ГЕМАТОЛОГИЯ И ПЕРЕЛИВАНИЕ КРОВИ/HEMATOLOGY AND BLOOD TRANSFUSION

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.46

ЛЕЙКОРЕДУКЦИЯ ДОНОРСКОЙ КРОВИ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Обзор

Чечеткин А.В.[1, *]

[1] ORCID : 0000-0002-7569-0697;

[1] Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (aschech[at]rambler.ru)

Аннотация

В обзоре литературы приведены современные представления о роли лейкоредукции в обеспечении безопасности донорской крови и ее компонентов. Даны сведения о технологиях лейкоредукции донорской крови и ее компонентов, возможностях оценки ее эффективности и влияния на качество трансфузионных средств. Показано, что трансфузии обедненных лейкоцитами компонентов крови способствуют предупреждению посттрансфузионных осложнений и улучшают клинические показатели у пациентов по сравнению с переливанием нелейкоредуцированных средств. Представлены новые сведения о влиянии лейкофильтрации на образование микровезикул в компонентах крови при их хранении, а также на процесс апоптоза эритроцитов. Продемонстрировано, что лейкофильтры после лейкоредукции могут являться источником получения клеток крови для экспериментальных исследований. Полученные данные позволили выявить нерешенные вопросы и наметить перспективы научных исследований в области безопасности и эффективности получения и использования лейкоредуцированных компонентов донорской крови.

Ключевые слова: донорская кровь и ее компоненты, лейкоредукция, трансфузионная терапия.

LEUKOREDUCTION OF DONOR BLOOD AND ITS COMPONENTS: CURRENT VIEWS ON SAFETY AND EFFICACY

Review article

Chechetkin A.V.[1, *]

[1] ORCID : 0000-0002-7569-0697;

[1] Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (aschech[at]rambler.ru)

Abstract

The literature review presents modern ideas about the role of leucoreduction in ensuring the safety of donor blood and its components. Information is given about the technologies of leucoreduction of donor blood and its components, the possibilities of evaluating its effectiveness and impact on the quality of transfusion agents. It is shown that transfusion of leucocyte-depleted blood components contributes to the prevention of posttransfusion complications and improves clinical parameters in patients in comparison with transfusion of non-leucoreduced means. New data on the influence of leukofiltration on the formation of microvesicles in blood components during their storage, as well as on the process of erythrocyte apoptosis, are presented. It was demonstrated that leukofilters after leukoreduction can be a source of obtaining blood cells for experimental studies. The obtained data allowed to identify unresolved issues and outline the prospects of scientific research in the field of safety and efficiency of obtaining and using leucoreduced donor blood components.

Keywords: donor blood and its components, leucoreduction, transfusion therapy.

Введение

Безопасность донорской крови и ее компонентов является одним из основных требований, предъявляемых к трансфузионной терапии у пациентов. К настоящему времени предложены и используются различные технологии обработки средств трансфузионной терапии, направленные на повышение их безопасности. Важное место среди них принадлежит лейкоредукции – удалению лейкоцитов из донорской крови и ее компонентов, которые, как известно, оказывают иммуноопосредованные эффекты (гипертермическая (фебрильная) негемолитическая реакция, аллоиммунизация лейкоцитарными антигенами системы HLA, рефрактерность к трансфузиям тромбоцитов, иммуномодуляция, посттрансфузионная болезнь «трансплантат против хозяина» (ПБТХ) и др.), способствуют передаче возбудителей инфекционных заболеваний (цитомегавирус, вирусы герпеса, Эпштейн-Барр и др.), вызывают реперфузионные повреждения органов и тканей (прежде всего, миокарда) [1, С. 83-89], [2, С. 5-14]. Кроме негативных эффектов, связанных непосредственно с переливанием лейкоцитов, важное значение имеют опосредованные повреждающие факторы, включающие повреждение эритроцитов во время хранения, образование микрочастиц из форменных элементов крови, накопление цитокинов и др. [3, С. 69-83], [4, С. 497-504]. В частности, микрочастицы, образующиеся из эритроцитов при хранении, активируют эндотелиальные клетки легких и вызывают их повреждение в эксперименте [5, С. 648–657]. Несмотря на длительный период времени, прошедший с момента начала использования методик удаления лейкоцитов из компонентов крови, вопросы безопасности и эффективности остаются в поле зрения исследователей как по мере разработки новых технологий, так и в процессе применения широко распространенных методов лейкоредукции. Целью работы явился анализ современных литературных данных по

безопасности и эффективности получения и использования лейкоредуцированных компонентов донорской крови. При написании данного литературного обзора были использованы отечественные и зарубежные научные публикации из базы данных PubMed и Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru), опубликованных с 2016 по 2023 годы.

Основные результаты

В настоящее время методы лейкоредукции можно разделить на 3 группы в зависимости от степени удаления лейкоцитов в компонентах крови. Технологии, позволяющие уменьшить количество лейкоцитов до 90% от исходного числа, включают отмывание клеток крови, механическое удаление лейкотромбоцитарного слоя из эритроцитной массы (взвеси), метод центрифугирования, охлаждения и микроагрегатной фильтрации. Использование методов глицеролизации–замораживания–оттаивания–деглицеролизации с последующим отмыванием клеток крови, дифференциального центрифугирования компонентов крови, лейкофильтров первого и второго поколения, содержащих модифицированное хлопковое волокно или ацетат целлюлозы, дает возможность осуществлять удаление от 90% до 99,9% лейкоцитов из компонентов крови. Высокую эффективность лейкоредукции (99,99% и более) демонстрируют лейкофильтры третьего и четвертого поколения, которые сочетают в себе наличие фильтрующих пор определенного размера, электростатическое взаимодействие и клеточную адгезию, а также специальные камеры лейкоредукционных систем аппаратов для плазмоцитафереза [6, С. 107–113].

При правильном использовании современные лейкофильтры позволяют получать кровь и ее компоненты, содержащие менее $1x10^6$ лейкоцитов в единице компонента, что соответствует требованиям нормативно-правовых документов в области безопасности донорства крови. Лейкоредукция компонентов крови осуществляется в различных странах, но степень ее внедрения имеет существенные отличия. Так в 2019 году в Италии была выполнена лейкоредукция 6% всей заготовленной эритроцитной массы (взвеси), в Чехии – 66%, в Австрии – 33%. Лейкоредукция плазмы осуществлялась в 100% случаев ее заготовки в Дании, Португалии, Швеции, доля лейкоредуцированного концентрата тромбоцитов в Дании, Германии, Португалии составила 100% [7, С. 61]. В Российской Федерации по итогам 2019 года доля лейкоредуцированной плазмы составила 29,3%, эритроцитной массы (взвеси) – 45,0%, концентрата тромбоцитов – 59,2% [8, С. 200–210]. В целом, в отношении внедрения лейкоредукции в медицинскую практику существует 2 подхода. В отдельных странах осуществляется универсальная лейкоредукция (удаление лейкоцитов осуществляется из всей крови и ее компонентов, полученных от доноров), например, во Франции, Германии, Великобритании и др.; в большинстве стран лейкоредукция компонентов крови проводится по показаниям для определенных групп пациентов, в частности иммунокомпрометированных, с онкологическими заболеваниями и т.д. Однако проведенное исследование показывает, что при отсутствии универсальной лейкоредукции выполнение рекомендаций по использованию обедненных лейкоцитами компонентов крови по показаниям (селективно) осуществляется не в полном объеме, несмотря на наличие локальных нормативных актов в медицинских организациях. Так по данным S. Choi et. al. [9, С. 187-195] в крупных медицинских учреждениях Южной Кореи у пациентов при трансплантации органов лейкофильтрованные компоненты крови применялись у 50% нуждающихся в лейкоредуцированных средствах, при лечении онкологических заболеваний – у 25-50%, при кардиохирургических операциях – у 25% и менее. Следует учесть, что при кардиохирургических операциях использование методов лейкоредукции уменьшает выраженность системной воспалительной реакции и предупреждает негативные эффекты иммуномодуляции [4, С. 497-504], [10, С. 50-59].

В зависимости от этапа заготовки и применения крови и ее компонентов лейкоредукцию выполняют до фракционирования консервированной крови, в процессе разделения консервированной крови на компоненты или после фракционирования донорской крови, а также во время трансфузии. Для контроля безопасности используют показатель содержания остаточных лейкоцитов в лейкоредуцированной крови и (или) ее компонентах [11, С. 109-119]. Вследствие распада лейкоцитов интервал между их элиминацией и подсчетом количества остаточных клеток в компонентах крови должен быть минимальным. Первоначально существовали значительные различия в методологии, используемой для подсчета лейкоцитов в лейкоредуцированных компонентах крови. Методы включали ручную микроскопию с помощью гемоцитометра Nageotte, микрообъемную флуориметрию и проточную цитометрию [12, С. 12-33]. В настоящее время проточная цитометрия с коммерческими реагентами стала наиболее широко используемым методом подсчета лейкоцитов, результаты которого включаются в системы статистического контроля процессов лейкоредукции [13, С. 740-744], [14, С. 66-72]. В последние годы внедряются методы подсчета остаточных лейкоцитов в лейкоредуцированных компонентах крови с использованием гематологических анализаторов. Современные анализаторы имеют высокую чувствительность и точность, а выполненные ими результаты полностью коррелируют с данными, полученными с помощью проточной цитометрии [15, С. 155–164].

Анализ многочисленных клинических исследований по использованию лейкоредуцированных компонентов крови в клинической практике выявил противоречивые сведения по оценке ее эффективности [16, С. 1068]. В проведенном крупном обзоре клинических исследований [17] анализировали эффективность использования лейкоредуцированных компонентов крови у пациентов на основании таких показателей, как рецидив заболевания, летальность, частота инфекционных и неинфекционных осложнений. В этом обзоре не было выявлено статистически значимых различий, подтверждающих эффективность лейкоредуцированных компонентов крови в снижении нежелательных явлений у всех пациентов, нуждающихся в трансфузии, что, по мнению авторов публикации, связано с низким качеством представленных доказательств. В обзоре, опубликованном в 2018 году, исследовали эффективность применения лейкофильтрованных компонентов крови в отношении клинических исходов, летальности и частоты инфекционных осложнений у пациентов, перенесших операции на сердце, и было установлено, что применение лейкоредуцированных компонентов крови способствует снижению частоты инфекционных осложнений и летальных исходов [18]. Вместе с тем в исследованиях, проведенных среди пострадавших с травмами, не было отмечено какого-либо существенного влияния лейкоредуцированных компонентов крови на частоту легочных осложнений, длительность искусственной вентиляции легких, длительность лечения в стационаре и др. Авторы полагают, что

необходимы дальнейшие и более масштабные исследования, чтобы оценить преимущества использования лейкоредуцированных компонентов крови при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим с травмами и ранениями [19, С. 124–129]. В последние годы формируется новое понимание роли лейкоредуцированной консервированной крови не только как продукта, подлежащего последующему фракционированию на компоненты, но и как эффективного трансфузионного средства для переливания при острой массивной кровопотере. В частности, P.K. Vasan et al. [20, С. 124–129] показали, что переливание лейкоредуцированной свежеконсервированной крови у пациентов при хирургическом лечении деформаций позвоночника сопровождалось снижением длительности лечения в отделении интенсивной терапии и продолжительности кислородной терапии, уменьшением интенсивности системной воспалительной реакции. Лейкоредукция в этих условиях должна не только обеспечить эффективную элиминацию лейкоцитов, но и сохранить функциональные свойства крови, включая количество тромбоцитов и их гемостатическую функцию. Показано, что использование лейкоцитарных фильтров, сберегающих тромбоциты, для фильтрации цельной крови может снижать агрегацию тромбоцитов и время формирования сгустка крови, однако эти результаты не всегда подтверждаются другими исследованиями [21, С. 351-357]. Последующая обработка с целью патогенредукции может оказать существенное негативное влияние на функцию тромбоцитов и гемостатический потенциал крови. Агрегация тромбоцитов, измеренная с индукторами аденозиндифосфатом, арахидоновой кислотой, коллагеном, при сочетанном использовании лейкоредукции и патогенредукции свежеконсервированной крови снижалась более чем на 50% [22, С. 1539–1548]. Через 21 день хранения патогенредуцированной крови показатели гемостаза ухудшались, время формирования сгустка существенно удлинялось, снижалась концентрация фибриногена, возрастала генерация тромбина по сравнению с интактной консервированной кровью тех же сроков хранения. Следовательно, при использовании лейкоредуцированных компонентов крови в клинической практике необходимо учитывать их эффективность, однако критерии и подходы к ее оценке у различных категорий пациентов требуют дальнейших исследований.

Поскольку имеется риск бактериальной контаминации крови во время ее заготовки, было проведено исследование о влиянии лейкофильтрации на бактериологическую безопасность лейкоредуцированной крови. Было показано, что внедрение лейкоредукции наряду с удалением первой порции крови способствует снижению частоты бактериальной контаминации эритроцитной взвеси с 1,27% до 0,10% [23, С. 365-370]. В экспериментальных условиях при инокуляции образцов крови микроорганизмами (*E. Coli*) установлено, что лейкофильтрация не оказывала непосредственного влияния на рост бактерий в контаминированных образцах, однако в первые и третьи сутки хранения при температуре 22° С в нефильтрованных образцах наблюдалось меньшее число колониеобразующих единиц бактерий, чем в лейкоредуцированной крови. Авторы связывают эти результаты с фагоцитарной активностью лейкоцитов, которая выше при температуре 22° С, чем при 4°С [24, С. 80–89].

Окончательно не определена роль лейкоредуцированных компонентов крови в профилактике обусловленного трансфузией острого повреждения легких (ОТОПЛ). По данным T.R. Watkins et al. [25, С. 1493-1499], лейкоредукция компонентов крови перед хранением не оказывала влияния на частоту или сроки повреждения легких, а также на показатели альвеолярного воспаления и эндотелиальной дисфункции в группах пациентов с травмами, нуждающихся в трансфузионной терапии. Как полагает М.И. Неймарк [26, С. 48], лейкоредукция крови и ее компонентов имеет ограниченный эффект при профилактике классического ОТОПЛ, так как в его патогенезе антитела донора играют более значительную роль, чем сами лейкоциты. Однако имеются исследования, свидетельствующие, что лейкоредукция крови и ее компонентов приводила к снижению случаев ОТОПЛ на 83% – с 2,8 до 0,48 случаев в год на 100 000 компонентов крови [27, С. 2738–2744].

Важным вектором развития научных исследований по проблемам лейкоредукции является совершенствование методик использования и оценки результатов применения лейкоредуцированных компонентов крови в профилактике иммунных посттрансфузионных осложнений. Так, двойная лейкоредукция позволяет снизить число лейкоцитов в эритроцитных компонентах крови до очень низких пределов (менее 1200-2500 клеток на единицу крови). Полученные таким путем образцы в экспериментальных условиях не вызывали никаких признаков ПБТХ, в отличие от образцов, содержащих более чем $1x10^5$ клеток [28]. Авторы полагают, что в случаях, когда облучение компонентов невозможно, двойная лейкофильтрация может быть использована для снижения риска развития ПБТХ у реципиентов. С использованием современных технологий на основе Luminex была подтверждена эффективность лейкоредукции в профилактике HLA-аллоиммунизации [29]. В этом исследовании частота аллоиммунизации была значительно ниже у пациентов, получавших лейкоредуцированные компоненты крови по сравнению с нефильтрованными эритроцитами (28,43% и 55,22% соответственно). При переливании крови у пациентов с беременностью в анамнезе было выявлено большее количество значимых антител к HLA по сравнению со случаями, когда переливание крови было единственным событием сенсибилизации (81,81% и 39,71% соответственно). Кроме того, уровень анти-HLA-антител был ниже у пациентов, получавших лейкоредуцированные компоненты, по сравнению с нефильтрованными средствами.

Новую страницу в научных исследованиях по проблемам обеспечения качества и безопасности лейкоредуцированных трансфузионных средств открывают исследования микровезикул в компонентах крови. В исследовании, проведенном F. Roshanzamir et al. [30] показано, что после лейкофильтрации на 42 день хранения наблюдалось увеличение количества микровезикул эритроцитов по сравнению с нефильтрованными компонентами крови. Интересно, что размер эритроцитарных микровезикул по мере увеличения длительности хранения компонентов крови повышался независимо от видов лейкофильтров. Поскольку ускоренное образование микровезикул рассматривается как признак старения клеток, авторы считают уровень микровезикул существенным маркером повреждения эритроцитов при хранении. Кроме того, растет число исследований, указывающих на то, что микровезикулы участвуют в широком спектре физиологических и патологических реакций и могут стимулировать некоторые процессы, включая свертывание крови и воспаление [31]. Показано, что микрочастицы, образующиеся в

процессе хранения эритроцитов, обладают прооксидантным эффектом и повышают проницаемость сосудистого эндотелия [32]. Несомненно, что изучение влияния лейкоредукции на уровень микрочастиц в компонентах крови и выяснение их роли в процессе хранения лейкоредуцированных трансфузионных средств является актуальной научной проблемой. С другой стороны, лейкоредукция снижала содержание молекулярных маркеров апоптоза эритроцитов в процессе хранения компонентов крови. В частности, в лейкоредуцированных эритроцитных компонентах обнаруживали более низкое содержание коротких некодирующих молекул рибонуклеиновой кислоты (микроРНК) по сравнению с цельной кровью [33, С. 1747-1757]. Поскольку предполагается регуляторная роль микроРНК в клеточном апоптозе, старении и сигнальных путях, можно полагать, что лейкоредуцированные эритроцитные взвеси обладают более высокими функциональными свойствами [34, С. 142-148]. Однако для получения убедительных доказательств этого необходимо проведение дальнейших научных исследований уровня микроРНК в эритроцитах in vivo.

В последние годы продемонстрированы возможности лейкофильтров как дополнительных источников получения клеток. Для получения клеток из фильтра осуществляется его промывка изотоническим раствором хлорида натрия с фосфатным буфером в обратном направлении тока жидкости. В условиях комнатной температуры при хранении лейкофильтра не более 24 часов удается получить до $5x10^8$ лейкоцитов с жизнеспособностью около 95%, фенотипические и функциональные свойства которых подобны клеткам, выделенным из лейкотромбоцитарного слоя.

Показано, что лейкофильтр является источником получения Т-клеток для исследовательских целей, но при этом выделенные клетки имеют незначительные функциональные отличия от Т-клеток, полученных из лейкотромбоцитарного слоя: увеличение экспрессии CD44, тенденция к более высокой продукции цитокинов, опосредованной рецепторами [35, С. 137-45].

Выделение микрочастиц из лейкофильтров в процессе экстракции клеток методом обратной промывки используется для их дальнейшего применения в экспериментальных исследованиях. Изучение выделенных микрочастиц с помощью проточной цитометрии показало значительное увеличение процента CD41 и CD14, а также микрочастиц CD34 [36, С. 103-106]. Выделяемые из фильтра лейкоциты используются для разработки новых иммуномодулирующих лекарственных средств, в том числе и для лечения новой коронавирусной инфекции [37].

N. Sasani et al. [38, С. 378-384] показали возможности получения из нейтрофилов, содержащихся в лейкофильтрах, α-дефензинов, которые в дальнейшем использовались для разработки новых методов иммунотерапии онкологических заболеваний. В этом случае в раствор для элюции нейтрофилов из фильтров добавляли декстран-40. Выделенные из нейтрофилов, содержащихся в лейкофильтрах, дифензины проявили высокую антимикробную активность в отношении тестируемых штаммов микроорганизмов и оставались активными в течение достаточно длительного времени [39, С. 1332-1339]. Потенциально возможно выделить из нейтрофилов, содержащихся в лейкоредуцирующих устройствах, и другие полипептиды, обладающие антимикробной активностью, такие как кальпротектин и пептид LL-37 [40, С. 494–498].

В исследовании, проведенном Y. Peytour et al. [41, С. 494–498], 22 лейкофильтра были обработаны с помощью 4-ступенчатой процедуры (элюирование лейкоцитов с помощью промывания фильтра, удаление тромбоцитов, центрифугирование и сепарация мононуклеаров) в течение 24 часов после сдачи крови. В составе клеточной суспензии было в среднем 76±10% лимфоцитов, балластные тромбоциты составили менее 1,6%. После иммуномагнитной селекции были получены клетки в количестве от 4×10^5 до 6×10^5, содержащие 85% функционально активных CD34+ клеток. Функциональные свойства, такие как состояние клеточного цикла, скорость роста и дифференцировка, были схожи с CD34+ клетками, полученными из периферической и пуповинной крови. По мнению авторов преимущества получения клеток CD34+ из лейкофильтров состоят в том, что извлечение и очистка клеток CD34+ из лейкоредуцирующих устройств являются быстрыми и простыми процедурами, пулирование клеток, элюированных из нескольких лейкофильтров, позволяет адаптировать количество очищенных клеток CD34+ требованиям экспериментальных проектов. Кроме того, пулирование образцов клеток уменьшает вариации между экспериментами, наблюдаемые с индивидуальным клеточным материалом. Автоматизация и стандартизация процесса могут позволить создавать большие пулы клеток CD34+, которые затем могут подвергаться криоконсервации и быть доступны в государственных или частных хранилищах клеток для научных экспериментов. Поэтому, разработка и совершенствование методов выделения из лейкофильтров клеточных взвесей для экспериментальных и клинических исследований в настоящее время является актуальным научным направлением.

Заключение

Лейкоредукция донорской крови и ее компонентов является важным элементом обеспечения безопасности трансфузионной терапии. Ее эффективность у пациентов обусловлена способностью удалять балластные лейкоциты из консервированной крови, а также ее компонентов на различных этапах заготовки и применения трансфузионных средств. Наряду с предупреждением посттрансфузионных осложнений установлены новые возможности лейкофильтрационных технологий в развитии экспериментальных и клинических исследований. Остаются нерешенными вопросы оценки эффективности применения лейкоредуцированных компонентов крови у различных категорий пациентов (в кардиохирургии, в травматологии и ортопедии, хирургии повреждений и др.). Это предполагает необходимость разработки доступных и информативных показателей мониторинга эффектов лейкоредуцированных компонентов крови на организм пациентов и клиническое течение заболеваний, а также поиск путей более точного определения показаний к назначению обедненных лейкоцитами трансфузионных средств. Актуальными направлениями научных исследований следует считать изучение влияния лейкоредукции на уровень микрочастиц и микроРНК в компонентах крови и выяснение их роли в процессе хранения лейкоредуцированных трансфузионных средств, а также разработку и совершенствование методов выделения из лейкофильтров клеточных взвесей для экспериментальных и клинических исследований.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Жибурт Е.Б. К внедрению лейкоцитарных фильтров. / Е.Б. Жибурт // Трансфузиология. — 2000. — 1. — С. 83-97.

2. Fujii Y. The Potential of the Novel Leukocyte Removal Filter in Cardiopulmonary Bypass / Y. Fujii // Expert Rev. Med. Devices. — 2016. — 13(1). — p. 5–14. — DOI: 10.1586/17434440.2016.1126179.

3. Мороз В.В. Сроки хранения фильтрованных эритроцитов и посттрансфузионные осложнения (обзор) / В.В. Мороз, Е.А. Шерстюкова, Е.К. Козлова и др. // Общая реаниматология. — 2021. — 17 (1). — с. 69–82. — DOI: 10.15360/1813-9779-2021-1-69-82.

4. Khan A.I. Effect of Leukoreduction on Transfusion-related Immunomodulation in Patients Undergoing Cardiac Surgery / A.I. Khan, G.K. Patidar, R. Lakshmy et al. // Transfusion Medicine. — 2020. — 30 (6). — p. 497–504.

5. Belizaire R.M. Microparticles from Stored Red Blood Cells Activate Neutrophils and Cause Lung Injury after Hemorrhage and Resuscitation / R.M. Belizaire, P.S. Prakash, J.R. Richter et al. // J. Am. Coll. Surg. — 2012. — 214 (4). — p. 648–657.

6. Matthesa G. Red Cell Apheresis with Automated In-line Fltration / G. Matthesa, M. Ingilizova, M.L. Dobao et al. // Transfus. Med. Hemother. — 2014. — 41 (1). — p. 107–113.

7. The Collection, Testing and Use of Blood and Blood Components in Europe. 2017, 2018 and 2019 report [Electronic source] // EDQM. — 2022. — URL: https://www.edqm.eu/en/reports-blood. (accessed: 08.09.23)

8. Чечеткин А.В. Анализ показателей деятельности службы крови Российской Федерации в 2019 году / А.В. Чечеткин, В.В. Данильченко, М.Ш. Григорьян и др. // Трансфузиология. — 2020. — 3. — с. 200-210.

9. Choi S.J. Common Data Model-based Analysis of Selective Leukoreduction Protocol Compliance at Three Hospitals. / S.J. Choi, J.W. Shin, Y.A. Yoon // Ann. Lab. Med. — 2023. — 43(2). — P. 187-195. — DOI: 10.3343/ALM.2023.43.2.187

10. Чечеткин А.В. Применение метода лейкофильтрации при трансфузиологическом обеспечении кардиохирургических операций. / А.В. Чечеткин, Н.Г. Руденко, С.Н. Кононенко // Трансфузиология. — 2004. — 2. — С. 50-59.

11. Чечеткин А.В. Методологические подходы к лабораторной оценке качества и безопасности компонентов донорской крови. / А.В. Чечеткин. // Актуальные вопросы современной науки и образования; под ред. Г.Ю. Гуляева — Пенза: Наука и Просвещение, 2023. — С. 109-119.

12. Костин А.И. К вопросу о контроле качества эритроцитсодержащих компонентов крови, обедненных лейкоцитами / А.И. Костин, О.А. Майорова, А.В. Ложкин и др. // Трансфузиология. — 2011. — 12 (2). — с. 12-33.

13. Pandey P. Comparative Study for Measurement of Residual Leucocytes in Leucodepleted Red Blood Cells by Two Different Methods / P. Pandey, A. Pande, D. Setya et al. // Indian J. Hematol. Blood Transfus. — 2020. — 36(4). — p. 740-744. — DOI: 10.1007/S12288-020-01325-5.

14. Козырева В.С. Использование метода проточной цитометрии для контроля содержания остаточных лейкоцитов в плазме крови. / В.С. Козырева, А.Н. Шилова, О.В. Шкода // Гематол. и трансфузиол. — 2019. — 64(1). — С. 66-72.

15. Blanco R.A. The Use of a Hematology Analyzer with a New Generation of Software as an Alternative to Flow Cytometry for Enumerating Residual White Blood Cells in Blood Components / R.A. Blanco, C. Cavagnetto, L. Willmott et al. // Transfusion. — 2020. — 60 (1). — p. 155-164.

16. Карпенко Ф.Н. Медицинская профилактика осложнений при трансфузионной терапии тяжелой кровопотери / Ф.Н. Карпенко, А.В. Новик, Е.Д. Расюк и др. // Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски. — 2020. — 4 (2). — с. 1048-1056.

17. Simancas-Racines D. Leukoreduction for the Prevention of Adverse Reactions from Allogeneic Blood Transfusion / D. Simancas-Racines, D. Osorio, A.J. Marti-Carvajal et al. — 2015. — №12. — URL: https://www.sci-hub.ru/10.1002/14651858.CD009745.pub2 (accessed: 12.10.2023)

18. Simancas-Racines D. Leukodepleted Packed Red Blood Cells Transfusion in Patients Undergoing Major Cardiovascular Surgical Procedure: systematic review and meta-analysis / D. Simancas-Racines, I. Arevalo-Rodriguez, G. Urrutia et al. — 2019. — URL: https://www.hindawi.com/journals/crp/2019/7543917/ (accessed: 13.10.2023) DOI: 10.1155/2019/7543917.

19. Kim Y. Role of Leukoreduction of Packed Red Blood Cell Units in Trauma Patients: a review / Y. Kim, B.T. Xia, A.L. Chang et al. // Int. J. Hematol. Res. — 2016. — 2(2). — p. 124-129. — DOI: 10.17554/j.issn.2409-3548.2016.02.31.

20. Vasan P.K. Is Fresh, Leucodepleted, Whole Blood Transfusion Superior to Blood Component Transfusion in Pediatric Patients Undergoing Spinal Deformity Surgeries? A prospective, randomized study analyzing postoperative serological parameters and clinical recovery / P.K. Vasan, S. Rajasekaran, V.K. Viswanathan et al. // Eur. Spine J. — 2021. — 30 (7). — p. 1943–1949.

21. Morris M.C. Effects of Whole Blood Leukoreduction on Platelet Function and Hemostatic Parameters / M.C. Morris, R. Veile, L.A. Friend et al. // Transfus. Med. — 2019. — 29 (5). — p. 351-357. — DOI: 10.1111/tme.12622.

22. Thoma K.A. Effect of Leukoreduction and Pathogen Reduction on the Hemostatic Function of Whole Blood / K.A. Thoma, S.M. Shea, M.H. Yazer et al. // Transfusion. — 2019. — 59 (4). — p. 1539–1548.

23. Nakamura A. Efficiency of Diversion of the First Aliquot of Blood and Prestorage Leukoreduction for Preventing Bacterial Contamination in Red Blood Cell Concentrates Assessed Using a Rapid Polymerase Chain Reaction-based Bacterial Detection System / A. Nakamura, K. Abe, M. Masuya et al. // Transfusion Medicine. — 2011. — 21 (6). — p. 365-370. — DOI: 10.1111/J.1365-3148.2011.01093.

24. Braathen H. Effect of Leukoreduction and Temperature on Risk of Bacterial Growth in CPDA-1 Whole Blood: A study of Escherichia coli / H. Braathen, J. Sivertsen, T.H.F. Lunde et al. // Transfusion. — 2021. — 6. — p. S80–S89. — DOI: 10.1111/trf.16499.

25. Watkins T.R. Effects of Leukoreduced Blood on Acute Lung Injury after Trauma: a randomized controlled trial / T.R. Watkins, G.D. Rubenfeld, T.R. Martin // Crit. Care Med. — 2008. — 36(5). — p. 1493-1499. — DOI: 10.1097/CCM.0b013e318170a9ce.

26. Неймарк М.И. TRALI-синдром: диагностика, профилактика, лечение. / М.И. Неймарк // Вестн. анестезиол. и реаниматол.. — 2019. — 16 (2). — С. 44-50.

27. Blumberg N. An Association between Decreased Cardiopulmonary Complications (Transfusion-related Acute Lung Injury and Transfusion-associated Circulatory Overload) and Implementation of Universal Leukoreduction of Blood Transfusions / N. Blumberg, J.M. Heal, K.F. Gettings et al. // Transfusion. — 2010. — 50 (12). — p. 2738–2744. — DOI: 10.1111/j.1537-2995.2010.02748.x.

28. Chun S. Double-filtered Leukoreduction as a Method for Risk Reduction of Transfusion-associated Graft-versus-host disease / S. Chun, M-T.T. Phan, S. Hong et al. — 2020. — №15. — URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0229724 (accessed: 14.10.2023)

29. Pandey P. A Retrospective Observational Study to Estimate the Risk of HLA Alloimmunization with Blood Transfusion: Can the Risk Be Reduced by Leucodepletion? / P. Pandey, A. Pande, A. Marik et al. — 2023. — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0171298523045291?via%3Dihub (accessed: 14.10.2023)

30. Roshanzamir F. The Potential Effect of Leukocyte Filtration Methods on Erythrocyte-derived Microvesicles: One Step forward / F. Roshanzamir, S. Amini-Kafiabad, M.N. Zarif et al. — 2022. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9580532/pdf/ejtm-32-3-10708.pdf (accessed: 14.10.2023)

31. Thangaraju K. Extracellular Vesicles from Red Blood Cells and Their Evolving Roles in Health, Coagulopathy and Therapy / K. Thangaraju, S.N. Neerukonda, U. Katneni et al. — 2021. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7796437/pdf/ijms-22-00153.pdf (accessed: 13.10.2023)

32. Oh J-Y. Different-sized Extracellular Vesicles Derived from Stored Red Blood Cells Package Diverse Cargoes and Cause Distinct Cellular Effects / J-Y. Oh, M.B. Marques, X. Xu et al. // Transfusion. — 2023. — 63 (3). — p. 586-600. — DOI: 10.1111/trf.17271.

33. Mukherjee S. Leukoreduction of Red Blood Cell Units Decreases Dysregulatory Micro RNAs during Routine Storage: An observational study with in-silico analysis / S. Mukherjee, P.G.S. Das, S. Prakash et al. // Transfusion. — 2023. — 63 (9). — p. 1747-1757.

34. Гареев И.Ф. Циркулирующие микроРНК как биомаркеры: какие перспективы?. / И.Ф. Гареев, О.А. Бейлерли // Профилактическая медицина. — 2018. — 21(6). — С. 142-150.

35. Tremblay M.M. TCR-mediated Functions Are Enhanced in Activated Peripheral Blood T Cells Isolated from Leucocyte Reduction Systems. / M.M. Tremblay, J.C. Houtman // J. Immunol. Methods. — 2015. — 416 (1). — P. 137-145.

36. Javan M.R. In-line Leukoreduction Filters: a New Source of Microparticle for Human and Animal Study / M.R. Javan, S.A. Kafi-Abad, M.N. Zarif et al. // Transfus. Apher. — 2023. — 62(2). — p. 103-106.

37. Balagholi S. Investigation of the Potential of Leukoreduction Filters in the Creation of Anti-inflammatory Compound [Electronic source] / S. Balagholi, R. Dabbaghi, S. Mohammadi // Transfus. Apher. Sci. — 2023. — №62. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9398560/pdf/main.pdf. (accessed: 13.10.23)

38. Sasani N. A Novel Approach on Leukodepletion Filters: Investigation of Synergistic Anticancer Effect of Purified α-defensins and Nisin / N. Sasani, R. Roghanian, G. Emtiazi et al. // Adv. Pharm. Bull. — 2021. — 11(2). — p. 378-384. — DOI: 10.34172/apb.2021.036.

39. Vossier L. An Innovative Biologic Recycling Process of Leukoreduction Filters to Produce Active Human Antimicrobial Peptides / L. Vossier, F. Leon, C. Bachelier et al. // Transfusion. — 2014. — 54(5). — p. 1332-1339. — DOI: 10.1111/trf.12444.

40. Ferdowsia S. Leukocyte Reduction Filters as an Alternative Source of Peripheral Blood Leukocytes for Research. / S. Ferdowsia, Z. Abbasi-Malatia, A.A. Pourfathollah // Hematol. Transfus. Cell Ther. — 2021. — 43(4). — P. 494–498.

41. Peytour Y. Obtaining of CD34+ Cells from Healthy Blood Donors: Development of a Rapid and Efficient Procedure Using Leukoreduction Filters / Y. Peytour, A. Guitart, A. Villacreces et al. // Transfusion. — 2010. — 50(10). — p. 2152-2157.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhiburt E.B. K vnedreniyu lejkocitarny'x fil'trov [Towards the Implementation of Leukocyte Filters]. / E.B. Zhiburt // Transfusiology. — 2000. — 1. — P. 83-97. [in Russian]

2. Fujii Y. The Potential of the Novel Leukocyte Removal Filter in Cardiopulmonary Bypass / Y. Fujii // Expert Rev. Med. Devices. — 2016. — 13(1). — p. 5–14. — DOI: 10.1586/17434440.2016.1126179.

3. Moroz V.V. Sroki hranenija fil'trovannyh eritrotsitov i posttransfuzionnye oslozhnenija (obzor) [Shelf Life of Filtered Red Cells and Posttransfusion Complications (a review)] / V.V. Moroz, E.A. Sherstjukova, E.K. Kozlova et al. // General Resuscitation. — 2021. — 17 (1). — p. 69–82. — DOI: 10.15360/1813-9779-2021-1-69-82. [in Russian]

4. Khan A.I. Effect of Leukoreduction on Transfusion-related Immunomodulation in Patients Undergoing Cardiac Surgery / A.I. Khan, G.K. Patidar, R. Lakshmy et al. // Transfusion Medicine. — 2020. — 30 (6). — p. 497–504.

5. Belizaire R.M. Microparticles from Stored Red Blood Cells Activate Neutrophils and Cause Lung Injury after Hemorrhage and Resuscitation / R.M. Belizaire, P.S. Prakash, J.R. Richter et al. // J. Am. Coll. Surg. — 2012. — 214 (4). — p. 648–657.

6. Matthesa G. Red Cell Apheresis with Automated In-line Fltration / G. Matthesa, M. Ingilizova, M.L. Dobao et al. // Transfus. Med. Hemother. — 2014. — 41 (1). — p. 107–113.

7. The Collection, Testing and Use of Blood and Blood Components in Europe. 2017, 2018 and 2019 report [Electronic source] // EDQM. — 2022. — URL: https://www.edqm.eu/en/reports-blood. (accessed: 08.09.23)

8. Chechetkin A.V. Analiz pokazatelej dejatel'nosti sluzhby krovi Rossijskoj Federatsii v 2019 godu [An Analysis of the Performance Indicators of the Blood Service of the Russian Federation in 2019] / A.V. Chechetkin, V.V. Danil'chenko, M.Sh. Grigor'jan et al. // Transfusiology. — 2020. — 3. — p. 200-210. [in Russian]

9. Choi S.J. Common Data Model-based Analysis of Selective Leukoreduction Protocol Compliance at Three Hospitals. / S.J. Choi, J.W. Shin, Y.A. Yoon // Ann. Lab. Med. — 2023. — 43(2). — P. 187-195. — DOI: 10.3343/ALM.2023.43.2.187

10. Chechetkin A.V. Primenenie metoda lejkofil'tracii pri transfuziologicheskom obespechenii kardioxirurgicheskix operacij [Application of Leukofiltration Method in Transfusiological Support of Cardiac Surgical Operations]. / A.V. Chechetkin, N.G. Rudenko, S.N. Kononenko // Transfusiology. — 2004. — 2. — P. 50-59. [in Russian]

11. Chechetkin A.V. Metodologicheskie podxody' k laboratornoj ocenke kachestva i bezopasnosti komponentov donorskoj krovi [Methodological Approaches to Laboratory Assessment of Quality and Safety of Donor Blood Components]. / A.V. Chechetkin. // Topical Issues of Modern Science and Education; edited by G.Yu. Gulyaeva — Penza: Nauka i Prosveshhenie, 2023. — P. 109-119. [in Russian]

12. Kostin A.I. K voprosu o kontrole kachestva eritrotsitsoderzhaschih komponentov krovi, obednennyh lejkotsitami [Quality Control of Erythrocyte-containing Leucocyte-Depleted Blood Components] / A.I. Kostin, O.A. Majorova, A.V. Lozhkin et al. // Transfusiology. — 2011. — 12 (2). — p. 12-33. [in Russian]

13. Pandey P. Comparative Study for Measurement of Residual Leucocytes in Leucodepleted Red Blood Cells by Two Different Methods / P. Pandey, A. Pande, D. Setya et al. // Indian J. Hematol. Blood Transfus. — 2020. — 36(4). — p. 740-744. — DOI: 10.1007/S12288-020-01325-5.

14. Kozy'reva V.S. Ispol'zovanie metoda protochnoj citometrii dlya kontrolya soderzhaniya ostatochny'x lejkocitov v plazme krovi [Use of Flow Cytometry to Monitor Residual Leukocytes in Plasma]. / V.S. Kozy'reva, A.N. Shilova, O.V. Shkoda // Haematology and Transfusiology. — 2019. — 64(1). — P. 66-72. [in Russian]

15. Blanco R.A. The Use of a Hematology Analyzer with a New Generation of Software as an Alternative to Flow Cytometry for Enumerating Residual White Blood Cells in Blood Components / R.A. Blanco, C. Cavagnetto, L. Willmott et al. // Transfusion. — 2020. — 60 (1). — p. 155-164.

16. Karpenko F.N. Meditsinskaja profilaktika oslozhnenij pri transfuzionnoj terapii tjazheloj krovopoteri [Medical Prevention of Complications in Transfusion Therapy of Severe Blood Loss] / F.N. Karpenko, A.V. Novik, E.D. Rasjuk et al. // Emergency Cardiology and Cardiovascular Risks. — 2020. — 4 (2). — p. 1048-1056. [in Russian]

17. Simancas-Racines D. Leukoreduction for the Prevention of Adverse Reactions from Allogeneic Blood Transfusion / D. Simancas-Racines, D. Osorio, A.J. Marti-Carvajal et al. — 2015. — №12. — URL: https://www.sci-hub.ru/10.1002/14651858.CD009745.pub2 (accessed: 12.10.2023)

18. Simancas-Racines D. Leukodepleted Packed Red Blood Cells Transfusion in Patients Undergoing Major Cardiovascular Surgical Procedure: systematic review and meta-analysis / D. Simancas-Racines, I. Arevalo-Rodriguez, G. Urrutia et al. — 2019. — URL: https://www.hindawi.com/journals/crp/2019/7543917/ (accessed: 13.10.2023) DOI: 10.1155/2019/7543917.

19. Kim Y. Role of Leukoreduction of Packed Red Blood Cell Units in Trauma Patients: a review / Y. Kim, B.T. Xia, A.L. Chang et al. // Int. J. Hematol. Res. — 2016. — 2(2). — p. 124-129. — DOI: 10.17554/j.issn.2409-3548.2016.02.31.

20. Vasan P.K. Is Fresh, Leucodepleted, Whole Blood Transfusion Superior to Blood Component Transfusion in Pediatric Patients Undergoing Spinal Deformity Surgeries? A prospective, randomized study analyzing postoperative serological parameters and clinical recovery / P.K. Vasan, S. Rajasekaran, V.K. Viswanathan et al. // Eur. Spine J. — 2021. — 30 (7). — p. 1943–1949.

21. Morris M.C. Effects of Whole Blood Leukoreduction on Platelet Function and Hemostatic Parameters / M.C. Morris, R. Veile, L.A. Friend et al. // Transfus. Med. — 2019. — 29 (5). — p. 351-357. — DOI: 10.1111/tme.12622.

22. Thoma K.A. Effect of Leukoreduction and Pathogen Reduction on the Hemostatic Function of Whole Blood / K.A. Thoma, S.M. Shea, M.H. Yazer et al. // Transfusion. — 2019. — 59 (4). — p. 1539–1548.

23. Nakamura A. Efficiency of Diversion of the First Aliquot of Blood and Prestorage Leukoreduction for Preventing Bacterial Contamination in Red Blood Cell Concentrates Assessed Using a Rapid Polymerase Chain Reaction-based Bacterial Detection System / A. Nakamura, K. Abe, M. Masuya et al. // Transfusion Medicine. — 2011. — 21 (6). — p. 365-370. — DOI: 10.1111/J.1365-3148.2011.01093.

24. Braathen H. Effect of Leukoreduction and Temperature on Risk of Bacterial Growth in CPDA-1 Whole Blood: A study of Escherichia coli / H. Braathen, J. Sivertsen, T.H.F. Lunde et al. // Transfusion. — 2021. — 6. — p. S80–S89. — DOI: 10.1111/trf.16499.

25. Watkins T.R. Effects of Leukoreduced Blood on Acute Lung Injury after Trauma: a randomized controlled trial / T.R. Watkins, G.D. Rubenfeld, T.R. Martin // Crit. Care Med. — 2008. — 36(5). — p. 1493-1499. — DOI: 10.1097/CCM.0b013e318170a9ce.

26. Nejmark M.I. TRALI-sindrom: diagnostika, profilaktika, lechenie [TRALI-syndrome: Diagnosis, Prevention, Treatment]. / M.I. Nejmark // Bulletin of Anaesthesia and ICU. — 2019. — 16 (2). — P. 44-50. [in Russian]

27. Blumberg N. An Association between Decreased Cardiopulmonary Complications (Transfusion-related Acute Lung Injury and Transfusion-associated Circulatory Overload) and Implementation of Universal Leukoreduction of Blood Transfusions / N. Blumberg, J.M. Heal, K.F. Gettings et al. // Transfusion. — 2010. — 50 (12). — p. 2738–2744. — DOI: 10.1111/j.1537-2995.2010.02748.x.

28. Chun S. Double-filtered Leukoreduction as a Method for Risk Reduction of Transfusion-associated Graft-versus-host disease / S. Chun, M-T.T. Phan, S. Hong et al. — 2020. — №15. — URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0229724 (accessed: 14.10.2023)

29. Pandey P. A Retrospective Observational Study to Estimate the Risk of HLA Alloimmunization with Blood Transfusion: Can the Risk Be Reduced by Leucodepletion? / P. Pandey, A. Pande, A. Marik et al. — 2023. — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0171298523045291?via%3Dihub (accessed: 14.10.2023)

30. Roshanzamir F. The Potential Effect of Leukocyte Filtration Methods on Erythrocyte-derived Microvesicles: One Step forward / F. Roshanzamir, S. Amini-Kafiabad, M.N. Zarif et al. — 2022. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9580532/pdf/ejtm-32-3-10708.pdf (accessed: 14.10.2023)

31. Thangaraju K. Extracellular Vesicles from Red Blood Cells and Their Evolving Roles in Health, Coagulopathy and Therapy / K. Thangaraju, S.N. Neerukonda, U. Katneni et al. — 2021. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7796437/pdf/ijms-22-00153.pdf (accessed: 13.10.2023)

32. Oh J-Y. Different-sized Extracellular Vesicles Derived from Stored Red Blood Cells Package Diverse Cargoes and Cause Distinct Cellular Effects / J-Y. Oh, M.B. Marques, X. Xu et al. // Transfusion. — 2023. — 63 (3). — p. 586-600. — DOI: 10.1111/trf.17271.

33. Mukherjee S. Leukoreduction of Red Blood Cell Units Decreases Dysregulatory Micro RNAs during Routine Storage: An observational study with in-silico analysis / S. Mukherjee, P.G.S. Das, S. Prakash et al. // Transfusion. — 2023. — 63 (9). — p. 1747-1757.

34. Gareev I.F. Cirkuliruyushhie mikroRNK kak biomarkery': kakie perspektivy'? [Circulating MicroRNAs as Biomarkers: What Are the Prospects?]. / I.F. Gareev, O.A. Bejlerli // Preventive Medicine. — 2018. — 21(6). — P. 142-150. [in Russian]

35. Tremblay M.M. TCR-mediated Functions Are Enhanced in Activated Peripheral Blood T Cells Isolated from Leucocyte Reduction Systems. / M.M. Tremblay, J.C. Houtman // J. Immunol. Methods. — 2015. — 416 (1). — P. 137-145.

36. Javan M.R. In-line Leukoreduction Filters: a New Source of Microparticle for Human and Animal Study / M.R. Javan, S.A. Kafi-Abad, M.N. Zarif et al. // Transfus. Apher. — 2023. — 62(2). — p. 103-106.

37. Balagholi S. Investigation of the Potential of Leukoreduction Filters in the Creation of Anti-inflammatory Compound [Electronic source] / S. Balagholi, R. Dabbaghi, S. Mohammadi // Transfus. Apher. Sci. — 2023. — №62. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9398560/pdf/main.pdf. (accessed: 13.10.23)

38. Sasani N. A Novel Approach on Leukodepletion Filters: Investigation of Synergistic Anticancer Effect of Purified α-defensins and Nisin / N. Sasani, R. Roghanian, G. Emtiazi et al. // Adv. Pharm. Bull. — 2021. — 11(2). — p. 378-384. — DOI: 10.34172/apb.2021.036.

39. Vossier L. An Innovative Biologic Recycling Process of Leukoreduction Filters to Produce Active Human Antimicrobial Peptides / L. Vossier, F. Leon, C. Bachelier et al. // Transfusion. — 2014. — 54(5). — p. 1332-1339. — DOI: 10.1111/trf.12444.

40. Ferdowsia S. Leukocyte Reduction Filters as an Alternative Source of Peripheral Blood Leukocytes for Research. / S. Ferdowsia, Z. Abbasi-Malatia, A.A. Pourfathollah // Hematol. Transfus. Cell Ther. — 2021. — 43(4). — P. 494–498.

41. Peytour Y. Obtaining of CD34+ Cells from Healthy Blood Donors: Development of a Rapid and Efficient Procedure Using Leukoreduction Filters / Y. Peytour, A. Guitart, A. Villacreces et al. // Transfusion. — 2010. — 50(10). — p. 2152-2157.