

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ДОНОРСКОГО ПЛАЗМАФЕРЕЗА НА ИОННЫЙ И БЕЛКОВЫЙ СОСТАВ КРОВИ ДОНОРА

Ламзин И.М.^{1*}, Брыляева Е.В.¹, Хапман М.Э.¹, Горячая М.Н.²

¹ ГУЗ «Ульяновская областная станция переливания крови», 432017, г. Ульяновск, Российская Федерация

² ГУЗ «Ульяновский областной клинический госпиталь ветеранов войн», 432017, г. Ульяновск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. Для многих центров службы крови плазмаферез — стандартная процедура. Наиболее частыми осложнениями у доноров плазмы являются вазовагальная и цитратная реакции. Повторяющееся с различной частотой в течение длительного периода времени воздействие цитрата на показатели крови доноров изучено недостаточно.

Цель: установить влияние частоты донорского плазмафереза на ионный и белковый состав крови донора.

Материалы и методы. Измерение концентрации общего белка в сыворотке крови проводили биохимическим методом. Определение ионного состава сыворотки крови делали с использованием автоматического анализатора электролитов крови. Доноры плазмы были разделены на группы в зависимости от пола и частоты проведения плазмафереза (1–5; 6–10; 11–26 раз в год). Общее количество доноров, участвовавших в исследовании, составило 274 человека (155 мужчин и 119 женщин).

Результаты. Выявлено достоверное снижение концентрации связанного кальция в группе доноров женского пола, сдававших плазму 11–26 раз по сравнению с группой доноров, сдававших плазму 1–5 раз в год. Выявлено достоверное снижение концентрации ионов железа в группе доноров женского пола, сдававших плазму 11–26 раз по сравнению с группой доноров, сдававших плазму 1–5 раз в год. Установлены достоверные отличия концентраций общего белка у доноров мужского пола между всеми тремя группами, у доноров женского пола между группами доноров, сдававших плазму 1–5 и 6–10 раз в год; 1–5 и 11–26 раз в год.

Заключение. Использование данных об изменениях показателей ионного и белкового обмена у доноров разного пола и разной частоты донаций позволяет уменьшить риск развития цитратной реакции за счет селективного подбора доноров плазмы.

Ключевые слова: плазмаферез, цитратная реакция, доноры плазмы, ионы крови, белок крови

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Для цитирования: Ламзин И.М., Брыляева Е.В., Хапман М.Э., Горячая М.Н. Влияние частоты проведения донорского плазмафереза на ионный и белковый состав крови донора. Гематология и трансфузиология. 2024; 69(2):153–162. <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2024-69-2-153-162>

THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY OF DONOR PLASMAPHERESIS ON THE CONCENTRATION OF IONS AND PROTEINS IN THE BLOOD OF DONORS

Lamzin I.M.^{1*}, Brylyaeva E.V.¹, Khapman M.E.¹, Goryachaya M.N.²

¹ Ulyanovsk Regional Blood Transfusion Station, 432017, Ulyanovsk, Russian Federation

² Ulyanovsk Regional War Veteran's Hospital, 432017, Ulyanovsk, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Plasmapheresis is a routine procedure in many blood centers. The most common complications in plasma donors are vasovagal and citrate reactions. The effects of citrate exposure, repeated with different frequency over a long period of time, have not been sufficiently studied.

Aim. to research the effect of the frequency of plasmapheresis on the concentration of ionic and protein composition in donor blood.

Materials and methods. The concentration of protein in blood serum was measured using a biochemical method. The concentration of ions was carried out using an automatic blood electrolyte analyzer. Plasma donors were divided into groups depending on gender and frequency of plasmapheresis (1–5 times a year; 6–10 times a year; 11–26 times a year). The total number of donors involved in the study was 274 (155 men and 119 women).

Results. A significant decrease in the concentration of bound calcium was revealed in the group of female donors who donated plasma 11–26 times compared to the group who donated plasma 1–5 times a year. A significant decrease in the concentration of iron ions was revealed in the group of female donors who donated plasma 11–26 times compared to the group who donated plasma 1–5 times a year. Statistically significant differences in the concentrations of total protein were revealed between all three groups of male donors, and between groups of female donors who donated plasma 1–5 times and 6–10 times a year; 1–5 times and 11–26 times a year.

Conclusion. The use of data on changes in the parameters of ion and protein metabolism in donors of different sexes and different donation frequencies reduces the risk of developing a citrate reaction due to the selective selection of plasma donors.

Keywords: plasmapheresis, citrate reaction, plasma donors, blood ions, blood protein

Conflict of Interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: the study had no sponsorship.

For citation: Lamzin I.M., Brylyaeva E.V., Khapman M.E., Goryachaya M.N. The influence of the frequency of donor plasmapheresis on the concentration of ions and proteins in the blood of donors. Russian Journal of Hematology and Transfusiology (Gematologiya i transfuziologiya). 2024; 69(2):153–162 (in Russian). <https://doi.org/10.35754/0234-5730-2024-69-2-153-162>

Введение

Плазмаферез является рутинной процедурой в учреждениях службы крови. Частота проведения процедур плазмафереза регламентирована приказом Минздрава РФ от 28.10.2020 № 1166н [1] и рассчитывается из общего объема заготовленной плазмы в год (16 литров плазмы). Стандартный объем плазмы, заготавливаемый за одну процедуру, составляет 600 мл; соответственно, максимально разрешенное количество донаций плазмы в год — 26 раз. Описанные

условия создают предпосылки для разделения всех доноров на условные группы с различной частотой донаций плазмы, с возможными отличиями показателей ионного и белкового состава сыворотки крови.

Плазмаферез является безопасным видом донорства с низкой частотой осложнений [2]. Наиболее частыми побочными реакциями у доноров плазмы являются вазовагальная и цитратная реакции [3, 4]. Использование раствора цитрата натрия при проведе-

нии плазмафереза может вызывать развитие клинических симптомов цитрат-индуцированной гипокальциемии у доноров [5]. Острые эффекты цитрата известны и часто быстро обратимы [6, 7]. Показано влияние стандартного антикоагулянта ACDA для процедуры цитафереза на концентрацию свободных ионов кальция и магния у доноров [8]. Установлено [9] воздействие введения цитрата в кровоток не только на концентрацию ионов кальция, но и на плотность костной ткани. При этом повторяющееся в течение длительного периода воздействие цитрата на показатели крови доноров изучено недостаточно. Была выдвинута гипотеза о том, что динамика ионного и белкового состава крови доноров с различной частотой донорства плазмы может отличаться.

Для оценки влияния частоты донорства плазмы на показатели крови доноров исследовали изменения концентраций ионов сыворотки и общего белка у разных групп доноров плазмы. В настоящей работе исследовалось влияние процедуры плазмафереза на динамику концентрации ионов кальция, железа и общего белка в крови доноров мужского и женского пола, сдававших плазму с разной частотой в интервале от 1 до 26 раз в год.

Целью настоящего исследования было установить влияние частоты донорского плазмафереза на ионный и белковый состав крови донора.

Материалы и методы

Широкие границы разрешенного количества донаций плазмы в год создают условия для разделения доноров на несколько групп по частоте донаций с разной интенсивностью влияния процедуры плазмафереза на ионный и белковый составы крови. Доноры плазмы были разделены на группы, критерием отбора являлась частота проведения процедур плазмафереза (от 1 до 5, от 6 до 10 и от 11 до 26 раз в год) и пол (мужской и женский). Все данные принимавших участие в исследовании людей были обезличены. Изменения ионного состава крови исследовали у 112 доноров (65 мужчин и 47 женщин), концентрации ионов железа — у 64 доноров (36 мужчин и 28 женщин), концентрации общего белка — у 98 доноров (54 мужчины и 44 женщины). Из них 4 донора мужского пола и 5 доноров женского пола сдавали плазму впервые. Общее количество доноров, участвовавших в исследовании, составило 274 человека (155 мужчин и 119 женщин).

Процедуры плазмафереза проводили на базе отдела заготовки донорской крови и ее компонентов ГУЗ «Ульяновская областная станция переливания крови» в соответствии со стандартной операционной процедурой с использованием зарегистрированного на территории РФ аппарата «XJC 2000» («Sichuan Nigale Biomedical Co. Ltd.», Китай) и оригинального расходного комплекта для афереза этой компании. В качестве антикоагулянта использовали цитрат на-

трия в соотношении 1:12. Целевой объем собранной во время одной процедуры плазмы — 600 мл, средняя скорость потока крови в линии донора составляла 80 мл/мин. Процедуры проводили в среднем в течение 30–40 мин. — три стандартных цикла работы аппарата, включавшие сбор крови, фракционирование во встроенном в расходный комплект колоколе центрифуги и последующий возврат клеток крови донору.

Для измерения концентраций ионов сыворотки образец цельной крови объемом 9 мл собирали в стерильные вакуумные пробирки VACUETTE («Greiner-Bio-One», Австрия) с клот-активатором КЗЭДТА непосредственно перед и в течение 3 мин. после завершения процедуры. Сыворотку крови выделяли путем центрифугирования пробирок при 1500 оборотах/мин в течение 10 мин. Измерение концентрации общего белка проводили на базе клинической лаборатории ГУЗ УОСПК с помощью биохимического анализатора «Cobas C 111» («Roche Diagnostics GmbH», Германия) с использованием оригинального расходного материала и реактивов. Измерение ионного состава крови проводили на базе клинической лаборатории ГУЗ «Ульяновский областной клинический госпиталь ветеранов войн». Концентрацию ионов в сыворотке крови измеряли с помощью автоматического анализатора электролитов крови «E-Lyte 5» («High Technology Inc.», США) в соответствии с протоколами производителя. Значения кальция в сыворотке были скорректированы по концентрации альбумина

Статистический анализ. Статистическую обработку данных проводили с использованием лицензионной программы «Statistica 8.0» StatSoft Inc. (США). Распределение полученных результатов проверяли на соответствие критериям нормальности. В ходе исследования использовали следующие статистические параметры: среднее арифметическое значение (M), стандартное отклонение (σ) (СО), стандартная ошибка (m), 95 % доверительный интервал, коэффициент вариации (CV%). Проводили однофакторный дисперсионный анализ ANOVA с использованием критерия Бонферрони для оценки различий 3-х и более исследуемых групп. Для оценки различий показателей двух групп использовали стандартный критерий t . Уровень статистической значимости различий проверяемой гипотезы как с помощью критерия Фишера для ANOVA, так и для критерия t оценивали значением первого порога вероятности $p < 0,05$.

Результаты

Статистические данные исследуемых групп доноров разного пола представлены в таблице 1. Данные ANOVA анализа и критерия Бонферрони приведены в таблице 2. Однофакторный дисперсионный анализ концентрации связанного кальция в сыворотке доноров женского пола с разной частотой донаций

выявил статистически значимую общую динамику его изменений ($F = 3,174$; $p < 0,048$), тогда как у доноров мужского пола значимой динамики не выявлено (табл. 2). С помощью критерия Бонферрони установлено достоверное различие значений концентраций связанного кальция в сыворотке доноров плазмы женского пола с частотой донаций 1–5 раз в год от женщин, сдававших плазму 11–26 раз в год ($p < 0,049$). Не выявлено статистически значимой динамики концентрации ионизированного и общего кальция у доноров обоих полов. На рисунке 1 представлен график динамики концентрации связанного кальция у доноров женского пола в зависимости от частоты донаций.

ANOVA-анализ концентрации ионов железа (после проведения процедуры плазмафереза) в сыворотке доноров женского пола в группах с разной частотой донаций в целом демонстрирует наличие выраженных различий между его значениями ($F = 3,846$; $p < 0,037$), тогда как у доноров мужского пола статистически значимой динамики не выявлено (табл. 2). При анализе этого показателя в группах доноров женского пола с разной частотой донаций с помощью критерия Бонферрони было установлено, что значения концентрации ионов железа после проведения процедуры плазмафереза достоверно отличаются в группах с частотой донаций 1–5 и 11–26 раз в год ($p < 0,049$). На рисунке 2 представлен график динамики концентрации ионов железа у доноров женского пола в зависимости от частоты донаций.

Однофакторный дисперсионный анализ концентрации общего белка в плазме доноров женского пола с разной частотой донаций выявил статистически значимую общую динамику его изменений — $F = 13,77$; $p < 0,00001$; у доноров мужского пола — $F = 8,07$; $p < 0,0011$ (табл. 2). С помощью критерия Бонферрони установлено достоверное различие значений концентраций общего белка в сыворотке доноров плазмы женского пола с частотой донаций до 5 в год от группы женщин, сдававших плазму 6–10 раз в год ($p < 0,0113$), и от группы сдававших плазму 11–26 раз в год ($p < 0,00112$). С помощью критерия Бонферрони установлено достоверное различие средних арифметических значений концентрации общего белка в группах доноров мужского пола: 1–5 от 6–10 донаций ($p < 0,0462$); 6–10 от 11–26 донаций ($p < 0,0113$), 1–5 от 11–26 донаций ($p < 0,0000$). На рисунках 3 и 4 представлены изменения концентраций общего белка у доноров женского и мужского полов в зависимости от количества донаций.

Обсуждение

Каждая процедура плазмафереза и цитафереза предусматривает использование растворов цитрата натрия. Часть цитрата, около 500 мг, во время процедуры плазмафереза поступает в кровоток донора [10]. Цитрат-индуцированная гипокальциемия описана многими авторами [11–13]. Понимание динамики этих показателей у доноров разного пола и разной частоты донаций может позволить врачам службы крови селективно подходить к подбору доноров плазмы

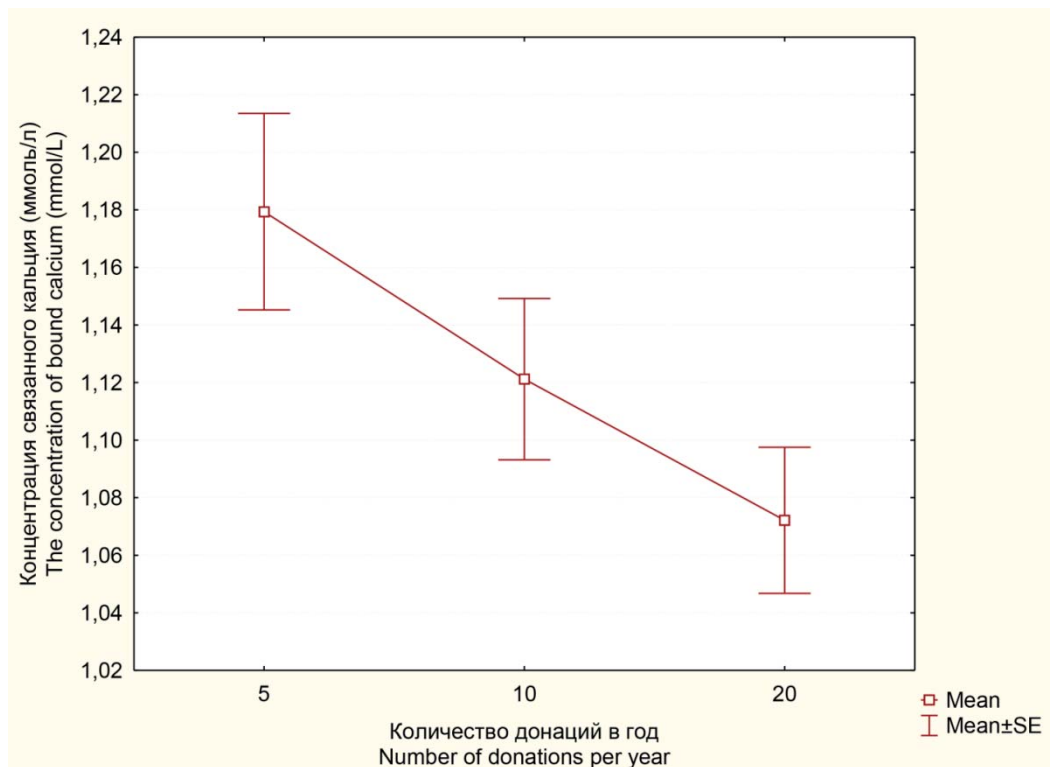


Рисунок 1. График изменения концентрации связанного кальция у доноров женского пола в зависимости от частоты донаций

Figure 1. Graph of changes in the concentration of bound calcium in blood of female donors depending on the frequency of donations

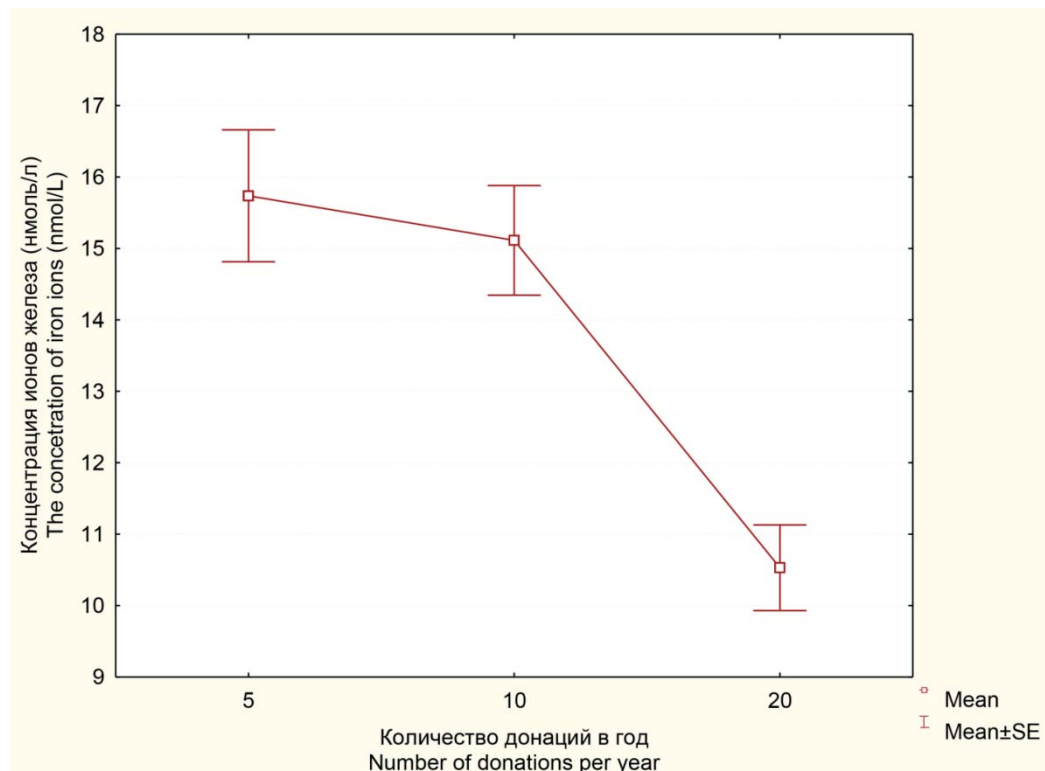


Рисунок 2. График изменения концентрации ионов железа у доноров женского пола в зависимости от частоты донаций

Figure 2. Graph of changes in the concentration of iron ions in blood of female donors depending on the frequency of donations

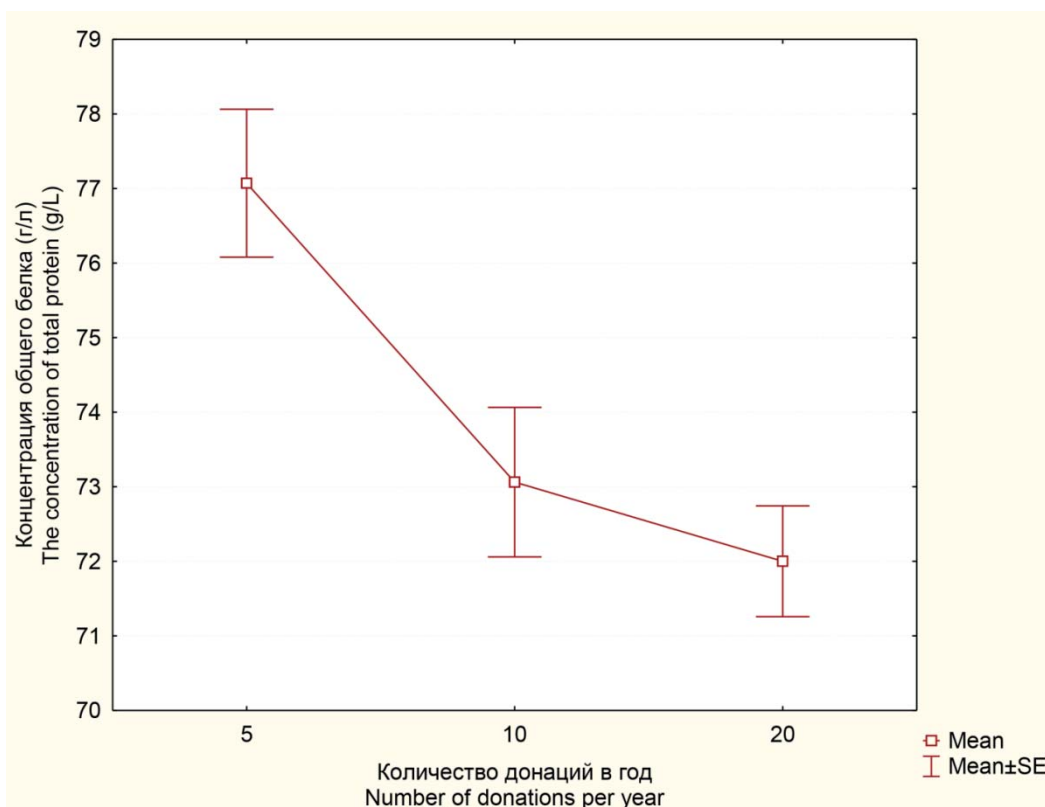


Рисунок 3. Изменения концентраций общего белка у доноров женского пола в зависимости от частоты донаций

Figure 3. Changes in the concentrations of total protein in blood of female donors depending on the frequency of donations

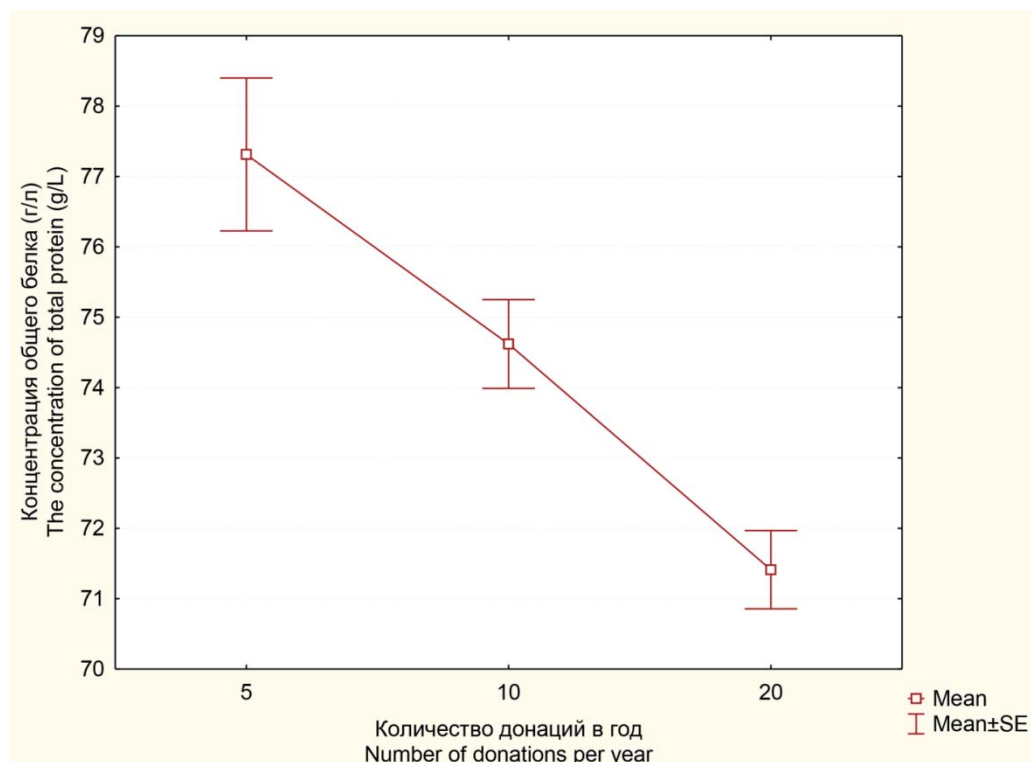


Рисунок 4. Изменения концентраций общего белка у доноров мужского пола в зависимости от частоты донаций
Figure 4. Changes in the concentrations of total protein in blood of male donors depending on the frequency of donations

с целью снижения риска развития цитратной реакции. Была показана возможность уменьшения воздействия цитрата на концентрацию кальция у доноров плазмы с помощью профилактического перорального приема растворов соединений кальция [14–16]. В настоящем исследовании пероральные препараты кальция не использовались.

Проведенное исследование показало, что высокая частота донорства плазмы аппаратным методом связана с риском снижения концентрации кальция в сыворотке доноров женского пола. Достоверные различия концентрации связанного кальция в плазме доноров женщин в группах с частотой донаций 1–5 и 11–26 раз в год, вероятно, связаны с тем, что в первую группу вошли в том числе и первичные, никогда не подвергавшиеся воздействию цитрата, доноры (31 %).

Полученные в настоящей работе результаты не противоречат выводам исследователей из Китая, которые выявили влияние частоты донорства и места проживания в разных провинциях Китая на концентрацию кальция в сыворотке крови доноров плазмы. Их исследование показало, что высокая частота донаций повышает риск снижения концентрации кальция в сыворотке доноров плазмы [7]. Исследования динамики концентрации ионов кальция у доноров плазмы на территории России неизвестны.

Нельзя исключать связь между изменениями концентрации связанного кальция и изменениями концентрации общего белка сыворотки. Согласно приказу 116бн [1], допустимые пределы значений

концентрации общего белка сыворотки составляют от 65 до 85 г/л. В проведенном исследовании выявлено статистически значимое уменьшение концентрации общего белка сыворотки при увеличении частоты процедур плазмафереза. Несколько исследовательских групп также указали на снижение концентрации общего белка до нижней границы допустимых значений у доноров, которым проводили большое количество процедур плазмафереза. Авторами из ФГБУН «Кировский научно-исследовательский институт гематологии и переливания крови Федерального медико-биологического агентства» показано, что с увеличением общего количества донаций свыше 26 раз почти у половины доноров происходит достоверное снижение концентрации общего белка сыворотки и увеличивается частота отклонений от нормы параметров его обмена [17]. Другая группа исследователей обнаружила, что количество донаций было важным фактором сниженной концентрации общего белка сыворотки крови [7]. Настоящее исследование учитывает именно влияние частоты донаций в год на динамику концентрации белка, что является более корректным, чем общее количество донаций без учета длительности интервалов между ними.

Важной составляющей общего запаса кальция в организме является костная ткань. Группой авторов исследована динамика выработки паратиреоидного гормона в ответ на введение цитрата в кровоток донора [10]. Концентрация гормона быстро возрастала в первые 15 мин. процедуры и потом стабилизировалась.

Таблица 1. Статистические данные исследуемых групп доноров
Table 1. Statistical data of the studied groups of donors

Группы Groups	Число доноров в группе Number of donors in the group	M ± CO	m	95 % доверительный интервал 95 % confidence interval	CV %
1–5 iCa (m)	18	1,062 ± 0,136	0,035	0,986 ± 1,138	12,880
1–5 iCa (f)	16	1,158 ± 0,208	0,053	1,042 ± 1,273	18,023
6–10 iCa (m)	23	1,129 ± 0,110	0,024	0,077 ± 1,180	9,782
6–10 iCa (f)	17	1,047 ± 0,281	0,07	0,897 ± 1,197	26,851
11–26 iCa (m)	24	1,105 ± 0,163	0,034	1,035 ± 1,176	14,755
11–26 iCa (f)	14	1,080 ± 0,103	0,027	1,020 ± 1,140	9,619
1–5 nCa (m)	18	1,060 ± 0,125	0,032	0,991 ± 1,130	11,821
1–5 nCa (f)	16	1,182 ± 0,196	0,051	1,053 ± 1,271	16,924
6–10 nCa (m)	23	1,114 ± 0,093	0,020	1,070 ± 1,157	8,362
6–10 nCa (f)	17	1,121 ± 0,115	0,028	1,061 ± 1,180	10,304
11–26 nCa (m)	24	1,105 ± 0,158	0,033	1,036 ± 1,174	14,372
11–26 nCa (f)	14	1,072 ± 0,094	0,025	1,017 ± 1,126	8,857
1–5 TCa (m)	18	2,072 ± 0,242	0,062	1,937 ± 2,206	11,720
1–5 TCa (f)	16	2,310 ± 0,401	0,1	2,096 ± 2,524	17,396
6–10 TCa (m)	23	2,164 ± 0,179	0,041	2,078 ± 2,251	8,295
6–10 TCa (f)	17	2,192 ± 0,226	0,054	2,076 ± 2,308	10,314
11–26 TCa (m)	24	2,118 ± 0,405	0,084	1,942 ± 2,293	19,148
11–26 TCa (f)	14	2,091 ± 0,180	0,048	1,987 ± 2,195	8,614
1–5 Fe (m)	10	13,320 ± 7,869	2,488	7,690 ± 18,949	59,078
1–5 Fe (f)	8	15,737 ± 5,219	1,845	11,373 ± 20,101	33,167
6–10 Fe (m)	9	17,722 ± 7,270	2,423	12,133 ± 23,311	41,027
6–10 Fe (f)	9	15,114 ± 4,058	1,534	11,360 ± 18,868	26,854
11–26 Fe (m)	17	15,714 ± 9,241	2,469	10,378 ± 21,050	58,808
11–26 Fe (f)	11	10,530 ± 3,790	1,198	7,818 ± 13,241	36,001
1–5 Protein (m)	16	77,312 ± 5,622	1,086	74,996 ± 79,628	5,622
6–10 Protein (m)	21	74,619 ± 2,889	0,630	73,303 ± 75,934	3,871
11–26 Protein (m)	17	71,411 ± 2,292	0,556	70,232 ± 72,590	3,210
1–5 Protein (f)	14	77,071 ± 3,709	0,991	74,929 ± 79,213	4,813
6–10 Protein (f)	16	73,062 ± 4,007	1,001	70,926 ± 75,198	5,485
11–26 Protein (f)	14	72,000 ± 2,878	0,743	70,405 ± 73,594	3,997

Таблица 2. Данные ANOVA анализа и критерия Бонферрони
Table 2. ANOVA analysis data and Bonferroni test

Группы Groups	F (Фактор Фишера) F (Fisher's test)	p	B (критерий Бонферрони) B (Bonferroni test)
iCa (m)	0,970	0,385	-
iCa (f)	0,999	0,376	-
nCa (m)	0,798	0,455	-
nCa (f)	3,174	0,048	1–5/11–26 p = 0,049
TCa (m)	0,386	0,681	-
TCa (f)	2,676	0,079	-
Fe (m)	0,664	0,522	-
Fe (f)	3,846	0,037	1–5/11–26 p = 0,048
Protein (m)	13,77	0,00001	1–5/6–10 p = 0,0462 6–10/11–26 p = 0,0113 1–5/11–26 p = 0,00001
Protein (f)	8,07	0,0011	1–5/6–10 p = 0,0113 1–5/11–26 p = 0,00112

Кальций из костной ткани переходит в связанное состояние и уже после диссоциации — в ионизированное состояние [18–20]. Учитывая то, что около 99,3% всех ионов кальция в организме находится в костях и зубах, 0,6% — в мягких тканях, 0,1% — во внеклеточной жидкости, в том числе 0,03% — в плазме, половина из которого в связанном состоянии [21], можно предположить, что незначительное снижение плотности костной ткани не может приводить к дефициту кальция в буферной системе крови. Вероятно, на концентрацию связанного кальция сыворотки в первую очередь может влиять концентрация общего белка сыворотки, концентрация альбуминов, их способность образовывать комплексы с кальцием с последующей диссоциацией при снижении концентрации ионизированного кальция. Можно предположить, что выявленное настоящим исследованием статистически значимое снижение концентрации общего белка крови у часто сдающих плазму доноров является одним из факторов, приводящих к снижению концентрации связанного кальция.

Литература

1. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.10.2020 № 1166н «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»
2. Crocco I., Franchini M., Garozzo G., et al. Adverse reactions in blood and apheresis donors: experience from two Italian transfusion centres. *Blood Transfus.* 2009; 7(1): 35–8. DOI: 10.2450/2008.0018-08.
3. Amrein K., Valentin A., Lanzer G., Drexler C. Adverse events and safety issues in blood donation—a comprehensive review. *Blood Rev* 2012; 26(1): 33–42. DOI: 10.1016/j.blre.2011.09.003.
4. Teglkamp J., Handgaard L., Hansen T., et al. The donors perceived positive and negative effects of blood donation. *Transfusion.* 2020; 60(3): 553–60. DOI: 10.1111/trf.15717.
5. Evers J., Taborski U. Distribution of citrate and citrate infusion rate during donor plasmaphereses. *J Clin Apher.* 2016; 31(1): 59–62. DOI: 10.1002/jca.21403.
6. Lokhande T., Thomas S., Kumar G., Bajpai M. The Play of Citrate Infusion with Calcium in Plateletpheresis Donors. *Indian J Hematol Blood Transfus.* 2021 Apr; 37(2): 295–301. DOI: 10.1007/s12288-020-01339-z.
7. Liu B., Dong D., Wang Z., et al. Analysis of influencing factors of serum total protein and serum calcium content in plasma donors. *Peer J.* 2022; 10: e14474. DOI: 10.7717/peerj.14474.
8. Das S.S., Chaudhary R., Khetan D., et al. Calcium and magnesium levels during automated plateletpheresis in normal donors. *Transfus Med.* 2005; 15(3): 233–6. DOI: 10.1111/j.1365-3148.2005.00576.x.
9. Amrein K., Katschnig C., Sipurzynski S., et al. Apheresis affects bone and mineral metabolism. *Bone.* 2010; 46(3): 789–95. DOI: 10.1016/j.bone.2009.11.008.
10. Toffaletti J., Nissenson R., Endres D., et al. Influence of continuous infusion of citrate on responses of immunoreactive parathyroid hormone, calcium and magnesium components, and other electrolytes in normal adults during plateletapheresis. 1985; 60(5): 874–9. DOI: 10.1210/jcem-60-5-874.
11. Bolan CD, Cecco SA, Yau YY, et al. Randomized placebo-controlled study of

У доноров плазмы мужского пола с высокой частотой донаций достоверного снижения концентрации ионов железа относительно группы редко сдающих доноров мужчин не наблюдали. Значения концентрации ионов железа после проведения процедуры плазмафереза достоверно отличаются в группах доноров женского пола с частотой донаций 1–5 и 11–26 раз в год. Это, вероятно, связано с более быстрым по сравнению с донорами-мужчинами физиологическим истощением запаса железа.

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлены достоверные отличия концентрации связанного кальция между группами доноров женского пола, сдававших плазму 1–5 и 11–26 раз в год. Выявлены достоверные отличия концентрации ионов железа между группами доноров женского пола, сдававших плазму 1–5 и 10–26 раз в год, достоверные отличия значений концентрации общего белка у доноров мужского пола между всеми тремя группами, у доноров женского пола между группами сдававших плазму 1–5 и 6–10 раз в год; 1–5 и 11–26 раз в год.

References

1. The order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 1166n "On approval of the procedure for checking donors for medical indications and the list of physical conditions (temporary and permanent) for donating blood and (or) its components and withdrawal periods subject to the obligation of a person in the presence of temporary medical indications, from donation of blood and (or) its components". (In Russian).
2. Crocco I., Franchini M., Garozzo G., et al. Adverse reactions in blood and apheresis donors: experience from two Italian transfusion centres. *Blood Transfus.* 2009; 7(1): 35–8. DOI: 10.2450/2008.0018-08.
3. Amrein K., Valentin A., Lanzer G., Drexler C. Adverse events and safety issues in blood donation—a comprehensive review. *Blood Rev* 2012; 26(1): 33–42. DOI: 10.1016/j.blre.2011.09.003.
4. Teglkamp J., Handgaard L., Hansen T., et al. The donors perceived positive and negative effects of blood donation. *Transfusion.* 2020; 60(3): 553–60. DOI: 10.1111/trf.15717.
5. Evers J., Taborski U. Distribution of citrate and citrate infusion rate during donor plasmaphereses. *J Clin Apher.* 2016; 31(1): 59–62. DOI: 10.1002/jca.21403.
6. Lokhande T., Thomas S., Kumar G., Bajpai M. The Play of Citrate Infusion with Calcium in Plateletpheresis Donors. *Indian J Hematol Blood Transfus.* 2021 Apr; 37(2): 295–301. DOI: 10.1007/s12288-020-01339-z.
7. Liu B., Dong D., Wang Z., et al. Analysis of influencing factors of serum total protein and serum calcium content in plasma donors. *Peer J.* 2022; 10: e14474. DOI: 10.7717/peerj.14474.
8. Das S.S., Chaudhary R., Khetan D., et al. Calcium and magnesium levels during automated plateletpheresis in normal donors. *Transfus Med.* 2005; 15(3): 233–6. DOI: 10.1111/j.1365-3148.2005.00576.x.
9. Amrein K., Katschnig C., Sipurzynski S., et al. Apheresis affects bone and mineral metabolism. *Bone.* 2010; 46(3): 789–95. DOI: 10.1016/j.bone.2009.11.008.
10. Toffaletti J., Nissenson R., Endres D., et al. Influence of continuous infusion of citrate on responses of immunoreactive parathyroid hormone, calcium and magnesium components, and other electrolytes in normal adults during plateletapheresis. 1985; 60(5): 874–9. DOI: 10.1210/jcem-60-5-874.
11. Bolan CD, Cecco SA, Yau YY, et al. Randomized placebo-controlled study of

oral calcium carbonate supplementation in plateletpheresis: II. Metabolic effects. *Transfusion*. 2003;43(10):1414-1422. doi:10.1046/j.1537-2995.2003.00513.x

12. Mane V.B., Jagtap P.E., Nagane N.S., et al. The significance of evolution of haematocrit in plateletpheresis donors. *J Clin Diagn Res*. 2015; 9(4): BC06-7. DOI: 10.7860/JCDR/2015/8292.5746.

13. Haynes S., Hickson E., Linden J., et al. Dietary citrate and plasma ionized calcium: Implications for platelet donors. *J Clin Apher*. 2018; 33(3): 222-5. DOI: 10.1002/jca.21575. 103147.

14. Pandey P.K., Tiwari A., Agarwal N., et al. Prophylactic administration of oral calcium carbonate during plateletpheresis: A bicentric prospective study. *Asian J Transfus Sci*. 2020; 14(1): 19-22. DOI: 10.4103/ajts.AJTS_114_17.

15. Weinstein R., Haynes S., Zhao Y., et al. A liquid calcium+vitamin D 3 supplement is effective prophylaxis against hypocalcemic toxicity during apheresis platelet donation. *J Clin Apher*. 2018; 33(1): 60-4. DOI: 10.1002/jca.21565.

16. Fujii K., Fujii N., Kondo T., et al. Effectiveness of supplemental oral calcium drink in preventing citrate-related adverse effects in peripheral blood progenitor cell collection. *Transfus Apheres Sci*. 2021; 60(4): 103147. DOI: 10.1016/j.transci.

17. Кашин К.П., Ковтунова М.Е., Кунов В.К. Влияние количества донаций на показатели белкового обмена у доноров плазмы для фракционирования. *Вестник службы крови России*. 2013; 3: 24-6.

18. Toffaletti J. Changes in protein-bound, complex-bound, and ionized calcium related to parathyroid hormone levels in healthy donors during plateletapheresis. *Transfusion*. 1983; 23(6): 471-5. DOI: 10.1046/j.1537-2995.1983.23684074265.x.

19. Monchi M. Citrate pathophysiology and metabolism. *Transfus Apher Sci* 2017; 56(1): 28-30. DOI: 10.1016/j.transci.2016.12.013.

20. Chonchol M., Smogorzewski M., Stubbs J., et al. Disorders of calcium, magnesium, and phosphate balance. In Brenner and Rector's *The Kidney*, Eleventh Edition Philadelphia, PA: Elsevier Inc; 2019: 580-613.

21. Tinawi M. Disorders of Calcium Metabolism: Hypocalcemia and Hypercalcemia. *Cureus*. 2021; 13(1): e12420. DOI: 10.7759/cureus.12420.

Информация об авторах

Ламзин Иван Михайлович*, кандидат медицинских наук, заведующий отделением заготовки крови и ее компонентов ГУЗ «Ульяновская областная станция переливания крови»,
e-mail: ivanlamzin@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7660-8843>

Брыляева Елена Владимировна, кандидат медицинских наук, заведующая экспедицией с центром управления запасами компонентов донорской крови ГУЗ «Ульяновская областная станция переливания крови»,
e-mail: brylyaeva@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9419-2038>

Хапман Марат Эрикович, кандидат медицинских наук, главный врач ГУЗ «Ульяновская областная станция переливания крови»,
e-mail: hme19191@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6144-1019>

oral calcium carbonate supplementation in plateletpheresis: II. Metabolic effects. *Transfusion*. 2003;43(10):1414-1422. doi:10.1046/j.1537-2995.2003.00513.x

12. Mane V.B., Jagtap P.E., Nagane N.S., et al. The significance of evolution of haematocrit in plateletpheresis donors. *J Clin Diagn Res*. 2015; 9(4): BC06-7. DOI: 10.7860/JCDR/2015/8292.5746.

13. Haynes S., Hickson E., Linden J., et al. Dietary citrate and plasma ionized calcium: Implications for platelet donors. *J Clin Apher*. 2018; 33(3): 222-5. DOI: 10.1002/jca.21575. 103147.

14. Pandey P.K., Tiwari A., Agarwal N., et al. Prophylactic administration of oral calcium carbonate during plateletpheresis: A bicentric prospective study. *Asian J Transfus Sci*. 2020; 14(1): 19-22. DOI: 10.4103/ajts.AJTS_114_17.

15. Weinstein R., Haynes S., Zhao Y., et al. A liquid calcium+vitamin D 3 supplement is effective prophylaxis against hypocalcemic toxicity during apheresis platelet donation. *J Clin Apher*. 2018; 33(1): 60-4. DOI: 10.1002/jca.21565.

16. Fujii K., Fujii N., Kondo T., et al. Effectiveness of supplemental oral calcium drink in preventing citrate-related adverse effects in peripheral blood progenitor cell collection. *Transfus Apheres Sci*. 2021; 60(4): 103147. DOI: 10.1016/j.transci.

17. Kashin K.P., Kovtunova M.E., Kunov V.K. The influence of the number of donations on the indicators of protein metabolism in plasma donors for fractionation. *Vestnik Slugby krovi Rossii*. 2013; 3: 24-6. (In Russian).

18. Toffaletti J. Changes in protein-bound, complex-bound, and ionized calcium related to parathyroid hormone levels in healthy donors during plateletapheresis. *Transfusion*. 1983; 23(6): 471-5. DOI: 10.1046/j.1537-2995.1983.23684074265.x.

19. Monchi M. Citrate pathophysiology and metabolism. *Transfus Apher Sci* 2017; 56(1): 28-30. DOI: 10.1016/j.transci.2016.12.013.

20. Chonchol M., Smogorzewski M., Stubbs J., et al. Disorders of calcium, magnesium, and phosphate balance. In Brenner and Rector's *The Kidney*, Eleventh Edition Philadelphia, PA: Elsevier Inc; 2019: 580-613.

21. Tinawi M. Disorders of Calcium Metabolism: Hypocalcemia and Hypercalcemia. *Cureus*. 2021; 13(1): e12420. DOI: 10.7759/cureus.12420.

Information about the authors

Ivan M. Lamzin*, Cand. Sci. (Med.), Head of blood component producing department, Ulyanovsk donor blood center,
e-mail: ivanlamzin@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7660-8843>

Elena V. Brylyaeva, Cand. Sci. (Med.), Head of blood component storing department, Ulyanovsk Donor Blood Center,
e-mail: brylyaeva@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9419-2038>

Marat E. Khapman, Cand. Sci. (Med.), Head of Ulyanovsk Donor Blood Center,
e-mail: hme19191@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6144-1019>

Горячая Марина Николаевна, заведующая клинико-диагностической лабораторией ГУЗ «Ульяновский областной клинический госпиталь ветеранов войн»,
e-mail: marina.gorya4aya@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6471-8922>

Marina N. Goryachaya, Head of clinical diagnostic laboratory, Ulyanovsk Regional War Veteran's Hospital,
e-mail: marina.gorya4aya@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6471-8922>

*** Автор, ответственный за переписку**

Поступила: 28.12.2023

Принята к печати: 01.06.2024

*** Corresponding author**

Received: 28 Dec 2024

Accepted: 01 Jun 2024
