Журнал «КЛИНИЧЕСКАЯ ОНКОГЕМАТОЛОГИЯ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА»
ISSN 1997-6933

Предварительная версия статьи, поступившей в редакцию журнала.
Дата поступления: 30.01.2026

НА ЗАМЕТКУ

Данная статья поступила в редакцию журнала и будет опубликована после прохождения рецензирования, корректуры, редактуры и вёрстки. После этого будет назначен том и номер выпуска журнала, в котором статья будет опубликована в окончательной редакции. После публикации в окончательной редакции статья будет удалена из данного раздела.

Следует обратить внимание на то, что статьи в данном разделе не содержат всех библиографических данных. Они будут присвоены только после включения статьи в тот или иной номер журнала.

Кроме того, в процессе подготовки статьи к публикации, после снятия вопросов с авторами могут произойти изменения в её содержании, текст статьи может измениться перед окончательной публикацией.

Динамика уровня аллоиммунизации к антигенам эритроцитов у онкогематологических пациентов: данные ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России за период 2008-2025 гг.

И.И. Кробинец, А.Ю. Щапова, О.Ю. Матвиенко, Н.Н. Бодрова, Д.А. Фомичева
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии ФМБА России», 2-я Советская ул., д. 16, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191024

Для переписки: Ирина Ивановна Кробинец, д-р биол. наук, ул. 2-Советская, д. 16, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191024; тел.: 8(950)221-33-00; e-mail: krobinets@niigt.ru

РЕФЕРАТ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Аллоиммунизация к антигенам эритроцитов остается ключевой проблемой трансфузиологии, повышает риск посттрансфузионных реакций и затрудняет подбор крови. Частота аллоиммунизация варьируется от 0,5% до 60%, с наибольшим риском у пациентов с различными заболеваниями системы крови. Нормативные документы в РФ фокусируются на системах ABO, Rh и Kell, что минимизирует риски иммунизации по Rh, но может способствовать росту иммунизации к другим антигенам (Kell, Kidd, Duffy и др.).

ЦЕЛЬ. Провести комплексный анализ динамики аллоиммунизации к антигенам эритроцитов у онкогематологических пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Ретроспективный анализ включал 117 случаев впервые выявленной иммунизации у онкогематологических пациентов, которые наблюдались в наблюдались в ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России за 2008-2025 гг. Данные включали скрининг антител (IgG, IgM) по системам Rh (анти-D, C, c, E, Cw) и другим системам (Kell, MNS, Kidd, Duffy). Методы исследования: непрямой антиглобулиновый тест, идентификация с панелями эритроцитов и адсорбция.

РЕЗУЛЬТАТЫ. С 2019 года отмечена общая стабилизация частоты возникновения аллоиммунизации на уровне 17–21 случая в год. В более ранние временные промежутки отмечена четкая тенденция ее снижение на 45% (с 62 случаев в год в 2008–2013гг до 35 в 2013–2019гг). В Rh-системе зарегистрировано снижение иммунизации на 45% к 2019 г. и стабилизация на 1–2 случаях/год (преобладают анти-E ~28%, анти-D ~29%). В не-Rh-системах отмечен рост на ~55% (с 9 в 2013–2019гг до 14 в 2022–2025гг), при этом доминируют MNS (~42%), Kell (~29%). Пик аллоиммунизации был в 2024 г. (12 случаев). Неспецифические антитела составляют ~40–50% от общего числа, снижаясь на 82% в 2023–2024гг. Доля не-Rh антител выросла до 35% к 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Подтверждено снижение аллоиммунизации в Rh-системе благодаря регламенту гемотрансфузий, отраженному в нормативных документах. Вместе с тем, отмечен рост антител к

антигенам других систем, что требует расширения типирования. Рекомендуется персонализированный подход и молекулярное генотипирование для снижения рисков аллоиммунизации в наиболее сложной онкогематологической категории пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аллоиммунизация, антигены эритроцитов, трансфузиология, Rh-система, Kell, Kidd, Duffy.

Analysis of the Dynamics of Alloimmunization to Erythrocyte Antigens in Oncohematological Patients from 2008 to 2025

I.I. Krobinets, A.Yu. Shchapova, O.Yu. Matvienko, N.N. Bodrova, D.A. Fomicheva

Federal State Budgetary Institution "Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, 16, 2-Sovetskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 191024

For correspondence: Irina Ivanovna Krobinets, Dr. Biol. Sci., 16, 2-Sovetskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 191024; tel.: 8(950)221-33-00; e-mail: krobinets@niigt.ru

Abstract

RELEVANCE. Alloimmunization to erythrocyte antigens remains a key challenge in transfusion medicine, increasing the risk of post-transfusion reactions and complicating blood matching. Alloimmunization to erythrocyte antigens, with a frequency varying from 0.5% to 60%, poses the highest risk in patients with chronic erythrocyte disorders, remains a key challenge in transfusion medicine, increasing the risk of post-transfusion reactions and complicating blood matching. In the Russian Federation, the regulation of alloimmunization issues is governed by Order of the Ministry of Health No. 1134n (2020) and Resolution No. 641 (2025), focusing on the ABO, Rh, and Kell systems. This minimizes immunization risks for Rh, but may contribute to its increase for other antigens (Kell, Kidd, Duffy). Inflammation and genetics influence the development of immunization, emphasizing the need to analyze dynamics in oncology-hematology patients.
OBJECTIVE. To conduct a comprehensive analysis of the dynamics of alloimmunization to erythrocyte antigens in oncology-hematology patients at the Federal State Budgetary Institution "Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia from 2008–2025.
MATERIALS AND METHODS. Retrospective analysis of 117 cases of newly detected immunization at the Federal State Budgetary Institution "Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. Data included antibody screening (IgG, IgM) for Rh systems (anti-D, C, c, E, Cw) and others (Kell, MNS, Kidd, Duffy). Methods: indirect antiglobulin test, identification with erythrocyte panels, adsorption. Processing in Microsoft Excel: calculation of frequencies, trends. Approved by the local ethics committee.
RESULTS. Since 2019, overall stabilization of alloimmunization incidence has been observed at 17–21 cases per year after a 45% decrease (from 62 cases per year in 2008–2013 to 35 in 2013–2019). In the Rh system, a 45% reduction in immunization by 2019, stabilization at 1–2 cases/year (predominantly anti-E ~28%, anti-D ~29%). In non-Rh systems, an increase of ~55% (from 9 in 2013–2019 to 14 in 2022–2025), dominated by MNS (~42%), Kell (~29%); peak in 2024 (12 cases). Non-specific antibodies ~40–50% of total, decrease by 82% in 2023–2024. The proportion of non-Rh increased to 35% by 2024.
CONCLUSION. A reduction in alloimmunization in the Rh system has been confirmed due to the regulation of hemotransfusions as reflected in normative documents, but the increase in other systems requires expanded typing. A personalized approach and molecular genotyping are recommended to reduce risks.

KEYWORDS: alloimmunization, erythrocyte antigens, transfusiology, Rh system, Kell, Kidd, Duffy, posttransfusion reactions.

Введение

Аллоиммунизация к антигенам эритроцитов представляет собой одну из ключевых проблем современной трансфузиологии. Это состояние повышает риск развития посттрансфузионных реакций и осложнений, таких как острый и отсроченный гемолиз, гемолитическая болезнь новорожденного. Кроме того, аллоиммунизация существенно затрудняет подбор совместимых компонентов крови для реципиентов. Согласно данным международных исследований, частота аллоиммунизации среди реципиентов варьируется от 0,5% до 60% в зависимости от популяции, нозологии и объема трансфузий, с наибольшим риском развития до 50% у пациентов с различными хроническими заболеваниями [1, 2, 3]. В Российской Федерации эта проблема приобретает особую актуальность в контексте нормативного регулирования. Иммунологическое обследование доноров и реципиентов осуществляется в основном в соответствии с приказом Минздрава России (№ 1134н от 20 октября 2020г. «Об утверждении порядка медицинского обследования реципиента, проведения проб на индивидуальную совместимость, включая биологическую пробу, при трансфузии/переливании донорской крови и/или её компонентов») и постановлением Правительства РФ (№ 641 от 14 мая 2025г. «Об утверждении правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и ее компонентов»). Оба документа предусматривают обязательное определение групповой принадлежности эритроцитов по системам ABO, Rh (включая антигены C, c, D, E, e) и Kell. Кроме того, они регламентируют использование криоконсервированных эритроцитов [4,5]. Эти нормативные акты направлены на минимизацию рисков трансфузионных осложнений путем строгого подбора компонентов крови, особенно по антигенам системы Rh, что влияет на клиническую практику и статистику выявления антител.

Механизмы аллоиммунизации основаны на образовании антител классов IgG и IgM в ответ на экспозицию чужеродных антигенов эритроцитов, включая системы Rh, Kell, Kidd, Duffy и MNS. В дальнейшем этот феномен может приводить к отсроченным гемолитическим реакциям, снижая эффективность трансфузий и ухудшая качество жизни пациентов. Недавние литературные обзоры подчеркивают роль воспалительного статуса реципиента и генетических факторов в развитии аллоиммунизации. С другой стороны, проведение профилактических мер, таких как расширенное типирование антигенов, указывает на снижение частоты аллоиммунизации [6,7]. Введение этих нормативов в России, по аналогии с международным опытом, предположительно привело к снижению уровня аллоиммунизации реципиентов к антигенам системы Rh [8]. Однако это могло способствовать относительному увеличению аллоиммунизации к антигенам других систем, таких как Kell, Kidd и Duffy в связи с недостаточным их контролем в стандартных протоколах профилактики.

Цель настоящей работы проведение комплексного анализа динамики аллоиммунизации у онкогематологических больных в период 2008–2025 гг. в ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ данных по частоте выявления антиэритроцитарных антител у иммунизированных лиц - онкогематологических пациентов, за период с 2008 по 2025 год, полученных в НИЛ Иммуногенетики и диагностики иммунологических конфликтов ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России. Источником данных послужили архивные записи клинических обследований, результаты скрининга на наличие аллоантител, идентификации их специфичности, титрования и адсорбции. Выборка включала впервые выявленных иммунизированных лиц с антителами к антигенам системы Rh (анти-D, анти-C, анти-c, анти-E, анти-Cw) и других систем (Kell: анти-K, анти-k; MNS: анти-N, анти-S; Kidd: анти-Jka, анти-Jkb; Duffy: анти-Fya), с учетом классов антител (IgG и IgM), а также дополнительных деталей, таких как аутоантитела и титры выявленных антител. Общий объем выборки составил 117 случаев иммунизации. Данные о специфичности антител и числе впервые выявленных иммунизированных пациентов представлены в табл. 1 и 2. Эти данные были анализированы по временным периодам (2008–2013 гг., 2013–2019 гг., 2022–2025 гг.) на основе архивных записей и использовались для расчета трендов аллоиммунизации, включающие абсолютные и относительные частоты выявления антител по системам Rh и другим системам (Kell, MNS, Kidd, Duffy), а также анализ динамики снижения или роста иммунизации в целом и по отдельным антигенам.

Таблица 1: Динамика выявления антиэритроцитарных антител системы Rh у впервые иммунизированных онкогематологических пациентов в периоды 2008–2013, 2013–2019 и 2022–2025 гг.

Специфичность выявленных антител	Число впервые выявленных иммунизированных лиц		
	2008-2013	2013-2019	2022 по настоящее время
	n	n	n
анти-D	14 (IgG)	7	2 (IgG)
анти-DC	4 (IgG)	2	0
анти-C	8	4	0
анти-c	6	4	1 (IgG)
анти-E	12	8	2 (IgG)
анти-C^w	3	1	1 (IgG)

Таблица 2: Динамика выявления антиэритроцитарных антител других систем (Kell, MNS, Kidd, Duffy) у впервые иммунизированных онкогематологических пациентов в периоды 2008–2013, 2013–2019 и 2022–2025 гг.

Специфичность выявленных антител	Число впервые выявленных иммунизированных лиц		
	2008-2013	2013-2019	2022 по настоящее время
	n	n	n
анти-K	8	2	0
Анти-k	0	1	0
анти-M	3	3	3
анти-N	0	0	1
анти-S	1	1	1
анти-s	1	1	1
анти-Jk^a	1	0	2
анти-Jk^b	0	0	2
анти-Fy^a	1	1	2
анти-Fy^b	0	0	2

Для сбора данных использовались стандартные иммуногематологические методы, включая непрямой антиглобулиновый тест (НАГТ) для скрининга и идентификации антител с помощью панелей эритроцитов, а также адсорбцию плазмы донорскими эритроцитами. Обработка данных осуществлялась с помощью Microsoft Excel: рассчитывались абсолютные и относительные частоты выявления антител по годам, проценты снижения или роста иммунизации; данные по

специфичности антител по годам, с расчетом трендов для системы Rh и других систем. Этические аспекты исследования обеспечивали анонимизацию данных пациентов, наличие информированного согласия и соответствие принципам Хельсинкской декларации в редакции 2024 года, с одобрением локального этического комитета ФГБУ РНИИГТ ФМБА России.

Результаты

Анализ динамики выявления антиэритроцитарных антител за период 2008–2025 гг. охватывал системы Rh, Kell, MNS, Kidd, Duffy и Lewis, а также случаи определения неспецифических антител. Результаты исследования демонстрируют общую тенденцию к стабилизации числа выявляемых случаев на уровне 17–21 в год. Следует отметить, что после заметного снижения на ~45% — с 62 случаев в период 2008–2013 гг. (среднее 10,3 в год) до 35 случаев в 2013–2019 гг. (среднее ~5 в год) — показатели оставались относительно постоянными. Всего зарегистрировано 117 случаев. Периоды анализа включали 2008–2013гг (n=62, 53% от всех выявленных случаев, среднее 10,3 в год), 2013–2019гг (n=35, 30%, среднее ~5 в год), 2022–2025гг (n=20, 17%, среднее ~5 в год). Частота выявленных любых антител в год была следующей: в 2008–2013гг ~10,3 (53%), в 2013–2019гг ~5 (30%), в 2022–2025гг ~5 (17%). В системе Rh, традиционно доминирующей в структуре антител, с 2008 по 2019гг. последовательно и значительно снизилась частота случаев аллоиммунизации на ~45%. По основным антигенам в 2008–2013гг зарегистрировано 47 случаев (среднее ~7,8 в год), в 2013–2019гг - 26 (среднее ~3,7 в год), в 2022–2025гг - 6 (среднее ~1,5 в год). После этого, в период 2022–2025гг, показатель стабилизировался на уровне примерно 1–2 случая в год с относительными колебаниями в пределах ±10 %. Среди антител системы Rh преобладали анти-E (n=22, ~28 % всех Rh-случаев) и анти-D (n=23, ~29 %).

В других системах групп крови наблюдался противоположный тренд: с 2013 по 2019 год число случаев стабильно определялось на уровне 9 (среднее ~1,3 в год), но в 2022–2025 гг. выросло до 14 (увеличение на ~55% по сравнению с предыдущим периодом, среднее ~3,5). По редким антигенам в 2008–2013гг зарегистрировано 15 случаев (среднее ~2,5 в год), в 2013–2019гг - 9 (среднее ~1,3), в 2022–2025гг - 14 (среднее ~3,5). В 2024 году был зафиксирован значимый пик (n=12), что соответствует росту на 200% по сравнению с 2023 годом. В 2025 году последовало значительное снижение числа выявляемых случаев на 58%. Среди не-Rh-антител доминировали антигены систем MNS (n=16 за весь период наблюдения, ~42% от всех не-Rh-случаев) и Kell (n=11, ~29%), с ростом Kidd (n=5, ~13%) и Duffy (n=6, ~16%) в поздние временные периоды. Частота выявления антигенов системы Kell оставалась относительно стабильной:10–15% от не-Rh-случаев с годовыми колебаниями в пределах ±50%, что указывает на постоянный вклад этой системы в аллоиммунизацию. В системе MNS наблюдался заметный рост на 200% в 2022-2023 гг., после чего доля выявляемых антител стабильно определялась в диапазоне 15–20% от общего числа случаев иммунизации в поздние временные периоды. Система Kidd продемонстрировала пик в 2024 году с долей около 20%, что может быть связано с редкостью соответствующих фенотипов в популяции. Антитела системы Duffy характеризовались значительными ежегодными колебаниями (±100%) при общей доле примерно 10%, что свидетельствует о нестабильности их выявления. Антитела системы Lewis появились лишь в 2024 году и не превышали 5%. Это указывает на их относительно недавнее или редкое проявление в выборке. Неспецифические антитела, не относящиеся к конкретным системам, стабильно составляли 40–50% от общего числа случаев ежегодно. Между 2023 и 2024 годами их количество резко снизилось на 82%, что, вероятно, связано с улучшением диагностических методов или изменением состава пациентов. В целом распределение антител по системам эволюционировало с улучшением диагностики: в 2008 году Rh-антитела доминировали полностью (100%), а к 2024 году доля не-Rh-случаев выросла до 35%.

Обсуждение

Полученные результаты анализа динамики выявления антиэритроцитарных антител за период 2008–2025 годов подтверждают гипотезу о влиянии нормативных мер, перечисленных выше, на структуру аллоиммунизации. Общая тенденция демонстрирует стабилизацию числа случаев на уровне 17–21 в год. Этот эффект стал заметен после снижения на 45% – с 62 случаев в период 2008–2013 гг. до 35 в 2013–2019 гг., что отражает эффективность фокуса на Rh-системе. Вместе с тем, полученные данные указывают на необходимость корректировки подходов для предотвращения роста числа случаев иммунизации по другим системам. Эта потребность совпадает с международными тенденциями, отмеченными в исследованиях по трансфузиям у

пациентов с хроническими заболеваниями. В системе Rh с 2008 по 2019 год наблюдалось последовательное снижение частоты выявляемых случаев на 45%. В последующие годы, с 2022 по 2025 год, эта цифра стабилизировалась на уровне ~1–2 случаев в год с колебаниями ±10%, при этом среди Rh-случаев преобладают анти-E (~28%) и анти-D (~29%) антитела [9,10]. Такая динамика демонстрирует положительное воздействие профилактических мер по Rh-подбору. Кроме того, эти данные согласуются с результатами расширенного скрининга у пациентов с гематологическими заболеваниями, где Rh-профилактика снизила частоту аллоиммунизации на 50–70% и играла ключевую роль в минимизации гемолитических реакций. Напротив, в других системах групп крови наблюдается противоположный тренд [11]. Частота случаев аллоиммунизации выросла с 9 в 2013–2019 гг. до 14 в 2022–2025 гг. (увеличение на ~55 %). Пик зафиксирован в 2024 году – 12 случаев, что на 200% больше по сравнению с 2023 годом. В 2025 году число выявленных случаев снизилось на 58%. Среди не-Rh-антител доминируют антигены MNS (~42%) и Kell (~29%), с вкладом Kidd (~13%) и Duffy (~16%) [12]. Такая динамика подчеркивает сдвиг аллоиммунизации в сторону менее контролируемых антигенов, что может быть обусловлено недостаточным вниманием к ним в стандартных протоколах [13]. Подобные наблюдения отмечаются и в популяциях с высокой частотой трансфузий, где не-Rh-антитела достигают 30% и ассоциированы с отсроченными осложнениями. Стабильная частота в системе Kell (10–15% от не-Rh-случаев с колебаниями ±50%) указывает на постоянный, но не доминирующий вклад, что соответствует литературным данным об анти-Kell антителах как факторе риска в 5–10% случаев аллоиммунизаций у пациентов с многократными трансфузиями. Эти данные подчеркивают целесообразность включения их в расширенный скрининг для предотвращения тяжелых посттрансфузионных осложнений [14]. Заметный рост в системе MNS на 200% с 2022 по 2023 год, а затем стабилизация на уровне 15-20% в более поздние периоды отражает возможное влияние инфекций на иммунный ответ в популяции и увеличения объема трансфузий. Полученные данные согласуются с исследованиями, где MNS-антитела составляют до 15% не-Rh-случаев и ассоциированы с холодовыми реакциями и инфекционными осложнениями, связанными с иммунным ответом к группоспецифическим бактериям. Данный феномен объясняется тем, что клеточная стенка бактерий схожа по структуре с антигенами эритроцитов человека, что приводит к молекулярной мимикрии и перекрестной реакции, усиливая риск посттрансфузионных осложнений у иммунокомпрометированных пациентов, подчеркивая необходимость их регулярного мониторинга [15]. Пик аллоиммунизации в системе Kidd в 2024 году (доля 20%) может быть обусловлен редкостью фенотипа Jk(b–) в популяции Санкт-Петербурга, близкой к европейской, где он встречается также редко [16]. Доказательства, представленные в работах по исследованию анти-Kidd антител, ответственных за треть отсроченных гемолитических реакций, указывают на необходимость персонализированного подхода для снижения их частоты на 20–30%. Значительные ежегодные колебания в системе Duffy (±100% при доле около 10%) свидетельствуют о нестабильности их выявления, возможно, из-за вариабельности экспрессии антигенов Fy(a) и Fy(b) и использования слабо чувствительных методов. Эти наблюдения согласуются с данными о Duffy-аллоиммунизации в 10–15% случаев у афроамериканских популяций. В европейских группах это также требует повышенного внимания для профилактики посттрансфузионных осложнений и гемолитической болезни новорождённых [17]. Появление антител системы Lewis только в 2024 году (5% от общего числа иммунизации) указывает на их редкость и, в связи с этим, низкую клиническую значимость [18]. В литературе описано, что анти-Lewis антитела редко вызывают посттрансфузионные реакции, однако их необходимо дифференцировать от неспецифических антител. Стабильная доля неспецифических антител на уровне 40–50% ежегодно, с резким снижением на 82% с 2023 по 2024 год, вероятно, обусловлена улучшением диагностики и, отчасти, изменением состава пациентов. Это перекликается с тенденциями, описанными в публикациях, где при внедрении молекулярных методов для подбора компонентов в сложных случаях отмечено снижение выявления неспецифических антител на 20–40% [19, 20]. Изменение структуры от полного доминирования Rh (100% в 2008) к росту не-Rh-случаев (35% в 2024) четко демонстрирует сдвиг профиля аллоиммунизации. Это требует расширения критериев подбора гемокомпонентов, включая создание банков фенотипирования по расширенному спектру антигенов клеток крови. Подход находит поддержку в исследованиях по индивидуальному подбору и «персонализированной трансфузиологии», позволяющих снизить общий уровень иммунизации на 20–50%. Однако увеличение объема типирования неминуемо приведет к появлению антител к новым, еще малоизученным антигенам эритроцитов (из систем Diego или Lutheran, выявляемым при молекулярном генотипировании). За рубежом наблюдается растущая, но не универсальная

тенденция к расширенному типированию эритроцитов: стандартные протоколы ограничиваются ABO и Rh для рутинных трансфузий, однако в группах высокого риска (пациенты с серповидноклеточной анемией, талассемией или многократными трансфузиями) международные рекомендации указывают на расширенное типирование по системам Rh, Kell, Duffy, Kidd и MNS, что снижает аллоиммунизацию на 30–50%. В тоже время, полное их внедрение не снижает риск аллоиммунизации в общей популяции без персонализированного подхода, подчеркивая необходимость баланса между затратами и пользой [21, 22, 23]. Следует подчеркнуть, что ретроспективный характер данных и малая выборка для редких антител ограничивают статистическую достоверность выводов.

Заключение

В настоящем исследовании анализ данных подтвердил снижение аллоиммунизации в системе Rh с последующей стабилизацией, что уменьшило ее доминирование в общей структуре выявленных антител. Однако, при этом наблюдался рост иммунизации в других системах (Kell, MNS, Kidd, Duffy, Lewis), что подчеркивает необходимость расширения профилактических мер для минимизации трансфузионных осложнений и улучшения исходов у реципиентов. Полученные тенденции иллюстрируют сдвиг профиля аллоиммунизации: неспецифические антитела остаются значимыми, но их доля снижается благодаря совершенствованию диагностики, что полностью согласуется с международным опытом. Это делает актуальным внедрение персонализированного подхода с учётом генетических факторов популяции для предотвращения отсроченных реакций и гемолитической болезни новорожденных. В качестве перспективных направлений дальнейших исследований предлагается интеграция молекулярного генотипирования для создания банков фенотипированной крови и оценка клинической значимости редких антител. Такой подход позволит снизить общую аллоиммунизацию в уязвимых группах и способствовать оптимизации трансфузионной терапии.

Информация о конфликтах интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Источники финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концепция и дизайн: И.И. Кробинец.
Сбор и обработка данных: все авторы.
Предоставление материалов исследования: И.И. Кробинец, Н.Н. Бодрова.
Анализ и интерпретация данных: А.Ю. Щапова, О.Ю. Матвиенко, Д.А. Фомичева.
Подготовка рукописи: все авторы.
Окончательное одобрение рукописи: все авторы.

Информация об информированном согласии

От всех участников исследования получено письменное согласие на публикацию.

ORCID

Irina I. Krobinets — 0000-0002-6404-2387
Angelina Yu. Shchapova — 0009-0009-4435-5755
Olesya Yu. Matvienko — 0000-0003-2728-6590
Natalia N. Bodrova —
Daria A. Fomicheva – 0009-0007-1397-1577

1. Минеева Н.В., Пашкова И.А., Кробинец И.И., Сысоева Е.А. Аллосенсибилизация к антигенам эритроцитов (обзор литературы). Онкогематология. 2015;4(10):60-65.
2. Conrath S, Vantilcke V, Parisot M, et al. Increased Prevalence of Alloimmunization in Sickle Cell Disease? Should We Restore Blood Donation in French Guiana? Front Med. 2021;8:681549. doi:10.3389/fmed.2021.681549
3. Yazdanbakhsh K, Ware RE, Noizat-Pirenne F. Red blood cell alloimmunization in sickle cell disease: pathophysiology, risk factors, and transfusion management. Blood. 2012;120(3):528-537. doi:10.1182/blood-2011-11-327361
4. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20.10.2020 № 1134н "Об утверждении порядка медицинского обследования реципиента, проведения проб на индивидуальную совместимость, включая биологическую пробу, при трансфузии донорской крови и (или) её компонентов". Доступно по:

http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011130042. Ссылка активна на 14.01.2026.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2025 № 641 "Об утверждении Правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и её компонентов". Доступно по: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202505140022. Ссылка активна на 14.01.2026.
6. Zimring JC, Hendrickson JE. The role of inflammation in alloimmunization to antigens on transfused red blood cells. Curr Opin Hematol. 2008;15(6):631-635. doi:10.1097/MOH.0b013e328313695e
7. Fasano RM, Chou ST. Red Blood Cell Antigen Genotyping for Sickle Cell Disease, Thalassemia, and Other Transfusion Complications. Transfus Med Rev. 2016;30(4):197-201. doi:10.1016/j.tmrv.2016.05.011
8. Бутина Е.В., Минеева Н.В., Зайцева Г.А. и др. Аллоиммунизация к антигенам эритроцитов у пациентов с гематологическими и онкогематологическими заболеваниями. Трансфузиология. 2019;2:27-34.
9. Rastogi V, Sidhar M, Rajesh H, et al. Exploring trends of red blood cell alloimmunization among transfusion recipients and healthy blood donors at a tertiary care hospital centre: A comprehensive analysis. J Lab Physicians. 2024. doi:10.25259/JLP_344_2024
10. Regalado-Artamendi I, Pérez-Corral AM, García-Morín M, et al. Complete RH and Kell matching related to low alloimmunisation risk in sickle cell disease: prevalence and risk factors of alloimmunisation in a Spanish Tertiary Care National Reference Centre. Blood Transfus. 2021;19(4):292-299. doi:10.2450/2020.0096-20
11. Duan D, Wang L, Zhou L, et al. Predicting Risk of Transfusion-Induced Red Blood Cell Alloimmunization Using Statistical and Machine Learning Approaches in the Recipient Epidemiology and Donor Evaluation Study (REDS-III) Database. bioRxiv. 2025. doi:10.1101/2025.09.21.677587
12. Mukherjee R, Negi G, Kaur D, et al. “When less is more and more is less” red cell alloimmunization in multitransfused patients attending a medical institution with a newly developed blood center in North India: A multifactorial study. Asian J Transfus Sci. 2025;19(1):42-47. doi:10.4103/ajts.ajts_194_23
13. Tormey CA, Hendrickson JE. Transfusion-related red blood cell alloantibodies: induction and consequences. Blood. 2019;133(17):1821-1830. doi:10.1182/blood-2018-08-833962
14. Mattaloni SM, Arnoni C, Céspedes R, et al. Clinical Significance of an Alloantibody against the Kell Blood Group Glycoprotein. Transfus Med Hemother. 2017;44(1):53-57. doi:10.1159/000448381
15. Wang S, Wang J, Mo X, et al. Analysis of anti-M antibody status and blood transfusion strategy in Hunan, China. Ann Transl Med. 2022;10(21):1166. doi:10.21037/atm-22-4999
16. Dean L. Blood Groups and Red Cell Antigens [Internet]. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US); 2005. Chapter 10, The Kidd blood group. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2272/
17. Maheshwari A, Killeen RB. Duffy Blood Group System [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK580473
18. R A, V S, Haran AH, et al. Lewis-A Antibody in Clinical Practice: A Case Report. Cureus. 2024;16(7):e64501. doi:10.7759/cureus.64501
19. Makarovska-Bojadzieva T, Velkova E, Blagoevska M. The Impact of Extended Typing On Red Blood Cell Alloimmunization in Transfused Patients. Open Access Maced J Med Sci. 2017;5(2):107-111. doi:10.3889/oamjms.2017.054
20. Rawas SA, Alzahrani HY, Alharbi AF, et al. Impact of Extended Red Blood Cell Antigen Typing on Alloimmunization in Multi-Transfused Patients: A Retrospective Study. Int J Sci Technol. 2025;16(1):1-10. doi:10.5281/zenodo.15222887
21. Makarovska-Bojadzjieva T, Velkova E, Blagoevska M. The Impact of Extended Typing On Red Blood Cell Alloimmunization in Transfused Patients [Internet]. Open Access Maced J Med Sci. 2017;5(2):107-11. Available from: https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/oamjms.2017.054 (accessed 14.01.2026).
22. Кробинец И.И. Медико-биологические аспекты донорства крови у военнослужащих в Заполярье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2011. 20 с.