

Острая гемолитическая реакция после трансфузии эритроцитсодержащих компонентов крови: причины, профилактика, клинические случаи

Я.С. Андреева^{1*}, О.А. Майорова¹, А.Ю. Буланов², К.С. Момотюк¹, В.Ю. Зинкин¹, В.В. Белякова¹, Е.А. Ватагина¹

Центр организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи

¹ ГБУЗ «Центр крови имени О.К. Гаврилова ДЗМ»

Российская Федерация, 115516, Москва, ул. Поликарпова, д. 14

² ГБУЗ «Городская клиническая больница № 52 ДЗМ»

Российская Федерация, 123182, Москва, ул. Пехотная, д. 3

* Контактная информация: Андреева Ярослава Сергеевна, врач анестезиолог-реаниматолог, трансфузиолог Центра организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова Департамента здравоохранения города Москвы». Email: ketalain@inbox.ru

РЕЗЮМЕ

Статья затрагивает проблему изучения причин развития гемолитических реакций после трансфузий эритроцитсодержащих компонентов крови. Рассмотрены пути предотвращения гемолиза в результате гемотрансфузий. Описаны клинические случаи.

Ключевые слова:

гемолиз, иммунный механизм развития, неиммунный механизм развития острой гемолитической реакции

Ссылка для цитирования

Андреева Я.С., Майорова О.А., Буланов А.Ю., Момотюк К.С., Зинкин В.Ю., Белякова В.В. и др. Острая гемолитическая реакция после трансфузии эритроцитсодержащих компонентов крови: причины, профилактика, клинические случаи. *Журнал им. Н.В. Склифосовского неотложная медицинская помощь*. 2020;9(4):646–652. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-4-646-652>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ГР — гемолитические реакции
 ДЗМ — Департамент здравоохранения города Москвы
 ЗПТ — заместительная почечная терапия
 ЛДГ — лактатдегидрогеназа
 МО — медицинская организация
 МПС — мембранная плазмосепарация
 ОАМ — общий анализ мочи
 ОГР — острая гемолитическая реакция

ПТО — посттрансфузионное осложнение
 ПТР — посттрансфузионная реакция
 СЗП — свежзамороженная плазма
 ФМБА — Федеральное медико-биологическое агентство
 ЦООКТП — Центр организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи
 ЭСКК — эритроцитсодержащие компоненты крови

Трансфузия компонентов крови — это инвазивная манипуляция, имеющая риски развития осложнений после ее проведения. Несмотря на то, что врачи клинических отделений последнее время придерживаются рестриктивной стратегии за счет уменьшения числа необоснованных трансфузий, существуют группы пациентов, которые не могут обойтись без переливания крови: при массивной кровопотере во время обширных хирургических вмешательств, тяжелой сочетанной травме и акушерских кровотечениях, а также трансфузионно-зависимый контингент в гематологической практике. Посттрансфузионные осложнения (ПТО) могут иметь последствия от выраженного дискомфорта пациента до больших финансовых потерь из-за увеличения длительности стационарного лечения и судебных исков. Несмотря на то, что риск трансфузионно-ассоциированной смерти достаточно низок: 1 случай на 117 000 трансфузий [1], в настоящий момент существует жизненная необходимость в достаточной информированности клиницистов о причинах, клинической картине и методах лечения ПТО.

Частота трансфузионно-ассоциированных рисков возникновения посттрансфузионных реакций (ПТР) зависит от различных причин и, главным образом, от степени развития системы безопасности трансфузионного пособия — системы гемонадзора (*haemovigilance*), которая определяется как организованные процедуры мониторинга реакций и осложнений у доноров и реципиентов [2]. Частота посттрансфузионных осложнений (ПТО) варьирует в широких пределах, несмотря на международные попытки стандартизации и унификации подходов к регистрации [3].

Е. Vamvakas et al. [4] на основе данных систем гемобезопасности нескольких стран рассчитали вероятность тяжелой острой гемолитической реакции (ОГР) и отобрали в виде пирамиды от наиболее частого события к редкому (рисунк). В основании находятся самые распространенные случаи, классифицируемые как «почти ошибки», которые вовремя были обнаружены и не привели к неправильно перелитому компоненту крови. В середине расположены менее частые, но более тяжелые осложнения, АВО-несовмес-



Рисунок. Рассчитанная вероятность развития острой гемолитической реакции из-за АВО-несовместимости: от «почти ошибки» до фатального гемолиза (по данным E. Vamvakas et al., [4]) в сравнении с реальным числом случаев по данным отчета о безопасности трансфузий Великобритании — “*Serious hazards of transfusion*” (SHOT) за 2017 г.
 Figure. The calculated likelihood of an acute hemolytic reaction due to ABO incompatibility: from “almost error” to fatal hemolysis (according to E. Vamvakas et al., [4]) compared with the actual number of cases according to the UK transfusion safety report — “*Serious hazards of transfusion*” (SHOT) for 2017

тимые трансфузии с частотой 1 случай на 40 000 переливаний эритроцитсодержащих компонентов крови (ЭСКК). На вершине пирамиды находится вероятность смертельного исхода от ОГР, которая достаточно редка и составляет 1 случай на 1,8 млн перелитых доз ЭСКК [4].

По данным ежегодных отчетов о безопасности трансфузий Великобритании — “*Serious hazards of transfusion*” (SHOT), за 2017 г. о «почти ошибках» было подано 1359 сообщений, а о неправильно перелитых компонентах крови — 307. Анализ этих данных позволил разработать и внедрить меры по профилактике, что в свою очередь привело к прогрессивному снижению числа случаев АВО-несовместимости с 1996 по 2017 г. с 36 случаев до 1 соответственно [5].

Точная статистика по РФ зависит от количества извещений о реакциях и/или осложнениях, возникших у реципиентов в связи с трансфузией компонентов крови, представляемых в Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА) медицинскими организациями (МО) после каждого выявленного случая. По данным ФМБА, в 2017–2018 гг. было зарегистрировано всего 9 и 6 случаев ПТО гемолитического типа соответственно. Из них 6 — в 2017 г. и 5 — в 2018 г. были обусловлены несовместимостью крови донора и реципиента по системе антигенов АВО из-за ошибок в определении групповой принадлежности крови реципиента в медицинских организациях, причем 3 случая оказались смертельными. Также в 3 случаях в 2017 г. причиной гемолиза были наличие недиагностированных антител к антигенам эритроцитов систем *Duffy* (анти-*Fy^a*) *Kidd* (анти-*Jk^a*) и *Rh* (анти-*E*). Один случай ПТО гемолитического типа в 2018 г. мог быть связан с особенностями основного заболевания — гемолитической анемией — или наличием антиэритроцитарных антител неустановленной специфичности [3].

Гемолиз — это разрыв мембраны эритроцита с истечением его содержимого, который может быть острым и отсроченным. ОГР возникает в течение 24 часов

после трансфузии, в то время как отсроченная может проявиться через 14 суток и более [6]. По локализации гемолиз подразделяется на интраваскулярный (внутри объема циркулирующей крови) и экстраваскулярный (в ретикулоэндотелиальной системе); а по механизму развития — на иммунный и неиммунный. ОГР — это практически всегда внутрисосудистый гемолиз, обусловленный иммунным (несовместимость групп крови по АВО, или другим антигенным системам *Duffy*, *Kell*, резус) или неиммунным механизмом (термической, осмотической и механической травмой эритроцитов в компоненте крови) [7].

Классическая ОГР включает триаду симптомов: лихорадка, боль в спине и появление красной или коричневой мочи. Могут также присутствовать другие симптомы острого гемолиза: озноб, гипотензия, почечная недостаточность, боль в спине или признаки диссеминированного свертывания крови. На практике, при анализе большого числа клинических случаев, самый распространенный — 80%, и часто единственный симптом, который появляется при разрушении эритроцитов — это лихорадка или озноб. Почечная недостаточность развивается только в 36% случаев острого гемолиза [8]. Время появления симптомов может быть различным: от нескольких минут от начала трансфузии до 24 часов после нее.

Лабораторные признаки гемолиза: появление измененных форм эритроцитов (сфероциты), наличие свободного гемоглобина в плазме крови и ее красная окраска, гемоглобинурия; сниженный уровень фибриногена и гаптоглобина в крови и, наоборот, повышенный уровень в крови лактатдегидрогеназы и билирубина [9].

Отсроченная гемолитическая реакция (ГР) обусловлена анамнестическим ответом иммунной системы на аллогенные антигены от предыдущих трансфузий или после беременности. Распад эритроцитов при этом в основном экстраваскулярный и клинически протекает менее драматично. Обычно присутствуют симп-

томы в виде желтухи и субфебрильной лихорадки. Лабораторные изменения могут быть идентичными острой ГР и при исследовании крови заключаются в следующем: анемия, высокий уровень лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и билирубина и низкий уровень гаптоглобина, лейкоцитоз, наличие в крови антиэритроцитарных антител и положительная проба Кумбса [10].

Неиммунные реакции обусловлены воздействием температуры, осмолярности и механической травмы мембраны эритроцитов *in vitro*, если на дозу компонента крови оказывалось неблагоприятное воздействие во время транспортировки, хранения или с ней неправильно обращались при введении. Термальное воздействие подразделяется на избыток тепла и замораживание. Нарушение «холодовой цепи» компонента крови, то есть значительные колебания температурного режима хранения, возможно при нахождении компонента крови в бытовом холодильном оборудовании и транспортировке не в изотермических контейнерах, при многократных перемещениях внутри медицинской организации из отделения в отделение. ЭСКК хранятся при температуре +4°C, концентрат тромбоцитов — при +22°C в условиях постоянного помешивания, свежзамороженная плазма (СЗП) — при -35°C. Перегрев эритроцитов в компоненте крови возможен при использовании неисправного оборудования или подогревательных устройств, не предназначенных для этих целей (размораживатель РП2-01-«БФА», микроволновая печь) и горячих водяных бань, оставленных без присмотра (емкость под струей горячей воды). Нагревание компонента крови свыше +38°C может привести к денатурации белков, частичному изменению их структуры и разрушению эритроцитов [11, 12]. Замораживание возможно при небрежной транспортировке ЭСКК с СЗП в одном изотермическом контейнере или неадекватной деглицеролизации при размораживании криоконсервированных эритроцитов [8, 12]. Разрушение эритроцитов возможно при бактериальной контаминации компонента крови [12]. Осмотическое повреждение может развиваться при добавлении лекарственных препаратов или гипотонических растворов непосредственно в ЭСКК, например 5% раствора глюкозы [13]. Механический гемолиз возникает при использовании: роликовых насосов в аппарате искусственного кровообращения, нагнетательных инфузионных насосов, давящих манжет или при трансфузии через иглу с маленьким диаметром канала [10, 12].

Что делать, если возникло подозрение на развитие гемолиза? Во-первых, нужно остановить трансфузию, закрыть систему для трансфузии и отсоединить ее от пациента. Затем систему для трансфузии в соединении с остатками компонента крови и с пробиркой, использованной для проведения проб на совместимость, необходимо поместить на хранение в медицинское холодильное оборудование на 48 часов. Также нужно сообщить ответственному врачу-трансфузиологу о подозрении на посттрансфузионную реакцию. Пересмотреть все этикетки: компонента крови, бланка группы крови пациента, маркировку пробирки с пробой крови. Определить еще раз: группу крови реципиента и антиэритроцитарные антитела. Визуально определить гемолиз можно следующим образом: центрифугировать пробирку с кровью реципиента и оценить степень окрашивания надосадочной жидкости. Чем интенсивнее красное окрашивание, тем сильнее степень гемолиза.

Можно ли предотвратить возникновение гемолиза? Не всегда, хотя в большинстве случаев ГР можно полностью исключить. Гемолиз иммунной природы в большинстве случаев связан с неправильной идентификацией [14], и поэтому лучший способ профилактики — это предупреждение или обнаружение ошибок на каждом этапе гемотрансфузии:

- ошибка идентификации реципиента: дать указание медицинской сестре взять пробу крови у мужчины «справа у окна» в палате, а не полностью назвать фамилию, имя и отчество пациента, или использование широко применяемой методики нумерации коек в реанимационных отделениях для обезличивания пациентов и упрощения работы персонала;

- ошибка идентификации образца крови: неподписанная пробирка, неполные фамилия, имя и отчество пациента, отсутствие номера истории болезни и названия отделения, наличие пациентов с одинаковыми фамилиями и разными инициалами;

- ошибка совмещения компонента крови: не проводили пробу на совместимость или контрольную проверку группы крови реципиента по системе АВ0 или проводили их технически неправильно, при этом использовались просроченные или хранившиеся реагенты в неконтролируемых температурных условиях.

По данным *M. Delaney et al.*, частота ошибок из-за неправильной маркировки образцов крови была снижена путем применения метода «нулевой терпимости», то есть отказа от приема пробирки без полной идентификации пациента (фамилия, имя и отчество, дата рождения, уникальный идентификационный номер) [15].

Серологическая идентификация антиэритроцитарных антител является решающим звеном в предотвращении всех иммунных гемолитических реакций [6, 10]. При выявлении аллоиммунных антител необходимо проводить индивидуальный подбор ЭСКК в лабораторных условиях.

Гемолиз неиммунной этиологии в большинстве случаев возможно предотвратить путем соблюдения «холодовой цепи» компонента крови: на этапе хранения и транспортировки, предтрансфузионной подготовки и проведения манипуляции с соблюдением прослеживаемости по всем учетным формам.

В качестве примеров приводим результаты исследований ОГР, произошедших в учреждениях Департамента здравоохранения города Москвы (ДЗМ) (названия МО не разглашаются по этическим соображениям).

Расследование 1

Случай неиммунного гемолиза после трансфузии эритроцитной взвеси. В МО пациенту с диагнозом «портальная гипертензия (состояние после аутовенозного мезопортального шунтирования аутовенозной вставкой)» было выполнено оперативное вмешательство по поводу тромбоза шунта — релапаротомия, наложение сплено-ренального анастомоза, висцеролиз, ушивание перфорации тонкой и толстой кишок. Послеоперационный период протекал с осложнениями: сформировались кишечные свищи, что привело к многократным повторным оперативным вмешательствам (релапаротомии) на фоне прогрессирующей полиорганной недостаточности и сепсиса. Состояние пациента оставалось крайне тяжелым: находился на продленной искусственной вентиляции легких, осуществлялась вазопрессорная поддержка гемодинамики. Тяжелую анемию решено было компенсировать трансфузией одно-

группной эритроцитной взвеси (пробы на индивидуальную совместимость проведены). Через 1 час 15 минут от начала трансфузии отмечено появление мочи красно-бурого цвета. При этом в общем анализе мочи (ОАМ) были обнаружены измененные эритроциты – 12–15 в поле зрения, реакция на кровь – 3+, что говорит о внутрисосудистом гемолизе и прохождении через почки уже разрушенных эритроцитов. Проводили форсированный диурез для удаления свободного гемоглобина из кровяного русла. Через 1 час 45 мин от начала трансфузии была начата процедура непрерывной мембранной плазмосепарации (МПС), при этом цвет плазмы красно-желтого цвета, что было обусловлено гемолизом. На 30-й минуте отмечалось угнетение сердечной деятельности, процедура МПС была прекращена, проводились реанимационные мероприятия. Через 8 часов после начала трансфузии констатирована смерть пациента.

Результаты расследования 1, выполненного Центром организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи (ЦООКТП): все трансфузии компонентов крови у пациента были клинически обоснованными. Они проводились с подбором по фенотипу резус-фактора и выполнением проб на индивидуальную совместимость по непрямой пробе Кумбса в лаборатории МО, другими словами, были иммунологически совместимыми с пациентом. Однако движение компонента крови осуществлялось в МО с нарушением условий «холодовой цепи» хранения. Эритроцитная взвесь была заказана и получена для обеспечения планового оперативного вмешательства другого пациента за сутки до трансфузии, причем с момента извлечения из медицинского холодильного оборудования в кабинете переливания крови до помещения в бытовой холодильник в хирургическом отделении прошло 4 часа (в неконтролируемых температурных условиях). На следующее утро ЭСКК были извлечены из бытового холодильника хирургического отделения и переданы в отделение реанимации, где они находились около 6 часов в неконтролируемых температурных условиях (при комнатной температуре) до момента помещения в размораживатель РП2-01-«БФА», где ЭСКК были подогреты в режиме размораживания плазмы. Нужно отметить, что «Размораживатель свежзамороженной плазмы автоматический со световой и звуковой сигнализацией РП2-01-«БФА» не предназначен для подогревания ЭСКК, а только для размораживания СЖП и подогревания растворов. Лабораторные данные остатков эритроцитной взвеси (ГБУЗ «Станция переливания крови ДЗМ»): отмечается превышение референсного значения уровня гемолиза – до 9,96% (при норме менее 0,8%); при этом кровь реципиента и донорские эритроциты иммунологически совместимы.

На основании маршрутизации компонента крови и лабораторных данных можно сделать вывод о неиммунной природе гемолиза эритроцитной взвеси, то есть о распаде эритроцитов под воздействием температурного фактора при его хранении в недопустимых условиях, а также о вероятном усугублении степени гемолиза при нагревании компонента крови в оборудовании, не предназначенном для этого. Заключение: констатированы грубые нарушения в соблюдении прослеживаемости и холодовой цепи компонента крови на территории МО. Контейнер с эритроцитной взвесью находился в ненадлежащих и неконтролируемых условиях бытового холодильного оборудования. Длительность нахождения контейнера в неконтролируемых условиях составила более 24 часов, тогда как хранение ЭСКК в неконтролируемых температурных условиях более 2 часов недопустимо и может привести к гемолизу эритроцитов.

Расследование 2

Иммунный гемолиз – после трансфузии ЭСКК, несовместимых по антигенам системы АВ0. Пациенту молодого возраста по поводу железодефицитной анемии средней степени тяжести были проведены трансфузии трех доз ЭСКК в связи с признаками дефицита кислородтранспортной функции крови. При поступлении в МО группа крови была идентифицирована как В (III), резус-положительная. На 3-и сутки от начала госпитализации были последовательно проведены две трансфузии эритроцитной взвеси группы В (III), резус-положительной. Согласно протоколам трансфузии, контрольное исследование группы крови реципиента и пробы на индивидуальную совместимость были проведены и отмечены как «совместимы». По данным дневников наблюдения, пациент перенес процедуру без осложнений. По температурному листу после трансфузии отмечена лихорадка до 37,8°C. Уровень гемоглобина на следующие сутки после трансфузии – 83 г/л. В ОАМ на следующие сутки после трансфузии отмечается возрастание уровня уробилиноидов до 16 ммоль/л. Биохимический анализ крови выполнен однократно при поступлении: содержание глюкозы – 5,3 ммоль/л; белка общего – 70 г/л; креатинина – 131,8 мкмоль/л; железа – 3,9 мкмоль/л; билирубина общего – 13,7 мкмоль/л; натрия – 139 ммоль/л; калия – 4,4 ммоль/л; хлора – 104 ммоль/л; креатининфосфокиназы – 158 Ед/л; аспартатаминотрансферазы – нет реактива; аланинаминотрансферазы – 42 Ед/л; ЛДГ – нет реактива. На 7-е сутки после первой трансфузии у пациента сохранялась слабость при уровне гемоглобина 86 г/л, в связи с чем была проведена третья трансфузия ЭСКК группы В (III), резус-положительной. После переливания зарегистрирована лихорадка до 38,4°C. ОАМ после третьей трансфузии (перед выпиской из стационара): цвет мочи оранжевый, прозрачность – сильно мутный, относительная плотность – 1,023, рН – 5,5, белок – 0,630 г/л, глюкоза – 5,5 ммоль/л, кетоновые тела – 0,5 ммоль/л, билирубин – 50 мкмоль/л, реакция на кровь – 300 эр/мкл, эпителий плоский – много, лейкоциты – 25–38 в поле зрения, эритроциты – 50–60 в поле зрения, бактерии – большое количество. Биохимический анализ крови перед выпиской не выполнен по техническим причинам. Пациент выписан из стационара с улучшением на амбулаторное долечивание. Через 2 суток после выписки из стационара снова был госпитализирован, но в другую МО ДЗМ с диагнозом: постинъекционный абсцесс верхней трети правого предплечья. Определена группа крови уже А (II), Rh – положительная. Пациенту выполняли клинико-диагностический поиск в связи с жалобой на затруднение при мочеиспускании. В биохимическом анализе крови: мочевины – 50,0 ммоль/л; креатинин – 1801 мкмоль/л. На 5-е сутки госпитализации пациенту был установлен диагноз: острая почечная недостаточность, при этом тяжесть состояния требовала проведения заместительной почечной терапии (ЗПТ). Учитывая отсутствие отделения гемодиализа во второй МО, пациент был переведен в медицинское учреждение, где ему ранее проводили трансфузии (при повторном поступлении определена группа крови А (II), Rh – положительная). После успешного восстановления функции почек (в результате выполненных серий процедур ЗПТ) пациент с улучшением выписан из стационара.

Результаты расследования 2: пациенту при первичной госпитализации были проведены три гемотрансфузии иногруппной эритроцитной взвеси, что послужило причиной развития острой почечной недостаточности, потребовавшей проведения ЗПТ. На каком этапе пред-

трансфузионного этапа произошла ошибка, точно установить не представилось возможным. Вероятно, имело место сочетание двух причин: на этапе идентификации образца крови пациента в сочетании с невыполнением контрольного определения группы крови реципиента по системе АВ0 перед трансфузией. Если бы все пробы на совместимость были проведены согласно требованиям нормативной документации, ошибка в определении группы крови пациента была бы обнаружена.

ОБСУЖДЕНИЕ

Описанные случаи демонстрируют непосредственную связь человеческого фактора с развитием тяжелых посттрансфузионных осложнений. Обнаружение ошибок идентификации пациента или идентификации образца крови позволяет предотвратить развитие АВ0-несовместимой трансфузии и перевести это событие в категорию «почти ошибка». Необходимо повысить осведомленность медицинского персонала о значении человеческого фактора в развитии фатальных осложнений при трансфузии компонентов крови. Обсуждение описанных ошибок должно быть проведено не для наказания виновных сотрудников, а для предотвращения возникновения их в будущем.

В вопросе обучения врачей навыкам трансфузиологии особо важен неформальный и практический подход с отработкой алгоритма совмещения компонентов

крови вручную, а не только формальное получение свидетельства о прохождении тематического усовершенствования по данной теме. Также недопустимы подмена врачебных манипуляций сестринскими или выполнение проб на совместимость медицинскими сестрами под присмотром врача. Согласно действующим нормативным актам, все манипуляции с компонентами крови обязан выполнять врач.

Стратегия замалчивания ПТО является цепью, которая замыкает «порочный круг», и в перспективе ведет к большому числу трагедий. Необходимо отказаться от политики неразглашения реальных случаев реакций после трансфузий компонентов крови в пользу составления достоверной отчетности, на основе которой будет осуществляться разработка действенных мер профилактики и анализ их эффективности. Хочется отметить, что если не известить ФМБА о ПТО, в результате которого наступил неблагоприятный исход, а родственники пациента обратятся в судебную инстанцию, то данное действие будет трактоваться как нарушение приказа Министерства здравоохранения РФ № 348н от 3 июня 2013 г., и последствия для МО и их руководителей будут гораздо суровее. Выявление и подача сообщения о ПТР свидетельствует о высоком уровне организации трансфузиологической службы в МО, а не о низком качестве оказываемой медицинской помощи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Serious Hazards of Transfusion (SHOT)*. Annual Report. Manchester, UK: SHOT office; 2018. Available at: https://www.shotuk.org/wp-content/uploads/myimages/SHOT-Report-2018_Web_Version-1.pdf [Accessed November 02, 2020].
2. Рагимов А.А. (ред.) *Трансфузиология: национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2018.
3. Эйхлер О.В., Четкин А.В., Бурдинская Е.А., Власов И.Б., Данильченко В.В., Минеева Н.В. и др. Частота и структура осложнений, возникших после переливания донорской крови и ее компонентов в медицинских организациях Российской Федерации в 2014–2017 годах. *Трансфузиология*. 2018;19(4):4–14.
4. Vamvakas EC, Blajchmam MA. Transfusion-related mortality: the ongoing risk of allogeneic blood transfusion and the available for their prevention. *Blood*. 2009;113(15):3406–3417. PMID: 19188662 <https://doi.org/10.1182/blood-2008-10-167643>
5. *Serious Hazards of Transfusion (SHOT)*. Annual Report. Manchester, UK: SHOT office; 2017. Available at: <https://www.shotuk.org/wp-content/uploads/myimages/SHOT-Report-2017-WEB-Final-v4-25-9-18.pdf> [Accessed November 02, 2020].
6. Донсков С.И., Уртаев В.М., Дубинкин И.В. *Новая тактика гемотрансфузионной терапии – от совместимости к идентичности*. Москва: Бином; 2015.
7. Harewood J, Master SR. Hemolytic transfusion reaction. *National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448158/> [Accessed November 02, 2020].

REFERENCES

1. *Serious Hazards of Transfusion (SHOT)*. Annual Report. Manchester, UK: SHOT office; 2018. Available at: https://www.shotuk.org/wp-content/uploads/myimages/SHOT-Report-2018_Web_Version-1.pdf [Accessed 02 Nov, 2020].
2. Ragimov AA (ed.) *Transfuziologiya*. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2018. (In Russ.)
3. Eihler OV, Chechetkin AV, Burdinskaya EA, Vlasov IB, Danilchenko VV, Mineeva NV, et al. Rate and Structure of Complications Occurring After Transfusion of Donor Blood and Its Components, in Medical Establishments of the Russian Federation in 2014–2017. *Transfusiology*. 2018;19(4):4–14. (In Russ.)
4. Vamvakas EC, Blajchmam MA. Transfusion-related mortality: the ongoing risk of allogeneic blood transfusion and the available for their prevention. *Blood*. 2009; 113(15):3406–3417. PMID: 19188662 <https://doi.org/10.1182/blood-2008-10-167643>
5. *Serious Hazards of Transfusion (SHOT)*. Annual Report. Manchester, UK: SHOT office; 2017. Available at: <https://www.shotuk.org/wp-content/uploads/myimages/SHOT-Report-2017-WEB-Final-v4-25-9-18.pdf> [Accessed 02 Nov 2020].

8. Robertson D. Hemolytic transfusion reactions. In: Popovsky MA. (ed.) *Transfusion reactions*. 4th ed. Bethesda, MD: AABB Press; 2012. p. 1–51.
9. *National Healthcare Safety. Network Biovigilance Component. Hemovigilance Module Surveillance Protocol*. Atlanta, GA, USA; 2018. Available at: <https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/biovigilance/bv-hv-protocol-current.pdf> [Accessed November 02, 2020].
10. Robertson D. Management of transfusion reactions. In: Mintz PD. (ed.) *Transfusion therapy: clinical principles and practice*. 3rd ed. Bethesda, MD.: AABB Press; 2011. p. 757–784.
11. Maynard K. Administration of Blood Components. In: Fung MK. (ed.) *Technical Manual*. 18th ed. Bethesda, MD: AABB Press; 2014. p. 545–559.
12. Panch SR, Montemayor-Garcia C, Klein HG. Hemolytic transfusion reactions. *N Engl J Med*. 2019; 381(2):150–162. PMID: 31291517 <https://doi.org/10.1056/NEJMra1802338>
13. Delaney M, Wendel S, Bercovitz RS, Cid J, Cohn C, Dunbar NM, et al. Transfusion reactions: prevention, diagnosis, and treatment. *Lancet*. 2016; 388(10061):2825–2836. PMID: 27083327 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01313-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01313-6)
14. Vamvakas E. Causes of mortality related to allogeneic blood transfusion. In: Vamvakas EC. *Decision making in transfusion medicine*. Bethesda, MD: AABB Press; 2011. p. 51–86.
15. Delaney M, Dinwiddie S, Nester TN, Aubuchon JA. The immunohematologic and patient safety benefits of a centralized transfusion database. *Transfusion*. 2013;53(4):771–776. PMID: 22803792 <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2012.03789.x>
6. Донсков СИ, Уртаев ВМ, Дубинкин ИВ. *Новая тактика гемотрансфузионной терапии – от совместимости к идентичности*. Moscow: Binom Publ.; 2015. (In Russ.)
7. Harewood J, Master SR. *Hemolytic transfusion reaction*. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448158/> [Accessed 02 Nov 2020].
8. Robertson D. Hemolytic transfusion reactions. In: Popovsky MA. (ed.) *Transfusion reactions*. 4th ed. Bethesda, MD: AABB Press; 2012: 1–51.
9. *National Healthcare Safety. Network Biovigilance Component. Hemovigilance Module Surveillance Protocol*. Atlanta, GA, USA; 2018. Available at: <https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/biovigilance/bv-hv-protocol-current.pdf> [Accessed 02 Nov 2020].
10. Robertson D. Management of transfusion reactions. In: Mintz PD. (ed.) *Transfusion therapy: clinical principles and practice*. 3rd ed. Bethesda, MD.: AABB Press; 2011: 757–784.
11. Maynard K. Administration of Blood Components. In: Fung MK. (ed.) *Technical Manual*. 18th ed. Bethesda, MD: AABB Press; 2014:545–559.

12. Panch SR, Montemayor-Garcia C, Klein HG. Hemolytic transfusion reactions. *N Engl J Med.* 2019; 381(2):150–162. PMID: 31291517 <https://doi.org/10.1056/NEJMr1802338>
13. Delaney M, Wendel S, Bercovitz RS, Cid J, Cohn C, Dunbar NM, et al. Transfusion reactions: prevention, diagnosis, and treatment. *Lancet.* 2016; 388(10061):2825–2836. PMID: 27083327 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01313-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01313-6)
14. Vamvakas E. Causes of mortality related to allogeneic blood transfusion. In: Vamvakas EC. *Decision making in transfusion medicine.* Bethesda, MD: AABB Press; 2011:31–86.
15. Delaney M, Dinwiddie S, Nester TN, Aubuchon JA. The immunohematologic and patient safety benefits of a centralized transfusion database. *Transfusion.* 2013;53(4):771–776. PMID: 22803792 <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.2012.03789.x>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Андреева Ярослава Сергеевна** врач анестезиолог-реаниматолог Центра организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ»; <https://orcid.org/0000-0003-1981-5173>, ketalain@inbox.ru;
90%: написание текста рукописи, участие в проведении расследований клинических случаев
- Майорова Ольга Андреевна** доктор медицинских наук, профессор, главный врач ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ» <https://orcid.org/0000-0002-8589-7122>, olgamai@mail.ru;
5%: окончательное утверждение для публикации рукописи, внесение принципиальных исправлений
- Буланов Андрей Юльевич** доктор медицинских наук, заведующий отделением, выездная реанимационная гематологическая бригада ГБУЗ «ГКБ №52 ДЗМ», главный внештатный специалист-трансфузиолог Департамента здравоохранения города Москвы; <https://orcid.org/0000-0001-6999-8145>, buldoc68@mail.ru;
1%: внесение важных замечаний, участие в проведении расследований клинических случаев проверка критически важного содержания
- Момотюк Кира Сергеевна** кандидат медицинских наук, заместитель главного врача ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ»; donnadomna@mail.ru;
1%: внесение важных замечаний, участие в проведении расследований клинических случаев
- Зинкин Владимир Юрьевич** кандидат медицинских наук, врач клинической лабораторной диагностики, заведующий лабораторией, ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ» ldip-su@yandex.ru;
1%: внесение важных замечаний, участие в проведении расследований клинических случаев
- Белякова Вера Владимировна** кандидат медицинских наук, врач клинической лабораторной диагностики, заведующая ЦКДЛ, ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ»; karnas@mail.ru;
1%: внесение важных замечаний, участие в проведении расследований клинических случаев
- Ватагина Екатерина Александровна** врач-трансфузиолог Центра организации и обеспечения качества трансфузиологической помощи ГБУЗ «Центр крови им. О.К. Гаврилова ДЗМ»; <https://orcid.org/0000-0002-7781-2424>, ekaterina.vatagina@mail.ru;
1%: внесение важных замечаний, участие в проведении расследований клинических случаев

Received on 25.01.2020

Review completed on 22.06.2020

Accepted on 29.09.2020

Поступила в редакцию 25.01.2020

Рецензирование завершено 22.06.2020

Принята к печати 29.09.2020

Acute Hemolytic Reaction After Transfusion of Erythrocyte-containing Blood Components: Causes, Prevention, Clinical Cases

Ya.S. Andreyeva^{1*}, O.A. Mayorova¹, A.Yu. Bulanov², K.S. Momotyuk¹, V.Yu. Zinkin¹, V.V. Belyakova¹, E.A. Vatagina¹

Center for the Organization and Quality Assurance of Transfusiological Care

¹ Blood Center named after O.K. Gavrillov of the Moscow City Health Department

14 Polikarpova St., Moscow 115516, Russian Federation

² City Clinical Hospital No. 52 of the Moscow City Health Department

3 Pehotnaya St., Moscow 123182, Russian Federation

* **Contacts:** Yaroslava S. Andreyeva, anesthesiologist-resuscitator, transfusiologist of the Center for Organization and Quality Assurance of Transfusiological Care, Blood Center named after O.K. Gavrillov. Email: ketalain@inbox.ru

SUMMARY The article concerns the problem of studying the causes of the development of hemolytic reactions after transfusion of erythrocyte-containing blood components. The ways of preventing hemolysis as a result of blood transfusions are considered. Clinical cases are described.

Keywords: hemolysis, immune development mechanism, non-immune mechanism for the development of an acute hemolytic reaction

For citation Andreyeva YaS, Mayorova OA, Bulanov AYu, Momotyuk KS, Zinkin VYu, Belyakova VV, et al. Acute Hemolytic Reaction After Transfusion of Erythrocyte-containing Blood Components: Causes, Prevention, Clinical Cases. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2020;9(4):646–652. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-4-646-652> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

- Yaroslava S. Andreyeva Doctor Anesthesiologist-resuscitator of the Center for Organization and Quality Assurance of Transfusiological Care, Blood Center named after O.K. Gavrillov; <https://orcid.org/0000-0003-1981-5173>, ketalain@inbox.ru; 90%, writing the text of the manuscript, participating in clinical case investigations
- Olga A. Mayorova Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Physician of the Blood Center named after O.K. Gavrillov; <https://orcid.org/0000-0002-8589-7122>, olgamai@mail.ru; 5%, final approval for publication of the manuscript, fundamental revisions
- Andrey Yu. Bulanov Doctor of Medical Sciences, GKB No. 52, chief freelance transfusion specialist of the Moscow Department of Health; <https://orcid.org/0000-0001-6999-8145>, buldoc68@mail.ru; 1%, making important comments, participating in case investigations, reviewing critical content
- Kira S. Momotyuk Candidate of Medical Sciences, Deputy Chief Physician of the Blood Center named after O.K. Gavrillov; donnadomna@mail.ru; 1%, making important comments, participating in clinical investigations
- Vladimir Yu. Zinkin Candidate of Medical Sciences, Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Head of Laboratory, Blood Center named after O.K. Gavrillov; ldip-su@yandex.ru; 1%, making important comments, participating in clinical investigations
- Vera V. Belyakova Candidate of Medical Sciences, Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Head of the Central Clinical Hospital, Blood Center named after O.K. Gavrillov DZM; karnas@mail.ru; 1%, making important comments, participating in clinical investigations
- Ekaterina A. Vatagina Doctor-transfusiologist of the Center for Organization and Quality Assurance of Transfusiological Care, Blood Center named after O.K. Gavrillov; <https://orcid.org/0000-0002-7781-2424>, ekaterina.vatagina@mail.ru; 1%, making important comments, participating in clinical investigations