

ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ АНЕМИЯ У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА

Гаврилин А.А.^{1*}, Ластовка В.А.^{1,3}, Абрамян М.А.^{1,2}, Аксельрод Б.А.³, Ермакова В.С.⁴, Кальченко Д.Д.¹, Морозова Е.И.¹

¹ ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы», 119049, г. Москва, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, Российская Федерация

³ ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б. В. Петровского», 119435, г. Москва, Российская Федерация

⁴ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина», 115478, г. Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. Распространенность предоперационных анемий среди детей с врожденными пороками сердца (ВПС) недостаточно изучена. Анемия может быть ассоциирована с послеоперационными осложнениями, неблагоприятными исходами после кардиохирургических операций. Трансфузия эритроцитной взвеси также может приводить к нежелательным побочным эффектам. Не существует общепринятого подхода к предоперационной подготовке больных с анемией, который мог бы улучшить исходы хирургического лечения ВПС.

Цель: изучить распространенность предоперационных анемий у детей с ВПС и оценить их влияние на течение послеоперационного периода.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ данных 253 больных ВПС в возрасте от 0,1 до 215,5 месяца, перенесших кардиохирургические операции в период с января 2022 по декабрь 2023 г., из которых у 177 (70 %) больных они были выполнены в условиях искусственного кровообращения (ИК). Среди наиболее многочисленной и однородной группы больных, относившихся ко II категории по классификации RACHS-1, был проведен анализ влияния предоперационной анемии на длительность госпитализации и пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), частоту развития острого повреждения почек (ОПП).

Результаты. Предоперационная анемия была диагностирована у 25,7 % больных. Среди больных с анемией частота развития ОПП в послеоперационном периоде была выше в сравнении с группой больных без анемий: 30,8 % против 9,7 %. Наличие анемии не влияло на длительность госпитализации и пребывания в ОРИТ.

Заключение. Распространенность и структура анемий перед кардиохирургическими операциями у детей недостаточно изучены. Необходим дальнейший поиск оптимального подхода к предоперационной подготовке больных ВПС с целью снижения рисков послеоперационных осложнений, снижения финансовой нагрузки на учреждения здравоохранения, улучшения исходов лечения.

Ключевые слова: анемия, детская кардиохирургия, врожденные пороки сердца, железodefицит

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Для цитирования: Гаврилин А.А., Ластовка В.А., Абрамян М.А., Аксельрод Б.А., Ермакова В.С., Кальченко Д.Д., Морозова Е.И. Предоперационная анемия у детей с врожденными пороками сердца. Гематология и трансфузиология. 2026; 71(1):75–84. <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2026-71-1-75-84>

PREOPERATIVE ANEMIA IN CHILDREN WITH CONGENITAL HEART DISEASES

Gavrilin A.A.^{1*}, Lastovka V.A.^{1,3}, Abramyan M.A.^{1,2}, Axelrod B.A.¹, Ermakova V.S.⁴, Kalchenko D.D.¹, Morozova E.I.¹

¹ Moscow Morozovskaya Children's City Clinical Hospital, 119049, Moscow, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Moscow, Russian Federation

³ The Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky, 119435, Moscow, Russian Federation

⁴ National Medical Research Center of Oncology named after N.N. Blokhin, 115478, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The prevalence of preoperative anemia among children with congenital heart defects (CHD) has not been sufficiently studied. Anemia may be associated with postoperative complications and unfavorable outcomes after cardiac surgery. Erythrocyte suspension (ES) transfusion can also lead to undesirable side effects. There is no generally accepted approach to the preoperative preparation of patients with anemia that could improve the outcomes of surgical treatment of CHD.

Aim: to study the prevalence of preoperative anemia in children with CHD and to evaluate their effect on the course of the postoperative period.

Materials and methods. A retrospective analysis of the data of 253 CHD patients aged 0.1 to 215.5 months who underwent cardiac surgery between January 2022 and December 2023 was performed, of which 177 (70 %) patients underwent cardiopulmonary bypass. Among the most numerous and homogeneous group of patients classified as RACHS-1 category II, the effect of preoperative anemia on the duration of hospitalization and stay in the intensive care unit (ICU), the incidence of acute kidney injury (AKI) was analyzed.

Results. Preoperative anemia was diagnosed in 25.7 % of patients. Among patients with anemia, the incidence of AKI in the postoperative period was higher than in the group of patients without anemia: 30.8 % versus 9.7 %. The presence of anemia did not affect the duration of hospitalization and ICU stay.

Conclusion. The prevalence and structure of anemia before cardiac surgery in children have not been sufficiently studied. It is necessary to further search for the optimal approach to preoperative preparation of CHD patients in order to reduce the risks of postoperative complications, reduce the financial burden on healthcare institutions, and improve treatment outcomes.

Key words: anemia, pediatric cardiac surgery, congenital heart defects, iron deficiency

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

Financial disclosure: the work had no sponsorship.

For citation: Gavrilin A.A., Lastovka V.A., Abramyan M.A., Axelrod B.A., Ermakova V.S., Kalchenko D.D., Morozova E.I. Preoperative anemia in children with congenital heart diseases. Russian Journal of Hematology and Transfusiology (*Gematologiya i transfuziologiya*). 2026; 71(1):75–84 (in Russian). <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2026-71-1-75-84>

Введение

Перед операциями с искусственным кровообращением (ИК) анемия встречается у 22–30% взрослых кардиохирургических больных и ассоциирована с большей заболеваемостью и смертностью в послеоперационном периоде. В детской популяции частота предоперационных анемий изучена хуже, в особенности среди больных с цианотическими врожденными пороками сердца

(ВПС) [1, 2]. В ретроспективном исследовании младенцев с дефектами межжелудочковой перегородки и атриовентрикулярного канала частота предоперационных анемий составила 23% [3]. Среди детей, оперированных по поводу хирургических патологий, не связанных с ВПС, наличие анемии перед операцией являлось предиктором внутривенной летальности и было ас-

социровано с большей заболеваемостью инфекциями [3–5]. В детской кардиохирургии предоперационные анемии приводят к большей потребности в трансфузии эритроцитной взвеси, повышенному риску развития острого повреждения почек (ОПП) [6, 7].

Определение распространенности предоперационных анемий играет важную роль в оптимизации подготовки больных к операциям. Помимо коррекции нарушений в системе гемостаза, ограничения взятия крови, уменьшения кровопотерь, диагностика и терапия анемий в предоперационном периоде являются частью стратегии менеджмента крови пациента [8, 9]. Кардиохирургические операции у детей ассоциированы с высоким риском кровопотери, частой потребностью в трансфузии компонентов крови, развитием сердечной недостаточности (СН) в послеоперационном периоде [8]. Анемия ухудшает доставку кислорода, в особенности на фоне сниженной сократительной способности миокарда [10].

СН является одной из причин развития анемий, патогенез этого состояния включает множество факторов. Синтез эритропоэтина (ЭПО), преимущественно происходящего в корковом слое почек, часто нарушен при СН. Дисбаланс доставки и потребления кислорода и снижение перфузии почек при СН стимулирует синтез ЭПО [11, 12]. Продукция ЭПО увеличивается в соответствии с тяжестью СН, но ниже ожидаемого уровня на фоне исходной анемии, что свидетельствует о снижении его синтеза. Фактор некроза опухоли- α ,

интерлейкин-6 и другие медиаторы воспаления ингибируют синтез ЭПО в почках, угнетают пролиферацию эритроидных клеток-предшественников в костном мозге [13, 14].

Активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы также влияет на синтез ЭПО. Ангиотензин-II стимулирует эритропоэз в костном мозге, снижает кровоток и увеличивает потребление кислорода в почках, что приводит к угнетению синтеза ЭПО [15, 16]. Применение в терапии СН ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента и ингибиторов рецепторов ангиотензина приводят к дополнительному снижению концентрации гемоглобина [10, 11].

Задержка жидкости в организме при СН, а также вымещение объема первичного заполнения контура аппарата ИК приводят к гемодилуции [17–19]. Патогенез анемии у кардиохирургического больного представлен на рисунке 1. Железодефицитная анемия (ЖДА) — лидирующая причина анемий в детской популяции [19]. Распространенность ЖДА в развитых странах составляет 20,1% у детей в возрасте от 0 до 4 лет и 5,9% — в возрасте от 5 до 14 лет [19, 20]. Многофакторность проблемы требует дальнейшего поиска оптимальных подходов в подготовке больных к операциям.

Целью настоящего исследования было изучить распространенность предоперационных анемий у детей с ВРС и оценить их влияние на течение послеоперационного периода.

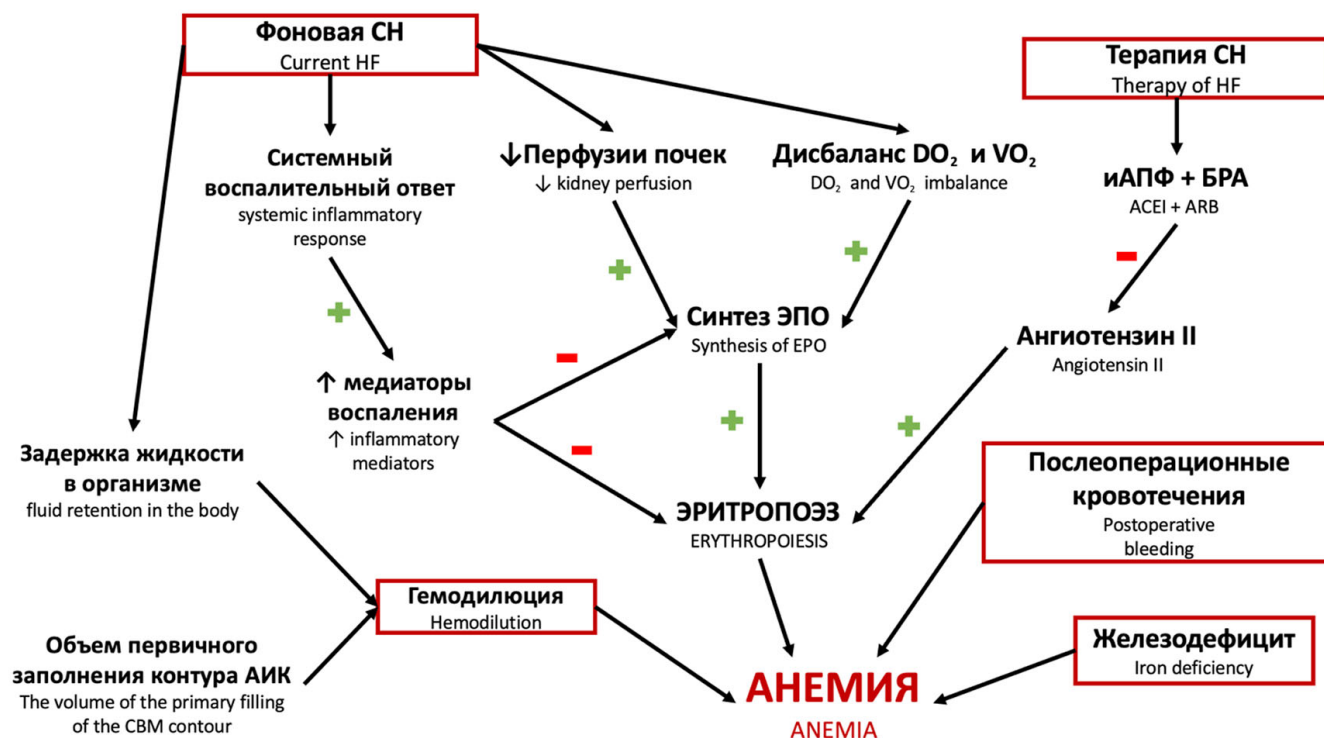


Рисунок 1. Патогенез анемии у кардиохирургического больного. СН — сердечная недостаточность, DO_2 — доставка кислорода, VO_2 — потребление кислорода, иАПФ — ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента, БРА — блокаторы рецепторов ангиотензина, ЭПО — эритропоэтин, АИК — аппарат искусственного кровообращения.
Figure 1. The pathogenesis of anemia in a cardiac surgical patient. HF — heart failure, DO_2 — oxygen delivery, VO_2 — oxygen consumption, ACEI — angiotensin-converting enzyme inhibitors, ARB — angiotensin receptor blockers, EPO — erythropoietin, CBM — cardiopulmonary bypass machine.

Материалы и методы

В ретроспективный анализ были включены 253 ребенка с ВПС, перенесших кардиохирургические операции на сердце и магистральных сосудах в отделении экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии Морозовской детской городской клинической больницы Департамента здравоохранения г. Москвы в период с января 2022 по декабрь 2023 г., среди которых 177 (70%) оперированы с ИК. Медиана возраста больных составила 35,4 мес. (0,1; 215,5), медиана массы тела 13,2 кг (0,5; 100). Все больные были распределены по категориям Risk Adjustment for congenital heart surgery — 1 (RACHS-1) [21]. У всех исследуемых при поступлении в отделение для проведения хирургического лечения были проанализированы показатели клинического анализа крови: концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, средний объем эритроцитов, а также масса тела, возраст и индекс массы тела. Диагностику анемии проводили в соответствии с критериями федеральных клинических рекомендаций «Железодефицитная анемия» [22].

Среди больных, относящихся ко II категории по классификации RACHS-1 как самой многочисленной и однородной, был проведен анализ влияния предоперационной анемии на параметры течения послеоперационного периода: длительность госпитализации, длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), наличие ОПП, а также была оценена зависимость вероятности развития ОПП после операции у больных в зависимости от наличия анемии до операции и длительности ИК. Для определения наличия у больных в послеоперационном периоде ОПП использовались критерии организации «Инициатива по улучшению глобальных исходов лечения пациентов с хронической болезнью почек» (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO) [23]: повышение сывороточного креатинина на $\geq 26,5$ мкмоль/л в течение 48 ч или повышение концентрации сывороточного креатинина до $\geq 1,5$ раза по сравнению с исходной концентрацией.

Статистический анализ. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы «IBM SPSS Statistics 26». Описание количественных показателей выполнено с указанием медианы и межквартильного интервала (МКИ). Сравнение количественных показателей в группах проводили с использованием критерия Манна — Уитни. Для сравнения номинальных показателей использовали хи-квадрат Пирсона (χ^2). Методом бинарной логистической регрессии построена модель прогнозирования ОПП в послеоперационном периоде у детей с ВПС. Для построения модели прогнозирования ОПП у детей с ВПС использовали логистический регрессионный анализ. Построение модели ОПП (далее

«модель») проводили с шаговым отбором исключения факторов (обратное исключение Вальда). Для итоговой модели рассчитывали чувствительность как долю детей, у которых модель определяет искомое состояние (тест положителен) среди всех больных с этим исходом; специфичность — как долю детей, у которых модель не прогнозирует отсутствия ОПП, среди всех больных без этого исхода. Результаты регрессионного анализа для каждой переменной представлены в виде значений отношений шансов и 95% доверительного интервала (95% ДИ). Все приведенные значения p основаны на двусторонних тестах значимости. Различия считались значимыми при $p < 0,05$. Оценку качества математической модели осуществляли по коэффициенту детерминации Найджелкерка (R_2), показывающего долю влияния всех предикторов, включенных в модель, на дисперсию зависимой переменной. Оценку прогностической эффективности модели осуществляли при помощи анализа ROC-кривых с вычислением показателя площади под ROC-кривой (AUC).

Результаты

У 65 (25,7%) из 253 прооперированных больных диагностирована предоперационная анемия. У 64 (99%) из этих больных была выявлена анемия легкой степени, у 1 (1%) — анемия средней степени.

На рисунке 2 представлено распределение больных по категориям RACHS-1. Среди больных с предоперационными анемиями к I категории относились 16 (24,6%) из 65 больных с анемиями, ко II категории принадлежало большинство больных — 42 (64,6%), к III — 4 (6,2%) и к IV категории — 3 (4,6%). Среди группы больных без анемий к I категории относился 51 (27,1%) больной, ко II — 99 (52,7%), к III — 31 (16,5%), к IV — 6 (3,2%) и 1 (0,5%) — к V категории.

Была выделена группа больных, относившихся ко II категории по классификации RACHS-1 как самая многочисленная и однородная. К этой группе был отнесен 141 больной, у 39 (27,7%) была выявлена предоперационная анемия.

Согласно данным, приведенным в таблице 2, между группами больных, у которых была диагностирована предоперационная анемия и без таковой, не отмечено значимых различий по возрасту, массе тела и распределению по полу. Отличалась концентрация гемоглобина между больными с анемией и без нее.

Не отмечено значимых различий в длительности госпитализации и нахождения в ОРИТ между группами больных с предоперационной анемией и без нее (табл. 3). Частота развития ОПП после проведения оперативного вмешательства значимо различалась между исследуемыми группами больных: больных без анемии частота развития ОПП составила 9,7%, а у больных с анемией в 3 раза чаще — 30,8%.

Для выявления факторов риска развития ОПП и роли анемии в ее развитии проведен логистический

Таблица 1. Характеристика исследуемых больных
Table 1. Characteristics of the study patients

| Характеристика / Characteristic | С анемией / With Anemia | Без анемии / Without anemia | p |
|---|-------------------------|-----------------------------|--------|
| Возраст, мес. / Age, months | 3,8 (1,0; 7,9) | 6,8 (3,0; 25,4) | 0,01 |
| Масса тела, кг / Weight, kg | 5,6 (3,6; 8,2) | 6,6 (4,1; 10,5) | 0,08 |
| Концентрация гемоглобина при поступлении, г/л Hemoglobin concentration upon admission, g/L | 108 (104; 110) | 130 (122; 151) | <0,001 |
| Количество эритроцитов при поступлении, ×10 ¹² /л RBCs at admission, ×10 ¹² /L | 3,75 (3,35; 4,00) | 4,66 (4,30; 5,19) | <0,001 |
| МСV, фл / MCV, fl | 84,5 (78,85; 91,15) | 82,5 (78,4; 88,65) | 0,29 |
| МСНС, г/л / g/L | 345 (334; 356) | 345 (334; 355) | 0,65 |
| МСН, пг / pg | 29,00 (27,75; 31,70) | 28,85 (27,13; 31,00) | |
| Женский пол / Female gender | 31 (65) – 47 % | 92 (188) – 48,9 % | |
| ИМТ / BMI | 14,3 (12,85; 16,05) | 14,1 (12,55; 15,68) | 0,32 |

Примечания. МСН — среднее содержание гемоглобина в эритроците, МСНС — средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, МСV — средний объем эритроцитов, ИМТ — индекс массы тела. Здесь и далее представлены медианы и МКИ.

Notes. MCH — Mean Corpuscular Hemoglobin, MCHC — Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, MCV — Mean Corpuscular Volume, BMI — Body mass index. Here and below are the medians and the IQR.

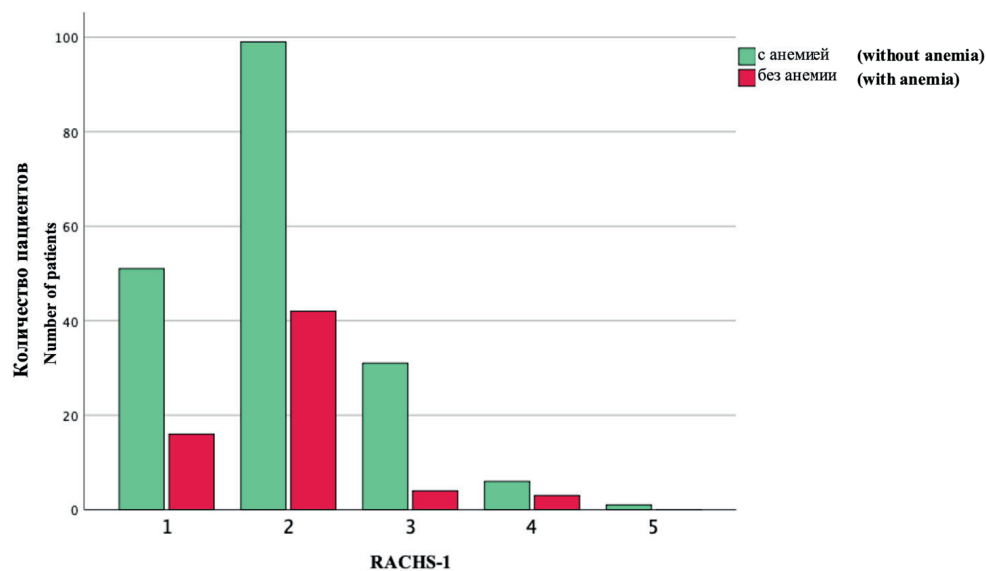


Рисунок 2. Распределение больных по категориям RACHS-1
Figure 2. Distribution of patients by RACHS-1 category

Таблица 2. Характеристика больных II класса по классификации RACHS-1
Table 2. Characteristics of RACHS-1 Class II patients

| Характеристика / Characteristic | С анемией / With Anemia | Без анемии / Without anemia | p-value |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------|
| Возраст, мес. / Age, months | 3,5 (1,5; 5,8) | 4,5 (2,9; 8,85) | 0,052 |
| Масса, кг / Weight, kg | 5,6 (3,0; 6,5) | 5,7 (3,8; 7,6) | 0,63 |
| Гемоглобин при поступлении, г/л / Hemoglobin upon admission, g/L | 108 (104; 110) | 128 (119; 143) | <0,001 |
| Женский пол / Female gender | 15 (38,5 %) | 43 (46,2 %) | 0,4 |

Таблица 3. Параметры течения послеоперационного периода больных II класса по классификации RACHS-1
Table 3. Parameters of the postoperative period in patients of class II according to the RACHS-1 classification

| Параметр / Parameter | С анемией / With Anemia | Без анемии / Without anemia | p |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------|
| Длительность госпитализации, дни / Length of hospitalization, days | 9 (8; 12) | 9 (7; 11) | 0,24 |
| Длительность пребывания в ОРИТ, дни / Length of ICU stay, days | 1 (1; 3) | 1 (1; 3) | 0,52 |
| Частота развития ОПП, n (%) / Incidence of AKI, n (%) | 21 (30,8 %) | 9 (9,7 %) | 0,004 |

Примечания. ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.

Notes. ICU — Intensive Care Unit.

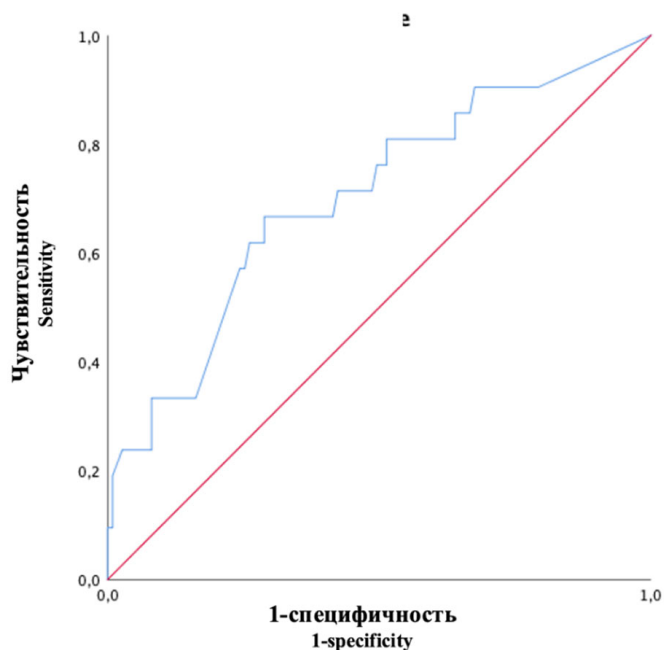


Рисунок 3. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности развития ОПП после операции у оперируемых больных в зависимости от наличия анемии до операции и длительности ИК

Figure 3. ROC is a curve that characterizes the dependence of the probability of AKI development after surgery in operated patients, depending on the presence of anemia before surgery and the duration of cardiopulmonary bypass

регрессионный анализ. Судя по значениям регрессионных коэффициентов, длительность ИК и наличие предоперационной анемии имели прямую связь с вероятностью развития ОПП. Наличие предоперационной анемии увеличивает шансы ОПП в 2,1 раза, увеличение длительности ИК на 1 минуту увеличивало шансы ОПП в 1,12 раза. Полученная регрессионная модель является статистически значимой ($p = 0,001$). Если исходить из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, модель учитывает 82,3% факторов, определяющих вероятность развития ОПП. Чувствительность составила 94,7%, специфичность — 94,7%, диагностическая эффективность — 94,7%.

Площадь под ROC-кривой, соответствующей взаимосвязи прогноза ОПП и значения логистической регрессионной функции, составила $0,7 \pm 0,07$, 95% ДИ [0,57–0,83].

Обсуждение

Данные о распространенности анемий перед кардиохирургическими операциями у детей в текущем исследовании оказались сопоставимыми с общемировыми [1–3]. Длительность ИК и наличие предоперационной анемии явились статистически значимыми факторами развития ОПП в послеоперационном периоде. Ключевое звено проблемы — определение этиологии анемии и выбор оптимальной стратегии ее краткосрочной коррекции в рамках предоперационной подготовки больных.

В литературе отсутствуют метаанализы и рандомизированные клинические исследования, посвященные

терапии предоперационных анемий у детей. Наиболее изученным с этой точки зрения является использование внутривенных препаратов железа и ЭПО. Во взрослой популяции распространена методика введения внутривенных препаратов железа больным с ЖДА. Пероральный прием железа ассоциирован с меньшей приверженностью больных к терапии, частой непереносимостью и более медленным эффективным восполнением дефицита, которое требует не менее 6 недель терапии. Внутривенное введение позволяет обеспечить больных большим количеством железа в несколько введений, кроме того внутривенные препараты железа обладают хорошей доступностью [24].

В ряде клинических исследований, проведенных среди взрослых больных, использовали железа карбоксимальтозат в разовой дозе от 500 до 1000 мг или железо-сахарозный комплекс в разовой дозе от 100 до 200 мг. Препараты вводили в разных режимах: однократно за день до или в день операции либо более длительно, вплоть до 4 недель [24–27].

По данным исследований в рамках терапии ЖДА у детей старше 1 года использовали железа карбоксимальтозат, однако недостаточно сведений о его применении у детей младше 14 лет. Регламентировано введение железа карбоксимальтозата в дозе 15 мг/кг железа, не превышая суммарную дозу в 750 мг в неделю [28]. Среди детей младше 1 года для коррекции ЖДА могут быть использованы внутривенные препараты железо-сахарозного комплекса. При сравнении различных разовых доз железо-сахарозного комплекса, примененных у детей в отделении интенсивной терапии (3, 5, 7 мг/кг), не было выявлено значимых различий в частоте развития осложнений при увеличении дозы препарата, а также установлено, что введение железо-сахарозного комплекса в дозе 7 мг/кг приводило к более эффективному и быстрому восполнению дефицита железа [29, 30]. Применение железа карбоксимальтозата позволяет в большинстве случаев использовать однократное введение препарата для восполнения расчетного дефицита железа, в то время как использование железо-сахарозного комплекса предполагает как минимум трехкратное введение для достижения сопоставимого эффекта [31].

Помимо железа может быть рассмотрено применение ЭПО у больных с хронической болезнью почек, а также в комбинации с внутривенными препаратами железа в условиях сидеропенической анемии при наличии или отсутствии признаков хронического воспаления (анемия хронических заболеваний) [25]. В различных исследованиях у взрослых кардиохирургических больных разовая доза рекомбинантного ЭПО при наличии хронической болезни почек составляла 40 тысяч ЕД, в остальных случаях вводили 500 ЕД/кг от 1 до 3 дней перед операцией [25, 32].

В рекомендациях NATA по менеджменту крови у детей при кардиохирургических операциях описана воз-

возможность использования как внутривенных препаратов железа, так и ЭПО [8]. Трансфузия эритроцитной взвеси может быть рассмотрена в случае выраженного снижения концентрации гемоглобина. Показания определяют в зависимости от тяжести состояния ребенка, исходного ВПС и степени его хирургической коррекции. Пороговыми значениями для принятия решения о трансфузии эритроцитной взвеси при анемии в условиях гемодинамической стабильности являются: при отсутствии цианотического ВПС или серьезной гипоксемии — концентрация гемоглобина менее 70 г/л, после бивентрикулярной хирургической коррекции — менее 70 г/л, после унивентрикулярной хирургической коррекции — менее 90 г/л, при некорригированных ВПС — менее 70–90 г/л [33].

Отдельного внимания заслуживает латентный дефицит железа (ЛДЖ), не проявляющийся развитием анемии. В ряде случаев ЛДЖ проявляется клинически. Как правило, симптомы сопоставимы с аналогичными при ЖДА, но менее выражены. Распознавание и адекватная терапия ЛДЖ может оказаться клинически значимой в особенности у больных с хроническими заболеваниями, такими как СН, среди которых ЛДЖ может увеличивать долгосрочную смертность [32]. Введение железо-са-

харозного комплекса детям с недостаточностью кровообращения на фоне кардиологических заболеваний при выявленном ЛДЖ в разовых дозах 5–7 мг/кг безопасно и может привести к увеличению концентраций гемоглобина, ферритина и увеличению насыщения трансферрина железом [29].

Предоперационная анемия в детской кардиохирургии, ее распространенность, структура и влияние на послеоперационные исходы остается актуальной и недостаточно изученной проблемой. Профилактика, своевременное выявление и терапия анемий у детей перед операциями на сердце в условиях ИК потенциально могут уменьшить потребность в гемотрансфузиях, снизив риски, связанные с трансфузией эритроцитной взвеси, уменьшить частоту послеоперационных осложнений, а также привести к более благоприятным исходам. Помимо того, медикаментозная терапия анемий может потенциально снизить финансовую нагрузку на медицинские учреждения.

Необходим дальнейший анализ распространенности и структуры предоперационных анемий в детской кардиохирургии, оценка их влияния на течение послеоперационного периода, поиск оптимального и эффективного метода терапии в рамках комплексной предоперационной подготовки больных.

Литература

1. Cholette J.M., Willems A., Valentine S.L., et al. Recommendations on RBC Transfusion in Infants and Children With Acquired and Congenital Heart Disease From the Pediatric Critical Care Transfusion and Anemia Expertise Initiative. *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19(9S Suppl 1):S137–48. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001603.
2. Lau M.P.X.L., Low C.J.W., Ling R.R., et al. Preoperative anemia and anemia treatment in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anesth.* 2024;71:127–42. DOI: 10.1007/s12630-023-02620-1.
3. Khan Z., Natarajan G., Sallaam S., et al. Association between anemia and packed red cell transfusion and outcomes of ventricular septal defect and atrioventricular canal repair in children. *Pediatr Cardiol.* 2014;35:471–8.
4. Goobie S.M., Faraoni D., Zurakowski D., DiNardo J.A. Association of Preoperative Anemia With Postoperative Mortality in Neonates. *JAMA Pediatr.* 2016;170:855–62.
5. Faraoni D., DiNardo J.A., Goobie S.M. Relationship Between Preoperative Anemia and In-Hospital Mortality in Children Undergoing Noncardiac Surgery. *Anesth Analg.* 2016;123:1582–7.
6. Mulaj M., Faraoni D., Willems A., et al. Predictive factors for red blood cell transfusion in children undergoing noncomplex cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2014;98:662–7.
7. Park S.K., Hur M., Kim E., et al. Risk Factors for Acute Kidney Injury after Congenital Cardiac Surgery in Infants and Children: A Retrospective Observational Study. *PLoS One.* 2016;11:e0166328.
8. 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;33(12):3249–63. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.03.036.
9. Leahy M.F., Hofmann A., Towler S., et al. Improved outcomes and reduced costs associated with a health-system-wide patient blood management program:

References

1. Cholette J.M., Willems A., Valentine S.L., et al. Recommendations on RBC Transfusion in Infants and Children With Acquired and Congenital Heart Disease From the Pediatric Critical Care Transfusion and Anemia Expertise Initiative. *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19(9S Suppl 1):S137–48. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001603.
2. Lau M.P.X.L., Low C.J.W., Ling R.R., et al. Preoperative anemia and anemia treatment in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anesth.* 2024;71:127–42. DOI: 10.1007/s12630-023-02620-1.
3. Khan Z., Natarajan G., Sallaam S., et al. Association between anemia and packed red cell transfusion and outcomes of ventricular septal defect and atrioventricular canal repair in children. *Pediatr Cardiol.* 2014;35:471–8.
4. Goobie S.M., Faraoni D., Zurakowski D., DiNardo J.A. Association of Preoperative Anemia With Postoperative Mortality in Neonates. *JAMA Pediatr.* 2016;170:855–62.
5. Faraoni D., DiNardo J.A., Goobie S.M. Relationship Between Preoperative Anemia and In-Hospital Mortality in Children Undergoing Noncardiac Surgery. *Anesth Analg.* 2016;123:1582–7.
6. Mulaj M., Faraoni D., Willems A., et al. Predictive factors for red blood cell transfusion in children undergoing noncomplex cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2014;98:662–7.
7. Park S.K., Hur M., Kim E., et al. Risk Factors for Acute Kidney Injury after Congenital Cardiac Surgery in Infants and Children: A Retrospective Observational Study. *PLoS One.* 2016;11:e0166328.
8. 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;33(12):3249–63. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.03.036.
9. Leahy M.F., Hofmann A., Towler S., et al. Improved outcomes and reduced costs associated with a health-system-wide patient blood management program:

- a retrospective observational study in four major adult tertiary-care hospitals. *Transfusion*. 2017;57(6):1347–58.
10. Mirghani H., Alshreef A.A., Al-Temani H.A., et al. Updates on the Association Between Anemia and Heart Failure: A Systematic Review. *Cureus*. 2024;16(9):e69101. DOI: 10.7759/cureus.69101.
 11. Anand I.S., Ferrari R., Kalra G.S., et al. Pathogenesis of edema in constrictive pericarditis: studies of body water and sodium, renal function, hemodynamics, and plasma hormones before and after pericardiectomy. *Circulation*. 1991;83:1880–7.
 12. Anand I.S., Ferrari R., Kalra G.S., et al. Edema of cardiac origin: studies of body water and sodium, renal function, hemodynamic indexes, and plasma hormones in untreated congestive cardiac failure. *Circulation*. 1989;80:299–305.
 13. Tang Y.D., Katz S.D. Anemia in chronic heart failure: prevalence, etiology, clinical correlates, and treatment options. *Circulation*. 2006;113:2454–61. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.583666.
 14. Deswal A., Petersen N.J., Feldman A.M., et al. Cytokines and cytokine receptors in advanced heart failure: an analysis of the cytokine database from the Vesnarinone trial (VEST). *Circulation*. 2001;103:2055–9.
 15. Anand I.S., Kuskowski M.A., Rector T.S., et al. Anemia and change in hemoglobin over time related to mortality and morbidity in patients with chronic heart failure: results from Val-HeFT. *Circulation*. 2005;112:1121–7. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.512988.
 16. Fyhrquist F., Karppinen K., Honkanen T., et al. High serum erythropoietin levels are normalized during treatment of congestive heart failure with enalapril. *J Intern Med*. 1989;226:257–60.
 17. Westenbrink B.D., Visser F.W., Voors A.A., et al. Anaemia in chronic heart failure is not only related to impaired renal perfusion and blunted erythropoietin production, but to fluid retention as well. *Eur Heart J*. 2007;28:166–71. DOI: 10.1093/eurheartj/ehl419.
 18. Leung A.K.C., Lam J.M., Wong A.H.C., et al. Iron Deficiency Anemia: An Updated Review. *Curr Pediatr Rev*. 2024;20(3):339–56. DOI: 10.2174/1573396320666230727102042.
 19. Hwang N.C. Preventive Strategies for Minimizing Hemodilution in the Cardiac Surgery Patient During Cardiopulmonary Bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29(6):1663–71. DOI: 10.1053/j.jvca.2015.08.002.
 20. Aji R, Fabiola K, Poespo R.P.A., Suhartatik K. Prevalence and management of iron deficiency anemia in children: a systematic review. *J Adv Res Med Health Sci*. 2024;10:105–12. DOI: 10.61841/5yemysy46.
 21. Thiagarajan R.R., Laussen P.C. Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery-1(RACHS-1) for Evaluation of Mortality in Children Undergoing Cardiac Surgery. In: *Pediatric and Congenital Cardiac Care: Vol. 1: Outcomes Analysis*. 2015. P. 1–515.
 22. Федеральные клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ «Железодефицитная анемия», 2024. <https://pediatrhelp.ru/klinicheskie-rekomendaczii/gematologiya-onkogematologiya/zhelezodeficzitnaya-anemiya-kr-2024/>
 23. Федеральные клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ «Острое повреждение почек (ОПП)», 2020. https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/AKI_final.pdf
 24. Elhenawy A.M., Meyer S.R., Bagshaw S.M., et al. Role of preoperative intravenous iron therapy to correct anemia before major surgery: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2021;10(1):36. DOI: 10.1186/s13643-021-01579-8.
 25. Ranucci M., Pavesi M., Pistuddi V., Baryshnikova E. Preoperative anemia correction in cardiac surgery: a propensity matched study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;35(3):874–82. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.07.015.
 26. Guinn N.R., Schwartz J., Arora R., et al. Perioperative Quality Initiative and Enhanced Recovery After Surgery-Cardiac Society Consensus Statement a retrospective observational study in four major adult tertiary-care hospitals. *Transfusion*. 2017;57(6):1347–58.
 10. Mirghani H., Alshreef A.A., Al-Temani H.A., et al. Updates on the Association Between Anemia and Heart Failure: A Systematic Review. *Cureus*. 2024;16(9):e69101. DOI: 10.7759/cureus.69101.
 11. Anand I.S., Ferrari R., Kalra G.S., et al. Pathogenesis of edema in constrictive pericarditis: studies of body water and sodium, renal function, hemodynamics, and plasma hormones before and after pericardiectomy. *Circulation*. 1991;83:1880–7.
 12. Anand I.S., Ferrari R., Kalra G.S., et al. Edema of cardiac origin: studies of body water and sodium, renal function, hemodynamic indexes, and plasma hormones in untreated congestive cardiac failure. *Circulation*. 1989;80:299–305.
 13. Tang Y.D., Katz S.D. Anemia in chronic heart failure: prevalence, etiology, clinical correlates, and treatment options. *Circulation*. 2006;113:2454–61. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.583666.
 14. Deswal A., Petersen N.J., Feldman A.M., et al. Cytokines and cytokine receptors in advanced heart failure: an analysis of the cytokine database from the Vesnarinone trial (VEST). *Circulation*. 2001;103:2055–9.
 15. Anand I.S., Kuskowski M.A., Rector T.S., et al. Anemia and change in hemoglobin over time related to mortality and morbidity in patients with chronic heart failure: results from Val-HeFT. *Circulation*. 2005;112:1121–7. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.512988.
 16. Fyhrquist F., Karppinen K., Honkanen T., et al. High serum erythropoietin levels are normalized during treatment of congestive heart failure with enalapril. *J Intern Med*. 1989;226:257–60.
 17. Westenbrink B.D., Visser F.W., Voors A.A., et al. Anaemia in chronic heart failure is not only related to impaired renal perfusion and blunted erythropoietin production, but to fluid retention as well. *Eur Heart J*. 2007;28:166–71. DOI: 10.1093/eurheartj/ehl419.
 18. Leung A.K.C., Lam J.M., Wong A.H.C., et al. Iron Deficiency Anemia: An Updated Review. *Curr Pediatr Rev*. 2024;20(3):339–56. DOI: 10.2174/1573396320666230727102042.
 19. Hwang N.C. Preventive Strategies for Minimizing Hemodilution in the Cardiac Surgery Patient During Cardiopulmonary Bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29(6):1663–71. DOI: 10.1053/j.jvca.2015.08.002.
 20. Aji R, Fabiola K, Poespo R.P.A., Suhartatik K. Prevalence and management of iron deficiency anemia in children: a systematic review. *J Adv Res Med Health Sci*. 2024;10:105–12. DOI: 10.61841/5yemysy46.
 21. Thiagarajan R.R., Laussen P.C. Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery-1(RACHS-1) for Evaluation of Mortality in Children Undergoing Cardiac Surgery. In: *Pediatric and Congenital Cardiac Care: Vol. 1: Outcomes Analysis*. 2015. P. 1–515.
 22. Federal clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation “Iron deficiency anemia”, 2024 (In Russian). <https://pediatrhelp.ru/klinicheskie-rekomendaczii/gematologiya-onkogematologiya/zhelezodeficzitnaya-anemiya-kr-2024/>
 23. Federal Clinical Guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation “Acute kidney injury (AKI)”, 2020 (In Russian). https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/AKI_final.pdf
 24. Elhenawy A.M., Meyer S.R., Bagshaw S.M., et al. Role of preoperative intravenous iron therapy to correct anemia before major surgery: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2021;10(1):36. DOI: 10.1186/s13643-021-01579-8.
 25. Ranucci M., Pavesi M., Pistuddi V., Baryshnikova E. Preoperative anemia correction in cardiac surgery: a propensity matched study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;35(3):874–82. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.07.015.
 26. Guinn N.R., Schwartz J., Arora R., et al. Perioperative Quality Initiative and Enhanced Recovery After Surgery-Cardiac Society Consensus Statement

on the Management of Preoperative Anemia and Iron Deficiency in Adult Cardiac Surgery Patients. *Anesth Analg.* 2022;135(3):532–44. DOI: 10.1213/ANE.0000000000006148.

27. DeLoughery T.G. Safety of oral and intravenous iron. *Acta Haematol.* 2019;142(1):8–12. DOI: 10.1159/000496966.

28. Aksan A., Zepp F., Anand S., et al. Intravenous ferric carboxymaltose for the management of iron deficiency and iron deficiency anaemia in children and adolescents: a review. *Eur J Pediatr.* 2022;181:3781–93. DOI: 10.1007/s00431-022-04582-w.

29. Butragueño-Laiseca L., de la Mata Navazo S., Sánchez Galindo A.C., Santiago Lozano M.J. Intravenous iron for critically ill children. Comparison of three dose regimens. *Pediatric Blood Cancer.* 2024;71:e30734. DOI: 10.1002/pbc.30734.

30. Stack K.O., Shulman S.B., Blume E.D., et al. Real-world use of intravenous iron sucrose in children with cardiac disease. *Cardiol Young.* 2025;35:1344–9. DOI: 10.1017/S1047951125101133.

31. Azevedo S.V., Maltez C., Lopes A.I. Pediatric Crohn’s disease, iron deficiency anemia and intravenous iron treatment: a follow-up study. *Scand J Gastroenterol.* 2017;52:29–33. DOI: 10.1080/00365521.2016.1224381.

32. Al-Naseem A., Sallam A., Choudhury S., Thachil J. Iron deficiency without anaemia: a diagnosis that matters. *Clin Med.* 2021;21(2):107–13. DOI: 10.7861/clinmed.2020-0582.

33. Carson J.L., Stanworth S.J., Guyatt G., et al. Red Blood Cell Transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA.* 2023;330(19):1892–902. DOI: 10.1001/jama.2023.12914.

on the Management of Preoperative Anemia and Iron Deficiency in Adult Cardiac Surgery Patients. *Anesth Analg.* 2022;135(3):532–44. DOI: 10.1213/ANE.0000000000006148.

27. DeLoughery T.G. Safety of oral and intravenous iron. *Acta Haematol.* 2019;142(1):8–12. DOI: 10.1159/000496966.

28. Aksan A., Zepp F., Anand S., et al. Intravenous ferric carboxymaltose for the management of iron deficiency and iron deficiency anaemia in children and adolescents: a review. *Eur J Pediatr.* 2022;181:3781–93. DOI: 10.1007/s00431-022-04582-w.

29. Butragueño-Laiseca L., de la Mata Navazo S., Sánchez Galindo A.C., Santiago Lozano M.J. Intravenous iron for critically ill children. Comparison of three dose regimens. *Pediatric Blood Cancer.* 2024;71:e30734. DOI: 10.1002/pbc.30734.

30. Stack K.O., Shulman S.B., Blume E.D., et al. Real-world use of intravenous iron sucrose in children with cardiac disease. *Cardiol Young.* 2025;35:1344–9. DOI: 10.1017/S1047951125101133.

31. Azevedo S.V., Maltez C., Lopes A.I. Pediatric Crohn’s disease, iron deficiency anemia and intravenous iron treatment: a follow-up study. *Scand J Gastroenterol.* 2017;52:29–33. DOI: 10.1080/00365521.2016.1224381.

32. Al-Naseem A., Sallam A., Choudhury S., Thachil J. Iron deficiency without anaemia: a diagnosis that matters. *Clin Med.* 2021;21(2):107–13. DOI: 10.7861/clinmed.2020-0582.

33. Carson J.L., Stanworth S.J., Guyatt G., et al. Red Blood Cell Transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA.* 2023;330(19):1892–902. DOI: 10.1001/jama.2023.12914.

Информация об авторах

Гаврилин Алексей Алексеевич*, анестезиолог-реаниматолог блока реанимации и интенсивной терапии отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы», e-mail: gavrilin.doc@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6246-7412>

Ластовка Василий Анатольевич, кандидат медицинских наук, анестезиолог-реаниматолог блока реанимации и интенсивной терапии отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы»; ведущий научный сотрудник отделения анестезиологии-реанимации II (отделение кардиоанестезиологии и реанимации) ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б. В. Петровского», e-mail: richard-brabant@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3395-2812>

Абрамян Михаил Арамович, доктор медицинских наук, заведующий отделением экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы»; профессор кафедры педиатрии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», e-mail: m_abramyan@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4018-6287>

Information about the authors

Alexey A. Gavrilin*, anesthesiologist and intensive care physician of the ICU of the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology of the Morozov Children’s Municipal Clinical Hospital, e-mail: gavrilin.doc@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6246-7412>

Vasily A. Lastovka, Cand. Sci. (Med.), anesthesiologist and intensive care physician of the ICU of the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology of the Morozov Children’s Municipal Clinical Hospital; Leading Researcher at the Department of Anesthesiology and Intensive Care II (Department of Cardioanesthesiology and Intensive Care) of the Russian National Surgery Center named after acad. B.V. Petrovsky, e-mail: richard-brabant@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3395-2812>

Mikhail A. Abrahamyan, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology at the anesthesiologist and intensive care physician of the ICU of the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology of the Morozov Children’s Municipal Clinical Hospital, e-mail: m_abramyan@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4018-6287>

Аксельрод Борис Альбертович, доктор медицинских наук, профессор РАН, заведующий отделением анестезиологии-реанимации II (отделение кардиоанестезиологии и реанимации) ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б. В. Петровского»,
e-mail: aksel@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4434-3123>

Ермакова Вероника Сергеевна, гематолог отделения детской трансплантации костного мозга и гемопоэтических стволовых клеток ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина»,
e-mail: V.ermakova@ronc.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3989-882X>

Кальченко Даниил Дмитриевич, детский кардиолог отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы»,
e-mail: dkalchenko@morozdgkb.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5326-7441>

Морозова Екатерина Игоревна, анестезиолог-реаниматолог блока реанимации и интенсивной терапии отделения экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии ГБУЗ г. Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы»,
e-mail: emorozova@morozdgkb.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3717-2301>

* **Автор, ответственный за переписку**

Поступила: 17.11.2024

Принята к печати: 13.11.2025

Boris A. Axelrod, Dr. Sci. (Med.), Professor of the RAS, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care II (Department of Cardioanesthesiology and Intensive Care) of the Russian National Surgery Center named after acad. B.V. Petrovsky,
e-mail: aksel@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4434-3123>

Veronika S. Ermakova, Hematologist, Department of Pediatric Bone Marrow Transplantation and Hematopoietic Stem Cells, N. N. Blokhin National Research Medical Center of Oncology,
e-mail: V.ermakova@ronc.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3989-882X>

Daniil D. Kalchenko, Pediatric cardiologist at the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology of the Morozov Children's Municipal Clinical Hospital,
e-mail: dkalchenko@morozdgkb.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5326-7441>

Ekaterina I. Morozova, anesthesiologist and intensive care physician of the ICU of the Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology of the Morozov Children's Municipal Clinical Hospital,
e-mail: emorozova@morozdgkb.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3717-2301>

* **Corresponding author**

Received 17 Nov 2024

Accepted 13 Nov 2025