

СТРАТИФИКАЦИЯ РИСКА ТРАНСФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ В КАРДИОХИРУРГИИ

В.С. Зюзин*, Ю.А. Шнейдер

ФГБУ «Федеральный центр высоких медицинских технологий» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 236035, г. Калининград, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. Применение компонентов аллогенной крови в кардиохирургии ассоциировано с развитием осложнений. Одна из стратегий минимизации необоснованных трансфузий — это применение моделей стратификации риска трансфузионной терапии. Их задача — на основании клинических показателей спрогнозировать вероятность применения компонентов крови у конкретного больного.

Цель: изучить возможность использования модели стратификации риска трансфузионной терапии.

Материалы и методы. Критериям включения в исследование соответствовали больные старше 18 лет, перенесшие экстренные и плановые оперативные вмешательства на открытом сердце, проведенные в период с 1 января по 31 декабря 2024 г. Конечной точкой считали трансфузию компонентов аллогенной крови, под которой понимали клиническое применение одной или более единицы эритроцитсодержащих компонентов, любого вида плазмы или концентрата на протяжении всей длительности госпитализации. Оценку дискриминационной способности проводили с использованием метода AUC-ROC. Оценку калибровки проводили с помощью теста Хосмера — Лемешова. Описательный анализ был выполнен с использованием категориальных переменных, выраженных в абсолютных числах и процентах. Количественные переменные выражали как средние значения и стандартное отклонение. Статистический анализ выполнен с использованием Microsoft Excel 2010.

Результаты. В моноцентрическое наблюдательное ретроспективное исследование были включены 218 человек. Точность прогнозирования трансфузий составила 0,67. Тест Хосмера — Лемешова продемонстрировал систематические ошибки калибровки. В зонах низкого риска модель завышала вероятность трансфузии, в зонах высокого риска — занижала.

Заключение. Использование данной модели позволяет оптимизировать назначения донорской крови и снизить количество необоснованных трансфузий. Для клинического применения требуется адаптация под местные условия.

Ключевые слова: переливание крови, риск трансфузии в кардиохирургии, научно обоснованное применение компонентов крови, модель Alonso-Tuñón

Благодарность: авторы выражают благодарность д. м. н., заведующему кардиохирургическим отделением № 2 ФГБУ «ФЦВМТ» Антипову Георгию Николаевичу за помощь в статистической обработке данных.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Зюзин В.С., Шнейдер Ю.А. Стратификация риска трансфузионной терапии в кардиохирургии. Гематология и трансфузиология. 2025; 70(4):478–484. <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2025-70-4-478-484>

TRANSFUSION THERAPY RISK STRATIFICATION IN CARDIAC SURGERY

V.S. Zyuzin*, Yu.A. Schneider

Federal Center for High Medical Technologies, 236035, Kaliningrad, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The use of allogeneic blood components in cardiac surgery is associated with the development of complications. One of the strategies for minimizing unjustified transfusions is the use of risk stratification models for transfusion therapy. Their goal is to predict the likelihood of using blood components in a particular patient based on clinical indicators.

Objective. To study the possibility of using a risk stratification model for transfusion therapy.

Materials and methods. The criteria for inclusion in the study were met by patients over 18 years of age who underwent emergency and planned open-heart surgery performed between January 01, 2024 and December 31, 2024. The endpoint was considered to be allogeneic blood transfusion, which was understood to mean the clinical use of one or more units of erythrocyte-containing components, any type of plasma or concentrate throughout the duration of hospitalization. Discrimination assessment was performed using the AUC-ROC method. The calibration was evaluated using the Hosmer-Lemeshov test. Descriptive analysis was performed using categorical variables expressed in absolute numbers and percentages. The quantitative variables were expressed as means and standard deviations. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2010.

Results. A total of 218 patients were included in a single-center, observational, retrospective study. The accuracy of transfusion prediction was 0.67 95 % CI. The Hosmer-Lemeshov test demonstrated systematic calibration errors. In low-risk areas, the model overestimated the probability of transfusion, while in high-risk areas it underestimated it.

Conclusion. The use of this model makes it possible to optimize the appointment of donated blood and reduce the number of unjustified transfusions. For clinical use, adaptation to local conditions is required.

Keywords: blood transfusion, risk of transfusion in cardiac surgery, evidence-based use of blood components, Alonso-Tuñón model

Acknowledgements: the authors would like to thank Georgy N. Antipov, Dr Sci (Med), Head of the Cardiac Surgery Department No. 2 of the FTSVMT for his help in statistical data processing.

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

Financial disclosure: the study had no sponsorship.

For citation: Zyuzin V.S., Schneider Yu.A. Transfusion therapy risk stratification in cardiac surgery. Russian Journal of Hematology and Transfusiology (Gematologiya i transfuziologiya). 2025; 70(4):478–484 (in Russian). <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2025-70-4-478-484>

Введение

Частота периоперационных гемотрансфузий в кардиохирургии колеблется от 40 до 90% и зависит от множества факторов: продолжительности, сложности и объема оперативного вмешательства, исходной тяжести состояния больного [1, 2]. Несмотря на то что трансфузионная терапия в ряде случаев остается безальтернативным методом лечения, она негативно влияет на увеличение долгосрочной летальности и может выступать самостоятельным фактором риска разви-

тия осложнений [3–5]. Учитывая вышеперечисленное, научно обоснованное применение компонентов аллогенной крови является одним из показателей качества медицинской помощи в кардиохирургии [6].

Для прогнозирования вероятности использования компонентов крови в интраоперационном и послеоперационном периодах были созданы инструменты стратификации риска трансфузионной терапии (модели). Необходимо систематически проверять их качество

и прогностическую эффективность в различных группах больных. В недавно опубликованном систематическом обзоре и метаанализе проанализированы 9 исследований по разработке таких моделей и 27 исследований по внешней валидации [7]. Единственные модели, прошедшие внешнюю валидацию не менее 5 раз, — это Transfusion Risk and Clinical Knowledge (TRACK) и Transfusion Risk Understanding Scoring Tool (TRUST). Однако они имеют ограничения: TRUST — это оценка, которая включает все хирургические процедуры, требующие искусственного кровообращения [8], а TRACK основана на оценке популяции свидетелей Иеговы [9]. Учитывая эти ограничения, О. Alonso-Tuñón и соавт. [10] разработали свою модель для прогнозирования риска гемотрансфузии в кардиохирургии с дискриминационной способностью 80,9 %. Факторами, связанными с риском переливания, были возраст старше 60 лет, женский пол, индекс массы тела (ИМТ) более 30; периоперационная концентрация гемоглобина менее 140 г/л и комбинированная операция.

Цель данного исследования состояла в изучении возможности использования данной модели.

Материалы и методы

Критериям включения в исследование соответствовали больные старше 18 лет, перенесшие экстренные и плановые оперативные вмешательства на открытом сердце, проведенные в период с 1 января по 31 декабря 2024 г. К ним относили как изолированные кардиохирургические операции, так и операции на аорте, а также различные сочетания аортокоронарных шунтирований, пластики и/или протезирования клапанов сердца. Под критерии исключения попадали больные с массивной кровопотерей, кровотечением по внесердечным причинам, с неполными данными, педиатрические больные. Демографические, клинические и лабораторные данные, а также информацию о трансфузиях извлекали из медицинской информационной системы, действующей в Центре с января 2024 г. Конечной точкой считали трансфузии компонентов аллогенной крови. Под трансфузией компонентов аллогенной крови понимали применение одной или более единицы эритроцитсодержащих компонентов, любого вида плазмы или концентрата на протяжении всей госпитализации. Протокол исследования приведен в таблице 1.

Таблица 1. Протокол исследования «Оценка прогностической эффективности инструмента стратификации риска трансфузионной терапии в кардиохирургии»

Table 1. Protocol of the study “Evaluation of the prognostic effectiveness of a risk stratification tool for transfusion therapy in cardiac surgery”

Цель исследования The purpose of the study	Изучить возможность использования данной модели для больных Центра To study the possibility of using this model for the Center’s patients
Актуальность исследования Relevance of the study	Внешняя валидация различных моделей показала противоречивые результаты External validation of various models has shown contradictory results
Дизайн The design	Моноцентрическое наблюдательное ретроспективное исследование A monocentric observational retrospective study
Критерии включения The inclusion criteria	— больные старше 18 лет patients over the age of 18 — экстренные и плановые оперативные вмешательства на открытом сердце за 2024 г., emergency and planned open-heart surgery for 2024, — изолированные и различное сочетание аортокоронарных шунтирований, пластик и/или протезирований клапанов сердца, хирургия аорты isolated and various combinations of coronary artery bypass grafts, plastic and/or prosthetic heart valves, aortic surgery
Критерии исключения Exclusion criteria	— больные с массивной кровопотерей patients with massive blood loss — больные с изначальной патологией гемостаза patients with an initial pathology of hemostasis — кровотечение по внесердечным причинам bleeding for non-cardiac reasons — неполные данные incomplete data
Исследуемые группы The study groups	Больные, соответствующие критериям включения, оставшиеся после удаления попавших под критерии исключения Patients who meet the inclusion criteria, who remain after the removal of those who fall under the exclusion criteria
Измерения (переменные) Dimensions (variables)	— возраст / age, — пол / gender, — ИМТ / body mass index — периоперационная концентрация гемоглобина / perioperative Hb level — наличие либо отсутствие комбинированного оперативного вмешательства the presence or absence of a combined surgical intervention
Статистические вопросы Statistical questions	Обладает ли данная модель прогностической точностью для пациентов Центра? Does this model have predictive accuracy for the Center’s patients?

Статистическая обработка. Показатели с нормальным распределением представлены в виде среднего значения по выборке и его стандартного отклонения. При распределении, отличающемся от нормального, для оценки статистически достоверной разницы между номинативными показателями использовали метод хи-квадрат. Для оценки диагностической значимости показателя использовали AUC. При интервале AUC в диапазоне 0,9–1,0 значимость рассматривали как «отличную», 0,8–0,9 — «очень хорошую», 0,7–0,8 — «хорошую», 0,6–0,7 — «среднюю», 0,5–0,6 — «неудовлетворительную». Оценку калибровки проводили с помощью теста Хосмера — Лемешова. Различия показателей между группами определяли как статистически значимые при $p < 0,05$. Статистический анализ выполнен с использованием Microsoft Excel 2010.

Результаты

В течение периода исследования было выполнено 827 кардиохирургических вмешательств. После исключения больных, соответствовавших критериям исключения, в моноцентрическое наблюдательное ретроспективное исследование были включены 218 больных. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

Антропометрические, демографические и клинические данные целевой популяции представлены в таблице 2.

Возраст более 60 лет, женский пол, ИМТ свыше 30, концентрация гемоглобина менее 140 г/л, сочетанное

оперативное вмешательство давали по одному баллу по каждому пункту. По сумме баллов рассчитывали итоговый балл по шкале O. Alonso-Туйбн и соавт. [10] для каждого больного. Наличие трансфузии кодировали цифрой «1», отсутствие — «0». Далее вычисляли прогнозируемую вероятность и наблюдаемую частоту трансфузии (%) (табл. 3).

На основе полученных данных была построена ROC-кривая и вычислена площадь под ней, которая составила 0,68 (рис. 2, 3).

Вычисленная суммарная статистика хи-квадрат составила 5,64.

Обсуждение

Данная шкала показала среднюю способность ранжировать больных по риску трансфузии. AUC-ROC составила 0,68 против 0,81 в оригинальной статье (95% ДИ 0,78; 0,83). Полученное значение хи-квадрата (5,64) формально не отвергает гипотезу о хорошей калибровке ($p > 0,05$). Однако он оценивает общее соответствие прогнозируемых и наблюдаемых трансфузий, но может быть нечувствителен к систематическим смещениям.

Максимальное значение индекса Юдена (0,086) было достигнуто при пороге в 3 балла исследуемой прогностической модели (рис. 3). Учитывая высокие риски интраоперационных и постоперационных осложнений, связанных с незапланированной трансфузией в кардиохирургии, считаем клинически оправданным

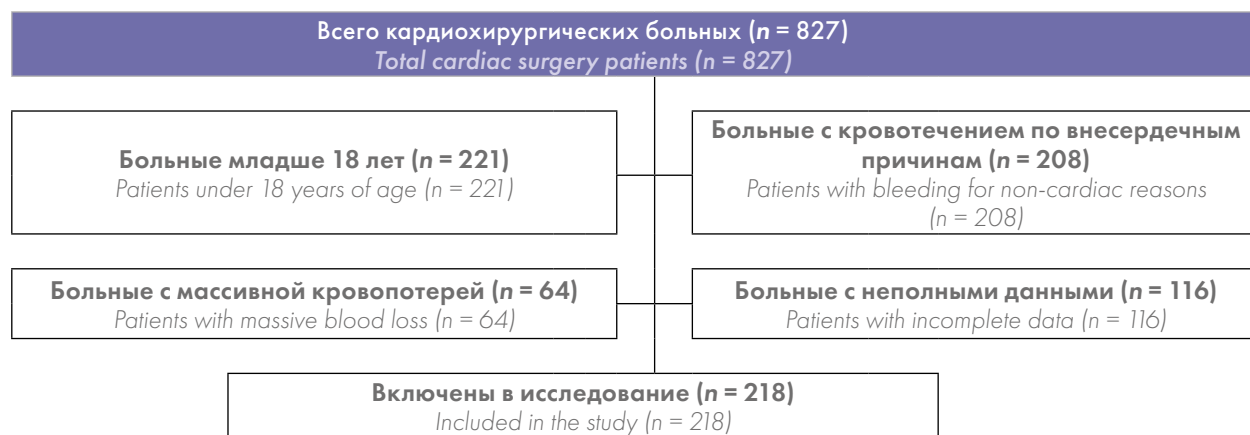


Рисунок 1. Дизайн исследования
Figure 1. Research design

Таблица 2. Антропометрические, демографические и клинические данные целевой популяции. Категориальные значения выражены в виде абсолютных чисел или процентов, переменные — в виде среднего \pm стандартное отклонение

Table 2. Anthropometric, demographic, and clinical data of the target population. Categorical values are expressed as absolute numbers or percentages, variables as the average \pm standard deviation

Показатели / Indicators	Значения / Values
Возраст, годы / Age, years	65 \pm 9
Рост, см / Height, cm	176 \pm 12
ИМТ / Body mass index	23,6 \pm 12,0
Мужской пол n (%) / Male n (%)	140 (64)
Женский пол, n (%) / Female n (%)	78 (36)
Сочетанное вмешательство / Combined intervention	54

Таблица 3. Наблюдаемая частота, прогнозируемая вероятность трансфузий, а также распределение больных по баллам шкалы О. Alonso-Tuñón и соавт. [10]

Table 3. The observed frequency, the predicted probability of transfusions, as well as the distribution of patients according to the scores of the O. Alonso-Tuñón et al. [10] scale

Баллы Alonso-Tuñón Alonso-Tuñón Points	Число больных Number of patients	Наблюдаемая частота трансфузий, % The observed frequency of transfusions, %	Прогнозируемая вероятность трансфузии, % Predicted probability of transfusion, %
5	12	66,7	63,6
4	26	46,2	48,2
3	57	28	28,6
2	69	24,6	24,3
1	44	6,8	14,3
0	10	0	0

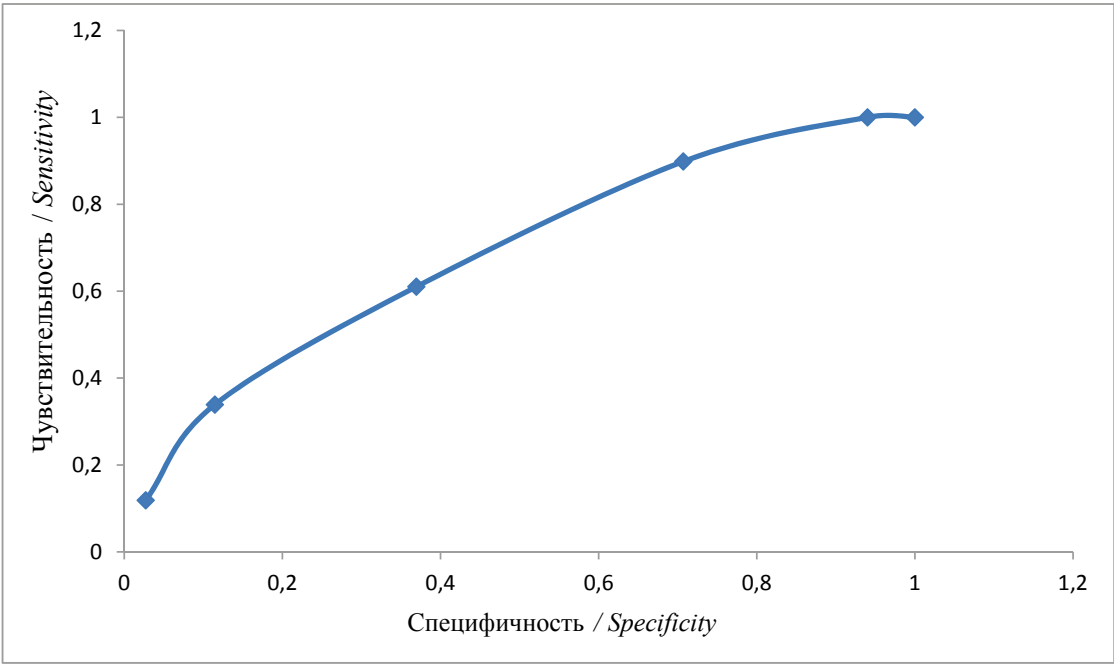


Рисунок 2. ROC-кривая для шкалы О. Alonso-Tuñón и соавт. [10]

Figure 2. ROC curve for the O. Alonso-Tuñón et al. [10] scale

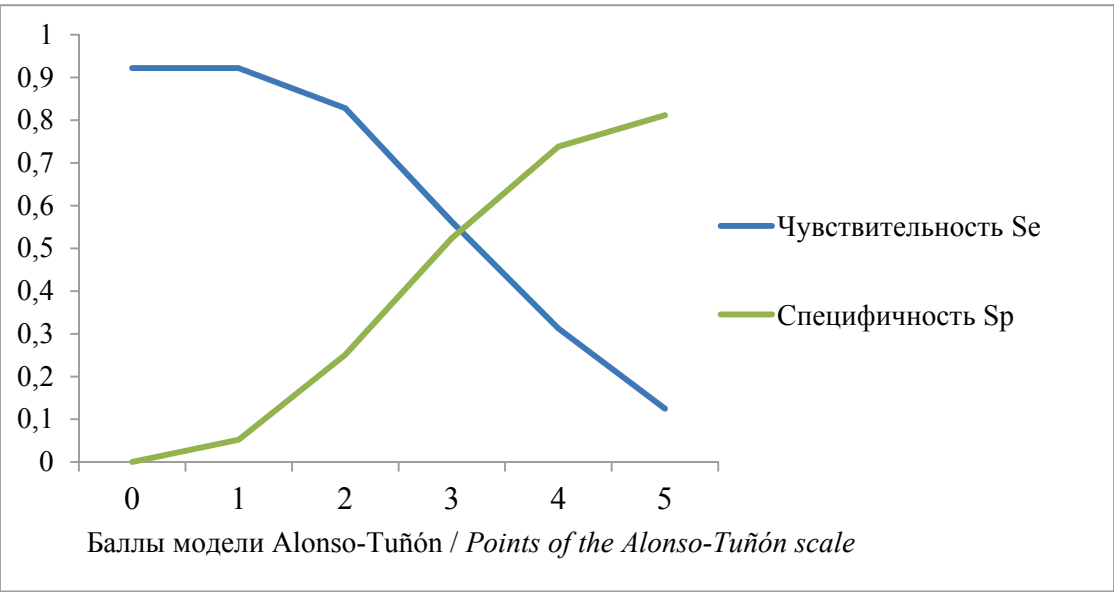


Рисунок 3. Зависимость чувствительности и специфичности от порога шкалы

Figure 3. Dependence of sensitivity and specificity on the threshold of the scale

использование порогового значения ≥ 3 модели О. Alonso-Tuñón и соавт. [10], т.к. оно позволяет спрогнозировать большинство больных, нуждающихся в трансфузии.

К сильным сторонам выполненной работы можно отнести, что учитывали трансфузии не только эритроцитсодержащих компонентов, но всех видов плазмы и концентратов тромбоцитов. К ограничениям дан-

ного исследования можно отнести ретроспективный характер и одноцентровой дизайн.

Таким образом, данное исследование вносит вклад во внешнюю валидацию прогностической модели О. Alonso-Tuñón и соавт. [10]. Данная модель демонстрирует среднюю способность ранжировать больных по риску трансфузии. Для клинического применения в условиях Центра требуется адаптация под местные условия.

Литература

1. Salenger R., Hirji S., Rea A., et al. ERAS Cardiac Society turnkey order set for patient blood management: Proceedings from the AATS ERAS Conclave 2023. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2024;168(3):890–7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2023.10.034.
2. Tanaka K.A., Alejo D., Ghoreishi M., et al. Impact of Preoperative Hematocrit, Body Mass Index, and Red Cell Mass on Allogeneic Blood Product Usage in Adult Cardiac Surgical Patients: Report From a Statewide Quality Initiative. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023;37(2):214–20. DOI: 10.1053/j.jvca.2022.03.034.
3. Shi J., Meng M., Sa R., et al. Blood transfusion is correlated with elevated adult all-cause mortality and cardiovascular mortality in the United States: NHANES 1999 to 2018 population-based matched propensity score study. *Clinics.* 2024;79:370–9. DOI: 10.1016/j.clinsp.2024.100379.
4. Lee E., Hart D., Ruggiero A., et al. The Relationship Between Transfusion in Cardiac Surgery Patients and Adverse Outcomes. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2024;38(7):1492–8. DOI: 10.1053/j.jvca.2024.03.003.
5. Tang M., Ravn H.B., Andreasen J.J., et al. Fewer transfusions are still more-red blood cell transfusions affect long-term mortality in cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2023;63(4):101. DOI: 10.1093/ejcts/ezad101. PMID: 36943381.
6. Купряшов А.А., Самуилова О.В., Самуилова Д.Ш. Бережное отношение к крови больного как приоритетная стратегия в кардиохирургии. *Гематология и трансфузиология.* 2021;66(3):395–416. DOI: 10.35754/0234-5730-2021-66-3-395-416.
7. Van den Eynde R., Vrancken A., Foubert R., et al. Prognostic models for prediction of perioperative allogeneic red blood cell transfusion in adult cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *Transfusion.* 2025;65(2):397–409. DOI: 10.1111/trf.18108.
8. Ranucci M., Castelvechio S., Frigiola A., et al. Predicting transfusions in cardiac surgery: the easier, the better: the Transfusion Risk and Clinical Knowledge score. *Vox sanguinis.* 2009;96(4):324–32. DOI: 10.1111/j.1423-0410.2009.01160.x.
9. Alghamdi A.A., Davis, A., Brister S., et al. Development and validation of Transfusion Risk Understanding Scoring Tool (TRUST) to stratify cardiac surgery patients according to their blood transfusion needs. *Transfusion.* 2006;46(7):1120–9. DOI: 10.1111/j.1537-2995.2006.00860.x.
10. Alonso-Tuñón O., Bertomeu-Cornejo M., Castillo-Cantero I., et al. Development of a Novel Prediction Model for Red Blood Cell Transfusion Risk in Cardiac Surgery. *J Clin Med.* 2023;12(16):5345. DOI: 10.3390/jcm12165345.

Информация об авторах

Зюзин Вадим Сергеевич*, трансфузиолог, заведующий трансфузиологическим кабинетом ФГБУ «Федеральный центр высоких медицинских технологий» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: zuruss@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4868-8400>

References

1. Salenger R., Hirji S., Rea A., et al. ERAS Cardiac Society turnkey order set for patient blood management: Proceedings from the AATS ERAS Conclave 2023. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2024;168(3):890–7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2023.10.034.
2. Tanaka K.A., Alejo D., Ghoreishi M., et al. Impact of Preoperative Hematocrit, Body Mass Index, and Red Cell Mass on Allogeneic Blood Product Usage in Adult Cardiac Surgical Patients: Report From a Statewide Quality Initiative. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023;37(2):214–20. DOI: 10.1053/j.jvca.2022.03.034.
3. Shi J., Meng M., Sa R., et al. Blood transfusion is correlated with elevated adult all-cause mortality and cardiovascular mortality in the United States: NHANES 1999 to 2018 population-based matched propensity score study. *Clinics.* 2024;79:370–9. DOI: 10.1016/j.clinsp.2024.100379.
4. Lee E., Hart D., Ruggiero A., et al. The Relationship Between Transfusion in Cardiac Surgery Patients and Adverse Outcomes. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2024;38(7):1492–8. DOI: 10.1053/j.jvca.2024.03.003.
5. Tang M., Ravn H.B., Andreasen J.J., et al. Fewer transfusions are still more-red blood cell transfusions affect long-term mortality in cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2023;63(4):101. DOI: 10.1093/ejcts/ezad101. PMID: 36943381.
6. Kupryashov A.A., Samuilova O.V., Samuilova D.Sh. Optimal blood management as priority route in cardiac surgery. *Gematologiya I Transfusiologiya.* 2021;66(3):395–416 (In Russian). DOI: 10.35754/0234-5730-2021-66-3-395-416.
7. Van den Eynde R., Vrancken A., Foubert R., et al. Prognostic models for prediction of perioperative allogeneic red blood cell transfusion in adult cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *Transfusion.* 2025;65(2):397–409. DOI: 10.1111/trf.18108.
8. Ranucci M., Castelvechio S., Frigiola A., et al. Predicting transfusions in cardiac surgery: the easier, the better: the Transfusion Risk and Clinical Knowledge score. *Vox sanguinis.* 2009;96(4):324–32. DOI: 10.1111/j.1423-0410.2009.01160.x.
9. Alghamdi A.A., Davis, A., Brister S., et al. Development and validation of Transfusion Risk Understanding Scoring Tool (TRUST) to stratify cardiac surgery patients according to their blood transfusion needs. *Transfusion.* 2006;46(7):1120–29. DOI: 10.1111/j.1537-2995.2006.00860.x.
10. Alonso-Tuñón O., Bertomeu-Cornejo M., Castillo-Cantero I., et al. Development of a Novel Prediction Model for Red Blood Cell Transfusion Risk in Cardiac Surgery. *J Clin Med.* 2023;12(16):5345. DOI: 10.3390/jcm12165345.

Information about the authors

Vadim S. Zyuzin*, Transfusiologist, Head of the Transfusion Cabinet of the Federal Center for High Medical Technologies, e-mail: zuruss@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4868-8400>

Шнейдер Юрий Александрович, доктор медицинских наук, профессор, главный врач ФГБУ «Федеральный центр высоких медицинских технологий» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
e-mail: schneider@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-3076>

Yuriy A. Shneider, Dr. Sci. (Med.), Professor, CEO Federal Center for High Medical Technologies,
e-mail: schneider@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5572-3076>

*** Автор, ответственный за переписку**

Поступила: 13.05.2025

Принята к печати: 13.11.2025

*** Corresponding author**

Received 13 May 2025

Accepted 13 Nov 2025
