al. Platelet rich plasma (PRP) biotechnology: concepts and therapeutic applications in orthopedics and sports medicine. *Innovations in Biotechnology*. 2012;113–138. <https://doi.org/10.5772/28908>
2. Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt R. Platelet rich plasma: growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg*. 1998;85(6):638–646. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(98\)90029-4](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(98)90029-4)
3. Болдырева О.В., Вахрушев С.Г., Торопова Л.А. Применение плазмы, обогащенной тромбоцитами, в медицинской практике. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;5.
4. Boldyreva OV, Vakhrushev SG, Toropova LA. The use of plasma enriched with platelets in medical practice. *Modern problems of science and education*. 2016;5. (In Russ.).
4. Айрапетов Г.А. Возможности применения плазмы, обогащенной тромбоцитами, при заболеваниях и повреждениях крупных суставов. *Медицинский совет*. 2019;1:84–87. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-1-84-87>
5. Airapetov GA. The possibilities of using platelet-rich plasma in diseases and injuries of large joints. *Medical council*. 2019;1:84–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-1-84-87>
5. 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;25(3):155–161. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-3-155-161>
5. 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.). <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-3-155-161>
6. Арсютов Д.Г. Хирургия регматогенной отслойки сетчатки с использованием обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP). *Практическая медицина*. 2018;3(114):11–13.
6. Arsyutov DG. Surgery of rhegmatogenous retinal detachment with the use of platelet-rich plasma (PRP). *Practical medicine*. 2018;3(114):11–13. (In Russ.).
7. Фасахов Р.Р., Гайзатуллин Р.Р. Комбинированная терапия контрактур суставов кисти. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2020;51:50–53. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2020-51-2-50-52>
7. 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.). <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2020-51-2-50-52>
8. Коровин А.Я., Базлов С.Б., Андреева М.Б., и др. Результаты лечения некротизирующей инфекции у пациентов с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019;10:43–49. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201910143>
8. Korovin AY, Bazlov SB, Andreeva MB, et al. Treatment of necrotizing infection in patients with chronic arterial insufficiency of the lower extremities. *Pirogov Journal of Surgery*. 2019;10:43–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia201910143>
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. <https://doi.org/10.5021/ad.2011.23.4.424>
10. Alves R, Grimalt R. A review of platelet-rich plasma: history, biology, mechanism of action, and classification. *Skin appendage disorders*. 2018;4(1):18–24. <https://doi.org/10.1159/000477353>

11. 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. <https://doi.org/10.1186/s13018-017-0521-3>
12. Conde-Montero E, de la Cueva Dobao P, Martínez González J. Platelet-rich plasma for the treatment of chronic wounds: evidence to date. *J Chronic Wound Care Management and Research.* 2017;4:107–120. <https://doi.org/10.2147/cwcmr.s118655>
13. Ehrenfest D, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends in Biotechnology.* 2009;27(3):158–167. <http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.11.009>
14. 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;13:75–80. <https://doi.org/10.1007/s11420-016-9519-3>
15. Anitua E, Andia I, Ardanza B, et al. Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration. *Thromb Haemost.*, 2004;91:4–15. PMID:1469156. <https://doi.org/10.1160/TH03-07-0440>
16. Сулаева О.Н. Получение богатой тромбоцитами плазмы: мифы и реальность. *Мир медицины и биологии.* 2017;3(61):150–153. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2017-3-61-150-153>
- Sulaeva ON. Obtaining of platelet-rich plasma: myths and reality. *World of Medicine and Biology.* 2017;3(61):150–153. (In Russ.). <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2017-3-61-150-153>
17. 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187509>
18. 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. PMID: 33096812. <https://doi.org/10.3390/ijms21207794>
19. Sister D. *PRP: the new frontier in regenerative medicine and aesthetic medicine.* Firenze; 2016:58.
20. 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107813>
21. Marx RE. Platelet-rich plasma: evidence to support its use. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004;62(4):489–496. PMID: 15085519. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.12.003>

Сведения об авторах

Базлов Сергей Борисович, к. м. н., доцент кафедры факультетской и госпитальной хирургии, Кубанский

государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <http://orcid.org/0000-0002-0610-3516>

Мелконян Карина Игоревна, к. м. н., доцент, заведующая центральной научно-исследовательской лабораторией, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <http://orcid.org/0000-0003-2451-6813>

Русинова Татьяна Викторовна, к. б. н., научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <http://orcid.org/0000-0003-2962-3212>

Попандопуло Константин Иванович, д. м. н., заведующий кафедрой факультетской и госпитальной хирургии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <http://orcid.org/0000-0002-8668-7442>

Марченко Николай Владимирович, к. м. н., доцент кафедры факультетской и госпитальной хирургии, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <http://orcid.org/0000-0002-7583-8321>

Даниил Дмитриевич Шевчук, студент 5-го курса, лечебный факультет, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5881-8767>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author Credentials

Sergey B. Bazlov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Faculty and Hospital Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-0610-3516>

Karina I. Melkonian, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Central Research Laboratory, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0003-2451-6813>

Tatiana V. Rusinova, Cand. Sci. (Bio.), Research Fellow, Central Research Laboratory, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0003-2962-3212>

Konstantin I. Popandopulo, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Faculty and Hospital Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-8668-7442>

Nikolay V. Marchenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Faculty and Hospital Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0002-7583-8321>

Daniil D. Shevchuk, 5th year student, Medical Faculty, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5881-8767>

Conflict of interest: none declared.