

**А.В. Чечеткин, С.С. Алексанин, В.Ю. Рыбников,
В.Н. Хирманов, О.А. Саблин**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИОФИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАЗМЫ ПРИ ОКАЗАНИИ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В ДОГОСПИТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Введение. Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, в том числе, аварии на морских судах, зачастую характеризуются значительными санитарными потерями, возникновением различных травм и повреждений с острой массивной кровопотерей у пострадавших, представляющей собой одну из ведущих причин летальных исходов в чрезвычайных ситуациях с тяжелой травмой и часто приводит к развитию гипокоагуляции. Для коррекции гипокоагуляции используются лекарственные средства и компоненты крови, в том числе, лиофилизированная плазма. При этом сведения об ее эффективности и безопасности при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в догоспитальном периоде являются противоречивыми.

Цель – провести аналитическое исследование по оценке эффективности и безопасности клинического использования лиофилизированной плазмы при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в догоспитальном периоде.

Методология. При проведении исследования использовали научные публикации из открытых источников, которые содержались в базах данных (eLIBRARY.RU, PubMed). Были проанализированы исследования, оценивающие эффективность и безопасность применения лиофилизированной плазмы в догоспитальном периоде оказания экстренной медицинской помощи, зарегистрированные в реестрах клинических исследований. Были изучены ежегодные отчеты о реакциях и осложнениях, связанных с трансфузией крови и ее компонентов, имеющиеся в международных и национальных системах по безопасности донорской крови и ее компонентов.

Результаты и их анализ. Проведен анализ результатов рандомизированных клинических исследований, который не выявил статистически значимых различий по клиническим исходам, профилактике осложнений и степени выраженности коагулопатии у лиц, получающих лиофилизированную плазму в догоспитальном периоде оказания экстренной медицинской помощи при травмах и ранениях в мирное время, по сравнению с использованием стандартных методов лечения. В имеющихся наблюдательных исследованиях продемонстрированы возможности использования лиофилизированной плазмы у пациентов с травмами и кровотечениями в догоспитальном периоде оказания экстренной медицинской помощи, в том числе, во время санитарной эвакуации. Посттрансфузионные реакции и осложнения, связанные с переливанием лиофилизированной плазмы, учитываются не в полном объеме и характеризуются низкой степенью доказательности.

Заключение. Результаты клинических исследований свидетельствуют о возможности применения лиофилизированной плазмы у взрослых пациентов, имеющих риск возникновения посттравматической коагулопатии, в догоспитальном периоде оказания экстренной медицинской помощи в мирное время.

✉ Чечеткин Александр Викторович – д-р мед. наук проф., вед. науч. сотр. науч.-исслед. отд. организации науч. деятельности науч.-исслед. центра, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0002-7569-0697, e-mail: aschekh@rambler.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0001-5527-9342, e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Рыбников Виктор Юрьевич – д-р мед. наук, д-р психол. наук проф., зам. директора по науч., учеб. работе, медицине катастроф, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0001-5527-9342, e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Хирманов Владимир Николаевич – д-р мед. наук проф., зав. отд. сердечно-сосуд. патологии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д.4/2), ORCID: 0009-0002-3766-0398, e-mail: vkhirmanov@mail.ru;

Саблин Олег Александрович – д-р мед. наук проф., зав. клинич. отд. терапии и профпатологии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0002-2597-1220, e-mail: gastroleg@yandex.ru

Для полной оценки эффективности и безопасности применения лиофилизированной плазмы требуется проведение дальнейших рандомизированных клинических исследований различных групп пострадавших в чрезвычайных ситуациях и пациентов с массивной кровопотерей.

Ключевые слова: медицина катастроф, экстренная медицинская помощь, догоспитальная помощь, переливание крови, лиофилизированная плазма, безопасность, чрезвычайная ситуация.

Введение

Острая массивная кровопотеря представляет собой одну из ведущих причин летальных исходов у пострадавших с тяжелой травмой [17]. По данным Г.В. Коробушкина и соавт., в первые часы после травмы наиболее значимым и часто встречаемым (75,5%) летальным фактором среди других причин смерти пострадавших стало кровотечение [3]. У 25–35% пациентов с кровотечением развивается выраженная коагулопатия, которая приводит к более высокой потребности в переливании компонентов крови, увеличенной продолжительности госпитализации, длительной искусственной вентиляции легких, увеличению частоты развития полиорганной недостаточности и, как правило, повышению уровня летальности [15]. Для профилактики и коррекции посттравматической коагулопатии предложены различные методы, одним из них является раннее применение трансфузий донорской свежезамороженной плазмы (СЗП). Были получены данные о том, что использование СЗП на ранних стадиях лечения травматического шока у пациентов снижает тяжесть коагулопатии за счет устранения дефицита факторов свертывания [23]. Полагают, что проведение инфузионной терапии в догоспитальном периоде у пациентов с тяжелым травматическим шоком позволяет динамично улучшить показатели, характеризующие функциональное состояние основных систем жизнеобеспечения на фоне продолжающегося интенсивного лечения в госпитальном периоде, при этом действенная коррекция циркуляторных, температурных и метаболических нарушений у больных с травматическим шоком снижает выраженность коагулопатии [6]. В то же время, чрезмерное использование инфузионных растворов может углубить тяжесть коагулопатии [8]. Для снижения летальности у пострадавших с массивной кровопотерей в догоспитальном периоде при риске рецидива кровотечения (коагулопатии), наличии технических возможностей и специальных знаний у медицинских работников может быть показана трансфузия крови и ее компонентов [10].

Вместе с тем, использование СЗП в догоспитальном периоде имеет много сложностей, обусловленных необходимостью поддержать

вать специальный температурный режим хранения компонента крови, соблюдать условия размораживания и учитывать совместимость групп крови донора и реципиента. Этому также сопутствует высокий брак контейнеров с СЗП. Так, анализ результатов использования размороженной плазмы у пострадавших во время санитарно-авиационной эвакуации показал, что только 7,2% единиц из общего количества размороженной плазмы были перелиты пациентам, 72,8% единиц плазмы были возвращены в учреждение службы крови с возможностью переливания до истечения срока годности, а 20% единиц размороженной плазмы были утилизированы [11]. Тем не менее, ряд зарубежных медицинских центров включили переливание СЗП в догоспитальном периоде в протоколы оказания экстренной медицинской помощи пациентам [25, 38, 41].

Указанные ранее обстоятельства диктуют необходимость иметь доступный препарат плазмы крови, который можно было бы легко хранить и транспортировать, вводить в сосудистое русло пациенту быстро и безопасно, а по своим свойствам он должен быть аналогичен СЗП. Эти преимущества могут быть обеспечены путем использования лиофилизированной (сухой) плазмы (ЛП) [7]. К настоящему времени значительная часть исследований посвящены вопросам доклинических исследований и разработке технологий лиофилизации плазмы. Вопросы клинического применения, оценки эффективности и безопасности ЛП изучены недостаточно.

Цель – провести аналитическое исследование по оценке эффективности и безопасности клинического использования лиофилизированной плазмы при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в догоспитальном периоде.

Материал и методы

При проведении исследования использовали научные публикации из открытых источников, которые содержались в отечественных и зарубежных базах данных (eLIBRARY.RU, PubMed), подобранные в соответствии с целью исследования. Были проанализированы исследования, оценивающие эффективность и безопасность применения ЛП в догоспи-

тальном периоде оказания медицинской помощи, зарегистрированные в Кокрейновском реестре контролируемых исследований, ClinicalTrials.gov, The International Clinical Trials Registry Platform (ICTRP) Всемирной организации здравоохранения.

Исследования, опубликованные в 2010–2024 гг., допускались к включению, если в них рассматривалось применение ЛП у взрослых пациентов с травмой и(или) кровотечениями. Дополнительно за этот же период времени были изучены ежегодные отчеты о посттрансфузионных реакциях и осложнениях (ПТО) и нежелательных явлениях, связанных с трансфузией крови и ее компонентов, зарегистрированных в «Международном мониторинге реакций и осложнений, связанных с переливанием крови, у доноров и реципиентов компонентов крови» (ISTARE), информационные бюллетени (отчеты) стран – членов Международной сети гемонадзора (IHN) и России, а также материалы Глобальной базы данных по безопасности крови Всемирной организации здравоохранения.

Результаты и их анализ

Переливание ЛП не является совершенно новым методом коррекции нарушений гомеостаза у пациентов при различных заболеваниях и травмах; ЛП использовали в лечении раненых и пострадавших, начиная с 30-х годов XX в. Однако опасения по поводу передачи гемотрансмиссивных инфекций, в том числе, гепатитов, при использовании объединённых пулов ЛП привели к прекращению ее крупномасштабного производства. По мере внедрения новых технологий обеспечения безопасности плазмы (карантизация, патогенредукция, использование методов молекулярно-генетического тестирования) во многих странах были возобновлены научно-исследовательские и практические работы по созданию нового поколения препаратов ЛП. Наиболее полно изучены параметры и свойства лиофилизированной плазмы «FLyP» (Франция), «LyoPlas N-w» (Германия), «Bioplasma FDP» (ЮАР). Проводятся исследования по созданию современных препаратов ЛП в России, Республике Беларусь, США, Канаде и других странах [2, 34]. На различных фазах исследования тестируются препараты нового поколения ЛП: EZPLAZ (Teleflex Inc.), Terumo BCT FDP (Terumo BCT), OctaplasLG Lyo (Octapharma AG) и Resusix (Entegriion), Frontline ODP (Velico Medical) и др. [19, 22, 31]. В России также имеются разработки технологий получе-

ния ЛП. В частности, И.А. Кривов и соавт. для лиофилизации применяли донорскую плазму, а патогенредукцию проводили с использованием амтосалена или рибофлавина и ультрафиолетового излучения [4]. А.Л. Берковский и соавт. представили данные о возможности лиофилизации пулированной плазмы с добавлением стабилизатора с целью сохранения факторов свертывания на приемлемом уровне [1]. Проводятся исследования по созданию комплекса средств для приготовления лиофилизированных компонентов крови, и получены опытно-промышленные образцы ЛП [5].

В результате реализации цели научного исследования изучены 69 публикаций (из них 8 – отечественных) по оценке эффективности и безопасности применения ЛП у пациентов в догоспитальном периоде. Исключены обзорные статьи, тезисы научных конференций и исследования, касающиеся применения ЛП в военно-полевых (боевых) условиях и у военнослужащих. Это обусловлено тем, что в этих исследованиях чаще всего участвовали молодые мужчины; тип травм в военных и мирных условиях отличается, что затрудняет сравнение полученных результатов [9, 36]. Были выявлены 12 клинических исследований из 7 стран, из числа которых только 4 отвечали требованиям, соответствующим клиническим исследованиям высокого уровня доказательности, с участием 586 пациентов и 24 здоровых лиц-добровольцев.

Исследование «Реанимация с использованием препаратов крови у пациентов с травмой, вызвавшей геморрагический шок, получающих догоспитальную помощь» (RePHILL) представляло собой многоцентровое, рандомизированное контролируемое исследование трех фаз, в котором участвовали пациенты ($n = 432$) с травмами, находившиеся под наблюдением службы скорой медицинской помощи Национальной службы здравоохранения Великобритании [16]. В этом многоцентровом исследовании взрослые пациенты с гипотензией, вызванной геморрагическим шоком, были рандомизированы для получения 2 единиц эритроцитной взвеси (ЭВ) и 2 единиц ЛП или 1 л 0,9% изотонического раствора хлорида натрия. Анализ результатов исследования не выявил существенных различий в биохимических и гемостазиологических показателях (за исключением содержания гемоглобина в периферической крови), летальности в течение 30 сут лечения, объеме инфузионно-трансфузионной терапии, состоянии центральной гемодинамики, частоте осложнений у пациентов при использовании

ЛП в течении стационарного лечения по сравнению с группой пациентов, получавших кристаллоидный раствор.

В многоцентровом рандомизированном клиническом исследовании (PREHO-PLYO) во Франции проведена оценка эффективности введения ЛП в догоспитальном периоде в сравнении с использованием кристаллоидных растворов у 134 пациентов с травмами с высоким риском травматического шока и связанной с ним коагулопатией [26]. Пациентам с травмами (преимущественно вследствие автомобильных катастроф) во время транспортировки в лечебное учреждение специалисты бригады скорой медицинской помощи вводили 4 единицы ЛП или 1 л 0,9% изотонического раствора хлорида натрия. Установлено, что показатели системы свертывания крови (международное нормализованное отношение, содержание фибриногена, протромбиновое время, уровень факторов свертывания II, V, VII, X) при поступлении в стационар, а также последующий объем трансфузионной терапии, летальность на протяжении 30 сут лечения, частота различных осложнений существенно не различались у пациентов при переливании ЛП и стандартном лечении.

В пилотное рандомизированное контролируемое исследование, проведенное службой скорой медицинской помощи в Австралии, были включены 20 пациентов с травмами, сопровождающимися кровотечением и гиповолемией [27]. Из них 11 пациентов получили трансфузии 1 единицы ЭВ и стандартную противошоковую терапию во время санитарно-авиационной эвакуации, 9 пациентам, наряду с трансфузиями 1 единицы ЭВ, применяли 2 единицы ЛП. Установлено, что показатели летальности пациентов через 24 ч после травмы и при выписке из стационара, продолжительности лечения в отделении интенсивной терапии, длительности госпитализации, состояния системы свертывания крови при поступлении в стационар, количества перелитых компонентов крови в первые 24 ч госпитального периода, диагностированных тромбоэмболических осложнений (тромбоз глубоких вен, тромбоэмболия лёгочной артерии, ишемический инсульт, острый инфаркт миокарда) статистически значимых различий между группами не имели. Исследование доказало возможность использования ЛП при санитарно-авиационной эвакуации пострадавших, но в силу небольшого числа наблюдений требуется проведение дальнейших рандомизированных контролируемых исследований

эффективности ЛП у пациентов с травмами в догоспитальном периоде.

Во всех 3 клинических исследованиях не выявлено случаев ПТО, связанных с введением ЛП. Но в одном из них отмечалось наличие технических сложностей у 13% пациентов при инфузии ЛП, связанных с неполным растворением сухой плазмы и последующей закупоркой полимерных систем или с низкой скоростью инфузии, в догоспитальном периоде [26].

В рандомизированном двойном слепом перекрестном исследовании, выполненном J.A. Cancelas и соавт., сравнивали результаты введения здоровым лицам аутологичных единиц СЗП и ЛП с использованием описательного анализа нежелательных явлений, свертываемости крови, гематологических и биохимических показателей [14]. Статистически значимых различий между уровнями каких-либо из анализируемых параметров до или после переливания СЗП или ЛП обнаружено не было. Не было выявлено существенных различий в содержании факторов свертывания крови, а также ПТО у обследуемых, которым переливали до 810 мл ЛП.

Следовательно, имеющиеся рандомизированные клинические исследования не подтверждают эффективность применения ЛП у пациентов с травмами в догоспитальном периоде для улучшения клинических исходов, профилактики осложнений и снижения выраженности коагулопатии. При этом положительно оценивается безопасность и возможность использования ЛП в догоспитальном периоде. С помощью постфактумного моделирования N. Crombie и соавт. изучили влияние детерминированного увеличения размера выборки при условии, что в каждой группе будут наблюдаться одинаковые показатели. Даже после масштабного дополнительного набора до 5000 участников авторы ожидали получить нулевой результат по основному показателю эффективности ЛП [16]. Доказательства эффективности в тех условиях, в которых были проведены рандомизированные клинические исследования, не обязательно свидетельствуют об отсутствии пользы от введения ЛП во всех случаях оказания медицинской помощи пациентам с травмами. В ряде наблюдательных исследований показаны определенные преимущества использования ЛП в догоспитальном периоде оказания медицинской помощи.

Так, С. Nguyen и соавт. была исследована эффективность введения ЛП у пострадавших с тяжелой механической травмой, поступив-

ших в травматологический центр 1-го уровня [29]. Выявлено, что инфузии ЛП возможно было начинать в более ранние сроки с момента начала лечения пострадавших (15 мин) по сравнению с трансфузией размороженной плазмы (95 мин). Пациентам, получившим инфузии ЛП, требовалось в дальнейшем меньше переливаний эритроцитных компонентов крови по сравнению с группой пациентов, которым переливали СЗП. Существенных различий в длительности госпитализации, продолжительности лечения в отделении интенсивной терапии или летальности в первые 24 ч госпитального периода между двумя группами пациентов отмечено не было [29].

Возможность раннего начала коррекции коагулопатии с помощью ЛП отмечена по результатам другого исследования, где 48 пациентам вводили 4 единицы ЛП или СЗП в течение 6 ч после травмы. Пациенты получали ЛП в более ранние сроки после травмы по сравнению с пациентами, получившими СЗП (14 и 77 мин соответственно). Это способствовало сохранению у пациентов более высоких показателей в периферической крови содержания фибриногена, международного нормализованного отношения, активности фактора V через 45 мин после травмы. Такие различия сохранялись между двумя группами пациентов в течение 6 ч, однако, никаких отличий в летальности между этими двумя группами пострадавших обнаружено не было [21].

В Норвегии санитарно-авиационная служба эвакуации имеет опыт использования ЛП, которая была перелита в течение 1 года 16 пациентам с геморрагическим шоком (разрыв аневризмы брюшной аорты, кровотечение из верхних отделов желудочно-кишечного тракта и т.д.). 2 пациента скончались на месте происшествия, а остальные были живы в течение 30 сут. Никаких осложнений, связанных с переливанием ЛП, зарегистрировано не было. Гипотензия перед переливанием плазмы наблюдалась у 10 (62 %) пациентов, но только у 2 (12 %) – она сохранялась на момент поступления в стационар. Среднее систолическое артериальное давление увеличилось после переливания ЛП у всех категорий пациентов [37].

В Великобритании санитарно-авиационная служба эвакуации пациентов с 2014 г. оснащена препаратом ЛП из расчета 4 дозы на одного пациента. При сравнительной оценке ее эффективности было установлено, что переливание ЛП в догоспитальном периоде снижает потребность в последующих трансфузиях эритроцитных компонентов крови на 18 %. Всего

за 2 года наблюдения в догоспитальном периоде ЛП была перелита 216 пациентам, что позволило существенно сократить время начала трансфузионной терапии при жизнеугрожающих состояниях [30].

В Финляндии в г. Тампере во время эвакуации пострадавших с кровотечением санитарной авиацией в течение 2015–2018 гг. апробировали программу трансфузии компонентов крови в догоспитальном периоде, включающей переливание 2 единиц ЭВ группы крови 0 и 2 единиц ЛП. Из всех вызовов экстренной медицинской помощи только в 0,7 % случаев были использованы трансфузии компонентов крови в догоспитальном периоде. Из общего числа пациентов, получивших трансфузионную терапию в догоспитальном периоде, у 47 % были перелиты 1,5 единицы ЛП. Переливание начиналось через 19 мин с момента начала оказания медицинской помощи пациенту [39].

S. Engerman и соавт. провели анализ использования ЭВ и ЛП в догоспитальном периоде у 132 пациентов, из которых 27 % имели кровотечение, не связанное с травмами [12]. Авторы пришли к заключению о возможности использования ЛП у пациентов в догоспитальном периоде не только при травмах, но и при желудочно-кишечных кровотечениях, разрывах аневризмы аорты и акушерских кровотечениях.

В другом описательном одноцентровом исследовании 56 пациентов с кровотечениями различной этиологии получили в период 2016–2020 гг. трансфузии 1–2 единиц ЛП во время длительной (не менее 39 мин) наземной транспортировки в лечебное учреждение [40]. Несмотря на различия в гемодинамических и лабораторных показателях, авторы отметили улучшение у всех пациентов после переливания ЛП. Однако в этом исследовании нет контрольной группы для определения различий между традиционным лечением и протоколом трансфузии ЛП, а также не оценивалось состояние свёртывающей системы крови у пациентов по прибытии в лечебное учреждение.

О возможности применения ЛП в догоспитальном периоде у пострадавших с травмами, зарегистрированными в гражданской сети учреждений здравоохранения, сообщают A. Schlaifer и соавт., однако, не приводят данных об эффективности такой терапии, так как отсутствует контрольная группа [34].

Как полагают исследователи из ЮАР, имеющие опыт применения ЛП у пациентов при травмах и катастрофах, потенциальная польза ЛП может быть доказана в двух клинических

сценариях: во-первых, когда ЛП используется в качестве дополнения к сбалансированной реанимации и вводится вместе с другими компонентами крови и, во-вторых, в качестве средства реанимационной помощи при кровотечении [28].

Следует отметить, что во всех исследованиях, а также в обзорных статьях авторы отмечают логистические преимущества ЛП по сравнению с СЗП и удобство применения у пациентов [18, 32].

Данных о возникновении ПТО после переливания ЛП в публикациях представлено недостаточно. Как правило, в большинстве работ авторы указывают, что ПТО или нежелательные явления после применения ЛП не зарегистрированы [37]. В национальных системах гемонадзора сведения о ПТО, связанных с трансфузией ЛП, практически не представлены. Виды ПТО после переливания ЛП могут быть как общими для всех трансфузий плазмодержащих компонентов крови, так и специфичными в связи с особенностями ее получения. Несмотря на то, что процесс лиофилизации не вызывал изменений структуры белков плазмы, использование методов патогенредукции может способствовать возникновению аллергических реакций при введении ЛП [35]. Многие исследователи полагают, что частота ПТО после переливания ЛП сопоставима с аналогичными показателями при трансфузии СЗП. Так, по данным J. Vix и соавт., ПТО были зарегистрированы с частотой 1: 2900 после переливаний ЛП [13]. Преобладали аллергические ПТО, проявляющиеся гипертермией и крапивницей. Из них тяжелые случаи, сопровождающиеся бронхоспазмом и гипотензией, составили 1: 60 000, однако, доля таких осложнений не превышала 5%. Возникновение обусловленного трансфузией острого повреждения легких, а также объемной перегрузки не зарегистрировано. По данным A. Shlaifer и соавт., у 1 (0,9%) из 109 пациентов, получавших ЛП, наблюдалось посттрансфузионное осложнение в виде гипертермической (фебрильной) негемолитической реакции [34]. Учитывая, что сведения о ПТО, связанных с переливанием ЛП, в национальных ежегодных отчетах, как правило, не регистрируются, это не позволяет провести сравнение с частотой возникновения ПТО при трансфузии других компонентов крови, в частности СЗП. Несмотря на то, что имеющиеся данные о нежелательных явлениях и ПТО, связанных с переливанием ЛП, имеют низкий или умеренный уровень

доказательности, нет никаких свидетельств увеличения частоты ПТО у реципиентов ЛП. Следует отметить, что имеющиеся характеристики ПТО при аллогенных трансфузиях ЛП получены в результате пассивного наблюдения за пациентами, тогда как приоритет следует отдавать активным формам выявления ПТО и нежелательных явлений, позволяющим получить представление об истинной частоте ПТО при использовании компонента крови [20]. Кроме того, не представлены сведения о вероятности взаимосвязи между наблюдаемым ПТО и переливанием компонентов крови. В соответствии с рекомендациями Международного общества переливания крови (ISBT) и IHN, для международных сравнений следует использовать только возможные, вероятные и однозначно связанные с трансфузией случаи ПТО [21]. Как правило, критерии тяжести и причинно-следственной связи, указанные в этих рекомендациях, для ПТО с трансфузией ЛП не применяли. Вместе с тем, при переливании ЛП имеется потенциальный риск ПТО, обусловленных техникой ее восстановления и применения. В первую очередь, возможны нарушения восстановления ЛП, в частности, использование нестерильного растворителя, или ошибки в пропорциях сухого порошка. Это может привести к септическим или эмболическим осложнениям. Так, A. Shlaifer и соавт. сообщили о 5 (4,6%) случаях затруднений при введении препарата ЛП, связанных с очень медленной скоростью или отсутствием потока плазмы в полимерных трубках вследствие недостаточного растворения порошка ЛП, и наличия нерастворимых частиц сухой плазмы в полимерной системе для переливания компонента крови [34]. Заслуживает внимания возможность изменения электролитного баланса в сторону гипернатриемии при избытке ионов натрия в растворе для разведения сухой плазмы. ЛП содержит факторы свертывания, вследствие чего повышается риск возникновения тромбозов у пациентов с гиперкоагуляцией, в частности при онкопатологии. Степень риска передачи гемотрансмиссивных инфекций реципиентам при переливании ЛП различается в зависимости от особенностей ее производства. Объединение пулов плазмы, полученной от разных доноров, теоретически повышает риск инфекционных осложнений после ЛП по сравнению с препаратами из индивидуальных единиц донорской плазмы. Однако благодаря использованию современных технологий лабораторного тестирования и патогенредукции этого не происходит.

В целом, можно утверждать, что технически лиофилизация плазмы снижает риск инфицирования пациентов гемотрансмиссивными вирусными инфекциями по сравнению с СЗП. Учитывая низкую частоту передачи гемотрансмиссивных инфекций при переливании донорской плазмы, необходимы крупные исследования, сравнивающие инфекционную безопасность ЛП и СЗП. Сведения о ПТО, связанных с иммунной несовместимостью ЛП и крови реципиента, не выявлены. Препараты ЛП подвергаются различной технологической обработке, что влияет на их иммунную совместимость с кровью реципиента. ЛП, изготовленная из объединенных пулов донорской плазмы, позволяет продукту быть универсальным по всем антигенным параметрам, в то время как препарат из плазмы, полученной от одного донора, имеет определенную группу крови. В этом случае желательно для лиофилизации использовать плазму от доноров мужского пола с группой крови АВ.

Заключение

Анализ результатов клинических исследований свидетельствует о возможности применения лиофилизированной плазмы у пострадавших в чрезвычайных ситуациях (взрослых пациентов), имеющих риск возникновения посттравматической коагулопатии, в догос-

питальном периоде оказания экстренной медицинской помощи в системе гражданского здравоохранения. Имеющиеся рандомизированные клинические исследования не подтверждают эффективность применения лиофилизированной плазмы у пациентов с травмами в догоспитальном периоде для улучшения клинических исходов и снижения летальности, профилактики осложнений и уменьшения выраженности коагулопатии по сравнению со стандартными методами лечения.

Выявленные сведения о посттрансфузионных реакциях и осложнениях в силу недостаточного числа наблюдений не дают доказательств того, что по своему уровню безопасности лиофилизированная плазма превосходит или уступает донорской свежемороженой плазме. Однако такие результаты следует интерпретировать с осторожностью, поскольку большинство исследований были наблюдательными и имели неоднородную популяцию пациентов. Для оценки эффективности применения лиофилизированной плазмы у пациентов и ее влияния на лабораторные показатели системы гемостаза, объем трансфузионной терапии и клинические исходы (частота осложнений, продолжительность лечения и смертность) необходимы хорошо спланированные проспективные, рандомизированные контролируемые клинические исследования.

Литература / References

1. Берковский А.Л., Сергеева Е.В., Суворов А.В. [и др.]. Получение лиофилизированной плазмы с сохраненной активностью факторов свертывания // Гематология и трансфузиология. 2016. Т. 61, № 4. С. 204–208. DOI: 10.18821/0234-5730-2016-61-4-204-208.
1. Berkovskiy A.L., Sergeeva E.V., Suvorov A.V. [et al.]. Poluchenie liofilizirovannoi plazmy s sokhranennoi aktivnost'yu faktorov svertyvaniya [The development and modification of preparations for the treatment of hemophilia]. *Gematologiya i transfuziologiya* [Russian journal of hematology and transfusiology]. 2016; 61(4):204–208. DOI: 10.18821/0234-5730-2016-61-4-204-208. (In Russ)
2. Бондарук О.Н., Дашкевич Э.В., Пасюков В.В. Лиофилизированная плазма: оценка эффективности и безопасности // Гематология. Трансфузиология. Вост. Европа. 2021. Т. 7, № 1. С. 49–59. DOI: 10.34883/PI.2021.7.1.004.
2. Bondaruk O.N., Dashkevich E.V., Pasyukov V.V. Liofilizirovannaya plazma: otsenka effektivnosti i bezopasnosti [Lyophilized plasma: efficiency and safety evaluation]. *Gematologiya. Transfuziologiya. Vostochnaya Evropa* [Hematology. Transfusiology. Eastern Europe]. 2021; 7(1):49–59. DOI: 10.34883/PI.2021.7.1.004. (In Russ)
3. Коробушкин Г.В., Шигеев С.В., Жуков А.И. Анализ причин смерти в выборке пациентов с политравмой в Москве // Политравма. 2020. № 2. С. 47–53. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10019.
3. Korobushkin G.V., Shigeev S.V., Zhukov A.I. Analiz prichin smerti v vyborke patsientov s politravmoi v Moskve [Analysis of causes of death in a sample of patients with polytrauma in Moscow]. *Politravma* [Polytrauma]. 2020; (2):47–53. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10019. (In Russ)
4. Кривов И.А., Рагимов А.А., Салимов Э.Л. Сравнение влияния лиофилизации на показатели плазменного гемостаза в вирусинактивированной различными методами плазме крови // Современ. пробл. науки и образования [Электронный ресурс]. 2021. № 2. DOI: 10.17513/spno.30630.
4. Krivov I.A., Ragimov A.A., Salimov E.L. Sravnenie vliyaniya liofilizatsii na pokazateli plazmennogo gemostaza v virusinaktivirovannoi razlichnymi metodami plazme krovi [Comparison of the effect of lyophilization on plasma hemostasis parameters in virusinactivated blood plasma inactivated by various methods]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2021; (2). DOI: 10.17513/spno.30630. (In Russ)

5. Саркисов И.Ю., Саркисов А.И., Берковский А.Л. [и др.]. Инновационная отечественная технология получения лиофилизированной плазмы // Трансфузиология. 2022. № 3. Прил. 1. С. 48–49.
6. Степанов С.С., Гирш А.О., Стуканов М.М. [и др.]. Персонализация программ инфузионной терапии у больных с тяжелым травматическим шоком на догоспитальном этапе // Скор. мед. помощь. 2022. Т. 23, № 3. С. 17–23. DOI: 10.24884/2072-6716-2022-23-3-17-23.
7. Чечеткин А.В., Алексеева Н.Н., Старицына Н.Н. [и др.]. Производство и применение лиофилизированной плазмы: исторические аспекты и современное состояние // Трансфузиология. 2018. № 4. С. 67–75.
8. Шабунин А.В., Родионов Е.П., Греков Д.Н. [и др.]. Организация оказания специализированной медицинской помощи при политравме в многопрофильной больнице [Электронный ресурс] // Мед. алфавит. 2021. № 25. С. 34–41. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-25-34-41.
9. Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А., Стекольников Н.Ю., Ашевский В.В. Догоспитальная помощь по принципам Damage Control Resuscitation в условиях современных боевых действий (обзор литературы) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2022. № 4. С. 55–65. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-4-55-65.
10. Щеголев А. В., Грицай А. Н., Климов А.Г. [и др.]. Особенности инфузионной терапии на догоспитальном этапе при продолжающемся кровотечении // Скор. мед. помощь. 2021. Т. 22, № 3. С. 71–78. DOI: 10.24884/2072-6716-2021-22-3-71-78.
11. Adams P.W., Warren K.A., Guyette F.X. [et al.]. Implementation of a prehospital air medical thawed plasma program: Is it even feasible? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2019; 87(5):1077–1081. DOI: 10.1097/TA.0000000000002406.
12. Engerman S., Kirves H., Nurmi J. Characteristics of non trauma patients receiving prehospital blood transfusion with the same triggers as trauma patients: a retrospective observational cohort study. *Prehospital Emerg. Care.* 2022; 26(2):263–271. DOI: 10.1080/10903127.2021.1873472.
13. Bux J., Dickhörner D., Scheel E. Quality of freeze-dried (lyophilized) quarantined single-donor plasma. *Transfusion.* 2013; 53(12):3203–3209. DOI: 10.1111/trf.12191.
14. Cancelas J.A., Nestheide S., Rugg N. [et al.]. Characterization and first-in-human clinical dose-escalation safety evaluation of a next-gen human freeze-dried plasma. *Transfusion.* 2022; 62(2):406–417. DOI: 10.1111/trf.16756.
15. Chang R., Cardenas J.C., Wade C.E., Holcomb J.B. Advances in the understanding of trauma-induced coagulopathy. *Blood.* 2016; 128(8):1043–1049. DOI: 10.1182/blood-2016-01-636423.
16. Crombie N., Doughty H., Bishop J.R.B. [et al.]. Resuscitation with blood products in patients with trauma-related haemorrhagic shock receiving prehospital care (RePHILL): a multicentre, open-label, randomised, controlled, phase 3 trial. *Lancet Haematol.* 2022; 9(4):e250–e261. DOI: 10.1016/S2352-3026(22)00040-0.
17. Fecher A., Stimpson A., Ferrigno L., Pohlman T.H. The pathophysiology and management of hemorrhagic shock in the polytrauma patient. *J. Clin. Med.* 2021; 10(20):4793–4820. DOI: 10.3390/jcm10204793.
18. Feuerstein S.J., Skovmand K., Møller A.M., Wildgaard K. Freeze-dried plasma in major haemorrhage: a systematic review. *Vox. Sang.* 2020; 115(4):263–274. DOI: 10.1111/vox.12898.
19. Flaumenhaft E.J., Khat T., Marschner S. Retention of coagulation factors and storage of freeze-dried plasma. *Mil. Med.* 2021; 186(1):400–407. DOI: 10.1093/milmed/usaa347.
5. Sarkisov I.Yu., Sarkisov A.I., Berkovskii A.L. [et al.]. Innovatsionnaya otechestvennaya tekhnologiya polucheniya liofilizirovannoi plazmy [Innovative domestic technology for obtaining lyophilized plasma]. *Transfuziologiya.* [Transfusiology]. 2022; (3-1):48–49. (In Russ)
6. Stepanov S.S., Girsh A.O., Stukanov M.M. [et al.]. Personalizatsiya programm infuzionnoi terapii u bol'nykh s tyazhelym travmaticheskim shokom na dogospital'nom etape [The statistical importance of influence of various options of infusional therapy on parameters of a homeostasis of patients with heavy traumatic shock]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch* [Emergency medical care]. 2022; 23(3):17–23. DOI: 10.24884/2072-6716-2022-23-3-17-23. (In Russ)
7. Chechetkin A.V., Alekseeva N.N., Staritsyna N.N. [et al.]. Proizvodstvo i primeneniye liofilizirovannoi plazmy: istoricheskie aspekty i sovremennoye sostoyaniye [Production and use of lyophilized plasma: historical aspects and current state]. *Transfuziologiya* [Transfusiology]. 2018; 4):67–75. (In Russ)
8. Shabunin A.V., Rodionov E.P., Grekov D.N. [et al.]. Organizatsiya okazaniya spetsializirovannoi meditsinskoi pomoshchi pri politravme v mnogoprofil'noi bol'nitse [Organization of provision of specialized medical care for polytrauma in multidisciplinary hospital]. *Meditsinskii alfavit* [Medical alphabet]. 2021; (25):34–41. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-25-34-41. (In Russ)
9. Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A., Stekol'nikov N.Yu., Ashevskii V.V. Dogospital'naya pomoshch' po printsipam Damage Control Resuscitation v usloviyakh sovremennykh boevykh deistvii (obzor literatury) [Prehospital care according to the principles of Damage Control Resuscitation in the conditions of modern warfare (literature review)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2022; (4):55–65. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-4-55-65. (In Russ)
10. Shchegolev A. V., Gritsai A. N., Klimov A.G. [et al.]. Osobennosti infuzionnoi terapii na dogospital'nom etape pri prodolzhayushchemsya krvotochenii [Features of the infusion therapy at the prehospital stage with the ongoing bleeding]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch* [Emergency medical care]. 2021; 22(3):71–78. DOI: 10.24884/2072-6716-2021-22-3-71-78. (In Russ)

20. Garcia J., Carneiro A.C.D.M., Silva S.S. Underreporting of transfusion incidents. *Hematol. Transfus. Cell Ther.* 2024; 46(2):186–191. DOI: 10.1016/j.htct.2024.01.004.
21. Garrigue D., Godier A., Glacet A. [et al.]. French lyophilized plasma versus fresh frozen plasma for the initial management of trauma-induced coagulopathy: a randomized open-label trial. *J. Thromb. Haemost.* 2018; 16(3):481–489. DOI: 10.1111/jth.13929.
22. Heger A., Gruber G. Frozen and freeze-dried solvent/detergent treated plasma: Two different pharmaceutical formulations with comparable quality. *Transfusion.* 2022; 62(12):2621–2630. DOI: 10.1111/trf.17139.
23. Holcomb J.B., Donathan D.P., Cotton B.A. [et al.]. Prehospital transfusion of plasma and red blood cells in trauma patients. *Prehosp. Emerg. Care.* 2015; 1(1):1–9. DOI: 10.3109/10903127.2014.923077.
24. ISBT working party on haemovigilance. Proposed standard definitions for surveillance of non infectious adverse transfusion reactions. URL: <https://www.isbtweb.org/static/0fa5485b-5dcc-4e85-a3d61ce8db17d504>.
25. Jama T., Lefering R., Lauronen J., Handolin L. Factors affecting physicians' decision to start prehospital blood product transfusion in blunt trauma patients: A cohort study of Helsinki Trauma Registry. *Transfusion.* 2024; 64(2):S167–S173. DOI: 10.1111/trf.17791.
26. Jost D., Lemoine S., Lemoine F. [et al.]. Prehospital lyophilized plasma transfusion for trauma-induced coagulopathy in patients at risk for hemorrhagic shock. A randomized clinical trial. *JAMA Network Open.* 2022; 5(7):e2223619. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.23619.
27. Mitra B., Meadley B., Bernard S. [et al.]. Pre-hospital freeze-dried plasma for critical bleeding after trauma: a pilot randomized controlled trial. *Acad. Emerg. Med.* 2023; 30(10):1013–1019. DOI:10.1111/acem.14745.
28. Mould-Millman N-K., Wogu A.F., Fosdick B.K. [et al.]. Association of freeze-dried plasma with 24-h mortality among trauma patients at risk for hemorrhage. *Transfusion.* 2024; 64(2):S155–S166. DOI: 10.1111/trf.17792.
29. Nguyen C., Bordes J., Cungi P. [et al.]. Use of French lyophilized plasma transfusion in severe trauma patients is associated with an early plasma transfusion and early transfusion ratio improvement. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2018; 84(5):780–787. DOI: 10.1097/TA.0000000000001801.
30. Oakeshotta J.E., Griggs G.M., Warehama R.M. Feasibility of prehospital freeze-dried plasma administration in a UK Helicopter Emergency Medical Service. *Eur. J. Emerg. Med.* 2019; 26(5):373–378. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000585.
31. Peng H.T., Singh, K., Rhind S.G. [et al.]. Dried plasma for major trauma: past, present, and future. *Life.* 2024; 14(5):619–654. DOI: 10.3390/life14050619.
32. Pusateri A.E., Malloy W.W., Sauer D. [et al.]. Use of dried plasma in prehospital and austere environments. *Anesthesiology.* 2022; 136(2):327–335. DOI: 10.1097/ALN.0000000000004089.
33. Singh K., Peng H.T., Moes K. [et al.]. Past meets present: reviving 80-year-old Canadian dried serum from World War II and its significance in advancing modern freeze-dried plasma for prehospital management of haemorrhage. *Br. J. Haematol.* 2024; 204(4):1515–1522. DOI: 10.1111/bjh.19298.
34. Schlaifer A., Siman-Tov M., Radomislensky I. Prehospital administration of freeze-dried plasma, is it the solution for trauma casualties? *J. Trauma Acute Care Surg.* 2017; 83(10):675–682. DOI: 10.1097/TA.0000000000001569.
35. Steil L., Thiele T., Hammer E. [et al.]. Proteomic characterization of freeze-dried human plasma: providing treatment of bleeding disorders without the need for a cold chain. *Transfusion.* 2008; 48(11):2356–2363. DOI: 10.1111/j.1537-2995.2008.01856.x.
36. Strauss R., Menchetti I., Perrier L., [et al.]. Evaluating the Tactical Combat Casualty Care principles in civilian and military settings: systematic review, knowledge gap analysis and recommendations for future research. *Trauma Surg. Acute Care Open.* 2021; 19(6):e000773. DOI: 10.1136/tsaco-2021-000773.
37. Sunde G., Vikenes B., Strandenes G. [et al.]. Freeze dried plasma and fresh red blood cells for civilian prehospital hemorrhagic shock resuscitation. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015; 78(6, Suppl. 1):S26–S30. DOI: 10.1097/TA.0000000000000633.
38. Thies K.C., Truhlar A., Keene D. [et al.]. Pre-hospital blood transfusion: An ESA survey of European practice. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2020; 28(1):797–805. DOI: 10.1186/s13049-020-00774-1
39. Vuorinen P., Kiili J.E., Setälä P. [et al.]. Prehospital administration of blood products: experiences from a Finnish physician-staffed helicopter emergency medical service. *BMC Emerg. Med.* 2020; 20(1):55–61. DOI: 10.1186/s12873-020-00350-x.
40. Yliharju H., Jama T., Nordquist H. Initial experiences of prehospital blood product transfusions between 2016 and 2020 in Päijät Häme hospital district, Finland. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2022; 30(6):39–48. DOI: 10.1186/s13049-022-01027.
41. Zielinski M.D., Stubbs J.R., Berns K.S. [et al.]. Prehospital blood transfusion programs: capabilities and lessons learned. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2017; 82(6-1):S70–S78. DOI: 10.1097/TA.0000000000001427.

Поступила 14.04.2025 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: А.В. Чечеткин – анализ и интерпретация данных, написание первого варианта статьи; С.С. Алексанин – дизайн и методология исследования, утверждение окончательного варианта статьи; В.Ю. Рыбников – редактирование окончательного варианта статьи; В.Н. Хирманов – методология исследования, редактирование статьи; О.А. Саблин – методология исследования, редактирование статьи.

Для цитирования. Чечеткин А.В., Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Хирманов В.Н., Саблин О.А. Эффективность и безопасность применения лиофилизированной плазмы при оказании экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в догоспитальном периоде (обзор литературы) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2025. № 2. С. 77–86. DOI: 10.25016/2541-7487-2025-0-2-77-86.

Efficacy and safety of lyophilized plasma in prehospital emergency care for victims of accidents: a literature review

Chechetkin A.V., Aleksanin S.S., Rybnikov V.Y., Khirmanov V.N., Sablin O.A.

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Alexandr Viktorovich Chechetkin – Dr. Med. Sci. Prof., Leading Research Associate, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-7569-0697, e-mail: aschech@rambler.ru;

Sergey Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Director, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Academica Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@nrccrm.ru;

Viktor Yur'evich Rybnikov – Dr. Med. Sci., Dr. Psychol. Sci. Prof., Deputy Director (Science and Education, Emergency Medicine), The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0001-5527-9342, e-mail: medicine@nrccrm.ru;

Vladimir Nikolaevich Khirmanov – Dr. Med. Sci. Prof., Chief of Department of Cardiovascular Diseases, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0009-0002-3766-0398, e-mail: vkhirmanov@mail.ru;

Oleg Aleksandrovich Sablin – Dr. Med. Sci. Prof., Head of Therapeutic Department, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Academica Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-2597-1220, e-mail: gastroleg@yandex.ru

Abstract

Relevance. Emergency accidents of natural and technogenic nature, including maritime accidents, are often characterized by significant sanitary losses and various injuries, frequently involving with acute massive blood loss. In emergency situations the latter is a leading cause of death in severely injured patients, often leading to the development of hypocoagulation. To address hypocoagulation, medications and blood components, including lyophilized (freeze-dried) plasma, are utilized. However, current data regarding the effectiveness and safety of such emergency medical care in pre-hospital settings remain contradictory.

The objective is to conduct an analytical review to evaluate the effectiveness and safety of lyophilized plasma the clinical setting of prehospital emergency medical care provided to victims of emergency accidents.

Methods. The research used scientific publications from open access databases (eLibrary.ru, PubMed). The studies based on registered controlled clinical trials were analyzed to evaluate the efficacy and safety of lyophilized plasma administered in prehospital emergency settings. In addition, we investigated annual reports on posttransfusion reactions and complications, available in international and national blood safety surveillance systems.

Results and discussion. The analysis of randomized clinical trials and results did not reveal statistically significant differences in clinical outcomes, complication rates, or severity of coagulopathy in patients receiving lyophilized plasma in prehospital emergency medical care for injuries and wounds in peacetime, in comparison with patients receiving standard treatment. However, available observational studies suggest that lyophilized plasma can effectively used in patients with injuries and bleeding in prehospital emergency care, including during ground and air medical evacuation. Reports of posttransfusion reactions and complications associated with lyophilized plasma transfusion remain incompletely accounted for and are characterized by a low degree of evidence.

Conclusion. The results of clinical studies support the feasibility of using lyophilized plasma in adult patients at risk of post-traumatic coagulopathy at the pre-hospital stage of emergency medical care in peacetime. Nonetheless, comprehensive evaluation of the efficacy and safety of lyophilized plasma administration in such patients requires further randomized clinical trials, involving different patient cohorts in various emergency scenarios.

Keywords: disaster medicine, emergency medical care, prehospital care, blood transfusion, lyophilized plasma, efficacy and safety, emergency accident.

Received 14.04.2025

For citing: Chechetkin A.V., Aleksanin S.S., Rybnikov V.Y., Khirmanov V.N., Sablin O.A. Effektivnost' i bezopasnost' primeneniya liofilizirovannoi plazmy pri okazanii ekstretnoi meditsinskoj pomoshchi postradavshim v chrezvychaynykh situatsiyakh v dogospital'nom periode (obzor literatury). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2025; (2):77–86. **(In Russ.)**

Chechetkin A.V., Aleksanin S.S., Rybnikov V.Y., Khirmanov V.N., Sablin O.A. Efficacy and safety of lyophilized plasma in prehospital emergency care for victims of accidents: a literature review. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2025; (2):77–86. DOI: 10.25016/2541-7487-2025-0-2-77-86.