



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.12.2.005>
УДК 616-079.3



Данилова И.Н., Ковтунова М.Е.✉, Назарова Е.Л., Шерстнев Ф.С., Сухорукова Э.Е.
Кировский научно-исследовательский институт гематологии и переливания крови
Федерального медико-биологического агентства, Киров, Россия

Алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, обработка, написание текста – Данилова И.Н.; концепция и дизайн исследования, редактирование, обработка, написание текста – Ковтунова М.Е.; концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, написание текста – Назарова Е.Л., Шерстнев Ф.С.; редактирование, сбор материала, написание текста – Сухорукова Э.Е.

Подана: 10.04.2026

Принята: 15.05.2026

Контакты: kovtunova@niigpk.ru

Резюме

Введение. Частые донации крови и гемокомпонентов могут приводить к развитию железодефицитных состояний у доноров вследствие повторных потерь гемоглобинового железа. В связи с тем, что медицинское освидетельствование доноров не предусматривает оценку параметров феррокинетики и нарушение обмена железа у них выявляется на стадии манифестации при снижении концентрации гемоглобина, практически важным является вопрос разработки комплекса мер, направленных на прогнозирование и профилактику дефицита этого микроэлемента на этапе клинико-лабораторного обследования.

Цель. Разработать алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций.

Материалы и методы. В исследование включены 511 регулярных доноров, в том числе 133 – цельной крови, 189 – со смешанными донациями, 99 – тромбоцитов, 90 – плазмы. Группа сравнения сформирована из 158 первичных доноров. Все обследованные прошли медицинское освидетельствование и были допущены к донации. Проанализирована взаимосвязь возникновения железодефицита с такими факторами, как пол, возраст, индекс массы тела, вид донаций, их количество за все время донорства и за последние 3 года, частота процедур за предыдущий год, донорский стаж, концентрация гемоглобина. Дефицит железа устанавливали при содержании сывороточного ферритина менее 26 нг/мл. Статистическую обработку данных выполняли в программах Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 26.

Результаты. Методом многофакторного логистического регрессионного анализа оценили зависимость возникновения дефицита железа у доноров от изучаемых факторов. Установили, что шанс его развития был выше в 2,7 раза при эксфузиях цельной крови ($p < 0,001$), в 2,2 раза – при смешанном донорстве ($p = 0,026$), возрастал на 5% при увеличении числа донаций на 1 за последние 3 года ($p < 0,001$), снижался на 2% и 6% при повышении возраста доноров на 1 год ($p = 0,045$) и значений

гемоглобина на 1 г/л ($p < 0,001$) соответственно, был ниже в 4,3 раза у сдававших плазму ($p = 0,003$). Для определения вероятности возникновения дефицита железа (Р) полученную зависимость с учетом коэффициентов регрессии представили в виде формулы. С помощью ROC-анализа выявили эффективный диагностический порог Р, соответствующий 49,6%. При $P \geq 49,6\%$ можно сделать вывод о высоком риске появления железодефицита. На основании прогностической модели и оптимального порогового значения разработали алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций.

Заключение. При проведении медицинского освидетельствования регулярных доноров целесообразно оценивать у них вероятность развития дефицита железа по предложенной формуле, в первую очередь при эксфузиях цельной крови и смешанных донациях. В случае определения высокого риска его возникновения необходимо принять соответствующие меры.

Ключевые слова: донорство, дефицит железа, прогностическая модель, алгоритм прогнозирования, виды донорства, показатели феррокинетики

Danilova I., Kovtunova M.✉, Nazarova E., Sherstnev Ph., Sukhorukova E.
Kirov Research Institute of Hematology and Blood Transfusion under the Federal Medical Biological Agency, Kirov, Russia

An Algorithm for Predicting Iron Deficiency in Regular Donors of Blood and its Components with Different Types of Donations

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept and design of research, editing, collection of material, processing, writing of text – Danilova I.; concept and design of research, editing, processing, writing of text – Kovtunova M.; concept and design of research, editing, collection of material, writing of text – Nazarova E., Sherstnev Ph.; editing, collection of material, writing of the text – Sukhorukova E.

Submitted: 10.04.2026

Accepted: 15.05.2026

Contacts: kovtunova@niigpk.ru

Abstract

Introduction. Frequent donations of blood and blood components can lead to the development of iron deficiency in donors due to repeated losses of hemoglobin iron. Since the medical examination of donors does not include an assessment of ferrokinetic parameters, and iron metabolism disorders are detected in them at the manifestation stage with a decrease in hemoglobin concentration, the issue of developing a set of measures aimed at predicting and preventing deficiency of this microelement at the stage of clinical and laboratory examination is of practical importance.

Purpose. To develop an algorithm for predicting iron deficiency in regular donors of blood and its components with different types of donations.

Materials and methods. The study included 511 regular donors, including 133 whole blood donors, 189 mixed donors, 99 platelet donors, and 90 plasma donors. The comparison group consisted of 158 first-time donors. All participants underwent



a medical examination and were allowed to donate. We analyzed the relationship between the occurrence of iron deficiency and factors such as gender, age, body mass index, type of donations made, quantity of donations during the donor practice and over the previous 3 years, frequency of procedures over the past year, donor experience, and hemoglobin concentration. Iron deficiency was defined as serum ferritin levels less than 26 ng/ml. Statistical data processing was performed using Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 26.

Results. Using multivariate logistic regression analysis, we assessed the dependence of the occurrence of iron deficiency in donors on the predictors studied. It was found that the chance of its development was 2.7 times higher with whole blood exfusions ($p < 0.001$), 2.2 times higher with mixed donation ($p = 0.026$), and increased by 5% with an increase in the number of donations by 1 over the past 3 years ($p < 0.001$), decreased by 2% and 6% with an increase in the age of donors by 1 year ($p = 0.045$) and Hb values by 1 g/l ($p < 0.001$), respectively, and was 4.3 times lower in those who donated plasma ($p = 0.003$). To determine the probability of iron deficiency (P), obtained dependence, considering the regression coefficients, was presented in the formula. Using ROC analysis, an effective diagnostic threshold P was established, corresponding to 49.6%. At $P \geq 49.6\%$ a conclusion can be made about a high risk of iron deficiency. Based on the predictive model and optimal threshold value, an algorithm was developed for predicting iron deficiency in regular donors of blood and its components with different types of donations.

Conclusion. When conducting a medical examination of donors, it is advisable to assess their likelihood of developing iron deficiency using the proposed formula, primarily during whole blood exfusions and mixed donations. If a high risk of its occurrence is identified, appropriate measures must be taken.

Keywords: donation, iron deficiency, prognostic model, forecasting algorithm, types of donations, indicators of ferrokinetic

■ ВВЕДЕНИЕ

Донации крови и гемокомпонентов сопровождаются потерей гемоглобинового железа и могут приводить к возникновению железодефицитных состояний (ЖДС) у доноров [1, 2]. Известно, что наиболее частым медицинским отводом от донорства является обусловленное дефицитом железа (ДЖ) снижение концентрации гемоглобина (Hb), а временное отстранение по этой причине негативно влияет на мотивацию и возврат доноров к выполнению донорской функции [3–5]. Изучение обмена железа, а также критериев риска развития ЖДС у лиц, регулярно сдающих кровь и ее компоненты, актуально и необходимо для сохранения их здоровья и поддержания стабильного, способного к донорству контингента. В настоящее время медицинское освидетельствование доноров не включает оценку параметров феррокинетики. Поэтому представляется практически важной и необходимой разработка универсального способа прогнозирования риска возникновения ДЖ с учетом данных, полученных на этапе клинико-лабораторного обследования доноров. Использование рационального алгоритма его профилактики у регулярных доноров крови и ее компонентов при разных видах донорства позволит своевременно выявить нарушение обмена железа и предпринять соответствующие меры по предотвращению ЖДС,

тем самым сохранить донорский потенциал и регулярность донаций, что особенно важно для адекватного и стабильного обеспечения медицинских учреждений гемокомпонентами и спасения многих жизней как в обычных, так и чрезвычайных ситуациях.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы 669 доноров, прошедших медицинское освидетельствование и допущенных к донорству, в том числе 511 регулярно сдававших цельную кровь и гемокомпоненты и 158 первичных. Критерием включения в исследование регулярных доноров считали интервал от предыдущей донации, не превышающий 120 дней, и отсутствие временных медицинских отводов на протяжении не менее 3 последних лет. При формировании базы данных включали сведения о поле, возрасте, росте и весе для расчета индекса массы тела (ИМТ), о виде осуществленных донаций (цельная кровь, тромбоциты, плазма, смешанные эксфузии, первичная кроводача), их количестве за все время донорства и за предшествующие 3 года, частоте процедур за последний год, донорском стаже, а также значения показателей гемограммы.

Для оценки запасов железа в организме исследовали содержание сывороточного ферритина (СФ) с помощью сопоставимых по точности и эффективности иммунорадиометрического и иммунотурбидиметрического методов [6]. Материалом для лабораторных исследований служила периферическая кровь, полученная при обследовании доноров. В качестве критерия для установления ДЖ принимали пороговое значение, соответствующее 26 нг/мл [7].

Статистическую обработку результатов выполняли в программах Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics 26. Поиск различий количественных переменных проводили с помощью t-критерия Стьюдента [8]. Сравнение номинальных переменных осуществляли с использованием критерия χ^2 Пирсона [9]. Степень различий представляли в виде разницы средних (MD) и отношения шансов (OR) с 95%-м доверительным интервалом (95% CI). Построение прогностической модели определения вероятности возникновения ДЖ выполняли методом многофакторного логистического регрессионного анализа. Отбор предикторов осуществляли путем пошагового исключения на основании статистики Вальда с проверкой на мультиколлинеарность. Взаимосвязь между зависимым бинарным показателем (наличие и отсутствие ДЖ), независимыми количественными и категориальными переменными описывали математическим выражением, исходя из коэффициентов регрессии. Диагностическую эффективность модели оценивали с помощью ROC-анализа. Оптимальное значение в точке отсечения cut-off вычисляли по методу Юдена [10, 11]. Критический уровень статистической значимости определен для $p < 0,05$ [12].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди регулярных доноров обследованы 80 мужчин и 53 женщины, участвовавших только в донациях цельной крови, 109 мужчин и 80 женщин, сдававших кровь, тромбоциты и плазму, 46 мужчин и 53 женщины, сдававших тромбоциты, 45 мужчин



и 45 женщин, выполнявших плазмадачи. Из числа первичных доноров – здоровых лиц, никогда ранее не принимавших участия в донорстве, – в исследование включены 72 мужчины и 86 женщин.

У всех доноров концентрации Hb находились в пределах допустимых значений нормы [13] и составляли у мужчин 130–179 (Me – 146) г/л, у женщин – 120–159 (Me – 133) г/л. Возраст у обследованных варьировал от 18 до 61 (Me – 36) года. ИМТ колебался от 18,5 до 38,3 (Me – 24,9) кг/м² у мужчин и от 18,1 до 40,3 (Me – 26,0) кг/м² у женщин. Медиана донорского стажа у регулярных доноров составила 7 лет.

В связи с тем, что потеря гемоглобинового железа при донациях крови и гемокомпонентов характеризуется накопительным эффектом, определяли общее количество процедур и их частоту за предыдущий год. Учитывая, что наибольшая приверженность донорству прослеживается после 2 лет донорского стажа [14, 15], и исходя из собственного опыта, свидетельствующего, что доноры наиболее активно участвуют в донациях в течение трехлетней донорской практики, определяли количество эксфузий за последние 3 года. Данные отражены в табл. 1.

Для установления влияния изучаемых факторов на риск возникновения ДЖ провели однофакторный анализ данных. Оценили частоту развития ДЖ в зависимости от пола и возраста доноров, ИМТ, концентрации Hb в крови, вида донаций, их количества за все время донорской практики и за последние 3 года, интенсивности выполнения процедур в течение предыдущего года, донорского стажа. В качестве критерия для установления ДЖ у доноров приняли пороговое значение СФ, соответствующее 26 нг/мл и свидетельствующее о развитии ЖДС. В ходе проведенного исследования сниженные концентрации СФ диагностировали у 269 (52,6%) регулярных доноров, в том числе у 143 (51,1%) мужчин и 126 (54,5%) женщин. Факторами, значительно обуславливающими риск возникновения ДЖ у доноров, оказались женский пол (OR=1,45, 95% CI 1,06–1,96; p=0,020), участие в смешанном донорстве (OR=3,15, 95% CI 2,21–4,49; p<0,001) и эксфузиях цельной крови (OR=1,72, 95% CI 1,17–2,53; p=0,007), более низкие концентрации Hb (MD=6,20, 95% CI 4,53–7,87; p<0,001), осуществление большего количества донаций на протяжении предыдущих 3 лет (MD=2,99, 95% CI 1,30–4,68; p=0,001) и за последний год (MD=0,88, 95% CI 0,27–1,49; p=0,005). При этом ДЖ в 4,8 раза реже регистрировали у доноров плазмы (OR=0,21, 95% CI 0,12–0,37; p<0,001). У лиц с железодефицитом наблюдалось близкое к статистически значимому уменьшение величины ИМТ (MD=0,64, 95% CI –0,01...

Таблица 1
Количество донаций у регулярных доноров
Table 1
Quantity of donations from regular donors

Группы доноров	Количество донаций: Me (Q ₁ –Q ₃)					
	Общее		За последние 3 года		За последний год	
	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Цельной крови	11 (4–19)	9 (2–20)	7 (4–10)	7 (2–9)	3 (2–4)	3 (2–3)
Со смешанными донациями	37 (21–58)	62 (40–78)	19 (14–25)	20 (13–26)	7 (5–9)	6 (4–8)
Тромбоцитов	34 (23–54)	39 (23–73)	20 (13–26)	20 (14–24)	7 (6–10)	7 (4–9)
Плазмы	66 (45–79)	65 (41–88)	20 (15–28)	20 (14–24)	8 (6–10)	7 (6–9)

1,30; $p=0,055$). При оценке частоты выявления ДЖ в зависимости от возраста обследованных, общего количества донаций за все время донорства и донорского стажа, участия в тромбоцитоперезах значительных различий не получено.

В настоящее время в практическую деятельность медицинских учреждений активно внедряются цифровые технологии, разрабатываются прогностические модели, которые реализуются в виде программного продукта. Для определения возможности прогнозирования ДЖ у регулярных доноров крови и ее компонентов с учетом вышеуказанных предикторов провели многофакторный анализ данных методом бинарной логистической регрессии. За исход (зависимую переменную) принимали наличие ДЖ с концентрациями СФ менее 26 нг/мл. В результате пошагового отбора факторов методом исключения на основании статистики Вальда с проверкой на мультиколлинеарность была получена логистическая функция (1), включающая в себя 6 значимых предикторов (табл. 2).

Исходя из значений коэффициентов регрессии, донации цельной крови, участие в смешанном донорстве и число эксфузий за последние 3 года расценены как факторы, увеличивающие вероятность возникновения ДЖ (Р). Возраст, концентрация Hb и выполнение плазмаферезов имели обратную связь с его появлением. Так, шанс развития ДЖ оказался выше в 2,7 раза у доноров крови, в 2,2 раза – при смешанном донорстве, возрастал на 5% при увеличении количества донаций на 1 за последние 3 года и был ниже в 4,3 раза у сдававших плазму, уменьшался на 2% и 6% при повышении возраста доноров на 1 год и значений Hb на 1 г/л соответственно. Осуществление тромбоцитоперезов не оказывало существенного влияния на риск появления ДЖ ($p=0,637$). Наблюдаемая зависимость описывается следующим уравнением (1):

$$P = \frac{1}{1+e^{-z}} \times 100\%,$$

$$z = 0,98 \times X_{\text{кр}} + 0,79 \times X_{\text{см}} - 0,18 \times X_{\text{тр}} - 1,47 \times X_{\text{пл}} + 0,05 \times X_{\text{кол}} - 0,02 \times X_{\text{возр}} - 0,06 \times X_{\text{hb}} + 7,62,$$

где Р – вероятность возникновения ДЖ (в %),

z – показатель степени в логистической функции,

$X_{\text{кр}}$ – донорство цельной крови (0 – не участвовал, 1 – участвовал),

$X_{\text{см}}$ – смешанное донорство крови и ее компонентов (0 – не участвовал, 1 – участвовал),

$X_{\text{тр}}$ – донорство тромбоцитов (0 – не участвовал, 1 – участвовал),

$X_{\text{пл}}$ – донорство плазмы (0 – не участвовал, 1 – участвовал),

$X_{\text{кол}}$ – количество донаций за последние 3 года,

$X_{\text{возр}}$ – возраст (лет),

X_{hb} – концентрация Hb (г/л),

e – число Эйлера, математическая константа ($\approx 2,71828$),

7,62 – константа (интерсепт).

Разработанная прогностическая модель является статистически значимой ($p<0,001$) и в соответствии со значением коэффициента детерминации Найджелкера учитывает 27% дисперсии вероятности развития ДЖ.

Для оценки диагностической эффективности полученной модели проведен ROC-анализ. Полученная ROC-кривая представлена на рис. 1.

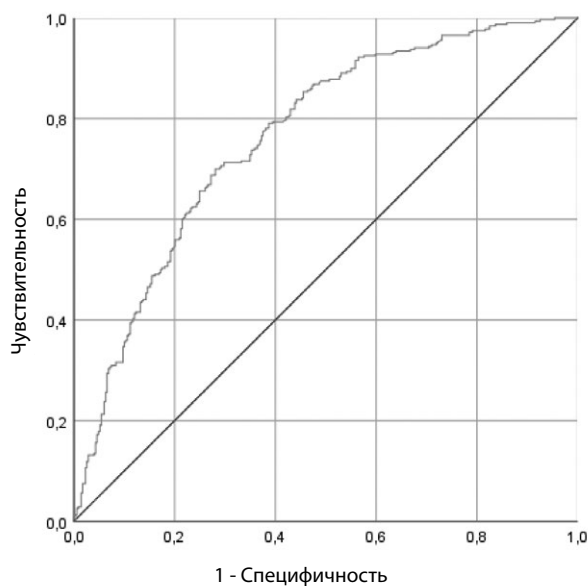


Рис. 1. ROC-кривая, характеризующая прогноз возникновения дефицита железа в зависимости от значения логистической функции P

Fig. 1. ROC curve characterizing the prognosis of iron deficiency depending on the value of the logistic function P

Таблица 2

Результаты многофакторного логистического регрессионного анализа предикторов развития дефицита железа у доноров крови и ее компонентов

Table 2

Results of a multifactorial logistic regression analysis of predictors of iron deficiency in blood donors and its components

Предиктор	Коэффициент $B \pm SE$	χ^2 Вальда	p	OR (95% CI)
Донорство цельной крови	$0,98 \pm 0,28$	12,57	<0,001	2,68 (1,55–4,61)
Смешанное донорство	$0,79 \pm 0,36$	4,97	0,026	2,21 (1,10–4,43)
Донорство тромбоцитов	$-0,18 \pm 0,39$	0,22	0,637	0,83 (0,39–1,78)
Донорство плазмы	$-1,47 \pm 0,50$	8,80	0,003	0,23 (0,13–0,74)
Количество донаций за 3 года	$0,05 \pm 0,01$	15,33	<0,001	1,06 (1,03–1,08)
Возраст (лет)	$-0,02 \pm 0,01$	4,01	0,045	0,98 (0,97–1,00)
Hb (г/л)	$-0,06 \pm 0,01$	46,70	<0,001	0,95 (0,93–0,96)
Константа	$7,62 \pm 1,21$	39,75	<0,001	–

Площадь под ROC-кривой (Area Under Curve – AUC), соответствующая взаимосвязи прогноза риска развития ДЖ и значения логистической регрессионной функции, составила $0,76 \pm 0,02$ (95% CI 0,73–0,80), $p < 0,001$. Оптимальное пороговое значение функции P в так называемой точке cut-off, вычисленное по методу Юдена, соответствовало величине 49,6%. При $P \geq 49,6\%$ можно сделать вывод о высокой вероятности развития ДЖ у донора, при $P < 49,6\%$ – о низком риске его возникновения.

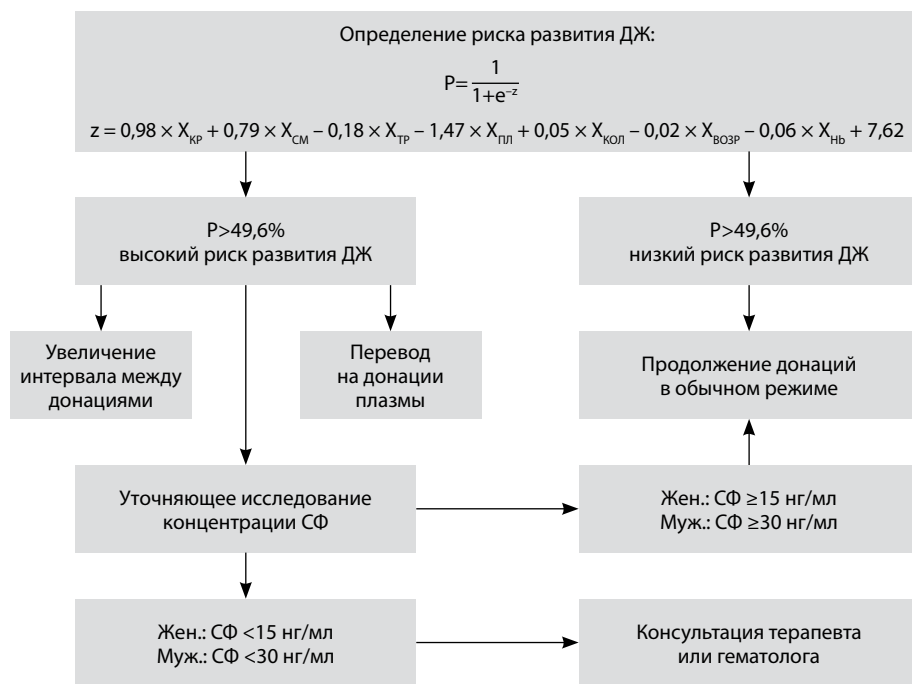


Рис. 2. Алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций
Fig. 2. An algorithm for predicting iron deficiency in regular donors of blood and its components with different types of donations

Данный метод обладает чувствительностью 71,3% и специфичностью 70,2%, его диагностическая эффективность составляет 70,7%.

Проверку прогностической точности модели выполнили на тестовой выборке, включающей 40 доноров, данные которых не использовались в ее разработке. Чувствительность модели подтверждена и соответствует 73,7%. На данный способ прогнозирования возникновения ДЖ у регулярных доноров крови и ее компонентов получен патент на изобретение № 2835749 от 03.03.2025 [16].

На основании прогностической модели и оптимального порогового значения определения риска возникновения ДЖ разработали алгоритм его прогнозирования у регулярных доноров крови и ее компонентов с разными видами донаций (рис. 2). Данный алгоритм может быть использован на этапе клиничко-лабораторного обследования доноров для предупреждения развития у них ЖДС. В случае определения по формуле высокой вероятности возникновения ДЖ ($P \geq 49,6\%$) следует принять меры по его профилактике: увеличить интервал между донациями или, при желании донора, перевести на донации плазмы, которые, по нашим данным, не приводят к значительному уменьшению запасов железа. По возможности рекомендуется провести уточняющее определение содержания СФ для установления железодефицита. Нижняя граница референсного диапазона концентраций СФ, установленной нами с помощью иммунорадиометрического метода, а также рекомендуемого



производителями иммунохимических тестов, у мужчин составляет 30,0 нг/мл, у женщин – 15,0 нг/мл [17, 18]. При выявлении сниженных значений этого параметра для адекватного и более быстрого восстановления запасов железа в организме рекомендовать донорам обратиться за консультацией к терапевту или гематологу. Кроме того, для сохранения положительного отношения и приверженности этих лиц регулярному донорству необходимо объяснить причины возникновения недостатка микроэлемента и способы его восполнения, обосновать принятие мер по предотвращению и устранению ДЖ с целью мотивации к последующим донациям без нанесения ущерба здоровью доноров.

■ ВЫВОДЫ

1. Значимыми факторами, связанными с развитием дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов, являются вид выполненных донаций, а именно эксфузии цельной крови и смешанное донорство, их количество за последние 3 года, более молодой возраст доноров и более низкие концентрации гемоглобина.
2. Предложена прогностическая модель, позволяющая рассчитать вероятность возникновения дефицита железа у различных категорий доноров, вычислено оптимальное пороговое значение для определения риска его развития.
3. Научно обоснован алгоритм прогнозирования дефицита железа у регулярных доноров крови и ее компонентов при разных видах донорства.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Rogachevsky O.V., Zhiburt E.B., Chemodanov I.G., et al. Iron deficiency anemia in blood donors. *Clinical pharmacology and therapy*. 2018;3(27):4–9. (In Russian)
2. Grishina G.V., Krobinets I.I., Kasyanov A.D., et al. Detection and prevention of iron deficiency in blood (blood component) donors. *Medicine of extreme situations*. 2023;4(25):168–173. doi:10.47183/mes.2023.055 (In Russian)
3. Zaytseva G.A., Kovtunova M.E., Isaeva N.V., et al. (2015) *Medical and social characteristics of donor personnel: a teaching aid*. Kirov. (In Russian)
4. Clement M., Shehu E., Chandler T. The impact of temporary deferrals on future blood donation behavior across the donor life cycle. *Transfusion*. 2021;6(61):1799–1808. doi: 10.1111/trf.16387
5. Spekman M.L.C., van Tilburg T.G., Merz E.M. Do deferred donors continue their donations? A large-scale register study on whole blood donor return in the Netherlands. *Transfusion*. 2019;12(59):3657–3665. doi: 10.1111/trf.15551
6. Garcia-Casal M.N., Peña-Rosas J.P., Urrechaga E., et al. Performance and comparability of laboratory methods for measuring ferritin concentrations in human serum or plasma: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2018;13(5):e0196576. doi: 10.1371/journal.pone.0196576
7. AABB. Updated Strategies to Limit or Prevent Iron Deficiency in Blood Donors, 2017. Available at: https://www.aabb.org/docs/default-source/default-document-library/resources/association-bulletins/ab17-02-revised.pdf?sfvrsn=d7e2bfe8_8
8. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Analysis of quantitative data in two independent samples using Statistica and SPSS software: parametric and non-parametric tests. *Science and healthcare*. 2016;2:5–28. (In Russian)
9. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Analysis of nominal and ordinal data using Statistica and SPSS software. *Science and healthcare*. 2016;6:5–39. (In Russian)
10. Kovalev A.A., Kuznetsov B.K., Yatchenko A.A., et al. Assessment of the quality of a binary classifier in research. *Health and Ecology Issues*. 2020;4(66):105–113. (In Russian)
11. Belyaev A.M., Mikhlin A.E., Rogachev M.V. (2023) *ROC-analysis and logistic regression in MedCalc: a tutorial for doctors and students in the system of higher and additional education*. St. Petersburg. (In Russian)
12. Grijbovski A.M., Gvozdeckii A.N. Interpretation of and alternatives to p-values in biomedical sciences. *Human ecology*. 2022;29(3):209–218. doi:10.17816/humeco97249 (In Russian)
13. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated October 28, 2020 No. 1166n "On approval of the procedure for donors to undergo a medical examination and a list of medical contraindications (temporary and permanent) for donating blood and (or) its components and the period of exemption to which a person is subject, in the presence of temporary medical indications, from donating blood and (or) its components". (In Russian)
14. Moor Y.V., Khalzov K.V., Pospelova T.I. (2020) *Effective donation of blood and its components*. Novosibirsk: Science. (In Russian)
15. Gol'dinberg B.M., Karpenko F.N. Donor Activity as an Integral Indicator for Studying the Problems of Modern Blood Donation. *Hematology Transfusiology Eastern Europe*. 2025;4(11):506–518. doi: 10.34883/PI.2025.11.4.007 (In Russian)
16. Patent No. 2835749 Russian Federation. Method for predicting the risk of developing iron deficiency in donors of blood and its components: No. 2024118392: declared 02.07.2024: published 03.03.2025 / I.N. Danilova, M.E. Kovtunova, E.L. Nazarova, E.E. Sukhorukova, Ph.S. Sherstnev, A.L. Poptsov, T.V. Krivokorytova; applicant The Federal State Financed Scientific Institution Kirov Research Institute of Hematology and Blood Transfusion under the Federal Medical Biological Agency (In Russian).
17. Karpova M.V. *Characteristics of functional disorders in donors with temporary deferral due to a decrease in the level of hemoglobin in the blood: author's abstract*. dis. ... candidate of medical sciences: 14.01.21. St. Petersburg, 2012.
18. Ferritin, Gen. 4. Instructions for the reagent kit for in vitro diagnostics and quantitative determination of ferritin in human serum and plasma on Roche/Hitachi Cobas C analyzers. 2017-06, V 4.0. Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany; 2017.