

СОДЕРЖАНИЕ ХЕМОКИНОВ RANTES, IL-8 И MIP-1 β В ЛИЗАТАХ ТРОМБОЦИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ДОНОРСКОЙ КРОВИ

Шуплецова В.В.¹, Мелашенко О.Б.¹, Газатова Н.Д.¹,
Хазиахматова О.Г.¹, Минина А.С.¹, Коптева А.¹, Кабанчук Н.А.²,
Первенецкая Т.Н.², Гончаров А.Г.¹, Литвинова Л.С.¹

¹ ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

² ГБУЗ «Станция переливания крови Калининградской области», г. Калининград, Россия

Резюме. Ростовые добавки, получаемые из сыворотки животных, имеют достаточно лабильный диапазон содержания конкретного ростового фактора и потенциально могут быть инфицированы. С другой стороны, ростовые добавки, получаемые из животного сырья, содержат композицию белков, витаминов и микроэлементов, необходимых для полноценного роста клеток, а указанные недостатки возможно преодолеть заменой на продукт, получаемый из донорской крови человека. Лизат тромбоцитов имеет в составе биологически активные молекулы, заключенные в различных гранулах этих форменных элементов крови. Концентрация отдельных компонентов в получаемом продукте различна и, по-видимому, зависит не только от пола и группы крови, но и от других, пока не установленных индивидуальных особенностей. Целью исследования было изучить содержание некоторых членов семейства хемокинов, в частности: RANTES, MIP-1 β и IL-8 в лизатах тромбоцитов, полученных от здоровых доноров. Наиболее высокие концентрации цитокина MIP-1 β отмечены у доноров с резус-отрицательной принадлежностью, у женщин с третьей и мужчин четвертой группы крови. Самые высокие значения содержания IL-8 в лизате тромбоцитов зарегистрированы также у мужчин и женщин с резус-отрицательной кровью четвертой группы. Лизат тромбоцитов волонтеров второй группы крови (мужчины резус-отрицательные, женщины резус-положительные) содержал наибольшее количество RANTES. Обнаружены достоверные различия между уровнем фактора MIP-1 β в тромболизате у мужчин и женщин со второй А (II) и четвертой АВ (IV) группами резус-отрицательной крови; между женщинами третьей В (III) группы крови с разным резус-фактором. Кроме того, статистически значимо различались значения хемокина RANTES/CCL5 в тромболизате крови в группах

Адрес для переписки:

Шуплецова Валерия Владимировна
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»
236022, Россия, г. Калининград, ул. Гайдара, 6, каб. 301.
Тел.: 8 (911) 451-59-08.
E-mail: vshupletsova@mail.ru

Address for correspondence:

Valeria V. Shupletsova
Immanuel Kant Baltic Federal University
6 Gaidar St, room 301
Kaliningrad
236022 Russian Federation
Phone: +7 (911) 451-59-08.
E-mail: vshupletsova@mail.ru

Образец цитирования:

В.В. Шуплецова, О.Б. Мелашенко, Н.Д. Газатова,
О.Г. Хазиахматова, А.С. Минина, А. Коптева,
Н.А. Кабанчук, Т.Н. Первенецкая, А.Г. Гончаров,
Л.С. Литвинова «Содержание хемокинов RANTES,
IL-8 и MIP-1 β в лизатах тромбоцитов, полученных
из донорской крови» // Российский иммунологический
журнал, 2025. Т. 28, № 4. С. 931-938.
doi: 10.46235/1028-7221-17237-COR

© Шуплецова В.В. и соавт., 2025

Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

V.V. Shupletsova, O.B. Melashchenko, N.D. Gazatova,
O.G. Khaziakhmatova, A.S. Minina, A. Kopteva,
N.A. Kabanchuk, T.N. Pervenetskaya, A.G. Goncharov,
L.S. Litvinova "Content of RANTES, IL-8 and MIP-1 β
chemokines in platelet lysates obtained from donor blood",
Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskii
Zhurnal, 2025, Vol. 28, no. 4, pp. 931-938.
doi: 10.46235/1028-7221-17237-COR

© Shupletsova V.V. et al., 2025

The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-17237-COR

мужчин и женщин со второй А (II) (с R (+) и R (-)) и четвертой АВ (IV) группами крови (с R (+)). Интересно, что у мужчин с первой 0 (I) и второй А (II) группами крови с отрицательным резус-фактором содержание хемокина RANTES/CCL5 в тромболизате крови значимо превышало аналогичные значения в таковом, полученном от резус-положительных мужчин. Связь между принадлежностью доноров к той или иной группе крови и содержанием указанных хемокинов пока не ясна, в дальнейшем глубокий биоинформатический анализ позволит вскрыть пока не очевидную коммуникацию между этими показателями.

Ключевые слова: донорская кровь, тромбоциты, лизат тромбоцитов, культуральные среды, хемокины

CONTENT OF RANTES, IL-8 AND MIP-1 β CHEMOKINES IN PLATELET LYSATES OBTAINED FROM DONOR BLOOD

Shupletsova V.V.^a, Melashchenko O.B.^a, Gazatova N.D.^a,
Khaziakhmatova O.G.^a, Minina A.S.^a, Kopteva A.^a, Kabanchuk N.A.^b,
Pervenetskaya T.N.^b, Goncharov A.G.^a, Litvinova L.S.^a

^a Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

^b Blood Transfusion Station of the Kaliningrad Region, Kaliningrad, Russian Federation

Abstract. Growth supplements obtained from animal sera have a rather variable range of a specific growth factor contents and are subject to potential contamination. Moreover, the growth supplements obtained from animal raw materials contain a composition of proteins, vitamins and microelements necessary for full-fledged cell growth, and one may overcome these drawbacks by replacing them with a product obtained from human donor blood. Platelet lysate contains biologically active molecules derived from endogenous granules of these blood elements. Concentration of distinct biocomponents in the resulting product is variable, depending not only on gender and blood group, but also on other, as yet unidentified individual characteristics. The aim of this study was to examine the content of some chemokines, in particular, RANTES, MIP-1 β and IL-8, in platelet lysates obtained from healthy donors. The highest concentrations of MIP-1 β cytokine were noted in Rh-negative donors, in females with blood group III, and in males with the IV. blood group. The highest IL-8 contents in platelet lysate were also recorded in Rh-negative, group IV men and women. Platelet lysate of volunteers with the II blood group (men, Rh-negative; women, Rh-positive) contained the highest amount of RANTES. Significant differences were found between the MIP-1 β levels in thrombolytate of men and women with the second A (II), and AB (IV) Rh-negative blood groups; between women of the third B (III) blood group with different Rh factors. Moreover, statistically significant differences were found in the RANTES/CCL5 chemokine values in the thrombolytate for the groups of men and women with the second A (II) [with R (+) and R (-)], and AB (IV) blood group (Rh+). Interestingly, in Rh (-) men with the first 0 (I) and second A (II) blood groups, the content of chemokine RANTES/CCL5 in the blood thrombolytate significantly exceeded similar values in the blood obtained from Rh-positive men. Conclusion: The relationship between the donors' belonging to a particular blood group and the content of these chemokines is not yet clear. Future studies with deep bioinformatics analysis will reveal the unclear interrelations between these indicators.

Keywords: donor blood, platelets, platelet lysate, culture media, chemokines

Введение

Для наращивания целевых клеток, предназначенных для использования в качестве биомедицинских клеточных продуктов (БМКП), наиболее оптимальным является выбор так называемых синтетических сред, позволяющих

обеспечить достаточно стандартные условия культивирования [5]. Другим, не менее важным компонентом систем культивирования, являются ростовые факторы, обеспечивающие, с одной стороны, стабильный рост культуры, ее функциональность, с другой — нужное направление диф-

ференцировки клеток [14]. Выбор между синтетическими и ростовыми добавками животного происхождения является предметом дискуссии среди исследователей. Синтетические (рекомбинантные) ростовые факторы легко дозируются и не подвержены факторам контаминации. Для ростовых добавок, получаемых от животных (в т. ч. от человека), потенциально всегда существует риск инфицирования и достаточно широкий (лабильный) диапазон содержания в них конкретного ростового фактора. В то же время они содержат композицию белков, витаминов и микроэлементов, необходимых для полноценного роста клеток. Указанные недостатки применения ростовых добавок животного происхождения возможно преодолеть заменой на продукт, получаемый из донорской крови человека. В этом отношении, многообещающим источником ростовых факторов является лизат тромбоцитов, получаемый из донорской крови. Роль тромбоцитов в процессах гемостаза, воспаления и регенерации общеизвестна и обеспечивается биологически активными молекулами, содержащимися в различных гранулах этих форменных элементах крови. Основным резервуаром, содержащим гомеостатические соединения, являются альфа-гранулы тромбоцитов. В этих специализированных органеллах содержатся белки свертывания крови (фактор V, фактор IX, фактор XIII, антитромбин, плазминоген, ингибитор активатора плазминогена 1), фибриноген, Р-селектин, тромбоцитарный фактор-4, В-тромбоглобулин, фактор фон Виллебранда, фибронектин, хемотаксические агенты, опосредующие процесс свертывания [1]. Кроме того, альфа-гранулы тромбоцитов включают в себя ряд уникальных медиаторов/молекул, принимающих участие в реакциях иммунной системы, механизмах воспаления и регенерации. Среди них можно выделить: тромбоцитарные факторы роста (PDGF), трансформирующие факторы роста (TGF- β), факторы роста эндотелия сосудов (VEGF), факторы роста эпителия (EGF), факторы роста фибробластов (FGF), инсулиноподобные факторы роста (IGF), ряд интерлейкинов и хемокинов: IL-1 β , IL-1Ra, IL-2, IL-4, IL-5, IL-6, IL-7, IL-9, IL-10, IL-12, IL-8, MIP-1 α , MIP-1 β , RANTES, PF4 и TNF α [2, 3, 15]. Содержимое этих гранул высвобождается после активации тромбоцитов, попадая в окружающую среду через их канальцевую систему. Основное внимание специалистов, работающих в области регенеративной медицины, сосредоточено на содержании в продуктах, обогащенных тромбоцитами, различных ростовых факторов,

про- и противовоспалительных цитокинов. Однако, несмотря на многочисленные сведения, на сегодняшний день нет четких данных о количественном содержании членов семейства хемокинов, в частности RANTES, MIP-1 β и IL-8 в лизатах тромбоцитов, полученных от разных групп доноров, в зависимости от пола, группы крови и резус-фактора. Изучение этого вопроса и определило цель настоящего исследования.

Материалы и методы

Для решения поставленной цели в лизатах тромбоцитов, выделенных из донорской крови 112 здоровых доноров, мы повели оценку содержания фактора активации и секреции нормальных Т-лимфоцитов (Regulated upon Activation, Normal T cell Expressed and Secreted, RANTES, CCL5), фактора хемотаксиса нейтрофилов (интерлейкин-8, IL-8) и макрофагального воспалительного белка 1 β (MIP-1 β). Образцы донорского материала получали на ГБУЗ «Станция переливания крови Калининградской области». Группа добровольцев в возрасте от 26 до 45 лет состояла из 64 женщин и 64 мужчин. Все волонтеры были разбиты на подгруппы по принадлежности к группам крови и резус-фактору. Донорская кровь (в объеме 450 мл) на станции переливания крови проходила следующие технологические процедуры: центрифугирование с целью выделения эритроцитарной массы и плазмы. Осадок в виде тромбо-лейкоцитарной взвеси в объеме от 50 до 80 мл поступал для дальнейшего анализа в Центр иммунологии и клеточных биотехнологий (ЦИКБ) БФУ им. И. Канта. Экспериментальные образцы были стандартизированы по количеству тромбоцитов – 1×10^8 тр/мл. Лизат тромбоцитов получали по оригинальной методике, разработанной в ЦИКБ. В серии экспериментов нами была адаптирована и апробирована методика получения лизата тромбоцитов, с определением оптимальных режимов замораживания, размораживания и центрифугирования тромбоцитарного концентрата. Содержание факторов: RANTES, IL-8 и MIP-1 β в тромболизатах, полученных от отдельных групп доноров, определяли методом проточной флуориметрии, с использованием автоматизированной системы анализа белков (Bio-Plex Protein Assay System, Bio-Rad, США) и коммерческой тест-системы (Bio-Plex Pro Human Cytokine 27-plex Assay, Bio-Rad, Hercules, CA, США), в соответствии с протоколом производителя, с использованием программного обеспечения (Bio-Plex Manager, Bio-Rad, США).

Статистическая обработка полученных результатов

Анализ совокупности экспериментальных данных, полученных в ходе исследования, проводился с помощью программы по статистической обработке экспериментальных данных SPSS Statistics. Исследование нормальности распределения количественных характеристик проводили с использованием критерия Краскела–Уоллиса. Так как данные соответствовали нормальному распределению, гипотезу о равенстве выборочных средних проверяли с использованием t-критерия Стьюдента (двусторонний, непарный с неравным отклонением) для сравнения групп. Различия считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Секреторный потенциал тромбоцитов зависит от их предшественника – мегакариоцита [13]. В настоящее время показано, что мегакариоциты посредством цитокиновой сигнализации не только принимают активное участие в иммунологических реакциях врожденного и адаптивного иммунитета, но и регулируют развитие иммунных клеток в красном костном мозге [4, 8]. Поэтому наличие не только ростовых факторов, но и широкого спектра интерлейкинов и хемокинов, в первую очередь в альфа-гранулах тромбоцитов, с биологической точки зрения является вполне логичной. Хемокины относятся к группе внеклеточных белковых молекул, экспрессируемых большинством ядросодержащих клеток и, как показали исследования последних лет, безъядерными тромбоцитами [3].

Одним из 28 хемокинов подкласса CC, секретруемым в том числе активированными тромбоцитами, является RANTES (CCL5). Помимо тромбоцитов, главными его продуцентами выступают также Т-лимфоциты и лимфатические эпителиальные клетки. Основные биологические эффекты этого цитокина реализуются через экспрессируемые на лимфоцитах, эозинофилах, тромбоцитах, тучных и мезенхимальных клетках рецепторы CCR1, CCR3, CCR4 и CCR5 [7]. Будучи мощным хемоантрактантом для клеток, принимающих участие в реакциях воспаления, он также привлекает в очаг воспаления ММСК, принимая таким образом участие в процессах регенерации [10]. К хемокинам семейства CC относится также выявленный нами в лизате тромбоцитов MIP-1 β (CCL4). Основными продуцентами этого хемокина являются макрофаги, дендритные клетки и лимфоциты [12]. Биологические эффекты CCL4 связаны, в первую очередь,

с хемотаксисом в очаг воспаления нейтрофилов, эозинофилов, базофилов, а затем и моноцитов, дендритных клеток, Т-лимфоцитов НК-клеток, фибробластов и тромбоцитов. Помимо хемотаксиса, он вызывает синтез и дегрануляцию провоспалительных цитокинов таких как интерлейкин 1 (IL-1), IL-6 и TNF α из фибробластов и макрофагов. Действие CCL4 осуществляется через рецепторы CCR5 и CCR1, представленные на вышеперечисленных клетках [9]. Интерлейкин-8 (IL-8, CXCL8) по своим функциональным характеристикам можно отнести как к про-, так и противовоспалительным цитокинам [6]. Главными клетками-продуцентами этого хемокина являются моноциты, макрофаги и клетки эндотелия [11]. Основная роль IL-8 при воспалении заключается в рекрутинге нейтрофилов, при этом он также ответственен за хемотаксическую миграцию и активацию моноцитов, лимфоцитов, базофилов и эозинофилов в очаг воспаления. IL-8, взаимодействуя со стволовыми/прогениторными клетками костного мозга, также обладает способностью мобилизовать и высвобождать кроветворные клетки в периферическое кровообращение [11]. Реализация эффектов IL-8 происходит через активацию на клетках-мишенях главным образом CXCR1, в меньшей степени через CXCR2. Важно отметить, что при связывании IL-8 с рецепторами происходит активация внутриклеточных каскадов, вызывающих не только хемотаксис, но и дегрануляцию клеток-мишеней. В соответствии с поставленной целью нами было изучено содержание хемокинов RANTES, IL-8 и MIP-1 β в лизатах тромбоцитов, выделенных из донорской крови в группах доноров, распределенных по полу, группам крови и резус-принадлежности.

В таблице 1 представлены результаты по содержанию членов семейства хемокинов RANTES, MIP-1 β и IL-8, в лизатах тромбоцитов. Можно отметить, что наиболее высокие концентрации цитокина MIP-1 β отмечены у доноров с резус-отрицательной принадлежностью, у женщин с третьей и мужчин четвертой группы крови. Самые высокие значения содержания IL-8 в лизате тромбоцитов зарегистрированы также у мужчин и женщин с резус-отрицательной кровью четвертой группы. Лизат тромбоцитов волонтеров второй группы крови (мужчины резус-отрицательные, женщины резус-положительные) содержал наибольшее количество RANTES. Обнаружены достоверные различия между содержанием в тромболизате фактора MIP-1 β у мужчин и женщин со второй А (II) и четвертой АВ (IV) группами резус-отрицательной крови;

ТАБЛИЦА 1. КОНЦЕНТРАЦИИ В ЛИЗАТЕ ТРОМБОЦИТОВ (ПГ/МЛ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА, ГРУППЫ КРОВИ, РЕЗУС-ФАКТОРА, Me (Q_{0,25}-Q_{0,75})

TABLE 1. CONCENTRATIONS IN PLATELET LYSATE (PG/ML) DEPENDING ON GENDER, BLOOD TYPE, RH FACTOR, Me (Q_{0,25}-Q_{0,75})

MIP-1b		0 (I)	A (II)	B (III)	AB (IV)
Мужчины Men	R (+)	138,83 (134,11-209,61)	163,1 (155,68-194,88)	168,675 (102,56-258,75)	250,515 (216,07-278,56)
	R (-)	193,155 (157,30-278,56)	306,735 (247,55-329,31)	230,34 (194,8575-234,5400)	505,33 (341,98-610,03)
Женщины Women	R (+)	148,295 (123,27-173,29)	192,245 (173,800-236,865)	178,6 (128,7600-219,8225)	191,78 (160,2600-215,6975)
	R (-)	169,67 (148,04-204,59)	126,19* (117,925-170,335)	301,935# (181,95-401,56)	169,55* (124,3500-228,9425)
IL-8		0 (I)	A (II)	B (III)	AB (IV)
Мужчины Men	R (+)	231,53 (212,56-1290,67)	205,9 (162,0-388,8)	285,62 (98,02-655,72)	205,34 (111,16-754,46)
	R (-)	156,13 (129,4-1291,2)	170,25 (114,84-1214,95)	263,59 (196,29-699,57)	415,61 (317,88-1458,25)
Женщины Women	R (+)	202,78 (195,51-261,23)	386,89 (247,86-736,33)	197,73 (132,24-273,37)	63,42 (14,36-238,66)
	R (-)	357,75 (157,72-686,26)	403,92 (351,3900-436,1175)	266,41 (80,52-2779,67)	389,9 (84,60-504,61)
RANTES/CCL5		0 (I)	A (II)	B (III)	AB (IV)
Мужчины Men	R (+)	1648 (1279,88-2621,12)	2615,04 (2342,07-3067,30)	3509,32 (3155,97-3731,69)	2761,485 (2578,31-3004,51)
	R (-)	3157,33# (2474,93-4010,42)	4232,25# (3475,37-5121,47)	3154,265 (2435,66-4042,72)	3199,05 (2728,88-3512,47)
Женщины Women	R (+)	2538,27 (1378,28-2764,50)	4164,48* (2785,18-5748,01)	3611,2 (3074,75-4132,56)	1830,45* (1193,77-2450,31)
	R (-)	1664,5 (1261,31-2387,54)	2374,5* # (2295,24-2525,30)	3732,385 (3005,00-4416,50)	2322,53 (2182,78-2867,64)

Примечание. * – достоверные различия ($p < 0,05$) между мужчинами и женщинами в пределах одной группы крови и резус-фактора; # – достоверные различия ($p < 0,05$) в группах мужчин/женщин в пределах одной группы крови и разного резус-фактора.

Note. *, significant differences ($p < 0.05$) between men and women within the same blood group and Rh factor; #, significant differences ($p < 0.05$) in groups of men/women within the same blood group and different Rh factors.

между женщинами третьей В (III) группы крови с разным резус-фактором. Кроме того, статистически значимо различались значения хемокина RANTES/CCL5 в тромболизате крови в группах мужчин и женщин со второй А (II) (с R (+)

и R (-)) и четвертой АВ (IV) группами крови (с R (+)). Интересно, что у мужчин с первой 0 (I) и второй А (II) группами крови с отрицательным резус-фактором содержание хемокина RANTES/CCL5 в тромболизате крови значимо превышало

аналогичные значения в таковом, полученном от резус-положительных мужчин. Связь между принадлежностью доноров к той или иной группе крови и содержанием указанных хемокинов пока не ясна, тем более что в целом уровень цитокинов даже в физиологических условиях имеет высокую лабильность. Возможно, в дальнейшем глубокий биоинформатический анализ позволит вскрыть пока не очевидную коммуникацию между этими показателями.

Заключение

Лизат тромбоцитов представляет собой достаточно сложную композицию ростовых факторов, цитокинов, хемокинов. Содержание отдельных компонентов в получаемом продукте различна и, по-видимому, зависит не только от пола и груп-

пы крови, но и от других, пока не установленных индивидуальных особенностей. Однозначно, при выборе ростовой добавки, в первую очередь, необходимо ориентироваться на высокую концентрацию в ней ростовых факторов. Однако для отдельных культур клеток, таких как стромальные клетки или клетки происходящих из гемопоэтического ростка, присутствие хемокинов является необходимым условием для получения высококлеточных жизнеспособных культур. На наш взгляд, применение ростовых добавок, полученных из донорского материала, по сравнению с рекомбинантными факторами роста, более предпочтительно. Помимо ростовых факторов, они в большей степени соответствуют условиям *in vivo*, поскольку содержат весь спектр сбалансированных элементов, необходимых для роста клеток.

Список литературы / References

1. Халиулин А.В., Гусякова О.А., Козлов А.В., Габрильчак А.И. Процессы метаболизма и механизмы регуляции активности тромбоцитов (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика, 2019. Т. 64, № 3. С. 164-169. [Khaliulin A.V., Gusyakova O.A., Kozlov A.V., Gabrilchak A.I. Metabolic processes and mechanisms of regulation of platelet activity (literature review). *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical Laboratory Diagnostics*, 2019, Vol. 64, no. 3, pp. 164-169. (In Russ.)]
2. Burnouf T., Chou M.L., Lundy D.J., Chuang E.Y., Tseng C.L., Goubran H. Expanding applications of allogeneic platelets, platelet lysates, and platelet extracellular vesicles in cell therapy, regenerative medicine, and targeted drug delivery. *J. Biomed. Sci.*, 2023, Vol. 30, no. 1, 79. doi: 10.1186/s12929-023-00972-w.
3. Cognasse F., Duchez A.C., Audoux E., Ebermeyer T., Arthaud C.A., Prier A., Eyraud M.A., Mismetti P., Garraud O., Bertolotti L., Hamzeh-Cognasse H. Platelets as key factors in inflammation: focus on CD40L/CD40. *Front. Immunol.*, 2022, Vol. 13, 825892. doi: 10.3389/fimmu.2022.825892.
4. Cunin P., Nigrovic P.A. Megakaryocytes as immune cells. *J. Leukoc. Biol.*, 2019, Vol. 105, no. 6, pp. 1111-1121.
5. Golshan M., Dortaj H., Rajabi M., Omid Z., Golshan M., Pourmentazari M., Rajabi A. Animal origins free products in cell culture media: a new frontier. *Cytotechnology*, 2025, Vol. 77, no. 1, 12. doi: 10.1007/s10616-024-00666-7.
6. Hou Y., Huttenlocher A. Advancing chemokine research: the molecular function of CXCL8. *J. Clin. Invest.*, 2024, Vol. 134, no. 10, e180984. doi: 10.1172/JCI180984.
7. Hughes C.E., Nibbs R.J.B. A guide to chemokines and their receptors. *FEBS J.*, 2018, Vol. 285, no. 16, pp. 2944-2971.
8. Köhler A., de Filippo K., Hasenberg M., van den Brandt C., Nye E., Hosking M.P., Lane T.E., Männ L., Ransohoff R.M., Hauser A.E., Winter O., Schraven B., Geiger H., Hogg N., Gunzer M. G-CSF-mediated thrombopoietin release triggers neutrophil motility and mobilization from bone marrow via induction of Cxcr2 ligands. *Blood*, 2011, Vol. 117, no. 16, pp. 4349-4357.
9. Korbecki J., Grochans S., Gutowska I., Barczak K., Baranowska-Bosiacka I. CC Chemokines in a tumor: A review of pro-cancer and anti-cancer properties of receptors CCR5, CCR6, CCR7, CCR8, CCR9, and CCR10 Ligands. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, Vol. 21, no. 20, 7619. doi: 10.3390/ijms21207619.
10. Luo H., Li L., Han S., Liu T. The role of monocyte/macrophage chemokines in pathogenesis of osteoarthritis: A review. *Int. J. Immunogenet.*, 2024, Vol. 51, no. 3, pp. 130-142.
11. Matsushima K., Yang D., Oppenheim J. J. Interleukin-8: An evolving chemokine. *Cytokine*, 2022, Vol. 153, 155828. doi: 10.1016/j.cyt.2022.155828.
12. Maurer M., von Stebut E. Macrophage inflammatory protein-1. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 2004, Vol. 36, no. 10, pp. 1882-1886.
13. Potts K.S., Farley A., Dawson C.A., Rimes J., Biben C., de Graaf C., Potts M.A., Stonehouse O.J., Carmagnac A., Gangatirkar P., Josefsson E.C., Anttila C., Amann-Zalcenstein D., Naik S., Alexander W.S., Hilton D.J., Hawkins E.D.,

Taoudi S. Membrane budding is a major mechanism of *in vivo* platelet biogenesis. *J. Exp. Med.*, 2020, Vol. 217, no. 9, e20191206. doi: 10.1084/jem.20191206.

14. Price P.J. Best practices for media selection for mammalian cells. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.*, 2017, Vol. 53, no. 8, pp. 673-681.

15. Singh A., Bisht P., Bhattacharya S., Guchhait P. Role of platelet cytokines in dengue virus infection. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 2020, Vol. 10, 561366. doi: 10.3389/fcimb.2020.561366.

Авторы:

Шуплецова В.В. — к.б.н., старший научный сотрудник Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Мелашенко О.Б. — научный сотрудник Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Газатова Н.Д. — старший научный сотрудник, заведующая лабораторией экспериментальных исследований препаратов крови Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Хазиахматова О.Г. — к.б.н., старший научный сотрудник Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Минина А.С. — студент-исследователь Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Authors:

Shupletsova V.V., PhD (Biology), Senior Researcher, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Melashchenko O.B., Researcher, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Gazatova N.D., Senior Researcher, Head, Laboratory of Experimental Studies of Blood Products, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Khaziakhmatova O.G., PhD (Biology), Senior Researcher, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Minina A.S., Research Student, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Коптева А. — студент-исследователь Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Кабанчук Н.А. — и. о. главного врача ГБУЗ «Станция переливания крови Калининградской области», г. Калининград, Россия

Первенецкая Т.Н. — заведующая экспедицией с центром управления запасами компонентов донорской крови ГБУЗ «Станция переливания крови Калининградской области», г. Калининград, Россия

Гончаров А.Г. — к.м.н., старший научный сотрудник Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Литвинова Л.С. — д.м.н., директор Центра иммунологии и клеточных биотехнологий ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, Россия

Kopteva A., research student, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Kabanchuk N.A., Acting Chief Physician, Blood Transfusion Station of the Kaliningrad Region, Kaliningrad, Russian Federation

Pervenetskaya T.N., Head, Expedition with the Center for Management of Donor Blood Components, Blood Transfusion Station of the Kaliningrad Region, Kaliningrad, Russian Federation

Goncharov A.G., PhD (Medicine), Senior Researcher, Center for Immunology and Cellular Biotechnologies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Litvinova L.S., PhD, MD (Medicine), Director, Center for Immunology and Cellular Biotechnology, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation

Поступила 17.04.2025

Отправлена на доработку 23.04.2025

Принята к печати 22.06.2025

Received 17.04.2025

Revision received 23.04.2025

Accepted 22.06.2025