

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ НА ДОГОСПИТАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПРИ ГЕМОРРАГИЧЕСКОМ ШОКЕ

Масляков В.В.*¹, Сидельников С.А., Савченко А.В., Кустодов С.В.,
Журавлева И.М., Поминова С.М., Ивасько А.О.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского», Саратов

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_2_134

Резюме. Геморрагический шок представляет собой наиболее тяжёлое осложнение травм военнослужащих и заслуживает особого внимания среди основных причин летальных исходов. Кровопотери и связанные с ними геморрагические осложнения возможно предотвратить, поэтому актуальным вопросом является проведение своевременного и эффективного оказания медицинской помощи на догоспитальном этапе. В обзоре представлены данные из базы PubMed, а также открытая информация из прочих интернет-ресурсов, освещающие вопросы догоспитальной помощи при травматическом геморрагическом шоке. Проведён сравнительный анализ использования различных инфузионно-трансфузионных сред, изучены их особенности и результаты применения. Освещены основные преимущества и недостатки использования инфузий кристаллоидными и коллоидными растворами и рассмотрен вопрос о возможности и необходимости проведения трансфузий на догоспитальном этапе, а также изучено их влияние на выживаемость пациентов. Выяснено, что проводимая трансфузионная терапия приводит к снижению смертности при своевременном её применении. Однако имеются некоторые логистические ограничения, поэтому необходимы дальнейшие исследования для оптимизации их использования на догоспитальном этапе. Также, одним из перспективных направлений является использование препаратов искусственной крови (например, перфторан), как уникальных кровезаменителей, обладающих газотранспортной функцией.

Ключевые слова: геморрагический шок; догоспитальная помощь; инфузионно-трансфузионная терапия.

Оказание помощи при кровотечениях является одной из давних, но до сих пор актуальных проблем в военно-полевой хирургии. Среди основных причин летальных исходов во время военных действий особого внимания заслуживает геморрагический шок, который представляет собой наиболее тяжёлое осложнение травм военнослужащих, а также гражданского населения, которое находилось в зоне боевых действий [1; 2]. Исходя из данных обзора жертв ($n = 13842$) гражданской войны в Сирии (с 2011 года) основными механизмами травмы были огнестрельные ранения (66,3%) и взрывы (31,3%), которые сопряжены с высоким риском тяжёлых геморрагических осложнений [2]. Так же, согласно данным описательного анализа раненых в боях в Афганистане (2008–2014 гг.) 14% всех смертельных исходов приходилось на догоспитальный этап, что подчёркивает важность своевременного проведения лечебных мероприятий [4]. Кровотечения и связанные с ними геморрагические осложнения являются предотвратимой причиной смерти, поэтому своевременное и эффективное оказание медицинской помощи в данном случае имеет первостепенное значение [5].

FEATURES OF INFUSION THERAPY AT THE PREHOSPITAL STAGE IN HEMORRHAGIC SHOCK

Maslyakov V.V.*¹, Sidelnikov S.A., Savchenko A.V., Kustodov S.V.,
Zhuravleva I.M., Pominova S.M., Ivasko A.O.

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov

Abstract. Hemorrhagic shock is the most severe complication of military trauma. It requires special attention among the main causes of death. Blood loss and associated hemorrhagic complications can be prevented, so the provision of effective medical care at the prehospital stage is an actual question. The review presents data from PubMed and open information from other Internet resources covering the issues of prehospital care for traumatic hemorrhagic shock. We conducted a comparative analysis of the use of various infusion-transfusion media and studied their features and results of use. We also explored the main advantages and disadvantages of using infusions with crystalloid and colloid solutions and considered the possibility and necessity of transfusions at the prehospital stage. In addition, we studied their effect on patient survival. It was found that if transfusion therapy is carried out on time, the mortality rate will be reduced. However, there are some logistical limitations, so further researches are needed to optimize their use in the prehospital stage. Also, the using of artificial blood products (for example, perfloran) as unique blood substitutes with a gas transport function is one of the promising areas.

Keywords: hemorrhagic shock; prehospital emergency care; infusion therapy.

Тяжелые травмы и ранения приводят к патологической кровопотере, вследствие которой происходит резкое снижение объёма циркулирующей крови (ОЦК), что и лежит в основе патогенеза геморрагического шока. Острая гиповолемия вызывает периферический вазоспазм, нарушение тканевой перфузии и гипотермию. Снижение кровотока в органах и тканях сопровождается развитием ацидоза с блокадой вазоконстрикции, что приводит к расширению артериол и заполнению кровью микроциркуляторного русла. Секвестрация крови и повреждение эндотелиальных клеток вследствие снижения сердечного выброса лежат в основе развития ДВС-синдрома, который усугубляет тканевую гипоксию [6]. По мере восстановления сердечного выброса и тканевого кровотока наблюдается реперфузионное повреждение, сопровождающееся изменениями сосудистого тонуса, активацией коагуляции и свободно-радикального окисления, а также прямым цитотоксическим эффектом с развитием синдрома системной воспалительной реакции [7]. Так, по своей тяжести реперфузионное повреждение может иметь худшие последствия в сравнении с тканевой гипоксией, поэтому чрезвычайно важной задачей на до-

* e-mail: maslyakov@inbox.ru

госпитальном этапе становится оказание пострадавшим своевременной медицинской помощи, направленной на восполнение ОЦК и профилактику дальнейших тяжелых осложнений вследствие усугубления патогенетических механизмов шока (централизация кровообращения, полиорганная недостаточность и т.п.) [8].

К ведущим клиническим признакам травматического геморрагического шока относятся: угнетение сознания без выявленной ЧМТ, отсутствующий пульс на лучевой или сонной артерии, САД ≤ 90 мм рт. ст. Основной целью оказания догоспитальной помощи пострадавшим с шоком является ранняя доставка к месту оказания высокоспециализированной помощи, сократив до минимума развивающуюся гипотермию, гиповолемию и коагулопатию.

Для достижения этой цели на догоспитальном этапе применяется следующий алгоритм, позволяющий профилировать прогрессирующие нарушения в системе гемостаза, предотвратить развитие синдрома полиорганной недостаточности и возникновение «порочного круга» при кровопотере: ацидоз, гипокоагуляция, гипотермия:

- 1) Механическая остановка кровотечения: наложение компрессионных повязок, тампонада раны гемостатическими губками, фиксация стабилизаторами переломов таза и т.д.;
- 2) Обеспечение сосудистого доступа (катетеризация периферической вены или внутрикостный доступ) с проведением антифибринолитической терапии, а именно введение транексамовой кислоты уже при первых признаках развития шока в дозе 1 г в 100 мл 0,9% раствора NaCl или раствора Рингера. Необходимо обратить внимание на то, что препарат нельзя вводить на растворах гидроксипропилированного крахмала, и для его введения нужен отдельный венозный доступ [9];
- 3) Проведение инфузионно-трансфузионной терапии, направленной на борьбу с быстроразвивающейся гиповолемией и поддержание адекватной перфузии тканей и органов. Это подразумевает под собой правильный выбор объема, качества инфузионной терапии и скорости введения растворов. Несоблюдение перечисленных параметров может быть причиной безуспешности проводимой терапии [10].

Существует множество классификаций инфузионно-трансфузионных сред, однако, более практичным является разделение их на две большие группы: консервированная кровь и кровезаменители. К кровезаменителям относятся кристаллоидные растворы, коллоидные растворы, малообъемные гипертонические инфузии и искусственная кровь (геленпол, перфторан). Группа консервированной крови включает цельную кровь, клеточные компоненты крови (эритроциты, тромбоциты), плазму и препараты плазмы (криопреципитаты, р-р альбумина).

Кристаллоидные растворы (физиологический раствор, раствор Рингера) обладают меньшим количеством побочных эффектов и активно используются при кровопотерях до 30% ОЦК (I и II степень тяжести шока) с

целью быстрого достижения положительного гемодинамического эффекта. Возмещение кристаллоидными инфузионными средами проводится в трёхкратном объёме по отношению к кровопотере. Однако, их волевическое действие непродолжительно и/или недостаточно выражено, в связи с чем эти среды применяются преимущественно при легких степенях шока, небольших кровотечениях или же используются в сочетании с коллоидными растворами. Такая фармакокинетика кристаллоидов диктует необходимость переливания больших объемов для поддержания волевического статуса, однако это сопряжено с риском ятрогенного повреждения внутренних органов [11].

С целью повышения гемодинамического эффекта была создана концепция малообъемной гипертонической инфузии, которая подразумевает введение концентрированных растворов натрия хлорида — 3; 5; 7,5%. Данные среды повышают осмотическую разность между кровью и межклеточным пространством, что теоретически увеличивает волевический эффект и усиливает стабилизацию гемодинамики при последующем применении коллоидных растворов (полиглокин).

Коллоидные растворы — инфузионные среды, обладающие высокой коллоидно-осмотической активностью. Для характеристики последней применяется понятие «волевический коэффициент», который представляет собой величину прироста объема внутрисосудистой жидкости на каждый миллилитр плазмозаменителя. Коллоидные растворы делятся на основные группы: препараты на основе гидроксипропилированного крахмала (Волювен 6%, Волекам 6%), препараты на основе желатина (Желатиноль, Гелофузин) и декстраны (Полиглокин, Реополиглокин). Они обладают волевическим, реологическим, гемостатическим эффектами, нормализуют гемопоэз, купируют ацидоз. Коллоидные плазмозаменители позволяют эффективно корректировать острую гиповолемию, однако их введение в больших объемах может сопровождаться развитием ряда осложнений (гемодилюционная коагулопатия, острый канальцевый некроз, или «декстрановая почка» и т.д.). В связи с большим размером молекул эти среды обладают анафилактическими свойствами, могут провоцировать агрегацию эритроцитов, что в последующем вызывает трудности в определении группы крови, в связи с чем показания к их применению строго ограничены (например, максимальный объем полиглокина не должен превышать 1,2 литра в сутки).

В качестве инфузионно-трансфузионной терапии используют и естественные среды — компоненты крови: эритроцит-содержащие (эритроцитарная масса), тромбоцит-содержащие (тромбоцитарная масса), плазма (нативная, свежемороженая). Их использование имеет некоторые преимущества: свежемороженая плазма обеспечивает коррекцию развивающейся коагулопатии, а эритроцитарная масса восстанавливает недостаток эритроцитов и гемоглобина. Таким образом, проводится коррекция дефицита форменных элементов

крови, её белковых фракций, факторов свёртывания. Однако неправильная тактика компонентной инфузионно-трансфузионной терапии может привести к дисбалансу ОЦК, изменению реологических свойств, увеличению депонирования крови и в результате — развитию гиповолемии.

Большое количество разнообразных инфузионных сред с различными эффектами и свойствами обуславливают возможность выбора оптимального варианта инфузионной терапии при оказании медицинской помощи на догоспитальном этапе пострадавшим с геморрагическим шоком. В связи с актуальностью данной проблемы нами был проведён анализ литературы из научной базы PubMed и прочих интернет-ресурсов, посвященных вопросам проведения инфузионно-трансфузионной терапии на догоспитальном этапе пациентам с геморрагическим шоком.

В течение многих лет основными средствами оказания медицинской помощи при геморрагическом шоке являлись коллоидные и кристаллоидные растворы. Однако, было отмечено, что они обладают кратковременным эффектом, и это приводит к сильному коллапсу, поэтому ещё во время Первой мировой войны хирурги признали, что «прозрачная жидкость» уступает препаратам крови при проведении реанимации. Причиной задержки «переноса» препаратов крови на догоспитальный этап являлись логистические проблемы [12].

С целью повышения эффективности кровезаменителей были проведены исследования с применением гипертонического раствора хлорида натрия (7,5%) изолированно, либо совместно с декстранами. Согласно мета-анализу малообъёмные гипертонические инфузии не приводили к снижению смертности (изолированные инфузии — RR 0,96 [95% CI, от 0,82 до 1,12]; совместно с декстранами — RR 0,92 [95% CI, от 0,80 до 1,06]), не влияли на частоту развития осложнений (RR 1,03 [95% CI, от 0,78 до 1,36]) [13]. Необходимы дальнейшие исследования для определения оптимального объема и режима их внутривенного введения.

Заменить газотранспортную функцию и решить логистические трудности в применении трансфузий могли бы препараты искусственной крови (например, перфторан). Они представляют собой кровезаменители, способные переносить кислород, что имеет большое преимущество перед коллоидными и кристаллоидными растворами. Существует несколько групп таких препаратов, различающиеся между собой способами создания и физическими свойствами, что, несомненно, отражается и на их функции. Данное направление является очень перспективным, однако на данный момент к клиническому использованию допущены только некоторые препараты с газотранспортным потенциалом ниже, чем у препаратов крови. В связи с этим при их применении пострадавший с геморрагическим шоком всё равно нуждается в донорских эритроцитах, однако искусственная кровь позволяет выиграть время [14].

Исходя из вышесказанных результатов применения кровезаменителей, актуальной проблемой становится возможность и необходимость проведения трансфузий на догоспитальном этапе, в процессе эвакуации, а так же изучение их влияния на выживаемость пациентов.

В научных базах имеется большое количество исследований различного уровня доказательности по применению догоспитальной трансфузии у пациентов с геморрагическими травмами. В 2017 году был опубликован систематический обзор литературы за 30 лет (1986–2016 гг.), включающий 29 гражданских и военных исследований с уровнями доказательности III–V. Гражданские исследования показали, что общая смертность была одинаковой как для пациентов, получивших эритроцитарную массу, так и для пациентов без трансфузии (37,5 и 38,7% соответственно, $p = 0,8933$). Смертность в исследовании с участием пострадавших военнослужащих была выше в группе, не получавшей догоспитальную кровь и/или плазму ($p = 0,013$), однако при детальном анализе было отмечено, что у военных с проведенной трансфузией догоспитальный этап был короче ($p = 0,008$), в большем проценте случаев удавалось расширить дыхательные пути и избежать дыхательных осложнений ($p = 0,041$), а так же частота сердечных сокращений при поступлении была ниже ($p = 0,041$), чем у контрольной группы. Так же были получены противоречивые данные об отсутствии преимущества в выживаемости при проведении догоспитальной трансфузии [15].

John B. Holcomb и соавт. провели ретроспективное исследование, основанное на анализе записей о пациентах с травмами — 8536 человек за 20-месячный период (сентябрь 2011-апрель 2013), из которых 1677 соответствовали критериям включения (ISS — 24, смертность — 26%). Догоспитальное переливание плазмы и/или эритроцитов приводило к улучшению показателей кислотно-основного состояния при поступлении в медицинское учреждение, уменьшению использования препаратов крови в течение первых суток, а так же снижению риска смерти в течение первых 6 часов после поступления. Однако различий в 24-часовой и 30-дневной смертности отмечено не было (OR 0,57, $p = 0,117$ и OR 0,71, $p = 0,441$, соответственно). Таким образом, трансфузии на этапе эвакуации показывали улучшение ранних результатов лечения, но общего преимущества не отмечалось [16].

Stacy A. Shackelford и соавт. предположили о возможном влиянии на выживаемость пациентов времени начала трансфузий от момента ранения. Ретроспективное когортное исследование включало 502 военнослужащих (средний возраст — 25 лет), из них 55 реципиентов и 447 человек, не получавших трансфузии. Смертность в течение 24 часов составила 5 и 19%, соответственно (-14% [95% CI, от -21 до -6%], $p = 0,01$), к 30 дню — 11% в группе реципиентов и 23% у людей без трансфузии (-12% [95% CI, от -21 до -2%], $p = 0,04$). Скорректированный коэффициент риска смертности (HR), связанный с догоспитальной трансфузией, составил в течение 24 ча-

сов — 0,26 ([95% CI, от 0,08 до 0,84], $p = 0,02$), а при сроке более 30 дней — 0,39 ([95% CI, от 0,16 до 0,92], $p = 0,03$). При этом было отмечено, что снижение 24-часовой смертности было связано со временем до первого переливания (догоспитально или в процессе госпитализации) только до 15 минут (HR 0,17 [95% CI, от 0,04 до 0,73], $p = 0,02$). Таким образом, было показано улучшение как ближайших, так и отдаленных результатов при проведении догоспитальной трансфузии в течение нескольких минут после ранения, по сравнению с отсроченными вливаниями или их отсутствием [17].

В 2018 году были опубликованы результаты двух проспективных рандомизированных исследований — RAMPer и COMBAT [18, 19]. Клиническое исследование RAMPer продемонстрировало почти 30% снижение смертности при переливании плазмы на догоспитальном этапе, однако в противовес ему исследование COMBAT не показало этого улучшения. Причина данных противоположных результатов не ясна, однако, Anthony E. Pusateri и соавторы предположили, что потенциал догоспитальной плазмы для улучшения выживаемости в исследовании COMBAT был потерян из-за очень короткого времени догоспитальной транспортировки, и как вследствие, своевременного и ускоренного проведения внутрибольничных трансфузий. Для ответа на этот вопрос был проведен анализ объединенных данных обоих исследований, который продемонстрировал значительную связь со временем догоспитальной транспортировки. При длительности эвакуации более 20 минут были отмечены повышенная смертность в группе стандартного ухода (HR 2,12 [95% CI, от 1,05 до 4,30], $p = 0,04$) и улучшение выживаемости в группе с догоспитальной плазмой (HR 0,78 [95% CI, от 0,40 до 1,51], $p = 0,46$). Учитывая другие факторы (различный способ доставки пациентов и т.п.) авторы пришли к выводу, что соотношение пользы и риска благоприятно для проведения догоспитальных трансфузий [20].

Исследование RAMPer послужило источником для ещё одного анализа, целью которого было определение эффективности различных видов догоспитальной трансфузии в сравнении с коллоидными растворами в отношении 30-дневной смертности [21]. Francis X Guyette и соавторы определили 4 группы догоспитальной реанимации среди пациентов с геморрагическим шоком: только кристаллоид, эритроциты, плазма и эритроциты+плазма. Регрессия Кокса определила связь между группами и 30-дневной смертностью с поправкой на риск. Наилучший результат был получен в группе «эритроциты+плазма» (HR 0,38 [95% CI, от 0,26 до 0,55], $p < 0,001$), за которым следовали «плазма» (HR 0,57 [95% CI, от 0,36 до 0,91], $p = 0,017$) и «эритроциты» (HR 0,68 [95% CI, от 0,49 до 0,95], $p = 0,025$) против только кристаллоидов. Таким образом, данный анализ подтверждает худшую выживаемость при применении коллоидных растворов и наибольшую выгоду от смертности при использовании препаратов эритроцитов и плазмы. Идеальным вариантом может быть догоспитальная цельная кровь.

Преимущество использования сбалансированных комбинаций препаратов крови обозначали проспективное обсервационное мультицентровое исследование переливания крови при тяжелых травмах PROMMT и мультицентровое рандомизированное контролируемое исследование PROPPR [22; 23]. Научная работа PROMMT продемонстрировала на материале около 900 пациентов значимое снижение риска госпитальной летальности в первые 6 часов после травмы при использовании в трансфузии комбинации плазмы, эритроцитарной и тромбоцитарной масс. Исследование PROPPR продемонстрировало эффективность комбинации «плазма:тромбоциты:эритроциты» в соотношении 1:1:1 по сравнению с 1:1:2 в достижении гемостаза (86 vs 78%) и снижении смерти от кровопотери (9 vs 15%).

Несмотря на преимущества использования препаратов крови и цельной крови по сравнению с кровезаменителями на этапе эвакуации, имеется ряд сложностей и недостатков:

- более ограниченный срок годности;
- необходимость наличия холодильников для хранения крови и аппаратов для её согревания перед проведением трансфузии;
- риск осложнений при ошибках определения групповой принадлежности крови раненных;
- трудности в военной логистике запасов крови и оборудования при пеших операциях [24].

Для решения данной проблемы была предложена тактика — «walking blood bank», согласно которой военнослужащие могут являться донорами для своих пострадавших сослуживцев. Согласно некоторым данным, забор одной единицы крови (500 мл) у бойца спецназа не влияет на эффективность стрельбы и физическое состояние, однако эти исследования проводились в мирное время, и в них не учитывают факторы войны (переутомление, дегидратация и т.д.), которые могут изменить результаты. К тому же редко когда трансфузионная помощь ограничивается одной единицей, и всегда остается риск ранения самого донора [25].

Принимая во внимание вышесказанное, лучшим вариантом оказания медицинской помощи пострадавшим с геморрагическим шоком на догоспитальном этапе является трансфузионная терапия, при этом особым преимуществом обладает цельная кровь. Препараты крови улучшают гемостатическую функцию, снижают риск смерти в первые часы после ранения, увеличивают выживаемость при длительной эвакуации и при своевременном применении снижают смертность в отдаленные сроки. Однако необходимы дальнейшие технические разработки для оптимизации использования трансфузионных сред в эвакуационных условиях. Также перспективным направлением является применение препаратов искусственной крови, в связи с этим требуются дальнейшие исследования в их разработке и клиническом использовании.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

- Russo R, Kemp M, Bhatti UF, et al. Life on the battlefield: Valproic acid for combat applications. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2020; 89(2S): 69-76. doi:10.1097/ta.0000000000002721.
- Масляков В.В., Чуприна А.П., Куркин К.Г. Совершенствование оказания хирургической помощи гражданскому населению с огнестрельными ранениями груди в условиях локального вооруженного конфликта // *Скорая медицинская помощь*. — 2021. — Т.22. — №1. — С.70-75. [Maslyakov VV, Chuprina AP, Kurkin KG. Improving the provision of surgical care to civilians with gunshot wounds of the chest in conditions of local armed conflict. *Emergency medical care*. 2021; 22(1): 70-75. (In Russ.)] doi: 10.24884/2072-6716-2021-22-1-70-75.
- McIntyre J. Syrian Civil War: a systematic review of trauma casualty epidemiology. *BMJ Mil Health*. 2020; 166(4): 261-265. doi: 10.1136/jramc-2019-001304.
- Kotwal RS, Staudt AM, Mazuchowski EL, et al. A US military Role 2 forward surgical team database study of combat mortality in Afghanistan. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018; 85(3): 603-612. doi:10.1097/ta.0000000000001997.
- Thies KC, Truhlář A, Keene D, et al. Pre-hospital blood transfusion — an ESA survey of European practice. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2020; 28: 79. doi:10.1186/s13049-020-00774-1.
- Donati A, Domizi R, Damiani E, et al. From macrohemodynamic to the microcirculation. *Crit. Care Res. Pract*. 2013; 2013: 892710. doi:10.1155/2013/892710.
- Мороз В.В., Мягкова Е.А., Жанатаев А.К. и др. Повреждения ДНК и процессы клеточной гибели лейкоцитов у пострадавших с тяжелой травмой // *Общая реаниматология*. — 2014. — №10(4). — С.11-36. [Moroz VV, Myagkova EA, Zhanataev AK, et al. DNA damage and leukocyte cell death in patients with severe trauma. *General resuscitation*. 2014; 10(4): 11-36. (In Russ.)]
- Иванов В.А., Махова К.В. Экстремальные состояния. Шок. Курск, 2016. [Ivanov VA, Makhova KV. Extreme conditions. Shock. Kursk; 2016. (In Russ.)]
- Joint Trauma System Clinical Practice Guideline (JTSCPG). Damage Control Resuscitation (CPG ID: 18). 2017. Accessed May 24, 2021.
- Чурсин В.В. Трансфузионная терапия при острой массивной кровопотере. Методические рекомендации. — Алматы, 2012. — 47с. [Chursin VV. Transfusion therapy in acute massive blood loss. Guidelines. Almaty, 2012. 47p. (In Russ.)]
- Мазурок В.А. Очевидные и спорные вопросы восполнения острой массивной кровопотери (лекция) // *Хирургическая практика*. — 2013. — №4. — С.11-19. [Mazurok VA. Obvious and controversial issues of replenishment of acute massive blood loss (lecture). *Surgical practice*. 2013; 4: 11-19. (In Russ.)]
- Cap AP, Pidcock HF, DePasquale M, et al. Blood far forward: Time to get moving! *J Trauma Acute Care Surg*. 2015; 78(6 Suppl 1): S2-6.
- Wu MC, Liao TY, Lee EM, et al. Administration of Hypertonic Solutions for Hemorrhagic Shock: A Systematic Review and Meta-analysis of Clinical Trials. *Anesth Analg*. 2017 Nov; 125(5): 1549-1557. doi:10.1213/ane.0000000000002451.
- Усенко Л.В., Царьов О.В. Кровезаменители с газотранспортной функцией: надежды и реалии // *МНС*. — 2018. — №1. — С.88. [Usenko LV, Tsar'ov OV. Blood substitutes with a gas transport function: hopes and realities. *MNS*. 2018; 1: 88. (In Russ.)]
- Huang GS, Dunham CM. Mortality outcomes in trauma patients undergoing prehospital red blood cell transfusion: a systematic literature review. *Int J Burns Trauma*. 2017; 7(2): 17-26.
- Holcomb JB, Donathan DP, Cotton BA, et al. Prehospital Transfusion of Plasma and Red Blood Cells in Trauma Patients. *Prehosp Emerg Care*. 2015; 19(1): 1-9. doi:10.3109/10903127.2014.923077.
- Shackelford SA, del Junco DJ, Powell-Dunford N, et al. Association of Prehospital Blood Product Transfusion During Medical Evacuation of Combat Casualties in Afghanistan With Acute and 30-Day Survival. *JAMA*. 2017; 318(16): 1581-1591. doi:10.1001/jama.2017.15097.
- Sperry JL, Guyette FX, Brown JB, et al. PAMPer Study Group. Prehospital plasma during air medical transport in trauma patients at risk for hemorrhagic shock. *N Engl J Med*. 2018; 379(4): 315-326.
- Moore HB, Moore EE, Chapman MP, et al. Plasma-first resuscitation to treat haemorrhagic shock during emergency ground transportation in an urban area: a randomised trial. *Lancet*. 2018; 392(10144): 283-291. doi:10.1016/s0140-6736(18)31553-8.
- Pusateri AE, Moore EE, Moore HB, et al. Association of Prehospital Plasma Transfusion With Survival in Trauma Patients With Hemorrhagic Shock When Transport Times Are Longer Than 20 Minutes: A Post Hoc Analysis of the PAMPer and COMBAT Clinical Trials. *JAMA Surg*. 2020; 155(2): e195085. doi:10.1001/jamasurg.2019.5085.
- Guyette FX, Sperry JL, Peitzman AB, et al. Prehospital Blood Product and Crystalloid Resuscitation in the Severely Injured Patient: A Secondary Analysis of the Prehospital Air Medical Plasma Trial. *Ann Surg*. 2021; 273(2): 358-364. doi:10.1097/sla.0000000000003324.
- Holcomb JB, Fox EE, Wade CE. PROMMTT Study Group. The Prospective Observational Multicenter Major Trauma Transfusion PROMMTT study. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2013; 75(1): 1-2. doi:10.1097/ta.0b013e3182983876.
- Baraniuk S, Tilley BC, del Junco DJ, et al. PROPPR Study Group. Pragmatic Randomized Optimal Platelet and Plasma Ratios (PROPPR) Trial: design, rationale and implementation. *Injury*. 2014. doi:10.1016/j.injury.2014.06.001.
- Fisher AD, Miles EA, Cap AP, et al. Tactical damage control resuscitation. *Military Medicine*. 2015; 180(8): 869-875. doi:10.7205/milmed-d-14-00721.
- Strandenes G, De Pasquale, Cap AP, et al. Emergency Whole-Blood Use in the Field: A Simplified Protocol for Collection and Transfusion. *Shock*. 2014; 41(1): 76-83. doi:10.1097/shk.0000000000000114.