



Каменская Т.В.✉, Романчук И.А., Федуро Н.А., Карпенко Ф.Н., Гончарова Н.В.,
Рыженкова О.В.

Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских
биотехнологий, Минск, Беларусь

Двойной эритроцитаферез: перспективы внедрения в службе заготовки крови Республики Беларусь

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования – Романчук И.А., Каменская Т.В., Карпенко Ф.Н.; сбор и обработка материала – Романчук И.А., Каменская Т.В., Федуро Н.А., Гончарова Н.В., Рыженкова О.В.; написание текста – Каменская Т.В.; редактирование – Карпенко Ф.Н.

Подана: 05.04.2023

Принята: 16.05.2023

Контакты: kamenskaya@blood.by

Резюме

В статье проанализированы мировые тренды в заготовке эритроцитов автоматическим методом. Изучены перспективы внедрения метода двойного эритроцитафереза в Республике Беларусь с учетом уменьшения количества донаций цельной крови в период пандемии COVID-19. Обозначены проблемные вопросы, которые должны быть решены при внедрении метода двойного эритроцитафереза в Республике Беларусь. Изучено восстановление показателей общего анализа крови у доноров после донации двух доз эритроцитов.

Ключевые слова: двойной эритроцитаферез, мультикомпонентное донорство, обмен железа, общий анализ крови, нормативные правовые акты Республики Беларусь



Kamenskaya T., Romanchuk I., Feduro N., Karpenko F., Goncharova N., Ryzhenkova O.
Republican Scientific and Practical Center for Transfusiology and Medical
Biotechnologies, Minsk, Belarus

Double Red Blood Cell Apheresis: Prospects for Implementation in the Blood Collection Service of the Republic of Belarus

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design – Kamenskaya T., Romanchuk I., Karpenko F.; data collection and processing – Romanchuk I., Kamenskaya T., Feduro N., Goncharova N., Ryzhenkova O.; article writing – Kamenskaya T.; article editing – Karpenko F.

Submitted: 05.04.2023

Accepted: 16.05.2023

Contacts: kamenskaya@blood.by

Abstract

The article analyzes global trends in the automatic collection of red blood cells. The prospects for the introduction of the double red blood cell apheresis in the Republic of Belarus were studied, seeing the decrease in the number of whole blood donations during the COVID-19 pandemic. The problematic issues to be resolved to introduce the double red blood cell apheresis method in the Republic of Belarus are outlined. Changes of clinical blood test in donors after donation of two doses of erythrocytes was also studied.

Keywords: double red blood cell apheresis (2RBC apheresis), multicomponent donation, iron exchange, clinical blood test, legal acts of the Republic of Belarus

■ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в трансфузионной терапии применяется дифференцированный подход к использованию компонентов и препаратов крови. С помощью современных сепараторов клеток крови возможно селективное получение определенных компонентов крови непосредственно от доноров. Избирательная заготовка большого объема определенных компонентов крови от донора за относительно небольшой промежуток времени дает возможность решать такие задачи трансфузиологической службы, как своевременное обеспечение организаций здравоохранения качественными компонентами крови, повышение инфекционной и иммунологической безопасности трансфузий, стандартизация заготовленных компонентов крови и др. [1]. В Республике Беларусь данный подход успешно реализован для заготовки плазмы и тромбоцитов, однако технология селективной заготовки эритроцитов методом аппаратного афереза до настоящего времени не налажена.

В мире заготовка эритроцитов аппаратным методом применяется уже около 30 лет, причем одновременно с эритроцитами собираются либо тромбоциты, либо плазма, либо только эритроциты в количестве 2 доз. Такой подход оправдан как с экономической точки зрения (уменьшение себестоимости полученных компонентов крови), так и с точки зрения гибкого подхода к получению тех или иных компонентов крови в зависимости от потребности службы крови. Для Республики Беларусь

особый интерес представляет внедрение автоматического метода заготовки двух доз эритроцитов от одного донора в связи с сохраняющейся высокой потребностью организаций здравоохранения в данном компоненте крови.

В начале внедрения в практику двойного эритроцитафереза на него возлагались большие надежды по улучшению обеспечения организаций здравоохранения эритроцитами, в особенности по оперативной заготовке эритроцитов определенных групп, однако к настоящему времени данный метод занял довольно устойчивую нишу в основном в аутологичном донорстве и в заготовке эритроцитов редких групп с целью последующего криоконсервирования. Тем не менее, и здесь доля автоматического метода в общей структуре заготовки крови сильно варьирует как между разными странами, так и между различными учреждениями службы крови [2–4].

Безусловно, аппаратный метод получения эритроцитов является более трудоемким, чем мануальный метод заготовки из дозы цельной крови. Это и более жесткие требования к донорам, что отражается на их рекрутировании, и необходимость выделения отдельного сепаратора крови для работы по протоколу сбора эритроцитов, и наличие обученного персонала, и стоимость расходного сета. С другой стороны, на выходе получают двойной объем стандартизированного компонента эритроцитов от одного донора требуемой групповой принадлежности, не требующий дополнительных последонационных процедур (центрифугирования, плазмозэкстракции). И если для донора преимущества донации эритроцитов аферезным методом не столь очевидны (к минусам можно отнести длительность процедуры, большой междонационный период, необходимость дополнительного приема препаратов железа), то для реципиента, в особенности трансфузионно-зависимого, преимущества в трансфузии двух доз эритроцитов от одного донора несомненны. Это прежде всего снижение риска аллоиммунизации и повышение инфекционной безопасности трансфузий.

Использование в лечении одного пациента компонентов крови, заготовленных от одного донора или от минимального числа доноров, является одним из принципиальных подходов повышения иммунологической безопасности гемотрансфузий. Каждая гемотрансфузия связана с введением в организм реципиента широкого спектра аллогенных субстанций, которые присутствуют в эритроцитах, лейкоцитах, тромбоцитах и плазме донорской крови. Риск возникновения аллоиммунизации по антигенам эритроцитов возрастает с увеличением количества переливаемых эритроцитов и является реальной проблемой для трансфузионно-зависимых пациентов [5]. Так, частота встречаемости аллоантител у онкогематологических пациентов, имеющих в анамнезе менее 50 гемотрансфузий, составляет 7%, при дальнейшем увеличении числа гемотрансфузий количество сенсibilизированных лиц возрастает до 30% [6]. Трансфузия аферезных эритроцитов от меньшего числа доноров также позволяет снизить риск первичной аллоиммунизации при однократной трансфузии, а также у реципиентов, которым трансфузия проводится впервые, в том числе у детей и женщин фертильного возраста.

Помимо обеспечения организаций здравоохранения качественными эритроцитарными компонентами, заготовка двух доз эритроцитов от одного донора способствует повышению инфекционной безопасности гемотрансфузионной терапии, так как, несмотря на принимаемые меры по повышению безопасности гемотрансфузий, на современном этапе развития медицины риск передачи инфекционных агентов, также как и новых патогенов, полностью исключить невозможно [7]. Уменьшение



количества доноров, компоненты крови которых переливаются одному реципиенту, в особенности трансфузионно-зависимому, является одной из организационных мер по снижению риска передачи инфекционных агентов, в том числе тех, выявление маркеров которых в донорской крови не входит в перечень обязательных исследований (цитомегаловирус, лимфотоксические вирусы человека и др.).

По данным мирового опыта, двойной автоматический эритроцитаферез является безопасной процедурой для доноров. Ретроспективный анализ порядка 1 000 000 донаций двух доз эритроцитов методом автоматического афереза показал достоверно меньшую частоту возникновения неблагоприятных реакций по сравнению с донациями цельной крови [8].

Перспективы и нерешенные вопросы внедрения автоматического метода заготовки в Республике Беларусь

Помимо основных целей эритроцитафереза, таких как аутодонорство и заготовка эритроцитов редких групп, его роль может возрастать при возникновении особых ситуаций, какой, например, явилась пандемия, вызванная коронавирусом COVID-19.

Уменьшение количества активных доноров крови, наблюдавшееся в Республике Беларусь в условиях разгара пандемии COVID-19, привело к существенному уменьшению донаций цельной крови по итогам 2020 года. Так, если в 2019 году в Республике Беларусь было осуществлено 205 906 донаций цельной крови, то в 2020 году – только 196 716, что при возникновении повышенной потребности в эритроцитах той или иной группы крови неминуемо провоцировало их дефицит (табл. 1, рис. 1, 2).

Так, из табл. 1 видно, что уменьшение количества донаций крови в 2020 году по сравнению с 2019 годом составило в целом по республике 4,5%, в том числе в РНПЦ ТиМБ 6,5%, по г. Минску – 2,7%, по Брестской области – 5,2%, по Витебской области – 6,1%, по Гомельской области – 1,8%, по Минской области – 6,2%, по Могилевской области – 5%.

С учетом этих данных, наличие возможности оперативно заготавливать сразу две дозы эритроцитов дефицитной группы от одного донора, которую дает технология

Таблица 1
Динамика донаций крови в Республике Беларусь за 2018–2021 гг.

Table 1
Dynamics of blood donations in 2018–2021 in Republic Belarus

Годы	Количество донаций крови			
	2018	2019	2020	2021
РНПЦ ТиМБ	35 751	35 448	33 141	34 695
г. Минск	22 009	26 973	26 254	28 170
Брестская обл.	30 427	30 013	28 467	30 473
Витебская обл.	28 110	27 778	26 091	27 313
Гомельская обл.	28 852	29 383	28 843	32 357
Гродненская обл.	17 538	17 345	17 128	18 438
Минская обл.	19 342	19 181	17 998	20 000
Могилевская обл.	20 115	19 785	18 794	21 572
Итого по Республике Беларусь	202 144	205 906	196 716	213 018

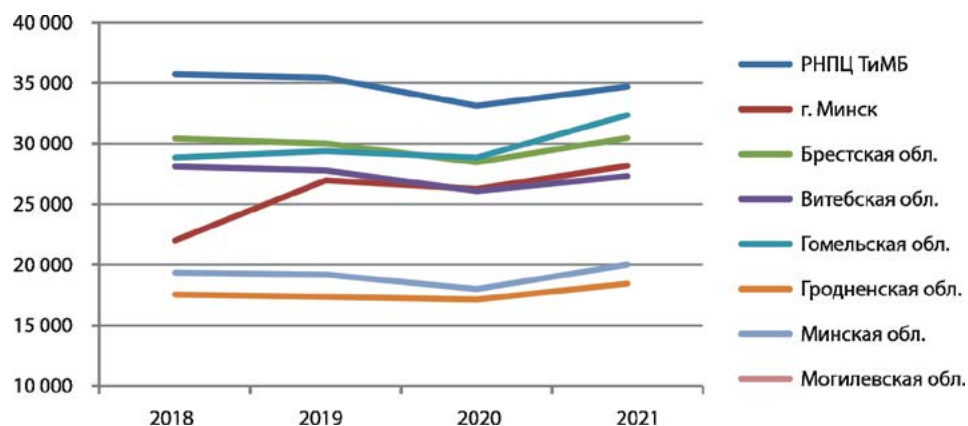


Рис. 1. Динамика донаций крови за 2018–2021 гг. по областям
Fig. 1. Dynamics of blood donations in 2018–2021 in regions

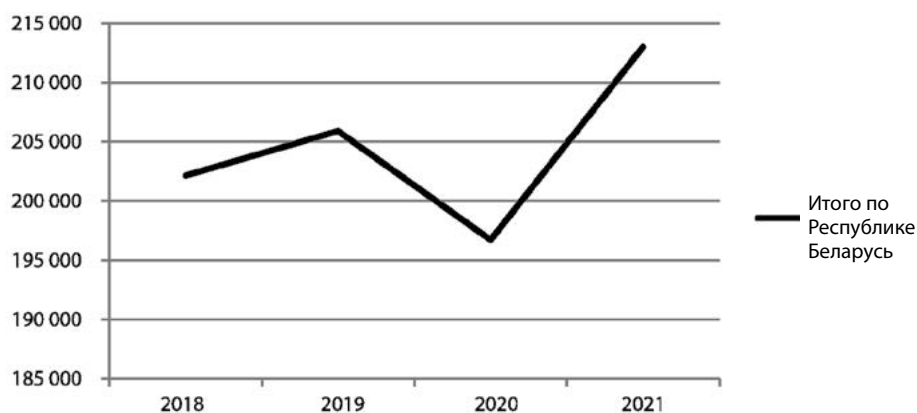


Рис. 2. Динамика донаций крови за 2018–2021 гг. по Республике Беларусь
Fig. 2. Dynamics of blood donations in 2018–2021 in Republic Belarus

автоматического двойного эритроцитафереза, позволяет увеличить производительность организации переливания крови. Использование технологии автоматического афереза даст возможность заготовить больше эритроцитарных компонентов с меньшим количеством посещений донором учреждения переливания крови, однако и критерии отбора для таких доноров более жесткие – это и минимальный уровень гемоглобина, и вес донора, от которого зависит объем циркулирующей крови, а также необходимость мониторинга показателей обмена железа.

Материально-техническая база учреждений службы крови Республики Беларусь дает возможность заготавливать эритроциты методом автоматического афереза. Имеется необходимое оборудование (сепараторы крови), в частности MCS+ (Haemonetics, США), Trima Accel (Terumo BCT, США), зарегистрированы соответствующую



щие расходные сетки. Однако внедрение метода двойного автоматического афереза эритроцитов в Республике Беларусь требует расширения и дополнения существующей нормативной правовой базы.

Требуется научное обоснование, уточнение и законодательное закрепление ряда моментов. Так, в Республике Беларусь критерии допуска к донации в зависимости от уровня эритроцитов и гемоглобина одинаковы для всех доноров крови и компонентов [9]. Вместе с тем ввиду отсутствия данного метода заготовки эритроцитов исследование состояния обмена железа у таких доноров (уровень гемоглобина, сывороточного железа, ферритина, трансферрина) не проводилось. Логичной представляется необходимость повышения нижнего порога допустимого содержания гемоглобина для доноров двух доз эритроцитов по сравнению с донорами цельной крови и плазмы. Например, в ЕС у донора двух доз эритроцитов концентрация гемоглобина до донации должна быть более 140 г/л, а после донации не должна упасть менее 110 г/л [10].

Также требуют уточнения допустимые интервалы между донациями, особенно для доноров-женщин. Донация двух доз эритроцитов сопровождается потерями 500–600 мг железа, что при нерациональной частоте донаций и при отсутствии адекватного восполнения запасов железа в междонационный период может приводить к истощению запасов железа в организме и возникновению железодефицитного состояния (анемии) [11]. В ЕС интервал между донациями двух доз эритроцитов должен быть не менее 6 мес. у женщин и 4 мес. – у мужчин [10]. FDA США рекомендует интервал между 2 донациями двух доз эритроцитов не менее 16 недель [12].

Необходимы разработка научно обоснованных критериев допуска к донации на основании исследования обмена железа и его восстановления у донора после процедуры двойного эритроцитафереза и в междонационный период, определение оптимального интервала между донациями, которые позволят избежать возникновения железодефицитного состояния и сохранить здоровье доноров.

Необходимым является также внесение дополнений в постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 19.05.2011 № 38 «Об утверждении Инструкции о порядке осуществления организациями переливания крови заготовки, переработки, хранения, реализации крови и ее компонентов на территории Республики Беларусь», а также разработка инструкции по отбору доноров и заготовке двух доз эритроцитов от одного донора автоматическим методом, в которой были бы четко прописаны оборудование и расходные материалы для проведения двукратного эритроцитафереза, порядок отбора, регистрации, учета и медицинского обследования данных доноров, подготовка донора и порядок проведения данной процедуры.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить влияние донации двух доз эритроцитов на показатели здоровья доноров с целью последующей разработки критериев их отбора, алгоритма обследования, а также безопасных интервалов между донациями.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процедуру двойного автоматического эритроцитафереза проводили на автоматическом сепараторе крови MCS+ (Haemonetics, США) по протоколу SDR&TAE

с использованием одноразового набора расходных материалов (сет для получения, для транспортировки и хранения эритроцитов 0948F-00).

Контроль общего анализа крови проводили на автоматических гематологических анализаторах Sysmex 500i, Erba Elite5 с соответствующими наборами реагентов.

Определение показателей обмена железа проводили на автоматических биохимических анализаторах COBAS c311, Hitachi 912 с соответствующими наборами реагентов.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. Нормальность распределения данных определяли с помощью теста Шапиро – Уилка. Статистическая значимость различия в связанных группах проверялась с помощью критерия Вилкоксона.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании участвовали 15 доноров мужского пола из числа доноров крови 23–45 лет. Масса тела доноров составила от 72 до 110 кг (в среднем 86 кг), рост – от 1,73 до 1,93 м (в среднем 1,81 м), ИМТ – от 22,6 до 34,0 кг/м² (в среднем 26,43 кг/м²), ОЦК – от 4,82 л до 6,55 л (в среднем 5,56 л). Средний возраст доноров составил 35 лет (табл. 2).

Согласно программе исследований контроль общего анализа крови донора проводили до донации, непосредственно после донации, а также через 1, 2, 3 и 4 месяца после донации. Контроль показателей обмена железа проводили перед донацией и через 4 месяца после донации.

Результаты исследований представлены в табл. 3–7.

Таблица 2
Антропометрические данные доноров двойного эритроцитафереза
Table 2
Anthropometric data of 2RBC apheresis donors

	Масса тела, кг	Рост, м	ИМТ, кг/м ²	ОЦК, л
Донор 1	84	1,83	25,1	5,56
Донор 2	110	1,80	34,0	6,28
Донор 3	84	1,93	22,6	5,95
Донор 4	74	1,75	24,2	4,95
Донор 5	76	1,86	22,0	5,41
Донор 6	100	1,73	33,4	5,72
Донор 7	85	1,75	27,8	5,31
Донор 8	104	1,92	28,2	6,55
Донор 9	72	1,73	24,1	4,82
Донор 10	76	1,73	25,4	4,95
Донор 11	88	1,89	24,6	5,91
Донор 12	86	1,92	23,3	5,97
Донор 13	73	1,76	23,6	4,95
Донор 14	92	1,76	29,7	5,57
Донор 15	88	1,76	28,4	5,44
Средние значения	86,13±11,52	1,81±0,08	26,43±3,72	5,56±0,52



Таблица 3
Показатели общего анализа крови у доноров двойного эритроцитафереза до и после донации
Table 3
Dynamics of red blood cells value in 2RBC apheresis donors

	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$		Гемоглобин, г/л		Гематокрит, %		MCV, фл		MCH, pg		MCHC, g/l		WBC, $\times 10^9/л$		PLT, $\times 10^9/л$		Ret, $\times 10^9/л$	
	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации	До донации	После донации
Донор 1	5,45	4,36	147	119	46,6	36,2	85,5	83	27	27,3	315	329	3,49	3,93	212	193	49	–
Донор 2	5,01	4,54	156	138	44,7	39,3	89,2	86,6	31,1	30,4	349	351	5,34	7,23	298	309	64,1	–
Донор 3	4,74	3,76	142	116	45,8	35,4	96,6	94,1	30	30,9	310	328	4,23	3,38	260	241	55	–
Донор 4	5,23	3,94	156	117	46,9	36,3	89,7	92,1	29,8	29,7	333	322	5,16	3,91	257	230	58,6	–
Донор 5	5,15	4,22	156	128	45,5	37,3	88,3	88,4	30,3	30,3	343	343	4,8	3,3	206	170	58,7	–
Донор 6	5,26	4,5	148	128	44,5	37,1	84,6	82,4	28,1	28,4	333	345	5,89	5,71	200	182	57,9	–
Донор 7	5,51	5,07	158	145	47,8	42,9	86,8	84,6	28,7	28,6	331	338	6,26	6,17	332	312	44,6	–
Донор 8	5,44	4,81	153	136	46,2	39,9	84,9	83	28,1	28,3	331	341	7,65	7,64	270	238	63,1	–
Донор 9	4,9	4,27	144	125	44,4	37,8	90,6	88,5	29,4	29,3	324	331	5,47	5,01	227	219	41,2	–
Донор 10	4,79	4,19	152	134	43,9	38,9	91,6	92,8	31,7	32	346	344	6,87	6,77	186	179	–	–
Донор 11	4,81	4,23	146	129	43,7	37,4	90,9	88,4	30,4	30,5	334	345	4,05	4,85	186	189	40,4	–
Донор 12	4,39	3,98	145	130	42,5	37,7	96,8	94,7	33	32,7	341	345	5,9	6,63	258	245	–	–
Донор 13	5,47	4,71	156	135	46,9	40,9	85,7	86,8	28,5	28,7	333	330	4,19	5,02	228	218	–	–
Донор 14	4,85	4,17	158	137	47,7	39,8	98,4	95,4	32,6	32,9	331	344	6,22	5,29	321	331	61,1	–
Донор 15	5,43	4,4	152	124	46,1	36,3	84,9	82,5	28,0	28,2	330	342	7,48	6,82	238	236	60,3	–
Средние значения	5,07 $\pm 0,09$	4,34 $\pm 0,09$	151,21 $\pm 1,52$	129,40 $\pm 2,14$	45,51 $\pm 0,43$	38,21 $\pm 0,53$	89,97 $\pm 1,22$	88,22 $\pm 1,20$	29,91 $\pm 0,47$	29,88 $\pm 0,44$	332,43 $\pm 2,9$	338,53 $\pm 2,16$	5,53 $\pm 1,25$	5,44 $\pm 1,41$	245,27 $\pm 45,96$	232,80 $\pm 50,22$	54,50 $\pm 8,49$	–

Таблица 4
Показатели общего анализа крови у доноров двойного эритроцитафереза через 1 и 2 месяца после донации
Table 4
Clinical blood tests data in 2RBC apheresis donors in 1 and 2 month after donation

	Эритроциты, x10 ¹² /л		Гемоглобин, г/л		Гематокрит, %		MCV, л		MCH, pg		MCHC, g/l		WBC, x10 ⁹ /л		PLT, x10 ⁹ /л		Ret, x10 ⁹ /л	
	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.	1 мес.	2 мес.
Донор 1	4,89	5,05	129	136	41,4	43,3	84,7	85,7	26,4	26,9	312	314	3,34	4,6	196	208	–	41,9
Донор 2	4,85	5,11	146	156	41,4	45,7	85,4	89,4	30,1	30,5	353	341	5,38	5,16	342	355	101,07	69,5
Донор 3	4,27	4,57	129	137	39,1	43,1	91,6	94,3	30,2	30	330	318	4,34	4,35	260	282	67,1	33,8
Донор 4	4,75	5,24	139	150	40,7	46	85,7	87,8	29,3	28,6	342	326	5,16	4,92	270	259	–	49,3
Донор 5	4,9	5,17	146	154	42,1	45,3	85,9	87,6	29,8	29,8	347	340	4,38	4,4	158	195	–	40,8
Донор 6	4,71	4,99	130	140	38,3	42,1	81,3	84,4	27,6	28,1	339	333	6,01	4,52	225	201	–	50,4
Донор 7	5,26	5,5	148	153	44	47,1	83,7	85,6	28,1	27,8	336	325	6,86	6,62	339	339	–	66,5
Донор 8	4,98	5,02	139	141	40,6	43,1	81,5	85,9	27,9	28,1	342	327	5,97	10,37	270	260	92,5	71,8
Донор 9	4,51	4,84	130	136	39,7	43,2	88	89,3	28,8	28,1	327	315	9,36	3,98	244	235	56,2	41,1
Донор 10	4,62	4,48	147	147	42,6	42,3	92,2	94,4	31,8	32,8	345	348	6,03	6,81	193	183	74,1	43,9
Донор 11	4,75	4,93	144	149	41,7	44,2	87,8	89,7	30,3	30,2	345	337	4,64	4,55	177	211	–	53,7
Донор 12	4,56	–	145	–	43,8	–	96,1	–	31,8	–	331	–	5,48	–	274	–	63,4	–
Донор 13	5,19	5,03	142	137	43,4	42,5	83,6	84,5	27,4	27,2	327	322	4,47	4,34	278	241	34,3	38,7
Донор 14	4,69	–	153	–	45	–	95,9	–	32,6	–	340	–	5,41	–	341	–	92,9	–
Донор 15	4,92	5,71	132	152	40	47,2	81,3	82,7	26,8	26,6	330	322	7,51	7,01	261	244	91,5	57,1
Средние значения	4,79± 0,25	5,05± 0,33	139,93± 8,05	145,23± 7,58	41,59± 1,92	44,24± 1,81	86,98± 4,93	87,79± 3,60	29,26± 1,91	28,82± 1,75	336,40± 10,36	328,31± 10,68	5,62± 1,48	5,51± 1,79	255,20± 58,10	247,15± 52,91	74,86± 21,85	50,65± 12,40



Таблица 5
Показатели общего анализа крови у доноров двойного эритроцитафереза через 3 и 4 месяца после донации
Table 5
Clinical blood tests data in 2RBC apheresis donors in 3 and 4 month after donation

	Эритроциты, ×10 ¹² /л		Гемоглобин, г/л		Гематокрит, %		MCV, fl		MCH, pg		MCHC, g/l		WBC, ×10 ⁹ /л		PLT, ×10 ⁹ /л		Ret, ×10 ⁹ /л	
	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.	3 мес.	4 мес.
Донор 1	5,27	5,55	144	154	44,7	47,4	84,8	85,4	27,3	27,7	322	325	3,64	5,4	247	246	32,1	58,8
Донор 2	5,32	5,26	162	159	46,6	44,8	87,6	85,2	30,5	30,2	348	355	6	6	326	321	74,5	63,1
Донор 3	4,57	4,89	137	146	43,1	45,5	94,3	93	30,0	29,9	318	321	4,35	4,71	282	253	33,8	30,3
Донор 4	5,2	5,51	151	160	45,7	48,2	87,9	87,5	29	29	330	332	4,93	4,61	234	251	60,3	45,2
Донор 5	5,3	5,47	157	162	46,2	45,6	87,2	83,4	29,6	29,6	340	355	4,15	5,32	183	192	39,2	43,8
Донор 6	5,48	5,35	147	155	44	46,5	84,6	86,9	28,3	29	334	333	5,71	4,67	202	183	47,8	80,8
Донор 7	5,48	5,69	152	158	46,5	49,3	84,9	86,6	27,7	27,8	327	320	6,29	5,75	325	312	53,7	66
Донор 8	–	5,29	–	148	–	44,6	–	84,3	–	28	–	332	–	6,8	–	248	–	67,2
Донор 9	5,22	4,94	149	146	47	44,8	90	90,7	28,5	29,6	317	326	5,14	6,38	225	243	31,3	68,2
Донор 10	4,79	4,54	150	144	45	42,3	93,9	93,2	31,3	31,7	333	340	6,57	7,04	155	169	61,3	70,8
Донор 11	4,99	5,28	148	160	44,4	47,1	89	89,2	29,7	30,3	333	340	4,48	4,83	177	188	39,4	57,6
Донор 12	4,65	5,02	149	160	45,4	49,5	97,6	98,8	32	31,9	328	323	7,17	6,29	273	236	38,1	39,6
Донор 13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Донор 14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Донор 15	5,24	5,26	139	140	42,2	42,2	80,5	80,2	26,5	26,6	329	332	6,87	6,8	226	230	57,1	47,3
Средние значения	5,12±	5,23±	148,75±	153,23±	45,07±	45,98±	88,53±	88,03±	29,20±	29,33±	329,92±	333,38±	5,44±	5,74±	237,92±	236,31±	47,38±	56,82±
	0,31	0,32	6,88	7,45	1,47	2,32	4,83	4,93	1,64	1,55	8,78	11,52	1,16	0,88	55,44±	45,99	13,90	14,52

Таблица 6
Показатели обмена железа у доноров двойного эритроцитафереза перед донацией и через 4 месяца после донации
Table 6
Iron metabolism value in 2RBC apheresis donors in 4 month after donation

	Сывороточное железо, $\mu\text{mol/L}$ 5,83–34,5		Ферритин, $\mu\text{g/L}$ 30–400		Трансферрин, mg/L 200–360	
	Перед донацией	Через 4 мес. после донации	Перед донацией	Через 4 мес. после донации	Перед донацией	Через 4 мес. после донации
Донор 1	51,43	28,73	27,1	32,9	337	327
Донор 2	20,23	17,06	45,3	25,4	312	321
Донор 3	10,79	9,82	29,6	40	–	245
Донор 4	36,83	38,74	13,4	18,7	–	329
Донор 5	24,17	14,16	40,6	30,1	–	249
Донор 6	13,92	12,86	64,1	69,5	318	271
Донор 7	26,54	13,50	26,3	31,1	349	341
Донор 8	14,88	23,6	17,2	20,91	326	299
Донор 9	23,28	22,65	29,6	49,9	308	274
Донор 10	16,9	23,78	51,9	68,1	277	267
Донор 11	26,24	34,57	89,2	56,9	240	268
Донор 12	10,64	36,97	29,4	77,3	337	357
Донор 13	18,44	–	26,3	–	340	–
Донор 14	33,26	–	92,9	–	321	–
Донор 15	8,98	23,98	39,7	38,2	337	300
Средние значения	22,43±11,45	20,02±12,00	41,51±23,96	37,27±23,58	316,83±30,87	256,53±109,49



Таблица 7
Динамика изменения лабораторных показателей у доноров двойного эритроцитафереза
Table 7
Dynamics of laboratory parameters changes in 2RBC apheresis donors

	До донации	Через 1 мес. после донации		Через 2 мес. после донации		Через 3 мес. после донации		Через 4 мес. после донации	
		Среднее значение	p	Среднее значение	p	Среднее значение	p	Среднее значение	p
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	5,07 $\pm$ 0,09	4,79 $\pm$ 0,25	<0,05	5,05 $\pm$ 0,33	>0,05	5,12 $\pm$ 0,31	>0,05	5,23 $\pm$ 0,32	>0,05
Гемоглобин, г/л	151,21 $\pm$ 1,52	139,93 $\pm$ 8,05	<0,05	145,23 $\pm$ 7,58	<0,05	148,75 $\pm$ 6,88	>0,05	153,23 $\pm$ 7,45	>0,05
MCV, fl	89,97 $\pm$ 1,22	86,98 $\pm$ 4,93	<0,05	87,79 $\pm$ 3,60	>0,05	88,53 $\pm$ 4,83	>0,05	88,03 $\pm$ 4,93	>0,05
MCH, pg	29,91 $\pm$ 0,47	29,26 $\pm$ 1,91	<0,05	28,82 $\pm$ 1,75	<0,05	29,20 $\pm$ 1,64	<0,05	29,33 $\pm$ 1,55	>0,05
MCHC, g/l	332,43 $\pm$ 2,90	336,40 $\pm$ 10,36	>0,05	328,31 $\pm$ 10,68	>0,05	329,92 $\pm$ 8,78	>0,05	333,38 $\pm$ 11,52	>0,05
Ret, $\times 10^9/л$	54,50 $\pm$ 8,49	74,86 $\pm$ 21,85	<0,05	50,65 $\pm$ 12,40	>0,05	47,38 $\pm$ 13,90	>0,05	56,82 $\pm$ 14,52	>0,05
Сыв. железо, $\mu\text{mol/L}$	22,43 $\pm$ 11,45	–	–	–	–	–	–	20,02 $\pm$ 12,00	>0,05
Ферритин, $\mu\text{g/L}$	41,51 $\pm$ 23,96	–	–	–	–	–	–	37,27 $\pm$ 23,58	>0,05
Трансферрин, mg/L	316,83 $\pm$ 30,87	–	–	–	–	–	–	256,53 $\pm$ 109,49	>0,05

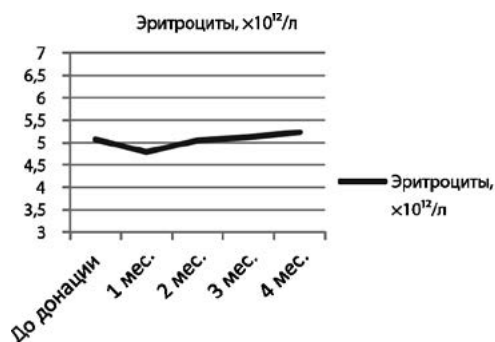


Рис. 3. Динамика содержания эритроцитов у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 3. Dynamics of red blood cells value in 2RBC apheresis donors

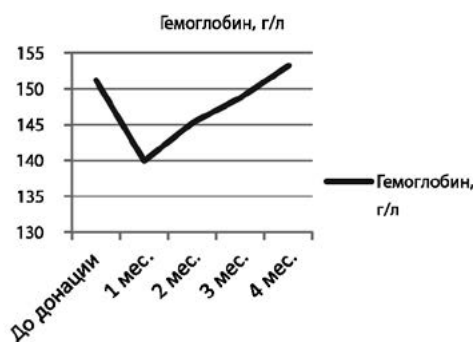


Рис. 4. Динамика содержания гемоглобина у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 4. Dynamics of haemoglobine value in 2RBC apheresis donors

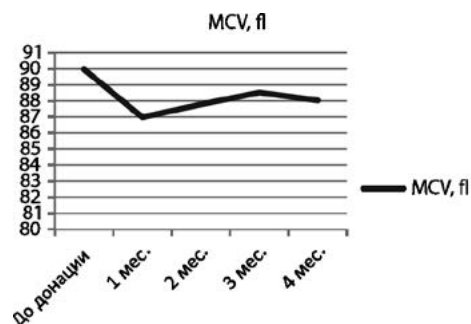


Рис. 5. Динамика показателя MCV у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 5. Dynamics of MCV value in 2RBC apheresis donors

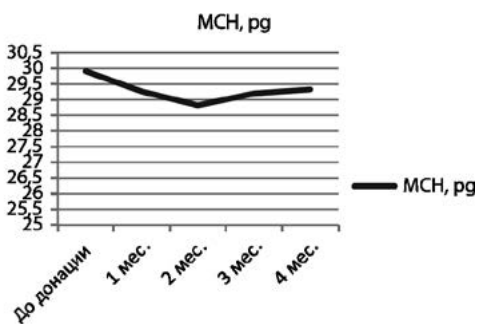


Рис. 6. Динамика показателя MCH у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 6. Dynamics of MCH value in 2RBC apheresis donors

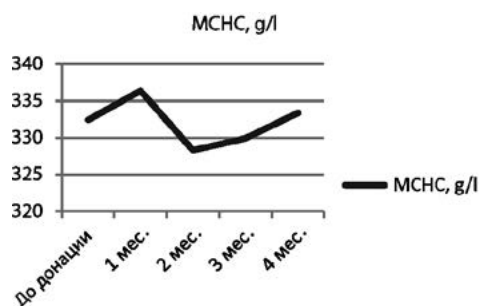


Рис. 7. Динамика показателя MCHC у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 7. Dynamics of MCHC value in 2RBC apheresis donors

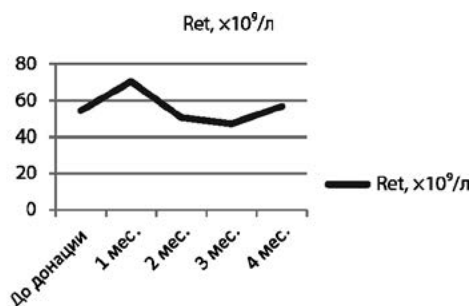


Рис. 8. Динамика содержания ретикулоцитов у доноров двойного эритроцитафереза
Fig. 8. Dynamics of reticulocytes value in 2RBC apheresis donors



На рис. 3–8 представлена динамика изменений показателей гемограммы в после-донационный период.

Самочувствие доноров во время и непосредственно после донации было удовлетворительным, лишь у 1 донора наблюдалась небольшая слабость. Длительность процедуры составила от 30 до 49 минут (в среднем 37 минут), объем переработанной крови составил от 0,97 до 1,17 л (в среднем 1,04 л). Среднее снижение гемоглобина в крови донора за процедуру двойного эритроцитафереза составило 22 г/л, эритроцитов – $0,73 \times 10^{12}/л$.

Как видно из табл. 3–6, восстановление показателей гемограммы в последонационный период проходило с разной скоростью. Так, быстрее всего восстановилось содержание эритроцитов, ретикулоцитов и средний объем эритроцита – через 2 мес. после донации эти показатели не имели достоверных различий с их уровнем до донации. Через 3 мес. после донации восстановился уровень гемоглобина, через 4 мес. – среднее содержание гемоглобина в эритроците.

Показатели обмена железа контролировались до донации и через 4 мес. после донации. Из табл. 6 видно, что у 8 из 15 доноров до донации двух доз эритроцитов имелся латентный дефицит железа (уровень ферритина ниже 30 $\mu\text{g/L}$), что свидетельствует о наличии латентного дефицита железа в донорской популяции. Этим донорам в последонационный период назначался дополнительный прием препарата железа, что позволило не только предотвратить усугубление железодефицита, но и увеличить запасы железа в организме доноров. В целом, достоверного снижения исследуемых показателей обмена железа по итогам контрольного обследования не было выявлено.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение заготовки двух доз эритроцитов методом автоматического афереза является перспективным направлением, позволит получать стандартизированный компонент крови с заданным объемом эритроцитного компонента и гематокритом, не зависящим от гематокрита донора. Увеличение заготавливаемого количества эритроцитов до двух доз от одного донора в течение одной процедуры афереза позволит эффективно использовать донорские и экономические ресурсы (снижается потребность в дорогостоящих расходных материалах к автоматическим сепараторам донорской крови, уменьшается размер компенсационных выплат донорам), повысить инфекционную и иммунологическую безопасность трансфузий. Через 4 месяца после донации происходит восстановление показателей гемограммы доноров, а при дополнительном приеме препаратов железа сохраняются его запасы в организме донора.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Chemodanov I.G. (2017) Multicomponent donation. *Tavricheskij mediko-biologicheskij vestnik*, vol. 20, no 1, pp. 154–158.
2. Van Hoveen L.R., Janssen M.P., Rautmann G. (2017) *The collection, testing and use of blood components in Europe, 2013 report. Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare of the Council of Europe (EDQM)*. Available at: <http://www.edqm.eu/en/blood-transfusion-reports-70.html> (accessed 22 May 2017).
3. Whitaker B. (2016) Trends in United States blood collection and transfusion: results from the 2013 AABB blood collection, utilization, and patient blood management survey. *Transfusion*, vol. 56, pp. 2173–2183.
4. Infanti L. (2018) Red cell apheresis: pros and cons. *ISBT Science Series*, vol. 13, pp. 16–22.

5. Hauck-Dlimi B. (2014) Prevention and management of transfusion-induced alloimmunization: current perspectives. *International Journal of Clinical Transfusion Medicine*, vol. 2, pp. 59–63.
6. Sanz C. (2013) Red blood cell alloimmunization in transfused patients with myelodysplastic syndrome or chronic myelomonocytic leukemia. *Transfusion*, vol. 53, no 4, pp. 710–715.
7. Potapnev M.P., Eremin V.F. (2013) Infectious safety of donated blood: problems and solutions. *Gematologiya i transfuziologiya*, vol. 58, no 3, pp. 49–56.
8. Wiltbank T.B., Giordas G.F. (2007) The safety of automated collections: an analysis of more than 1 million collections. *Transfusion*, vol. 47, pp. 1002–1005.
9. Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus No. 37 dated May 19, 2011 "On establishing a list of diseases and conditions in which blood donation and its Components are contraindicated, and approving Instructions on the Procedure for medical examination of blood donors and its components" (with amendments and additions). (in Russian)
10. Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. Recommendation No. R (95) 15 (2020). European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare. 20th Edition.
11. Pehlik V. (2021) Long-term course of haemoglobin and ferritin values in high-frequency donors of whole blood and double erythrocyte apheresis. *Transfus Med Hemother*, no. 48, pp. 71–78.
12. U.S. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration. (2001) *Recommendations for collecting red blood cells by automated apheresis methods. Guidance for Industry*.