

ВЫЯВЛЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОГО СОСТОЯНИЯ У ДОНОРОВ КРОВИ (КОМПОНЕНТОВ КРОВИ)

Г. В. Гришина [✉], И. И. Кробинец, А. Д. Касьянов, С. В. Сидоркевич

Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

Проблема дефицита железа среди доноров является актуальной и напрямую влияет на обеспечение гемокомпонентами службы крови. Доноры, являясь группой риска по развитию железодефицитного состояния, проходят обследование перед донацией, включающее исследование уровня гемоглобина. При этом отсутствует информация о состоянии запасов железа, при истощении которых развивается железодефицитная анемия. В свою очередь анемия является противопоказанием к донорству и, следовательно, приводит к медицинским отводам от донации. Целью исследования было оценить основные показатели обмена железа у доноров крови и (или) компонентов крови, подверженных риску развития латентного железодефицита. Обследование 174 доноров включало гемограмму, оценку уровня гемоглобина, сывороточного ферритина (СФ), трансферрина, растворимых рецепторов трансферрина. При оценке интенсивности изменений показателей запасного и транспортного железа были проанализированы 228 отклонений от референтного диапазона. Критерием риска развития железодефицитного состояния были значения гемоглобина у нижней границы нормы (130–135 г/л у мужчин и 120–125 г/л у женщин) и пороговый уровень ферритина (30 мкг/л у доноров-мужчин и 20 мкг/л у женщин). В группу риска вошли 58,3% молодых доноров-женщин, сдающих кровь 1–2 раза в течение года ($p < 0,01$) и 66,6%, ($p < 0,01$) доноров-мужчин, сдающих кровь регулярно в течение четырех и более лет. Средний показатель ферритина у доноров-мужчин — 27,37 мкг/л ($p < 0,02$) был ниже референсных значений. Сделан вывод о целесообразности оценки показателей обмена железа у доноров в случае пограничного уровня гемоглобина, у женщин репродуктивного возраста после 2 донации крови и мужчин с числом донаций ≥ 10 . Для восполнения депо железа в организме при выявлении железодефицита у доноров необходимо рассматривать вопрос о профилактике.

Ключевые слова: железодефицит, донация, риск, ферритин, транспортное железо

Финансирование: работа выполнена в рамках выполнения НИР по Гос. заданию.

Благодарности: авторы выражают благодарность сотрудникам Центра лабораторных исследований клиники Российского НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России за лабораторную поддержку.

Вклад авторов: равнозначный.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России (протокол № 61 от 22 декабря 2022 г.); все участники исследования подписали добровольное информированное согласие на забор образцов крови и дальнейший анализ.

✉ **Для корреспонденции:** Галина Викторовна Гришина, 2-я Советская ул., д. 16, г. Санкт-Петербург, 191024, Россия; reger201309@mail.ru

Статья получена: 09.11.2023 **Статья принята к печати:** 15.12.2023 **Опубликована онлайн:** 28.12.2023

DOI: 10.47183/mes.2023.055

DETECTION AND PREVENTION OF IRON DEFICIENCY IN DONORS OF BLOOD (BLOOD COMPONENTS)

Grishina GV [✉], Krobinets II, Kasyanov AD, Sidorkevich SV

Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, St. Petersburg, Russia

The problem of iron deficiency among donors is relevant and directly affects the provision of hemocomponents to the blood service. Donors, being a risk group for the development of iron deficiency, are examined before donation, including a study of hemoglobin levels. However, there is no information about the state of iron stores, when depleted, iron deficiency anemia develops. In turn, anemia is a contraindication to donation and, therefore, leads to medical exemptions from donation. The purpose of the study was to evaluate the main indicators of iron metabolism in donors of blood and (or) blood components at risk of developing latent iron deficiency. The examination of 174 donors included a hemogram, assessment of the level of hemoglobin, serum ferritin (SF), transferrin, and soluble transferrin receptors. When assessing the intensity of changes in reserve and transport iron indicators, 228 deviations from the reference range were analyzed. The criterion for the risk of developing iron deficiency was hemoglobin values at the lower limit of normal (130–135 g/l in men and 120–125 g/l in women) and the threshold level of ferritin (30 $\mu\text{g/l}$ in male donors and 20 $\mu\text{g/l}$ in women). The risk group included 58.3% of young donors — women who donate blood 1–2 times during the year ($p < 0.01$) and 66.6% ($p < 0.01$) of donors — men who donate blood regularly throughout 4 and > years. The average ferritin level in male donors was 27.37 $\mu\text{g/l}$ ($p < 0.02$) and lower than the reference values. It is concluded that it is advisable to assess the indicators of iron metabolism in donors in the case of borderline hemoglobin levels, in women of reproductive age after 2 blood donations and in men with the number of donations ≥ 10 . To replenish the iron depot in the body, when iron deficiency is detected in donors, it is necessary to consider the issue of prevention.

Keywords: iron deficiency, donation, risk, ferritin, transport iron

Funding: the work was carried out as part of the research effort under the State Assignment.

Acknowledgements: the authors express gratitude to the staff of the Center for Laboratory Research of the Clinic of the Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia for laboratory support.

Author contribution: Concept and Design: all authors.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the ethics committee of the Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia (Minutes № 61 of December 22, 2022); all study participants-donors signed a voluntary informed consent for blood sampling and further analysis.

✉ **Correspondence should be addressed:** Galina V. Grishina, 2 Sovetskaya, 16, St. Petersburg, 191024, Russia, reger201309@mail.ru

Received: 09.11.2023 **Accepted:** 15.12.2023 **Published online:** 28.12.2023

DOI: 10.47183/mes.2023.055

Потери железа при каждой донации крови могут способствовать развитию латентного железодефицита (ЛДЖ) у повторных доноров, особенно женщин. Прогрессирование железодефицита приводит к развитию железодефицитной анемии, которая в дальнейшем становится причиной временного отвода донора от донаций [1–6]. Железодефицит может сопровождаться такими симптомами, как слабость, рассеянность, сонливость, чувство усталости, вкусовые нарушения, сухость кожи, усиление выпадения волос, ломкость и деформация ногтевых пластин, нарушения со стороны желудочно-кишечного тракта, у женщин — нарушение менструальной функции и т. д. Известно, что не только взятие цельной крови сопровождается потерей железа. Процедуры афереза вызывают повреждение эритроцитов, возвращаемых обратно в кровяное русло [7]. Так, при донации тромбоцитов методом афереза доноры теряют до 100 мл крови, что вызывает риск развития железодефицита. Большинство показателей (гемоглобин, гематокрит, трансферрин, насыщение трансферрина и ферритин) были значительно ниже исходных значений [8]. С увеличением интервалов между донациями процент доноров с железодефицитом уменьшился [9]. Уровень железа снижается при повышении частоты аферезов [10]. Отметим, что лишь у 0,14–0,8% доноров-мужчин после донации развивается железодефицитная анемия. Тогда как для доноров-женщин этот показатель на порядок выше и равен 1,7–17,4%. Донация дозы цельной крови в объеме $450 \pm 10\%$ мл приводит к падению содержания гемоглобина у донора на 3,5–14 г/л от исходного уровня. При этом вместе с гемоглобином теряется около 200–250 мг железа, что составляет около 5–6% всего запаса железа, содержащегося в организме [11]. Максимальное снижение уровня гемоглобина происходит на 5-й день после донации, а затем гемоглобин постепенно повышается, достигая в большинстве случаев нормального показателя в среднем к 30-му дню. Для синтеза новых молекул гемоглобина организм здорового донора использует имеющийся запас железа. Учитывая стадийное развитие дефицита железа, ВОЗ рекомендует определение концентрации ферритина одновременно с уровнем гемоглобина [11,12] для диагностики дефицита железа у внешне здоровых людей, так как при отсутствии воспаления концентрация ферритина в плазме/сыворотке крови положительно коррелирует с общими запасами железа в организме [13–15]. На стадии латентного дефицита железа в организме более выражены изменения сывороточного ферритина (СФ) в лабораторных показателях. Регистрируются не только истощение запасов железа в депо — понижение концентрации ферритина сыворотки, но и снижение содержания железа в сыворотке и белках-переносчиках. Снижение концентрации сывороточного ферритина ниже 15 мкг/л у взрослых (с поправкой ниже 30 мкг/л) и 70 мкг/л у взрослых с воспалительными заболеваниями означает неизбежное снижение концентрации гемоглобина в последующем [12].

К настоящему моменту опубликовано много работ, отражающих результаты скрининга сывороточного ферритина у доноров, но наибольший интерес представляют ретроспективные исследования за период 10 и более лет. Среди доноров с высокой частотой донаций снижение концентрации сывороточного ферритина наблюдали у 9,4% мужчин и 25,7% женщин, а увеличение интервала донаций до 6 месяцев у мужчин и 8 месяцев у женщин приводит к снижению риска

развития железодефицитных состояний [15]. При этом авторы оценивают формирование дефицита железа в зависимости от пола, возраста, менопаузы, количества и частоты донаций только у доноров цельной крови, но не оценивают данные показатели у доноров тромбоцитов. Таким образом, в связи с увеличением объемов оказания высокоспециализированной медицинской помощи и, как следствие, заготовки цельной крови и концентрата тромбоцитов представляется актуальным оценить влияние вида донации (включая смешанные донации), частоты донаций, возраста, пола и донорского стажа на показатели обмена железа.

Цель исследования — оценить основные показатели обмена железа у доноров крови и (или) компонентов крови, подверженных риску развития латентного железодефицита.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 174 донора крови и компонентов крови (101 мужчина и 73 женщины) в возрасте 19–62 лет (медиана — 35 лет). Критерии включения: возраст донора ≥ 18 лет; вес — более 50 кг; готовность подписать форму информированного согласия (ФИС); а также отказ от участия в других клинических исследованиях. Для исследования обмена железа у доноров были сформировано шесть групп в зависимости от длительности донорского стажа, частоты донаций, вида донаций (кровь, тромбоциты, смешанные донации — регулярно сдающие цельную кровь, плазму и тромбоциты в течение четырех и более лет). Каждую группу, в свою очередь, делили по полу и возрасту. Доноров распределяли в три возрастные группы: до 25 лет (студенты), от 25 до 45 лет (регулярные доноры, средняя группа) и старше 45 лет (кадровые доноры). Отдельно выделяли группу из 130 доноров крови для определения влияния числа донаций на организм донора. Комплектование и обследование доноров проводили в соответствии с требованиями нормативных документов. Критерии исключения из исследования: наличие временных или постоянных противопоказаний к донорству крови, установленных в день предполагаемой донации согласно нормативным документам [16]. В работе применяли гематологические, биохимические и статистические методы исследования. Для определения состояния обмена железа применяли комплект реагентов (Coulter LH Series Retic PAK Reagent Kit; US), (Roche Diagnostics GmgH; Германия). Показатели гемограммы оценивали на гематологическом анализаторе Medonic M-Seris (Boule Medical AB; Швеция) с использованием медицинских изделий, зарегистрированных в установленном порядке (пробирки вакуумные S-Monovette 2,6 мл K2ЭДТА с этикеткой REF 04.1901.001 (Sarsted AG Co.KG; Германия); микропробирки 1,5 мл, Sarsted, типа эппендорф, 39*10,8 мм PP градуировка, нейтральная с Safety cap (Sarsted AG Co.KG; Германия). Для оценки запасов железа в организме доноров иммунотурбидиметрическим методом исследовали уровень СФ. Анализ транспортного железа проводили на основании определения сывороточного железа (СЖ), трансферрина (СТ), общей и ненасыщенной железосвязывающей способности сыворотки крови (ОЖСС, НЖСС) и расчетного показателя — коэффициента насыщения трансферрина железом (КНТ). Исследования проводили на автоматическом биохимическом анализаторе Cobas Integra 400 plus (Roche Diagnostics; Швейцария). На автоматическом иммунохимическом анализаторе

Таблица 1. Факторы развития латентного дефицита железа у разных групп доноров крови (компонентов крови)

Фактор риска латентного железодефицита	HGB, пограничный сниженный	СФ норма	СФ ↓ ЛЖД	СЖ ↓	СТ ↑	ОЖСС ↑	КНТ↓	рТфР ↑	Всего отклонений
Отклонения от референтных значений	30 (17,2%)	103 59,2%	71 (40,8%)	25	10	41	36	15	228
<i>ВИД донации:</i>									
Первичные	4	26	3	2	–	–	2	–	11
Донации 1–2 раза в течение года	5	13	11 (45,8%)	4	1	7	7	3	38
Регулярные, сдающие 3 года	4	10	5 (33,3%)	2	3	9	5	2	30
Регулярные, сдающие 4 и более лет	10	21	30 (58,8%)	9	3	14	12	8	86
Смешанные донации	3	13	6 (31,6%)	4	1	4	5	–	23
Доноры ТАФ	4	20	16 (44,4%)	4	2	7	5	2	40
<i>Пол доноров:</i>									
Мужчины	10 (26,3%)	62	39 (38,6%)	14	7	22	21	9	122
Женщины	20 (66,7%)	41	32 (43,8%)	11	3	19	15	6	106
<i>Возраст доноров:</i>									
Младше 25 лет	8	21	14 (40,0%)	6	1	8	10	2	49
От 25 до 45 лет	18	61	46 (43,0%)	10	5	23	18	9	129
Старше 45 лет	4	21	11 (34,4%)	9	4	10	8	4	50

(Beckman Coulter LH Series; Coult USA company; USA) иммуноферментным методом определяли растворимые трансферриновые рецепторы (рТфР). Статистический анализ выполнен с использованием программы SPSS 24.0 (Dell; USA). Полученные результаты данных представлены в виде медианы, первого и третьего квартиля. Для оценки значимости параметров между группами использовали критерий Манна–Уитни. Оценку внутригрупповых различий проводили с помощью попарных сравнений критерием Уилкоксона. Статистически значимыми считали различия, когда вероятность ошибки составляла не более 0,05 ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами установлено, что у обследованных 174 доноров, разделенных на шесть групп в зависимости от вида, частоты донаций, пола и возраста, данные по гемограмме практически не отличались от референтных значений. При оценке интенсивности изменений показателей запасного и транспортного железа были проанализированы 228 отклонений от референтного диапазона (табл. 1).

Сравнительный анализ результатов изучения основных показателей метаболизма железа у обследованных доноров показал, что уровень ферритина — наиболее

информативный показатель. Содержание ферритина ниже референтных значений выявлено у доноров всех групп, за исключением первичных доноров–мужчин (рисунок).

Среди 101 обследованных мужчин снижение уровня ферритина ниже референтных значений выявлено у 39 человек (38,6%). Из 73 обследованных женщин истощение запасов железа отмечено у 32 человек (43,8%). Уровень ферритина, характеризующий отсутствие запасов железа в организме (меньше 12–15 мкг/л), наблюдали у 14 доноров-мужчин (13,9%) и 19 доноров-женщин (26%).

Пограничные значения гемоглобина выявлены у 19,8% регулярных доноров крови и ее компонентов ($n = 174$), лишь у трех женщин (1,7%) из разных групп его концентрация составила 119 г/л. У доноров со значениями гемоглобина у нижней границы нормы (130 г/л у мужчин и 120 г/л у женщин), с отклонениями 3–6 г/л и у доноров тромбоцитафереза (ТАФ), часто имеется склонность к истощению запасов железа при продолжающихся последующих донациях, следовательно, к риску развития латентного железодефицита [13]. Значения гемоглобина у нижней границы нормы в сочетании с уменьшением уровня СФ из 71 донора выявлены у 30 человек (42,2%). Пограничные значения гемоглобина и пороговые значения ферритина (30 мкг/л у доноров-мужчин и 20 мкг/л

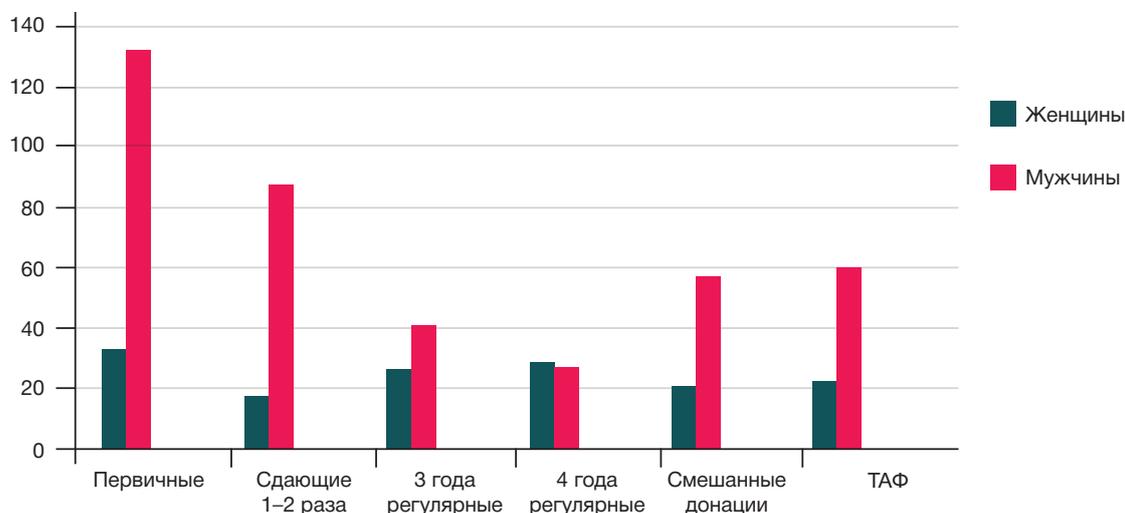


Рис. Уровень сывороточного ферритина (мкг/л) у доноров исследуемых групп

Таблица 2. Критерии риска развития латентного дефицита железа у разных групп доноров крови (компонентов крови) (M ± SD)

Показатель	Первичные (контроль)	Сдающие 1–2 раза в год	Регулярные 3 года	Регулярные 4 года и >	Смешанные донации	ТАФ
Женщины	n = 14	n = 12	n = 6	n = 24	n = 6	n = 11
Ферритин, мкг/л	33,3 ± 4,5 (9,3–65,9)	17,38 ± 3,2* (3,5–37,2) p = 0,0042*	26,8 ± 5,4 (14,5–47,8)	28,9 ± 3,5 (9,00–77,4)	20,3 ± 5,1* (2,4–34,3) p = 0,007*	22,8 ± 5,13 (9,6–55,3)
HGB, г/л	131,2 ± 1,9 (120–144)	131,1 ± 2,8 (121–150)	133,0 ± 4,6 (117–146)	130,9 ± 1,8 (119–153)	132,2 ± 3,9 (121–145)	128,7 ± 2,3 (121–132)
Мужчины	n = 15	n = 12	n = 9	n = 27	n = 13	n = 25
Ферритин, мкг/л	132,3 ± 24,5 (33,3–379,0)	88,2 ± 34,0 (8,5–296,0)	41,7 ± 9,9 (13,0–101,8)	27,37 ± 3,02* (7,2–72,0) p = 0,0014*	57,8 ± 8,9 (14,8–122,0)	60,9 ± 8,77 (5,8–177,9)
HGB, г/л	154,3 ± 3,83 (128–168)	148,7 ± 2,8 (132–164)	142,9 ± 4,1 (130–167)	146,5 ± 1,9 (132–170)	150,6 ± 2,3 (134–163)	147,7 ± 1,53 (128–158)

Примечание: * p < 0,01 — достоверность различий с группой первичных доноров.

у женщин) являлись критериями риска развития железодефицита (табл. 2).

В группу риска развития железодефицитного состояния вошли 58,3% молодых доноров-женщин, сдающих кровь 1–2 раза в течение года, и 54,4% доноров-женщин, сдающих тромбоциты методом афереза (табл. 3). Риск раннего развития латентного железодефицита выявлен в группе доноров-мужчин (66,6%) и женщин (50%), сдающих кровь регулярно в течение четырех и более лет. Средний показатель ферритина у доноров-мужчин составил 27,37 мкг/л, что ниже референсных значений (30,0 мкг/л).

Для выявления влияния числа донаций на развитие железодефицитного состояния были проанализированы показатели обмена железа у 130 доноров крови. В контрольной группе (первичные доноры, 28 человек) уже при первой донации у трех из обследованных доноров-женщин отмечено снижение концентрации СФ. После второй донации крови у доноров-женщин (n = 11) установлено повышение уровней рТфР (4,28 ± 0,26 г/л), НЖСС и ОЖСС при значимом снижении концентрации ферритина (17,38 ± 3,2 мкг/л). Причиной данного факта могут быть существенные изменения в показателях обмена железа, происходящие в первый год донорства, которые наиболее выражены у доноров-женщин. Известно, что запасов железа в организме женщин меньше (35–40 мг/кг), чем у мужчин (50 мг/кг массы тела) [17]. В последующем после третьей донации крови отмечено прогрессирующее снижение концентрации СФ у доноров-мужчин при сопутствующем повышении уровней рТфР и НЖСС. Установлено, что запасы железа по мере увеличения числа донаций постепенно уменьшаются, что особенно

заметно по концентрации СФ у мужчин. Исследования показали значимое снижение СФ (28,1 ± 4,4 мкг/л; n = 28) ниже референсных значений (30,0–400,0 мкг/л) у доноров-мужчин после десяти донаций крови. Изменения менее выражены у доноров-женщин, что, вероятно, связано с увеличением промежутка между донациями. Выявлено уменьшение концентрации СФ уже после второй донации крови с последующим его значимым снижением ниже референсного диапазона, что служит основанием для определения СФ при обследовании доноров после второй и каждой десятой донации крови. Следовательно, влияние на метаболизм железа у доноров оказывали пограничные допустимые цифры гемоглобина и (или) гематокрита перед донацией крови или тромбоцитов (↓ у 30 человек), число донаций (от 6 до 10) [13] и длительность донорского стажа (3–4 года). Истощение запасов железа выявлено в группе молодых доноров-женщин между второй и шестой донациями и у доноров-мужчин с 10-й и более донациями.

Таким образом, для своевременной диагностики нарушений обмена железа у доноров необходим периодический контроль уровня СФ, в том числе при нормальном содержании гемоглобина в крови. Причиной железодефицита у доноров крови и ее компонентов считается потеря при каждой кроводаче определенного количества железа и его медленное восстановление из поступающей в организм пищи [18]. При донациях донорам для восполнения депо железа в организме при выявлении железодефицита необходимо рассматривать вопрос о его профилактике. Наличие признаков ЛДЖ послужит основанием для профилактических мероприятий и, при необходимости, увеличения

Таблица 3. Группы доноров крови и (или) ее компонентов, наиболее подверженные риску развития железодефицита

Группы доноров крови и (или) ее компонентов	Лабораторный показатель
Регулярные доноры-мужчины Стаж: ≥ 3 года Возрастная группа: < 25 лет и старше 45	Число донаций ≥ 6 HGB > 130 г/л СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л; СФ ≤ 29,0 мкг/л
Регулярные доноры-мужчины Стаж: ≥ 4 года Возрастная группа: 25–45 лет	HGB > 130 г/л Число донаций ≥ 10 СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л; СФ ≤ 29,0 мкг/л
Доноры-женщины, сдающие кровь 1–2 раза в год Возрастная группа: 18–25 лет	Число донаций ≥ 2 HGB > 120 г/л СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л; СФ ≤ 20,0 мкг/л
Доноры-женщины смешанных донаций Возрастная группа: 18–25 лет	Число донаций ≥ 6 HGB > 120 г/л СЖ ≤ 12,0 мкмоль/л; СФ ≤ 19,0 мкг/л
Доноры-женщины тромбоцитафереза Возрастная группа: старше 45 лет	Количество донаций ≥ 10 HGB > 120 г/л СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л; СФ ≤ 19,0 мкг/л

Таблица 4. Профилактические мероприятия для снижения риска железодефицита

Доноры с риском развития ЛДЖ	Стратегия снижения риска развития железодефицита у доноров
<p>Доноры возрастной группы < 25 лет</p> <p>Доноры с частыми донациями (> 3 раз в год для мужчин и > 2 раз в год для женщин)</p> <p>Доноры со значениями гемоглобина, близкими к нижней границе нормы (в пределах 135 г/л для мужчин и 125 г/л для женщин)</p> <p>Доноры со значениями ферритина ниже референтного диапазона у женщин ≤ 20, у мужчин ≤ 30 мкг/л</p>	<p>1. Увеличение интервала между донациями (например, ≥ 6 месяцев, если не принимает препараты железа)</p> <p>2. Измерение ферритина как основа для мотивации доноров к самостоятельному увеличению интервалов между донациями или рекомендации приема препаратов железа</p>

промежутков между донациями, что будет способствовать сохранению донороспособности. В табл. 4 представлены профилактические мероприятия для снижения риска развития ЛДЖ.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Железодефицитное состояние является серьезной угрозой для донорского потенциала. Согласно полученным данным, скрытый железодефицит у доноров обусловлен длительностью донорского стажа и короткими интервалами между донациями. Для сохранения донорского потенциала имеет место обследование доноров на предмет истощения запасов железа. В качестве маркеров возможно использование как общепринятого ферритина, так и альтернативных показателей обмена железа (уровень трансферрина, растворимых рецепторов трансферрина). Измерение концентрации СФ необходимо всем донорам в случае пограничного уровня гемоглобина, женщинам-донорам репродуктивного возраста после второй донации крови и мужчинам с числом донаций \geq десяти. Коррекция причин, лежащих в основе дефицита железа, и устранение дефицита железа в крови и тканях — основные принципы лечения ЛДЖ [14, 15].

По нашим данным, снижение концентрации СФ у доноров ниже референтного диапазона требует коррекции данного показателя за счет увеличения интервала между донациями и приема препаратов железа. Однако такая тактика может привести к снижению запасов компонентов донорской крови на станциях переливания крови (банках крови). Так, увеличение интервала между донациями привело к снижению запасов донорской крови в первый год на 8%, но через пять лет этот показатель составил уже 4,7% [19]. Число доноров с дефицитом железа и анемией при этом снизилось на 13,6% и 29,3% соответственно. Эта тактика оказала небольшое влияние на запасы крови ($-3,2\%$ через 5 лет). На наш взгляд, такой подход имеет долгосрочный прогноз и позволит через 10 лет не только вернуться к исходным показателям запасов донорской крови, но и увеличить их, а также повысить качество эритроцитсодержащих компонентов.

Следовательно, целесообразно динамическое наблюдение за донорами с увеличением числа донаций крови в год по ряду необходимых параметров обмена

железа с учетом пограничного гемоглобина и принятие решения об увеличении длительности интервала между донациями или об ограничении допустимого числа донаций в год.

С увеличением донорского стажа после четырех и более лет частота выявляемости ЛДЖ в группе обследованных доноров нарастает, что делает необходимым профилактику дефицита железа в целях сохранения здоровья доноров. Проблема дефицита железа — прежде всего проблема питания, поэтому первичная профилактика ЖДС и латентного дефицита железа — это адекватное, сбалансированное питание человека в любом возрасте. Важно проводить диагностику дефицита железа, даже при отсутствии клинических проявлений, информировать донора о его последствиях и подбирать оптимальный для каждого конкретного случая лекарственный препарат, применяя идеи персонализированного подхода [20, 21]. Необходимо разработка новых программ рациональной диагностики и профилактики железодефицитных состояний с использованием лекарственных препаратов, обладающих высокой эффективностью, хорошей переносимостью, позволяющие восполнить запасы железа при ЛДЖ. Разработка профилактических мероприятий для истощенных запасов железа позволит сохранить здоровье доноров и снизить частоту отводов их от донаций при повторных сдачах крови, тем самым, сохранить донорский потенциал.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования подтверждают необходимость комплексной оценки обмена железа при первичном медицинском освидетельствовании доноров для допуска к донациям крови и ее компонентов с целью выявления скрытого дефицита железа и сохранения их здоровья. Важнейшим аспектом является своевременное выявление скрытых признаков дефицита железа, факторов риска развития анемии. Для доноров с многократными кроводачами требуется также оценка процессов обмена железа, так как частота выявляемости ЛДЖ нарастает. В связи с актуальностью проблемы дефицита железа у доноров, наряду с оценкой уровня гемоглобина, внедрение исследования сывороточного ферритина в широкую практику донорства будет иметь большое профилактическое значение.

Литература

- Лукина Е. А., Цветаева Н. В., Двирнык В. Н., Румянцев А. Г., Масчан А. А., Чернов В. М. и др. Железодефицитная анемия — 2021–2022–2023: клинические рекомендации. 2021. Доступно по ссылке: <https://gbpokachi.ru/upload/medialibrary/81b/hmct9ew0cod31zwygy2y2skydhvgn4gk.pdf>.
- Fillet A-M, Gross S. Prevention of anemia in blood donors. *Transfus Clin Biol*. 2017; 24 (3): 143–47.
- Стуклов Н. И., Митченкова А. А. Анемия и дефицит железа. Глобальные проблемы и алгоритмы решений. *Терапия*. 2018; 24 (6): 147–55.

4. Рогачевский О. В., Жибурт Е. Б., Чемоданов И. Г., Моисеев С. В. Железодефицитная анемия у доноров крови. Клиническая фармакология и терапия. 2018; 27 (3): 4–9.
5. Мартынов А. И., Гороховская Г. Н., Юн В. Л., Васюк Ю. А., Николин О. П., Петина М. М. и др. Современный взгляд на проблему дефицита железа. Поликлиника. 2022; 6 (2): 16–20.
6. Данилова И. Н., Ковтунова М. Е., Сухорукова Э. Е., Шерстнев Ф. С., Кривокорытова Т. В. Риск развития дефицита железа у доноров крови и ее компонентов. Трансфузиология. 2022; 23 (S2): 22–23.
7. Condon F, Li H, Kessler D, et al. Evidence of relative iron deficiency in apheresis platelet donors correlates with donation frequency. *Blood*. 2013; 22 (21): 155.
8. Macher S, Sipurzynski-Budraß S, Roskopf K, Semmelrock M, et al. Influence of multicomponent apheresis on donors' haematological and coagulation parameters, iron storage and platelet function. *Vox Sang*. 2012; 103 (3): 194–200.
9. Page EA, Coppock JE, Harrison JF. Study of iron stores in regular plateletpheresis donors. *Transfus Med*. 2010; 20: 22–29.
10. Ma CH, Guo R, Wu W, Yan J-X, Yu J-L, Zhu Y-H, et al. Serum ferritin in donors with regular plateletpheresis. *Zhongguo Shi Yan Ye Xue Za Zhi*. 2011; 19 (2): 508–10.
11. Попович М. Ю. Железодефицитная анемия: оценка статуса железа в организме по уровню сывороточного ферритина с учетом рекомендаций ВОЗ (2020). Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа. 2020; 6 (4): 479–88.
12. WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. Geneva: World Health Organization, 2020.
13. Гришина Г. В., Касьянов А. Д., Ласточкина Д. В., Кробинец И. И. Влияние количества донаций на содержание ферритина в организме донора. Вестник гематологии. 2023; 19 (4): 24–29.
14. Четчин А. В., Данильченко В. В., Пlockий Р. А. Проблема железодефицита у доноров крови и пути ее решения. Трансфузиология. 2020; 21 (2) : 129–45.
15. Gestsdottir E, Magnusson MK, Lund SH, et al. Monitoring iron stores in Icelandic blood donors from 1997 through 2019. *Transfus Med*. 2022; 32 (2): 128–34.
16. Об утверждении порядка прохождения донорами медицинского обследования и перечня медицинских противопоказаний (временных и постоянных) для сдачи крови и (или) ее компонентов и сроков отвода, которому подлежит лицо при наличии временных медицинских показаний, от донорства крови и (или) ее компонентов. Приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.10.2020 г. № 1166н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 26.11.2020 г., регистрационный № 61104). Доступно по ссылке: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011260032>.
17. Brittenham G. Pathophysiology of iron homeostasis. *Hematology: basic principles and practice*. Philadelphia: Elsevier, 2018; 6 (35): 468–77.
18. Круглов Д. С. Лекарственные средства применяемые для профилактики и лечения железодефицитных состояний. Научное обозрение. Медицинские науки. 2017; 4: 26–41.
19. Richard P, Fillet A-M, Malard L, Leclerc C, Chanut C, Woimant G, et al. Impact of donor ferritin testing on iron deficiency prevention and blood availability in France: A cohort simulation study. *Vox Sang*. 2023; 118: 24–32.
20. Sweegers MG, Zalpuri S, Quee FA, Huis EMJ, Prinsze FJ, Hoogendijk EO, et al. Ferritin measurement in Donors-Effectiveness of iron Monitoring to diminish iron deficiency and low haemoglobin in whole blood donors (FIND'EM): study protocol for a stepped wedge cluster randomised trial. *Trials*. 2020; 21 (1): 823.
21. Al-Nasim A, Sallam A, Chowdhury S, Thachil J. Iron deficiency without anaemia: a diagnosis that matters. *Clin Med (Lond)*. 2021; 21 (2): 107–13.

References

1. Lukina EA, Cvetaeva NV, Dvirnyk VN, Rumjancev AG, Maschan AA, Chernov VM, i dr. Zhelezodeficitnaja anemija — 2021–2022–2023: klinicheskie rekomendacii. 2021. Dostupno po ssylke: <https://gbpokachi.ru/upload/medialibrary/81b/hmct9ew0cod31z wgy2y2skydhvgcn4gk.pdf>. Russian.
2. Fillet A-M, Gross S. Prevention of anemia in blood donors. *Transfus Clin Biol*. 2017; 24 (3): 143–47.
3. Stuklov NI, Mitchenkova AA. Anemija i deficit zheleza. *Global'nye problemy i algoritmy reshenij. Terapija*. 2018; 24 (6): 147–55. Russian.
4. Rogachevskij OV, Zhiburt EB, Chemodanov IG, Moiseev SV. Zhelezodeficitnaja anemija u donorov krvi. *Klinicheskaja farmakologija i terapija*. 2018; 27 (3): 4–9. Russian.
5. Martynov AI, Gorohovskaja GN, Jun VL, Vasjuk JuA, Nikolin OP, Petina MM, i dr. Sovremennij vzgljad na problemu deficita zheleza. *Poliklinika*. 2022; 6 (2): 16–20. Russian.
6. Danilova IN, Kovtunova ME, Suhorukova JeE, Sherstnev FS, Krivokorytova TV. Risk razvitija deficita zheleza u donorov krvi i ee komponentov. *Transfuziologija*. 2022; 23 (S2): 22–23. Russian.
7. Condon F, Li H, Kessler D, et al. Evidence of relative iron deficiency in apheresis platelet donors correlates with donation frequency. *Blood*. 2013; 22 (21): 155.
8. Macher S, Sipurzynski-Budraß S, Roskopf K, Semmelrock M, et al. Influence of multicomponent apheresis on donors' haematological and coagulation parameters, iron storage and platelet function. *Vox Sang*. 2012; 103 (3): 194–200.
9. Page EA, Coppock JE, Harrison JF. Study of iron stores in regular plateletpheresis donors. *Transfus Med*. 2010; 20: 22–29.
10. Ma CH, Guo R, Wu W, Yan J-X, Yu J-L, Zhu Y-H, et al. Serum ferritin in donors with regular plateletpheresis. *Zhongguo Shi Yan Ye Xue Za Zhi*. 2011; 19 (2): 508–10.
11. Popovich MJu. Zhelezodeficitnaja anemija: ocenka statusa zheleza v organizme po urovnju sывороточного ферритина s uchetom rekomendacij VOZ (2020). *Gematologija. Transfuziologija. Vostochnaja Evropa*. 2020; 6 (4): 479–88. Russian.
12. WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. Geneva: World Health Organization, 2020.
13. Grishina GV, Kasjanov AD, Lastochkina DV, Krobinec II. Vlijanie kolichstva donacij na sodержание ferritina v organizme donora. *Vestnik gematologii*. 2023; 19 (4): 24–29. Russian.
14. Chechetkin AV, Danilchenko VV, Plockij RA. Problema zhelezodeficita u donorov krvi i puti ee reshenija. *Transfuziologija*. 2020; 21 (2) : 129–45. Russian.
15. Gestsdottir E, Magnusson MK, Lund SH, et al. Monitoring iron stores in Icelandic blood donors from 1997 through 2019. *Transfus Med*. 2022; 32 (2): 128–34.
16. Ob utverzhdenii porjadka prohozhenija donorami medicinskogo obsledovanija i perechnja medicinskih protivopokazanij (vremennyh i postojannyh) dlja sdachi krvi i (ili) ee komponentov i srokov otvoda, kotoromu podlezhit lico pri nalichii vremennyh medicinskih pokazanij, ot donorstva krvi i (ili) ee komponentov. Prikaz Ministerstva zdравоохранения Rossijskoj Federacii ot 28.10.2020 g. # 1166n (zaregistririvan Ministerstvom iusticii Rossijskoj Federacii 26.11.2020 g., registracionnyj # 61104). Dostupno po ssylke: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011260032>. Russian.
17. Brittenham G. Pathophysiology of iron homeostasis. *Hematology: basic principles and practice*. Philadelphia: Elsevier, 2018; 6 (35): 468–77.
18. Kруглов DS. Lekarstvennye sredstva primenjaemye dlja profilaktiki i lechenija zhelezodeficitnyh sostojanij. *Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki*. 2017; 4: 26–41. Russian.
19. Richard P, Fillet A-M, Malard L, Leclerc C, Chanut C, Woimant G, et al. Impact of donor ferritin testing on iron deficiency prevention and blood availability in France: A cohort simulation study. *Vox Sang*. 2023; 118: 24–32.
20. Sweegers MG, Zalpuri S, Quee FA, Huis EMJ, Prinsze FJ, Hoogendijk EO, et al. Ferritin measurement in Donors-Effectiveness of iron Monitoring to diminish iron deficiency and low haemoglobin in whole blood donors (FIND'EM): study protocol for a stepped wedge cluster randomised trial. *Trials*. 2020; 21 (1): 823.
21. Al-Nasim A, Sallam A, Chowdhury S, Thachil J. Iron deficiency without anaemia: a diagnosis that matters. *Clin Med (Lond)*. 2021; 21 (2): 107–13.