

DOI: <https://doi.org/10.17816/ps765>

Трансфузионная терапия компонентами аллогенной крови у детей в кардиохирургии

В.С. Зюзин

Федеральный центр высоких медицинских технологий, Калининград, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются особенности применения компонентов аллогенной крови у новорожденных и грудных детей. Данная работа адресована в первую очередь специалистам «нетрансфузиологического» профиля, таким как неонатологи, анестезиологи–реаниматологи, педиатры, гематологи и детские хирурги. Анатомические и физиологические особенности детского организма, особенно характерные для периода новорожденности, обуславливают различные подходы в клиническом применении компонентов донорской крови. Однако описание трансфузионной терапии у детей встречается лишь в незначительной доле клинических рекомендаций, а на законодательном уровне она регулируется приказом Министерства здравоохранения и Постановлением Правительства. Последние документы носят административный характер и не облегчают клиницисту принятия решения в конкретной ситуации. В то же время применение аллогенной крови связано с существенными осложнениями. Общая распространённость посттрансфузионных реакций у детей выше, чем у взрослых, и она связана с более высокими показателями смертности. Особенно это касается детской кардиохирургии. Использование донорской крови после искусственного кровообращения (ИК) связано с такими послеоперационными осложнениями, как тромбозы, инсульт, острое повреждение почек, длительная искусственная вентиляция лёгких и смерть. Подчеркивается необходимость научного обоснования каждой трансфузии с позиции доказательной медицины. Показания к гемотрансфузии рекомендуется определять не только концентрацией гемоглобина и гематокрита, но и дополнительными физиологическими триггерами. С целью минимизации нежелательных трансфузионных реакций и осложнений следует использовать современные технологии повышения качества компонентов крови. Цель обзора — обобщение и структурирование современных данных о трансфузионной терапии у детей. Рассматриваются отечественные клинические рекомендации и зарубежные публикации. Сравняется рестриктивная и либеральная стратегия трансфузионной терапии.

Выявлены особенности критериев показания, алгоритмов назначения, скорости и объёмов введения компонентов донорской крови у пациентов детских отделений.

Ключевые слова: неонатология; педиатрия; детская хирургия; переливание крови.

Как цитировать:

Зюзин В.С. Трансфузионная терапия компонентами аллогенной крови у детей в кардиохирургии // Детская хирургия. 2024. Т. 28. № 2. С. 206–214. DOI: <https://doi.org/10.17816/ps765>

DOI: <https://doi.org/10.17816/ps765>

Transfusion therapy with allogeneic blood components in children of cardiosurgical units

Vadim S. Zyuzin

Federal High Medical Technologies Center, Kaliningrad, Russia

ABSTRACT

The article discusses features of allogeneic blood component transfusion in newborns and infants. This work is primarily addressed to specialists of "non-transfusiological" profile, such as neonatologists, anesthesiologists, intensive care specialists, pediatricians, hematologists and pediatric surgeons. Specific anatomical and physiological structure of child's organism, especially at its neonatologic period, specifies different approaches to the clinical application of donor blood components. However, description of transfusion therapy in children is found only in a small proportion of clinical recommendations, and its legislative level is regulated with an order of the Ministry of Health and the Government decree. Last documents are of administrative nature, and do not help much clinicians in specific decision-making situation. At the same time, transfusion with allogeneic blood is associated with significant complications. The overall prevalence of posttransfusion reactions in children is higher than in adults, and is associated with higher mortality rates. This is especially true for pediatric cardiac surgery. Application of donated blood after cardiopulmonary bypass surgery is associated with postoperative complications such as thrombosis, stroke, acute kidney injury, prolonged mechanical ventilation and death. The authors emphasize the necessity of scientific substantiation of each transfusion with evidence-based medicine. Indications for hemotransfusion have to rely not only on the concentration of hemoglobin and hematocrit, but also on additional physiological triggers. In order to minimize undesirable transfusion reactions and complications, modern technologies should be used to improve the quality of blood components. Attention is focused on modern components of donated blood. The review is aimed to summarize and structure current data on transfusion therapy in pediatric patients. The authors analyse domestic and foreign clinical recommendations and publications. Restrictive and liberal strategies of transfusion therapy are compared. Specific criteria for indications, algorithms for prescription, speed and volume of donor blood component infusion in pediatric units were revealed.

Keywords: neonatology; pediatrics; pediatric cardiac surgery; blood transfusion.

To cite this article:

Zyuzin VS. Transfusion therapy with allogeneic blood components in neonatological and pediatric patients in cardiac surgery. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2024;28(2):206–214. DOI: <https://doi.org/10.17816/ps765>

ОБОСНОВАНИЕ

Значительные физиологические различия между новорождёнными и детьми старшего возраста, а также между детьми и взрослыми обуславливают различные подходы в клиническом применении компонентов донорской крови. Данные об их применении у детей, в отличие от взрослых, были ограничены систематическими обзорами, а конкретные рекомендации отсутствовали.

В 2019 г. в журнале «Pediatric Anaesthesia» опубликовано 4 издание «Административных и клинических стандартов обращения с кровью пациентов» (Педиатрическая версия). Эти стандарты содержали клинические стратегии оптимизации лечения кровотечений и минимизации воздействия аллогенной крови. В них отмечалось, что по сравнению со стандартами для взрослых, клиническое применение донорской крови у детей к тому моменту не являлись общепринятыми в качестве стандарта лечения [1].

В то же время применение донорской крови связано с существенными осложнениями. По данным литературы, общая распространённость трансфузионных реакций у детей выше, чем у взрослых, и связана с более высокими показателями смертности. Эффект массивной кровопотери у детей выражен гораздо сильнее и существеннее влияет на тканевую перфузию [2–4].

Особенно это касается детской кардиохирургии. Использование донорской крови после искусственного кровообращения (ИК) связано с такими послеоперационными осложнениями, как тромбозы, инсульт, острое повреждение почек, длительная искусственная вентиляция лёгких и смерть. Единственным компонентом крови, который продемонстрировал полное отсутствие статистически значимой связи с перечисленными осложнениями, являлся криопреципитат [5].

В ряде работ рассматривалось применение реинфузии аутокрови у пациентов с экстракорпоральной сердечной деятельностью при коррекции врождённых пороков сердца. Авторы этих работ продемонстрировали, что реинфузия аутокрови помогает улучшить результаты лечения, сократить использование аллогенной крови и снизить экономические затраты [6, 7].

А.А. Ивкин и соавт. оценивали влияние отказа от заполнения контура ИК аллогенными эритроцитами у детей с врождёнными пороками сердца на повреждение головного мозга в послеоперационном периоде. Авторы исследования показали безопасность и эффективность стратегии нейропротекции, заключающейся

в отказе от использования донорских эритроцитов в качестве прайм-растворов [8].

В современных руководствах с целью оптимизации управления педиатрическими кровотечениями и минимизации воздействия аллогенных продуктов крови освещаются универсальные клинические стратегии. К ним относят лечение предоперационной анемии, научно обоснованные рекомендации по использованию аллогенной крови, использование ограничительных порогов трансфузии, применение вязкоэластичных тестов, концентратов факторов свёртывания, профилактику гемодилюции и гипотермии [9, 10].

Несмотря на принятые рекомендации и руководства, проведённые исследования констатировали, что тактика использования аллогенной крови в педиатрической практике остаётся далёкой от идеала из-за ограниченного объёма данных и существенных различий в практике [11].

На законодательном уровне трансфузионная терапия в неонатологии и педиатрии регулируется приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации (РФ) и Постановлением Правительства РФ. Согласно действующему законодательству, трансфузию назначают на основании клинических рекомендаций (протоколов лечения)^{1,2}.

Однако описание клинического применения у детей встречается лишь в незначительной доле клинических рекомендаций. Вышеперечисленные документы носят административный характер и не облегчают клиницисту принятия решения в конкретной ситуации [12–14].

Гемотрансфузии

Новорождёнными считаются дети в возрасте до 28 дней от момента рождения. В ряде рандомизированных контролируемых исследований сравнивали результаты либеральной (концентрация гемоглобина [Hb] >90 г/л) и рестриктивной (Hb <70 г/л) гемотрансфузионной стратегии. После оценки смертности и заболеваемости был сделан вывод, что рестриктивная стратегия связана с уменьшением длительности госпитализации, частоты трансфузионных реакций и т. д. Данные положения подтвердились как у новорождённых с очень низкой массой тела (менее 1500 г) [15], так и в группе недоношенных новорождённых (родившихся до 37 недели беременности) [16, 17].

Для лечения гемодинамически стабильных пациентов (кроме новорождённых), включая пациентов в критическом состоянии, рекомендуют ограниченную стратегию (табл. 1) [18].

Детям, перенёвшим кардиохирургическое вмешательство, рекомендуют определять показания к гемотрансфузии не только концентрацией гемоглобина (Hb)

¹ Приказ Министерства здравоохранения РФ 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) ее компонентов». Режим доступа: <https://base.garant.ru/74900960/?ysclid=lumff8l97b432476152>. Дата обращения: 15.01.2024.

² Постановление Правительства РФ от 22 июня 2019 г. N 797 «Об утверждении Правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и ее компонентов и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации». Режим доступа: <https://base.garant.ru/72284110/?ysclid=lumf79bkk963175118>. Дата обращения: 15.01.2024.

Таблица 1. Стратегия гемотрансфузии у гемодинамически стабильных пациентов

Table 1. Hemotransfusion strategy in hemodynamically stable patients

Концентрация гемоглобина, г/л	Стратегия гемотрансфузии
70	Часто целесообразна для гемодинамически стабильных детей с ацианотическим пороком, но может не потребоваться пациентам с хорошей компенсацией или при наличии другой специфической терапии
80	Может оказаться целесообразной при наличии клинических признаков и симптомов анемии. Также следует учитывать предыдущую реакцию пациента на гемотрансфузии
90	Часто целесообразна для гемодинамически стабильных детей с цианотическим пороком и при наличии клинических признаков и симптомов анемии

и гематокрита (Ht). Дополнительно показания нужно обосновывать оценкой клинического состояния ребёнка, признаками и симптомами анемии, дополнительными физиологическими триггерами. В качестве последних могут выступать увеличение экстракции кислорода выше 50%, увеличение концентрации лактата артериальной крови выше 2,5 ммоль/л, уменьшение $p_{cv}O_2$ ниже 32 мм рт. ст., $Sat_{cv}O_2$ — ниже 60%. На принятие решения должно влиять наличие активного кровотечения, приём лекарств, врождённые и/или приобретённые нарушения свёртываемости крови [19].

Для минимизации нежелательных трансфузионных реакций и осложнений следует использовать современные технологии повышения качества компонентов крови. Попадание донорской плазмы и лейкоцитов в сосудистое русло реципиента чревато аллергическими и фебрильными реакциями, передачей вирусов, риском аллоиммунизации. Наиболее безопасными сегодня считают эритроцитсодержащие компоненты с удалёнными донорскими лейкоцитами и с замещением плазмы донора добавочным раствором. Так, детям рекомендуют преимущественно лейкоредуцированную эритроцитарную взвесь [20, 21].

Национальная служба крови Австралии для минимизации риска, связанного с трансфузионно-ассоциированной циркуляторной перегрузкой, рекомендует рассчитывать объём эритроцитсодержащих компонентов новорождённым не в дозах, а в миллилитрах. Рекомендуемый объём трансфузии 10–20 мл/кг. Большой объём можно применять при анемии тяжёлой степени или сопутствующем кровотечении. При наличии анемии тяжёлой степени ($Hb < 50$ г/л) гемотрансфузию следует проводить медленнее и под тщательным наблюдением, а также может

потребоваться введение диуретиков. У детей с массой тела менее 15 кг можно использовать следующую формулу:

$$\text{Объём трансфузии, мл} = \text{MT} \times (\text{Hb}_{\text{план}} - \text{Hb}_{\text{факт}}) \times 0,5,$$

где MT — масса тела пациента, кг;

$Hb_{\text{план}}$ — планируемая концентрация гемоглобина, г/л;

$Hb_{\text{факт}}$ — фактическая концентрация гемоглобина, г/л;

0,5 — трансфузионный коэффициент.

Меньшее значение коэффициента может оказаться недостаточным для достижения желаемого прироста гемоглобина. Введение в объёме 10 мл/кг часто бывает достаточным и приводит к увеличению Hb примерно на 20 г/л. Детям массой тела более 15 кг следует использовать одну дозу эритроцитов с последующей повторной оценкой необходимости дополнительной дозы. Пациентам, у которых показаны многочисленные трансфузии, однокомпонентный подход может оказаться нецелесообразным. Поэтому необходимый объём эритроцитсодержащих компонентов следует рассчитывать по приведённой выше формуле [22].

Свежезамороженная плазма

Согласно современным источникам, показанием для назначения свежзамороженной плазмы (СЗП) служит дефицит витамина К, синдром диссеминированного внутрисосудистого свёртывания, врождённый дефицит V фактора свёртывания при отсутствии концентрата данного фактора, активное кровотечение. Не следует использовать СЗП для профилактики пери- или внутрижелудочкового кровоизлияния у недоношенных детей, с целью замещения объёма, для коррекции показателей скрининга свёртывающей системы крови. Объём вводимой плазмы составляет 10–15 мл/кг массы тела [23].

Для профилактики передачи вирусов, бактерий и донорских лимфоцитов рекомендуют применять методы инактивации патогенов. Данные, собранные на настоящий момент, свидетельствуют о безопасности и клинической эффективности патогенредуцированной плазмы [24, 25].

Острое повреждение лёгких, связанное с трансфузией (transfusion-related acute lung injury, TRALI), является тяжёлой трансфузионной реакцией, возникающей во время трансфузии или в течение 6 часов после трансфузии. TRALI характеризуется гипоксией и некардиогенным отёком лёгких [26]. Антилейкоцитарные антитела признаны основным фактором патогенеза TRALI. Учитывая, что антитела против человеческого лейкоцитарного антигена чаще выявляются у повторнородящих женщин, стратегия снижения риска TRALI, включает использование СЗП, заготовленную из крови мужчин [27].

Концентрат тромбоцитов

Опубликованы результаты рандомизированного исследования PlaNet-2/MATISSE по переливанию концентрата

тромбоцитов (КТ) недоношенным новорождённым. Авторы пришли к выводу, что реципиенты данной группы с более высоким порогом профилактической трансфузии ($50 \times 10^9/\text{л}$) имели более высокий уровень смертности или значительных нарушений нервного развития в скорректированном возрасте 2 лет, чем пациенты с тромбоцитопенией $25 \times 10^9/\text{л}$ (табл. 2). Объем трансфузии 10 мл/кг, рекомендуемая продолжительность инфузии около 2–3 ч [28].

У недоношенных новорождённых, помимо пороговых значений необходимы дополнительные маркеры для оценки необходимости трансфузий аллогенных тромбоцитов. В качестве нового маркера был предложен подсчёт незрелых тромбоцитов [29].

Для остальных детей назначение трансфузии КТ будет зависеть от состояния пациента и сопутствующей патологии. Пациентам, вес которых превышает 15 кг, объём введения допустимо указывать в единицах. Реципиентам с дополнительными факторами риска — активное кровотечение, синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания, тяжёлая неонатальная аллоиммунная тромбоцитопения (НАТ) — могут потребоваться большие объёмы или повторные трансфузии. ТК не показан при иммунной тромбоцитопении (например, идиопатической тромбоцитопенической пурпуре, гемолитическом

уремическом синдроме), за исключением случаев угрожающего кровотечения [30].

НАТ — иммунное заболевание, характеризующееся материнскими антителами, разрушающими тромбоциты плода. Клинически НАТ проявляется рефрактерностью к трансфузиям аллогенных тромбоцитов, распространёнными петехиями и гематомами вокруг мест инъекций, внутрочерепными кровоизлияниями. С целью диагностики определяют количество тромбоцитов и наличие тромбоцитарных антигенов и антител у матери. Трансфузия КТ при НАТ рекомендуется при числе тромбоцитов $<20 \times 10^9/\text{л}$ и отсутствии кровотечения, при числе тромбоцитов $<50 \times 10^9/\text{л}$ и наличии в анамнезе внутрочерепного кровоизлияния у близких родственников. В качестве преодоления рефрактерности к донорским КТ рекомендуются трансфузии тромбоцитов по индивидуальному подбору, внутривенное введение иммуноглобулинов, трансфузии отмытых тромбоцитов от матери [31].

Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней, утверждённые главным санитарным врачом РФ, с целью снижения риска передачи гемоконтактных инфекций предписывают у детей использовать патогенредуцированные и лейкофильтрованные КТ [32].

По данным гемонадзора Национальной сети безопасности здравоохранения Соединённых Штатов Америки, риск побочных реакций при использовании аферезных КТ в 6 и 2 раза выше по сравнению с пулированными и патогенредуцированными соответственно. Многолетние наблюдения британского гемонадзора показали меньшую аллергогенность пулированных тромбоцитов [33, 34].

Значительно более высокая частота TRALI наблюдалась при трансфузиях КТ, заготовленных от доноров женского пола. Это может быть связано с тем, что тромбоциты, суспендированные в плазме, содержат антитела против человеческого лейкоцитарного антигена. Между тем, замещение донорской плазмы в КТ добавочным раствором, может снизить заболеваемость, связанную с TRALI [35, 36]. Так, детям для коррекции тромбоцитопении рекомендуется применять патогенредуцированный концентрат пулированных тромбоцитов в добавочном растворе [37].

Криопреципитат

Предоперационное профилактическое применение криопреципитата не показано пациентам с незначительными нарушениями коагуляции, особенно тем, кто до ИК получал антикоагулянты. Однако при наличии послеоперационного кровотечения и увеличении активированного частичного тромбопластинового времени важно обеспечить адекватную отмену гепарина. ИК может вызывать у новорождённых заметное снижение концентрации факторов свёртывания крови, включая фибриноген. Предполагаемая концентрация фибриногена 1,5 г/л используется в качестве порога для переливания криопреципитата [38].

Таблица 2. Рекомендации по трансфузии тромбоцитов недоношенным новорождённым

Table 2. Recommendations for platelet transfusion in premature newborns

Уровень тромбоцитов	Состояние	Рекомендация
$<10 \times 10^9/\text{л}$	Активное кровотечение	Требуется трансфузия
	Стабильный пациент без кровотечения	Требуется профилактическая трансфузия
$<20 \times 10^9/\text{л}$	Активного кровотечения нет, но имеются факторы риска кровотечения (сепсис, лихорадка, коагулопатия или почечная недостаточность)	Требуется профилактическая трансфузия
$<50 \times 10^9/\text{л}$	При кровотечении в течение предыдущих 48 ч	Требуется профилактическая трансфузия
$<50 \times 10^9/\text{л}$	Пациенты, планируемые на малоинвазивные процедуры (рентгенхирургические методы диагностики и лечения, замена или ревизия электрокардиостимулятора) и на хирургические вмешательства	Требуется профилактическая трансфузия

Данные, полученные в результате исследования L.A. Downey и соавт., позволяют предположить, что препарат концентрата фибриногена можно рассматривать как альтернативу криопреципитату для лечения гипофибриногенемии у детей с кровотечением после ИК [39].

У новорождённых, находящихся на экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО), наблюдалась более высокая частота внутричерепных кровоизлияний при низкой концентрации фибриногена. Поскольку контуры ЭКМО подвергают циркулирующую кровь воздействию искусственных поверхностей, происходит адсорбция фибриногена, активация контактного пути свёртывания крови, образование тромбина и фибринолиз. По данным исследований, большинство детей, находящихся на ЭКМО, получают СЗП и/или криопреципитат [40].

Криопреципитат рекомендуют назначать в дозе 1 Ед (40 мл) на 10 кг массы тела; это может повысить концентрацию фибриногена на 5 г/л. Большинству новорождённых достаточно 5–10 мл/кг. При наследственных коагулопатиях, таких как гемофилия А, дефицит фактора XIII, гипофибриногенемия и болезнь Виллебранда, криопреципитат не рекомендуется, за исключением случаев, когда отсутствуют препараты концентрата фибриногена. Для лечения приобретённого дефицита фибриногена вследствие синдрома диссеминированного внутрисосудистого свёртывания крови и коагулопатии потребления криопреципитат

преимущественно применяют при наличии кровотечения и концентрации фибриногена менее 1 г/л [41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование компонентов крови является важной составляющей в современном лечении детей. На сегодня адекватной замены аллогенной крови не существует. Помимо спасения жизни донорская кровь несёт существенные риски для маленьких пациентов. В педиатрической практике следует использовать высококачественные компоненты крови, приготовленные с помощью современных технологий. Каждая трансфузия должна быть пациентоориентированной и научно обоснованной.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Статья публикуется без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The publication had no sponsorship.

Competing interests. The authors claim that there is no conflict of interest in the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goobie S.M., Gallagher T., Gross I., Shander A. Society for the advancement of blood management administrative and clinical standards for patient blood management programs. 4th edition (pediatric version) // *Paediatric Anaesth.* 2019. Vol. 29, N 3. P. 231–236. doi: 10.1111/pan.13574
2. Moncharmont P. Adverse transfusion reactions in transfused children // *Transfus Clin Biol.* 2019. Vol. 26, N 4. P. 329–335. doi: 10.1016/j.tracli.2019.08.002
3. Wang Y., Sun W., Wang X., et al. Comparison of transfusion reactions in children and adults: A systematic review and meta-analysis // *Pediatr Blood Cancer.* 2022. Vol. 69, N 9. P. e29842. EDN: JSDDTK doi: 10.1002/pbc.29842
4. Kamyszek R.W., Leraas H.J., Reed C., et al. Massive transfusion in the pediatric population: A systematic review and summary of best-evidence practice strategies // *J Trauma Acute Care Surg.* 2019. Vol. 86, N 4. P. 744–754. doi: 10.1097/TA.0000000000002188
5. Busack C., Rana M.S., Beidas Y., et al. Intraoperative blood product transfusion in pediatric cardiac surgery patients: A retrospective review of adverse outcomes // *Paediatr Anaesth.* 2023. Vol. 33, N 5. P. 387–397. doi: 10.1111/pan.14637
6. Martinez M.J., Schwingshackl A., Romero T., et al. Cell saver blood transfusions may be associated with a decrease in inflammation and improved outcome measures in pediatric cardiac surgery patients // *Perfusion.* 2023. Vol. 38, N 4. P. 717–724. EDN: KOPZUV doi: 10.1177/02676591221078420
7. Guerra G.A., Ryerson L., Garros D., et al. Standard versus restrictive transfusion strategy for pediatric cardiac ECLS patients:

Single center retrospective cohort study // *ASAIO J.* 2023. Vol. 69, N 7. P. 681–686. doi: 10.1097/MAT.0000000000001917

8. Ivkin A.A., Grigoriev E., Sinitskaya A.V. Refraining from packed red blood cells in cardiopulmonary bypass priming as a method of neuroprotection in pediatric cardiac surgery // *J Clin Med.* 2023. Vol. 12, N 4. P. 1465. EDN: YXUKFZ doi: 10.3390/jcm12041465

9. Faraoni D., Meier J., New H.V., et al. Patient blood management for neonates and children undergoing cardiac surgery: 2019 NATA Guidelines // *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019. Vol. 33, N 12. P. 3249–3263. EDN: HIJVNG doi: 10.1053/j.jvca.2019.03.036

10. New H.V., Stanworth S.J., Gottstein R., et al.; BSH Guidelines Transfusion Task Force. British Society for Haematology Guidelines on transfusion for fetuses, neonates and older children (Br J Haematol. 2016;175:784–828). Addendum August 2020 // *Br J Haematol.* 2020. Vol. 191, N 5. P. 725–727. doi: 10.1111/bjh.17109

11. Al-Mozain N., Arora S., Goel R., et al. Patient blood management in adults and children: What have we achieved, and what still needs to be addressed? // *Transfus Clin Biol.* 2023. Vol. 30, N 3. P. 355–359. doi: 10.1016/j.tracli.2023.03.005

12. Анемия при злокачественных новообразованиях. Клинические рекомендации Минздрава России. Национальное гематологическое общество, Национальное общество детских гематологов, онкологов, 2017. Режим доступа: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/04/anemiya-pri-zlokachestvennyh-novoobrazovaniyah.pdf?ysclid=lumfjkpf8y725718047>. Дата обращения: 15.01.2024.

13. Опухоли головного и спинного мозга у детей. Клинические рекомендации Минздрава России. Российское общество детских он-

- кологов (ПОДО), 2017. Режим доступа: <https://neirodoc.ru/wp-content/uploads/2019/10/opuholi-golovnogo-i-spinnogo-mozga-u-detey-2017.pdf?ysclid=lumftjqawq41526173>. Дата обращения: 15.01.2024.
14. Рак носоглотки. Возрастная категория: дети. Клинические рекомендации Минздрава России. Российское общество детских онкологов, Национальное общество детских гематологов, онкологов, 2020. Режим доступа: <https://xn--80axcg.xn--p1ai/wp-content/uploads/2022/09/Рак-носоглотки.pdf?ysclid=lumfwi183t982870119>. Дата обращения: 15.01.2024.
15. Franz A.R., Engel C., Bassler D., et al. Effects of liberal vs restrictive transfusion thresholds on survival and neurocognitive outcomes in extremely low-birth-weight infants: The ETTNO Randomized Clinical Trial // *JAMA*. 2020. Vol. 328, N 2. P. 217. doi: 10.1001/jama.2020.10690
16. Kirpalani H., Bell E.F., Hintz S.R., et al. Higher or lower hemoglobin transfusion thresholds for preterm infants // *N Engl J Med*. 2020. Vol. 324, N 6. P. 560–570. doi: 10.1001/jama.2020.10690
17. Holzapfel L.F., Rysavy M.A., Bell E.F. Red blood cell transfusion thresholds for anemia of prematurity // *Neoreviews*. 2023. Vol. 24, N 6. P. 370–376. doi: 10.1542/neo.24-6-e370
18. Duan Z.X., Chen D.X., Yang B.Z., Zhang X.Q. Transfusion strategies for pediatric cardiac surgery: A meta-analysis and trial sequential analysis // *Pediatr Cardiol*. 2021. Vol. 42, N 6. P. 1241–1251. doi: 10.1007/s00246-021-02644-8
19. Nasser B., Tageldein M., AlMesned A., Kabbani M. Effects of blood transfusion on oxygen extraction ratio and central venous saturation in children after cardiac surgery // *Ann Saudi Med*. 2017. Vol. 37, N 1. P. 31–37. doi: 10.5144/0256-4947.2017.31
20. Жибурт Е.Б. Новые клинические рекомендации по трансфузиологии: проблемы и решения // *Справочник заведующего КДЛ*. 2022. № 1. С. 21–24. EDN: CXINBZ
21. Жибурт Е.Б., Кузнецов С.И., Чемоданов И.Г., и др. Новое в трансфузиологии (на виртуальном конгрессе Международного общества переливания крови) // *Трансфузиология*. 2021. Т. 22, № 1. С. 47–64. EDN: YVWZAZ
22. National Blood Authority (NBA). Patient blood management guidelines module 6: Neonatal and paediatrics. Canberra, Australia: NBA, 2016.
23. Жибурт Е.Б. *Детская трансфузиология: руководство для врачей*. Москва: ГОЭТАР-Медиа, 2023. 163 с.
24. Григорьянц Р.Г., Самсонова Н.Н., Осилон К.К., и др. Первый опыт применения вирусинактивированной донорской плазмы во время операции на сердце и сосудах у новорожденных и детей первого года жизни // *Клиническая физиология кровообращения*. 2012. № 3. С. 53–56. EDN: RWOXNB
25. Эйхлер О.В., Четкин А.В., Аджигитова Е.В., и др. Характеристика реакций и осложнений, возникших в связи с трансфузией донорской крови и ее компонентов, в медицинских организациях Российской Федерации в 2019 году // *Трансфузиология*. 2022. № 21. С. 304–312. EDN: PFCQUQ
26. Guo K., Ma S. The Immune system in transfusion-related acute lung injury prevention and therapy: Update and perspective // *Front Mol Biosci*. 2021. N 8. P. 639976. doi: 10.3389/fmolb.2021.639976
27. Yu Y., Lian Z. Update on transfusion-related acute lung injury: An overview of its pathogenesis and management // *Front Immunol*. 2023. N 14. P. 1175387. doi: 10.3389/fimmu.2023.1175387
28. Moore C.M., D'Amore A., Fustolo-Gunnink S., et al. Two-year outcomes following a randomised platelet transfusion trial in preterm infants // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2023. Vol. 108, N 5. P. 452–457. doi: 10.1136/archdischild-2022-324915
29. Ree I.M., Lopriore E. Updates in neonatal hematology: Causes, risk factors, and management of anemia and thrombocytopenia // *Hematol Oncol Clin North Am*. 2019. Vol. 33, N 3. P. 521–532. doi: 10.1016/j.hoc.2019.01.013
30. Patel R.M., Josephson C. Neonatal and pediatric platelet transfusions: Current concepts and controversies // *Curr Opin Hematol*. 2019. Vol. 26, N 6. P. 466–472. doi: 10.1097/MOH.0000000000000542
31. Norton T., Newberry D., Jnah A. Neonatal alloimmune thrombocytopenia: A concise review // *Adv Neonatal Care*. 2021. Vol. 21, N 2. P. 115–121. doi: 10.1097/ANC.0000000000000775
32. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686-21 "Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней"» (с изменениями и дополнениями), п. 652. Режим доступа: <https://base.garant.ru/400342149/?ysclid=lumg8jg72p61679652>. Дата обращения: 15.01.2024.
33. Чемоданов И.Г., Аверьянов Е.Г., Кузнецов С.И., и др. Гемонадзор в Великобритании // *Трансфузиология*. 2020. Т. 21, № 1. С. 68–78. EDN: VWXXHM
34. Mowla S.J., Kralalik I.T., Sapiano M.R., et al. A comparison of transfusion-related adverse reactions among apheresis platelets, whole blood-derived platelets, and platelets subjected to pathogen reduction technology as reported to the National Healthcare Safety Network Hemovigilance Module // *Transfus Med Rev*. 2021. Vol. 35, N 2. P. 78–84. doi: 10.1016/j.tmr.2021.03.003
35. Vossoughi S., Gorlin J., Kessler D.A., et al. Ten years of TRALI mitigation: Measuring our progress // *Transfusion*. 2019. Vol. 59, N 8. P. 2567–2574. doi: 10.1111/trf.15387
36. Kuldanek S.A., Kelher M., Silliman C.C. Risk factors, management and prevention of transfusion-related acute lung injury: A comprehensive update // *Expert Rev Hematol*. 2019. Vol. 12, N 9. P. 773–785. doi: 10.1080/17474086.2019.1640599
37. Хамитов Р.Г., Гаврилей А.В., Дрожжина И.Е., и др. Трудности внедрения пулированных тромбоцитов // *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2022. № 4. С. 22–29. EDN: YHBZVI doi: 10.25555/THR.2022.4.1037
38. Grocott H.P., Jones P.M. Fibrinogen concentrate compared to cryoprecipitate to reduce transfusion in infants undergoing cardiac surgery: How confident can we be? // *Anesth Analg*. 2020. Vol. 131, N 2. P. e83–e84. doi: 10.1213/ANE.0000000000004885
39. Downey L.A., Andrews J., Hedlin H., et al. Fibrinogen concentrate as an alternative to cryoprecipitate in a postcardiopulmonary transfusion algorithm in infants undergoing cardiac surgery: A prospective randomized controlled trial // *Anesth Analg*. 2020. Vol. 130, N 3. P. 740–751. EDN: HGSSQB doi: 10.1213/ANE.0000000000004384
40. Surti J., Jain I., Mishra A., et al. Venous extra corporeal membrane oxygenation and blood component usage in pediatric patients undergoing cardiac surgery: Single centre experience // *Ann Card Anaesth*. 2021. Vol. 24, N 2. P. 203–208. doi: 10.4103/aca.ACA_112_19
41. Crighton G.L., Huisman E.J. Pediatric fibrinogen PART II-overview of indications for fibrinogen use in critically ill children // *Front Pediatr*. 2021. N 9. P. 647680. EDN: SBGSPM doi: 10.3389/fped.2021.647680

REFERENCES

1. Goobie SM, Gallagher T, Gross I, Shander A. Society for the advancement of blood management administrative and clinical standards for patient blood management programs. 4th edition (pediatric version). *Paediatric Anaesth.* 2019;29(3):231–236. doi: 10.1111/pan.13574
2. Monchamont P. Adverse transfusion reactions in transfused children. *Transfus Clin Biol.* 2019;26(4):329–335. doi: 10.1016/j.traci.2019.08.002
3. Wang Y, Sun W, Wang X, et al. Comparison of transfusion reactions in children and adults: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Blood Cancer.* 2022;69(9):e29842. EDN: JSDTTK doi: 10.1002/pbc.29842
4. Kamyszek RW, Leraas HJ, Reed C, et al. Massive transfusion in the pediatric population: A systematic review and summary of best-evidence practice strategies. *J Trauma Acute Care Surg.* 2019;86(4):744–754. doi: 10.1097/TA.0000000000002188
5. Busack C, Rana MS, Beidas Y, et al. Intraoperative blood product transfusion in pediatric cardiac surgery patients: A retrospective review of adverse outcomes. *Paediatr Anaesth.* 2023;33(5):387–397. doi: 10.1111/pan.14637
6. Martinez MJ, Schwingshackl A, Romero T, et al. Cell saver blood transfusions may be associated with a decrease in inflammation and improved outcome measures in pediatric cardiac surgery patients. *Perfusion.* 2023;38(4):717–724. EDN: KOPZUV doi: 10.1177/02676591221078420
7. Guerra GA, Ryerson L, Garros D, et al. Standard versus restrictive transfusion strategy for pediatric cardiac ECLS patients: Single center retrospective cohort study. *ASAIO J.* 2023;69(7):681–686. doi: 10.1097/MAT.0000000000001917
8. Ivkin AA, Grigoriev E, Sinitzskaya AV. Refraining from packed red blood cells in cardiopulmonary bypass priming as a method of neuroprotection in pediatric cardiac surgery. *J Clin Med.* 2023;12(4):1465. EDN: YXUKFZ doi: 10.3390/jcm12041465
9. Faraoni D, Meier J, New HV, et al. Patient blood management for neonates and children undergoing cardiac surgery: 2019 NATA Guidelines. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(12):3249–3263. EDN: HIJVNG doi: 10.1053/j.jvca.2019.03.036
10. New HV, Stanworth SJ, Gottstein R, et al.; BSH Guidelines Transfusion Task Force. British society for haematology guidelines on transfusion for fetuses, neonates and older children (Br J Haematol. 2016;175:784–828). *Br J Haematol.* 2020;191(5):725–727. doi: 10.1111/bjh.17109
11. Al-Mozain N, Arora S, Goel R, et al. Patient blood management in adults and children: What have we achieved, and what still needs to be addressed? *Transfus Clin Biol.* 2023;30(3):355–359. doi: 10.1016/j.traci.2023.03.005
12. Anaemia in malignant neoplasms. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. National Society of Haematology, National Society of Paediatric Haematologists, Oncology; 2017. (In Russ). Available from: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/04/anemiya-pri-zlokachestvennyh-novoobrazovaniyah.pdf?ysclid=lumfqkpf8y725718047>. Accessed: 15.01.2024.
13. Tumours of the brain and spinal cord in children. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Russian Society of Paediatric Oncologists (RSPD); 2017. (In Russ). Available from: <https://neirodoc.ru/wp-content/uploads/2019/10/opuholi-golovnogo-i-spinnogo-mozga-u-detey-2017.pdf?ysclid=lumftjqawq41526173>. Accessed: 15.01.2024.
14. Nasopharyngeal Cancer in Children. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Russian Society of Children's Oncologists, National Society of Children's Haematologists, Oncologists; 2020. (In Russ). Available from: <https://xn--80axcg.xn--p1ai/wp-content/uploads/2022/09/Pak-nosoglotki.pdf?ysclid=lumfwi183t982870119>. Accessed: 15.01.2024.
15. Franz AR, Engel C, Bassler D, et al. Effects of liberal vs restrictive transfusion thresholds on survival and neurocognitive outcomes in extremely low-birth-weight infants: The ETTNO Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2022;328(2):217. doi: 10.1001/jama.2020.10690
16. Kirpalani H, Bell EF, Hintz SR, et al. Higher or lower hemoglobin transfusion thresholds for preterm infants. *N Engl J Med.* 2020;324(6):560–570. doi: 10.1001/jama.2020.10690
17. Holzapfel LF, Rysavy MA, Bell EF. Red blood cell transfusion thresholds for anemia of prematurity. *Neoreviews.* 2023;24(6):370–376. doi: 10.1542/neo.24-6-e370
18. Duan ZX, Chen DX, Yang BZ, Zhang XQ. Transfusion strategies for pediatric cardiac surgery: A meta-analysis and trial sequential analysis. *Pediatr Cardiol.* 2021;42(6):1241–1251. doi: 10.1007/s00246-021-02644-8
19. Nasser B, Tageldein M, Mesned AL, Kabbani M. Effects of blood transfusion on oxygen extraction ratio and central venous saturation in children after cardiac surgery. *Ann Saudi Med.* 2017;37(1):31–37. doi: 10.5144/0256-4947.2017.31
20. Zhiburt EB. New clinical recommendations on transfusiology: Problems and solutions. *Spravochnik zaveduyushchego KDL.* 2022;(1):21–24. EDN: CXINBZ
21. Zhiburt EB, Kuznetsov SI, Chemodanov IG, et al. New in transfusiology (at the virtual congress of the international society of blood transfusion). *Transfuziologiya.* 2021;22(1):47–64. EDN: YVWZAZ
22. National Blood Authority (NBA). *Patient blood management guidelines module 6: Neonatal and paediatrics.* Canberra, Australia: NBA; 2016.
23. Zhiburt EB. Children's transfusiology: A guide for doctors. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. 163 p. (In Russ.)
24. Grigoryants RG, Samsonova NN, Osilov KK, et al. First experience of using virally inactivated donor plasma during cardiac and vascular surgery in newborns and children of the first year of life. *Clin Physiol Circulat.* 2012;(3):53–56. EDN: RWOXHB
25. Eihler OV, Chechetkin AV, Ajigitova EV, et al. Characteristics of transfusion reactions and complications in medical organizations of the Russian Federation in 2019. *Transfuziologiya.* 2022;(21):304–312. EDN: PFCQUQ
26. Guo K, Ma S. The Immune system in transfusion-related acute lung injury prevention and therapy: Update and perspective. *Front Mol Biosci.* 2021;(8):639976. doi: 10.3389/fmolb.2021.639976
27. Yu Y, Lian Z. Update on transfusion-related acute lung injury: An overview of its pathogenesis and management. *Front Immunol.* 2023;(14):1175387. doi: 10.3389/fimmu.2023.1175387
28. Moore CM, D'Amore A, Fustolo-Gunnink S, et al. Two-year outcomes following a randomised platelet transfusion trial in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2023;108(5):452–457. doi: 10.1136/archdischild-2022-324915
29. Ree IM, Lopriore E. Updates in neonatal hematology: Causes, risk factors, and management of anemia and thrombocytopenia. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2019;33(3):521–532. doi: 10.1016/j.hoc.2019.01.013

- 30.** Patel RM, Josephson C. Neonatal and pediatric platelet transfusions: Current concepts and controversies. *Curr Opin Hematol.* 2019;26(6):466–472. doi: 10.1097/MOH.0000000000000542
- 31.** Norton T, Newberry D, Jnah A. Neonatal alloimmune thrombocytopenia: A concise review. *Adv Neonatal Care.* 2021;21(2):115–121. doi: 10.1097/ANC.0000000000000775
- 32.** Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 28 January 2021, No. 4 "On Approval of Sanitary Rules and Norms SanPiN 3.3686-21 "Sanitary and Epidemiological Requirements for the Prevention of Infectious Diseases" (as amended and supplemented), p. 652. (In Russ). Available from: <https://base.garant.ru/400342149/?ysclid=lumg8jg72p61679652>. Accessed: 15.01.2024.
- 33.** Chemodanov IG, Averyanov EG, Kuznetsov SI, et al. Hemovigilance in the UK. *Transfuziologiya.* 2020;21(1):68–78. EDN: VWXXHM
- 34.** Mowla SJ, Kracalik IT, Sapiano MR, et al. A comparison of transfusion-related adverse reactions among apheresis platelets, whole blood-derived platelets, and platelets subjected to pathogen reduction technology as reported to the National Healthcare Safety Network Hemovigilance Module. *Transfus Med. Rev.* 2021;35(2):78–84. doi: 10.1016/j.tmr.2021.03.003
- 35.** Vossoughi S, Gorlin J, Kessler DA, et al. Ten years of TRALI mitigation: Measuring our progress. *Transfusion.* 2019;59(8):2567–2574. doi: 10.1111/trf.15387
- 36.** Kuldaneck SA, Kelher M, Silliman CC. Risk factors, management and prevention of transfusion-related acute lung injury: A comprehensive update. *Expert Rev Hematol.* 2019;12(9):773–785. doi: 10.1080/17474086.2019.1640599
- 37.** Khamitov RG, Gavriley AV, Drozhzhina IE, et al. Difficulties in the pooled platelets implementation. *Tromboz, gemostaz i reologiya.* 2022;(4):22–29. EDN: YHBZVI doi: 10.25555/THR.2022.4.1037
- 38.** Grocott HP, Jones PM. Fibrinogen concentrate compared to cryoprecipitate to reduce transfusion in infants undergoing cardiac surgery: How confident can we be? *Anesth Analg.* 2020;131(2):e83–e84. doi: 10.1213/ANE.0000000000004885
- 39.** Downey LA, Andrews J, Hedlin H, et al. Fibrinogen concentrate as an alternative to cryoprecipitate in a postcardiopulmonary transfusion algorithm in infants undergoing cardiac surgery: A prospective randomized controlled trial. *Anesth Analg.* 2020;130(3):740–751. EDN: HGSSQB doi: 10.1213/ANE.0000000000004384
- 40.** Surti J, Jain I, Mishra A, et al. Venoarterial extra corporeal membrane oxygenation and blood component usage in pediatric patients undergoing cardiac surgery: Single centre experience. *Ann Card Anaesth.* 2021;24(2):203–208. doi: 10.4103/aca.ACA_112_19
- 41.** Crighton GL, Huisman EJ. Pediatric fibrinogen PART II-overview of indications for fibrinogen use in critically ILL children. *Front Pediatr.* 2021;(9):647680. EDN: SBGSPM doi: 10.3389/fped.2021.647680

ОБ АВТОРЕ

Зюзин Вадим Сергеевич;

адрес: Россия, 236035, Калининград, а/я 5371;

ORCID: 0009-0005-4868-8400;

e-mail: zuruss@mail.ru

AUTHOR'S INFO

Vadim S. Zyuzin, MD;

address: PO Box 5371, 236035 Kaliningrad, Russia;

ORCID: 0009-0005-4868-8400;

e-mail: zuruss@mail.ru