УДК 577.16.085:616–03/001

И.М. Самохвалов, А.Б. Селезнёв, А.В. Жабин, К.П. Головко, А.Б. Юдин, А.В. Денисов, Е.Д. Попова, С.Н. Васягин

Применение транексамовой кислоты для временного внутриполостного гемостаза при травме живота в эксперименте на животных

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Резюме. *Разработка способов временной остановки внутрибрюшного кровотечения при травмах живота на догоспитальном этапе (в условиях оказания медицинской помощи вне медицинской организации) является одной из приоритетных задач военно-полевой хирургии и хирургии повреждений. Решением проблемы может стать методика внутриполостного гемостаза с введением в полость брюшины различных биологически активных средств. Перспективным гемостатическим препаратом, разрешенным для внутриполостного введения, является синтетический ингибитор фибринолиза – транексамовая кислота, которая блокирует процесс активации плазминогена, тем самым предупреждая лизис тромба в зоне повреждения сосуда. На модели дозированной травмы печени экспериментальных животных (овец) проведена сравнительная оценка эффективности временного внутриполостного гемостаза при внутривенном, внутрибрюшинном и сочетанном пути введения раствора транексамовой кислоты. Установлено, что наименьшая величина кровопотери отмечается при одновременном введении транексамовой кислоты внутривенно и внутрибрюшинно (в виде гемостатического раствора) – сочетанный путь введения. Применение транексамовой кислоты обеспечивает выживание всех экспериментальных животных с тяжелым повреждением печени. В контрольной группе у овец с аналогичным повреждением печени без применения транексамовой кислоты погибло одно животное их трех. Транексамовая кислота показала свою высокую эффективность при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении на модели дозированной травмы печени.*

Ключевые слова: *травма живота, внутрибрюшное кровотечение, временный внутриполостной гемостаз, транексамовая кислота, догоспитальная помощь при травме (оказание медицинской помощи вне медицинской организации).*

Введение. Оказание эффективной догоспитальной помощи при травме живота, сопровождающейся внутрибрюшным кровотечением, остается одной из наиболее острых проблем военного и гражданского здравоохранения. В мирное время травма живота с повреждением внутренних органов составляет 18–20% среди всех травм [6]. В современных военных конфликтах количество раненных в живот достигает 5–7% от числа санитарных потерь, при этом кровопотеря, вызванная внутрибрюшным кровотечением, составляет 63,4% в структуре причин их гибели [2]. Эффективные способы временной остановки продолжающегося внутрибрюшного кровотечения на догоспитальном этапе до настоящего времени отсутствуют. Применение различных способов абдоминальной компрессии (пневмокостюмы, струбцины, турникеты) или ненадежно, или связано со значительным сдавлением мягких тканей с угрозой развития опасных осложнений [17]. Одним из путей решения данной проблемы является разрабатываемая методика внутриполостного некомпрессионного гемостаза (intracavitary non-compressible hemorrhage control) с введением в полость брюшины пены Floseal (коллаген и бычий тромбин) [15] или других препаратов, например, 2-компонентной полиуретановой пены «self-expanding polyurethane polymer», которая рассматривается для введения в брюшную полость посредством лапароцентеза при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении [13]. Кроме того, имеются сообщения об эффективном местном применении транексамовой кислоты (ТК) у больных с угрозой внутриперикардиального кровотечения после реконструктивных сосудистых вмешательств [8].

В клинике военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова положительные результаты были получены в экспериментах с внутрибрюшным введением криопреципитата [10]; также установлено, что применение внутриполостного гемостаза показано у 18,6% раненных в живот в условиях военных конфликтов и у 12,6% пострадавших с травмой живота мирного времени [9]. К сожалению, использование криопреципитата на догоспитальном этапе технически сложно для мирного времени, а тем более при оказании помощи раненым в боевых условиях. Более перспективным в этом плане гемостатическим препаратом является ТК – синтетический ингибитор фибринолиза, которая вследствие своего структурного сходства с лизином, способна по конкурентному типу блокировать

процесс активации плазминогена, предупреждая лизис тромба в зоне повреждения сосуда.

Цель исследования. Сравнение эффективности различных путей введения ТК при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении на модели дозированной травмы печени у экспериментальных животных.

Материалы и методы. Экспериментальное исследование проводилось с использованием овец породы «Меринос», массой от 20 до 27 кг. Для анестезии использовался золетил-100, доза которого подбиралась индивидуально и вводилась внутримышечно из расчёта 10 мг/кг веса биообъекта. Оперативные вмешательства проводились при самостоятельном дыхании животных. Исследования включали разработку экспериментальной модели и собственно оценку эффективности различных путей введения ТК. При проведении исследований соблюдали требования нормативно-правовых актов о порядке экспериментальной работы с использованием животных, в том числе по гуманному отношению к ним [5].

Разработка адекватной модели дозированной травмы печени. В остром эксперименте была апробирована модель продолжающегося внутрибрюшного кровотечения. Выполнялся доступ в правом подреберье длиной около 20 см. Печень на мягком кишечном зажиме выводилась в область раны брюшной стенки (рис. 1). Затем на двух животных было отработано нанесение раны печени зажимом Микулича размером 3,0×1,0 см глубиной до 1,5 см, с неровными краями.

Однако при такой травме кровопотеря составляла не более 50–60 мл, и на спонтанном гемостазе в течение 15 мин формировался сверток. Поэтому было принято решение об увеличении размеров раны печени – на трёх животных рана печени моделировалась выкраиванием ножницами Купера лоскута ромбовидной формы 2,0×2,5 см и глубиной 1,5 см, что увеличивало кровопотерю до 200 мл за 10 мин (рис. 2, 3) с продолжающимся внутрибрюшным кровотечением.

В дальнейшем был использован данный вид дозированной травмы печени как модель продолжающегося внутрибрюшного кровотечения.

Экспериментальная оценка эффективности внутриполостного гемостаза при внутривенном, внутрибрюшинном и сочетанном введении раствора ТК. Подострый эксперимент был проведен с использованием 16 овец в несколько этапов (подготовительный, непосредственно проведение эксперимента, послеоперационный этап с выведением животных из эксперимента). Овцы в количестве 12 голов составили опытную группу, четверо животных – контрольную группу.

Подготовительный этап. За сутки до начала исследований выполнялась стандартная обработка экспериментальной операционной для создания асептических условий. Накануне и в день эксперимента проводилось кварцевание операционной, стерилизовались хирургические инструменты. Все животные в течение двух недель проходили карантин в стандартных условиях вивария на сбалансированном пищевом рационе, за сутки до эксперимента содержались без доступа к пище, но со свободным доступом к воде. В день эксперимента животных не поили. После контрольного взвешивания животное помещалось на операционный стол и фиксировалось. Для инвазивного мониторинга артериального давления (АД) интраартериально устанавливался интродьюсер 4F, для забора крови и проведения инфузионной терапии внутривенно устанавливался интродьюсер 6F (рис. 4). Указанные манипуляции выполнялись на шее (во внутреннюю яремную вену) и плече (в плечевую артерию) экспериментального животного под местной анестезией с ультразвуковым наведением (рис. 5).

Мониторинг жизненно важных функций осуществлялся с помощью аппарата «Siemens SC 9000XL» по следующим показателям: частота сердечных сокращений (ЧСС), АД, частота дыхания (ЧД), насыщение крови кислородом (SpO_2), температура тела животного. Во время забора крови для исследования фоновых показателей у всех животных также забиралось по 50 мл крови для получения из нее плазмы (посредством центрифугирования в течение 15 мин со скоростью 3000 об/мин).

Проведение эксперимента. Выполнялась лапаротомия с нанесением дозированного повреждения печени. Лапаротомная рана послойно ушивалась наглухо. Спустя 1 ч (имитация сроков доставки на этап оказания первой врачебной помощи [11]) производились лечебные манипуляции в зависимости от способа введения ТК.

Все овцы были поделены на 4 группы по 4 животных в каждой в соответствии с используемым вариантом гемостаза: 1-я группа – «контрольная», без введения ТК; 2-я группа – «опытная», внутривенное струйное введение ТК в дозировке 15 мг/кг веса животного; 3-я группа – «опытная», внутрибрюшинное введение ТК с плазмой (гемостатический раствор); 4-я группа – «опытная», сочетание внутривенного струйного введения ТК в дозировке 15 мг/кг веса животного с внутрибрюшинным введением ТК с плазмой (гемостатическим раствором). Кроме того, животным всех групп внутривенно вводили 400 мл 0,9% раствора натрия хлорида.

Гемостатический раствор, вводимый в брюшную полость, состоял из плазмы крови и ТК. Известно, что ТК за счет ингибирования фибринолиза усиливает фиксацию свертка крови к ране, а также фиксацию тромбов в сосудах края раны. ТК вне сосудистого русла требует наличия субстрата для реализации своего действия, а именно плазмы. Плазма крови обладает высоким как системным, так и местным гемостатическим эффектом. Механизм действия препаратов крови заключается в ускорении под влиянием тромбина ферментативного превращения растворимого белка плазмы фибриногена в фибрин-мономер, молекулы которого затем образуют сеть фибрина [1].

Минимальный эффективный объем вводимого препарата в брюшную полость – объем плазмы кро-

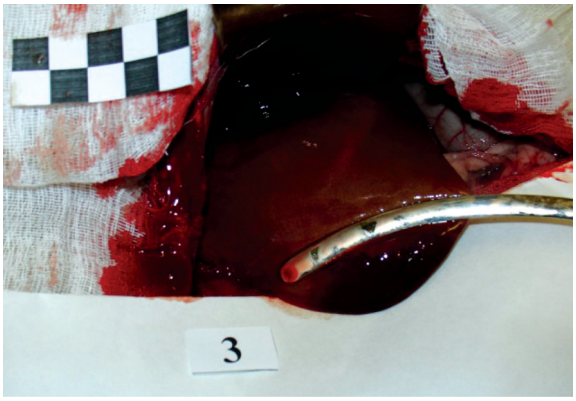

Рис. 1. Печень выведена в операционную рану в правом подреберье

Рис. 2. Нанесение раны печени зажимом Микулича

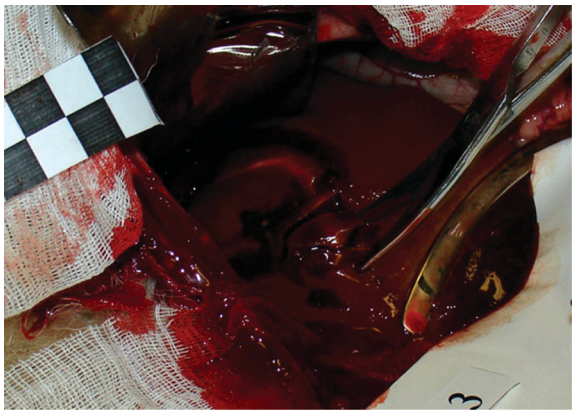

Рис. 3. Повреждение печени ножницами Купера

ви (V, мл) высчитывался по формуле, предложенной А.А. Пичугиным [9]:

$$V = \frac{m}{2},$$

где m – масса животного в килограммах. Затем в плазму добавлялась ТК до соотношения ее с плазмой крови животного 20 мг/1 мл[8].

Рис. 4. Артериальный и венозный доступы

Рис. 5. Использование ультразвукового наведения для катетеризации сосудов

Контроль показателей красной крови, гемостаза: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), международное нормализованное отношение (МНО), протромбиновое время (ПВ), протромбиновое отношение (ПО), протромбиновый индекс (ПИ), фибриноген, плазминоген, XII-а зависимый фибринолиз, проводили в следующие интервалы: предоперационный контроль («фон»); после нанесения повреждения и часа ожидания («кровопотеря»); через 1 и 2 ч («гемостаз 1, 2 ч»); спустя 1 сут после гемостаза («1 сут»). Учитывались и анализировались показатели, характеризующие величину кровопотери: количество эритроцитов, гематокрит, уровень гемоглобина в периферической крови, объем крови в брюшной полости, полученный во время секционного исследования.

Послеоперационный этап. После операции животное помещали в специальный бокс со свободным доступом к воде, катетеры промывали гепаринизированным раствором. Общий период наблюдения составил 24 ч, за это время осуществлялся мониторинг физиологических функций по показателям: АД, ЧСС, ЧД, температура тела. Через двое суток овец выводили из эксперимента инъекцией летальной дозы анестетика. По окончании эксперимента всем животным

проводили секционное исследование, в ходе которого определялся объем жидкости, скопившейся в брюшной полости, изучалась раневая поверхность печени в зоне контакта с гемостатиком, забирались образцы для последующего гистологического исследования. Микроскопические исследования были проведены с помощью световой микроскопии подготовленных гистологических срезов, окрашенных гематоксилин-эозином (ув.×100).

Оценку эффективности применения ТК проводили по показателям красной крови – эритроцитам, гемоглобину; данным коагулограммы – АЧТВ, МНО, ПО, ПИ, плазминогена; количеству жидкости в брюшной полости при посмертном изучении тела животного; результатам мониторирования АД и ЧСС.

Данные обрабатывались методами непараметрической статистики с использованием U-критерия Манна – Уитни. Достоверными считали различия при $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение. Все животные опытных групп дожили до окончания эксперимента, в контрольной группе одно животное погибло от кровопотери через 1 ч 30 мин после нанесения травмы. Непосредственная причина смерти – острая сердечно-сосудистая недостаточность на фоне острой кровопотери вследствие тяжелой травмы печени (на аутопсии в полости брюшины обнаружено 455 мл крови, что составило более 40% объема циркулирующей крови (ОЦК) животного).

Результаты оценки объема гемоперитонеума, измеренного при аутопсии экспериментальных животных, представлены на рисунке 6. Из полученных данных следует, что, несмотря на близкие цифры величины моделируемой кровопотери, у животных контрольной группы объем геморрагической жидкости (288±113 мл) в брюшной полости был достоверно ($p<0,05$) больше, чем средний объем у животных всех опытных групп (110±19 мл). При этом различий в объеме геморрагической жидкости между животными, получавшими терапию ТК, в зависимости от выбранной схемы не получено. Однако наименьший объем гемоперитонеума (88±17 мл) наблюдали в группе овец с сочетанным введением ТК.

Аналогичная картина прослеживалась в динамике количества эритроцитов и уровня гемоглобина (рис. 7). Более выраженное снижение числа эритроцитов и уровня гемоглобина зарегистрировано у овец контрольной группы по сравнению с животными опытных групп. Так, число эритроцитов у животных контрольной группы снижалось с $11,95±0,59×10^{12}$/л (фоновое значение) до $8,14±0,38×10^{12}$/л спустя 1 сут после операции. Максимальное падение числа эритроцитов у животных опытных групп в эти же сроки после травмы отмечено до $8,72±0,41×10^{12}$/л. Значимое снижение числа эритроцитов между животными контрольной и опытных групп диагностировали через 1, 2 и 24 ч после введения ТК ($p<0,05$). При этом различий в числе эритроцитов в периферической крови у животных опытных групп в зависимости от выбранной схемы введения ТК не получено. Однако наименьшее снижение числа эритроцитов ($8,76±0,28×10^{12}$/л) наблюдалось в группе овец с сочетанным введением ТК.

Схожие изменения выявлены и в динамике уровня гемоглобина. У животных контрольной группы отмечали падение уровня гемоглобина до 81,0±1,5 г/л через 24 ч после травмы. Ни у одного из животных опытных групп этот показатель не опускался ниже уровня 90 г/л за весь период наблюдения. Достоверно ($p<0,05$) больший уровень гемоглобина был в группе животных с сочетанным введением ТК по сравнению с животными контрольной группы через 1, 2 и 24 ч после введения ТК. Однако достоверных различий между средними значениями опытных групп по данному показателю не выявлено. При этом наблюдалась тенденция к преобладанию уровня гемоглобина у животных, получавших сочетанное введение ТК, в отличие от овец с изолированным введением ТК.

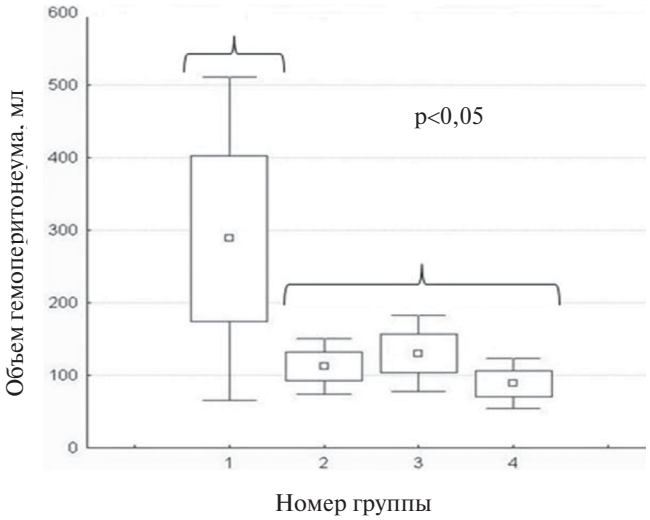

Рис. 6. Средний объем гемоперитонеума в группах животных

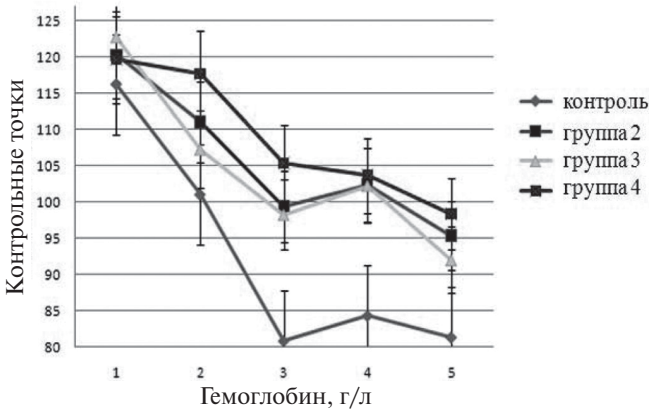

Рис. 7. Динамика изменения содержание гемоглобина у животных контрольной и опытных групп

Более выраженные изменения в свертывающей системе крови выявлены у животных контрольной группы. Так, у овец опытных групп показатели коагулограммы редко выходили за пределы референтных значений, у животных контрольной группы в послеоперационном периоде отмечалось двукратное увеличение АЧТВ, МНО и ПО. Это свидетельствует о прогрессировании коагулопатии с исходом в гипокоагуляцию (коагулопатия потребления). У животных опытных групп также отмечено снижение уровня плазминогена до 25±12%, причем в группе животных сочетанного применения ТК снижение данного показателя было несколько меньшим до 20±11% (p=0,067), что свидетельствует о специфическом действии ТК на фибринолиз и о потенцировании эффекта ТК при её сочетанном введении.

Во всех группах животных в ответ на травму развивался травматический шок, проявлявшийся увеличением ЧСС и снижением АД. Нормализация названных показателей происходила уже через 2 ч после применения ТК. При этом в контрольной группе стабилизация витальных функций отмечалась только к исходу наблюдения за животным.

Результаты посмертного изучения зоны травмы печени показали, что в случае применения ТК местно отмечалась прочная фиксация свертка крови к тканям печени (рис. 8).У животных контрольной группы в месте травмы печени фиксированных свертков крови не наблюдали (рис. 9).

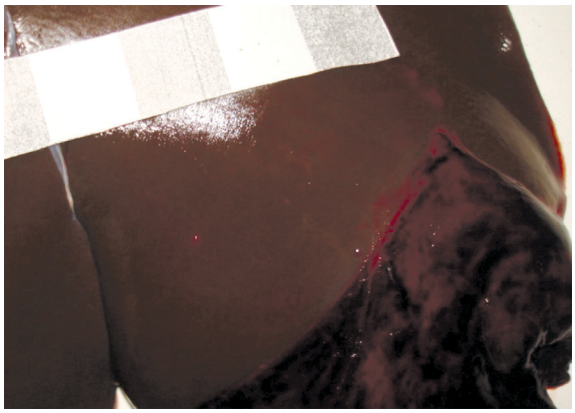

Рис. 8. Прочная фиксация свертка крови к поврежденному краю печени при внутрибрюшном применении ТК

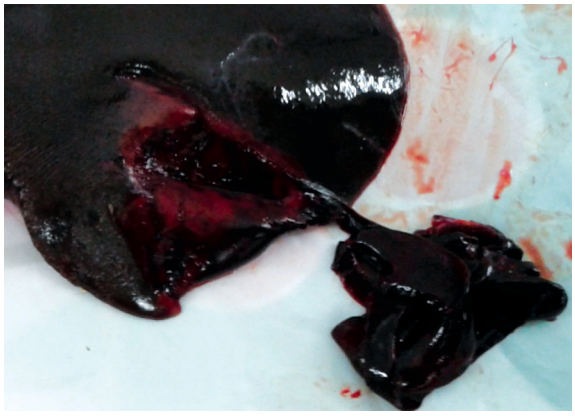

Рис. 9. Фиксации свертка крови менее 10% от площади повреждения к месту повреждения печени. Контрольная группа

При гистологическом исследовании у животных контрольной группы в области травмы печени выявлен дезорганизованный сверток с малым количеством нитей фибрина, представленный преимущественно гемолизированными эритроцитами, распространившимися довольно глубоко в прилегающую ткань печени (рис. 10). У животных опытных групп гемолиз эритроцитов в свёртке визуально не обнаружен. При внутривенном введении ТК граница свёртка была более чёткой за счёт тонкого слоя фибрина, фиксировавшего свёрток. У животных с внутрибрюшинным введением гемостатического раствора количество фибрина в свёртке было несколько большим. Максимальное количество фибрина обнаружено у животных 4-й группы с сочетанным введением ТК (рис. 11). При этом нити фибрина определялись в значительном количестве как в свёртке, так и в прилежащей ткани печени, что можно расценивать как показатель наиболее эффективного гемостаза.

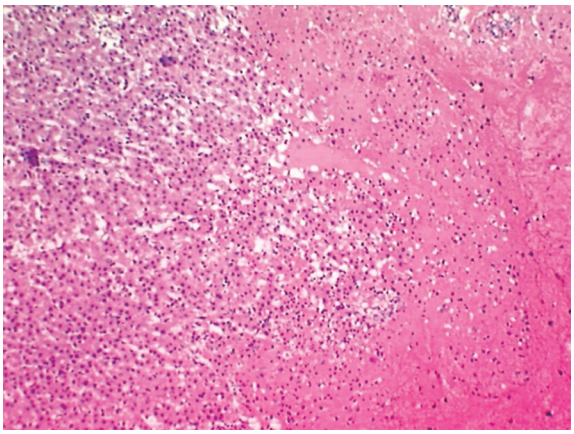

Рис. 10. Дезорганизованный сверток с малым количеством нитей фибрина. Контрольная группа (окраска гематоксилин-эозином, ув. ×100)

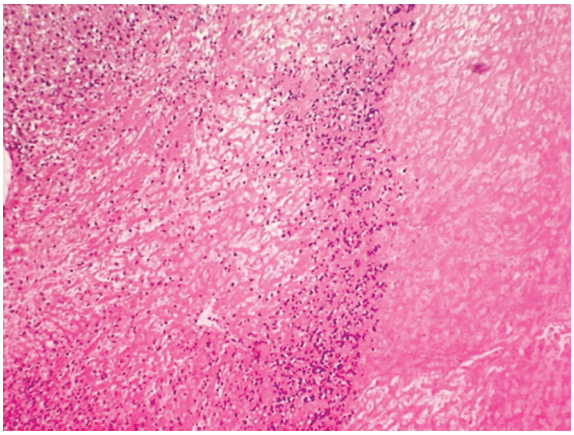

Рис. 11. Плотно фиксированный сверток с большим количеством нитей фибрина. Группа сочетанного применения ТК (окраска гематоксилин-эозином, ув. ×100)

Продолжающееся внутрибрюшное кровотечение, безусловно, является основным жизнеугрожающим последствием боевых ранений и травм живота [7, 9]. Согласно данным А.Е. Борисова с соавт. [4], 40–78% случаев повреждения печени с продолжающимся кровотечением оканчиваются летальным исходом вследствие не совместимой с жизнью кровопотери. Именно поэтому внутрибрюшное кровотечение должно быть остановлено настолько быстро и качественно, насколько это возможно, что достигается при использовании современных технологий. Например, доклинические исследования «self-expanding polyurethane polymer» показали, что при нанесении биообъектам (свиньям) травмы печени V степени (гепатопортальной) 3-часовая выживаемость в опытной группе была 73% (n=15), в контрольной – 8% (n=12), p=0,001. При этом средняя продолжительность жизни в опытной группе была более 150 мин, в контрольной – 23 мин [13].

Одним из перспективных гемостатических препаратов для использования на догоспитальном этапе является синтетический ингибитор фибринолиза – ТК. По данным рандомизированных мультицентровых международных исследований «MATTERs» [16] и CRASH-2 [12], смертность при внутривенном введении ТК при травме с продолжающимся кровотечением снижалась в первые 48 ч на 18,9%, а на госпитальном этапе – с 23,9 до 17,4%. В целом, ТК снижает риск смерти от кровотечения с 5,7 до 4,9%.

Местное применение ТК на догоспитальном этапе стало возможно в связи с появившейся сейчас технической доступностью выполнения лапароцентеза и интраперитонеального введения местных гемостатиков хирургами медицинских рот [3]. Нами показано, что применение транексамовой кислоты у экспериментальных животных эффективно для остановки внутреннего кровотечения при повреждении печени II–III степени по классификации американской ассоциации хирургов-травматологов (the American associationforthe surgeryof trauma – AAST) [14]. Известно, что добиться устойчивого гемостаза значительно труднее в условиях развившейся «смертельной триады»: коагулопатии, ацидоза и гипотермии, которая имеет место у большинства тяжелораненых и тяжелопострадавших. Вариант гемостаза, использованный нами в эксперименте, не дает окончательной остановки кровотечения, однако снижает кровопотерю и воздействует на плазминоген, тем самым препятствует развитию коагулопатии потребления в ходе эвакуации пострадавшего к хирургу.

Несмотря на малую выборку экспериментальных животных, выявлены общие закономерности, свидетельствующие о целесообразности применения транексамовой кислоты внутрибрюшинно в сочетании с внутривенным её введением. Полагаем, что одновременное внутриполостное и внутривенное применение ТК улучшит прогноз для выживания раненных в живот, предупреждая развитие «смертельной триады».

Выводы

1. Применение транексамовой кислоты эффективно для временной остановки внутреннего кровотечения при тяжелом повреждении печени у экспериментальных животных. Применение в условиях эксперимента транексамовой кислоты способствует выживанию 100% животных.

2. Наименьшая величина кровопотери отмечается при сочетанном способе введения транексамовой кислоты – внутривенно и внутрибрюшинно (с плазмой крови).

3. Сочетанное введение транексамовой кислоты (внутривенное и внутрибрюшинное в виде гемостатического раствора) способствует более выраженной компенсации острой кровопотери, чем изолированное введение ТК (внутривенное или внутрибрюшинное), что в конечном итоге обусловливает отсутствие коагулопатии потребления, в отличие от животных контрольной группы.

Литература

1. Абжуева, О.В. Экспериментальное и клиническое изучение эффективности нового лечебного средства – фибринового клея /О.В. Абжуева, В.М. Русанов, И.Л. Жидков // Гематол. и трансфузиол. – 2000. – Т. 45, № 1. – С. 35–37.
2. Алисов, П.Г. Организация оказания помощи раненным в живот в локальных конфликтах / П.Г. Алисов // Тез. докл. Всерос. науч. конф. «Актуальные проблемы современной тяжелой травмы», посвященной 70-летию кафедры военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии. – 2001. – С. 11–12.
3. Белевитин, А.Б. Хирургические уроки войны в Афганистане (1979–1989 гг.) и дальнейшее развитие военно-полевой хирургии /А.Б. Белевитин, И.А. Ерюхин, И.М. Самохвалов // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Медицинское обеспечение локальных войн и вооруженных конфликтов», посвященной 20-летию вывода советских войск из Афганистана. – 2009. – С. 3–8.
4. Борисов, А.Е. Диагностика и хирургическая тактика при изолированной и сочетанной травме печени / А.Е. Борисов [и др.] // Вестн. хирургии им. И.И. Грекова. – 2007. – Т. 166, № 4. – С. 35–39.
5. Директива 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. – СПб.: RUS–LASA «Научно-производственное объединение специалистов по работе с лабораторными животными», рабочая группа по переводам и изданию тематической литературы, 2012. – 48 с.
6. Ермолаева, Н.К. Структура летальности и анализ ошибок при сочетанной закрытой травме живота / Н.К. Ермолаева [и др.] // Кубанский науч. мед. вестн. – 2013. – № 7. – С. 177–181.
7. Ефименко, Н.А. Ранения и травмы живота / Н.А. Ефименко // Военно-полевая хирургия: нац. рук. / под ред. И.Ю. Быкова, Н.А. Ефименко, Е.К. Гуманенко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 586–621.
8. Масалимов, А.Р. Эффект местного применения транексамовой кислоты во время операций протезирования восходящего отдела аорты / А.Р. Масалимов, А.Е. Баутин // Эфферент. тер. – 2013. – Т. 19, № 2. – С.60.
9. Пичугин, А.А. Возможности применения метода временного внутриполостного гемостаза при оказании догоспитальной медицинской помощи раненным в живот (клинико-экспериментальное исследование): дис. … канд. мед. наук / А.А. Пичугин. – СПб.: ВМА, 2010. – 154 с.
10. Самохвалов, И.М. Возможности применения метода временного внутриполостного гемостаза при ранениях и

травмах живота / И.М. Самохвалов [и др.] // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. – 2010. – № 4 (1).– С. 32–38.

11. Самохвалов, И.М. Проблемы организации оказания хирургической помощи раненым в современной войне: хирургическая помощь на этапах медицинской эвакуации (сообщение первое) / И.М. Самохвалов // Воен.-мед. журн. – 2012. – Т. 333, № 12. – С. 4–11.
12. CRASH-2 trial collaborators. Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH–2): a randomised, placebo-controlled trial / CRASH-2 trial collaborators // Lancet. – 2010. – Vol. 376, Issue 9734. – P. 23–32.
13. Duggan, M. Self-expanding polyurethane polymer improves survival in a model of noncompressible massive abdominal hemorrhage / M. Duggan [et al.] // J. Trauma. – 2013. –Vol. 74, № 6. – P. 1462–1467.
14. Fabian, T.C. Liver and biliary tract / T.C. Fabian, T.K. Bee // Trauma: 6th Edition. – NY: McGraw-Hill Medical, 2008. – P. 637–660.
15. Kheirabadi, B. Hemostatic agents for control of intracavitary non-compressible hemorrhage: an overview of current results / B. Kheirabadi, H.G. Klemcke // Combat casualty care in ground-based tactical situations: trauma technology and emergency medical procedures: papers for symposium. – St. Pete Beach: RTO, 2004. – P. 267–276.
16. Morrison, J.J. Military application of tranexamic acid in trauma emergency resuscitation (MATTERs) study / J.J. Morrison [et al.] // Arch. surg. – 2012. – Vol. 147, № 2. – P. 113–119.
17. Taylor, D.C. Crush syndrome complicating pneumatic antishock garment (PASG) use / D.C. Taylor, A.J. Salvian,C. Shackleton // Injury. – 1988. – Vol. 19, № 1. – P. 43–44.

I.M. Samokhvalov, A.B. Seleznev, A.V. Zhabin, K.P. Golovko, A.B. Yudin, A.V. Denisov, E.D. Popova, S.N. Vasiagin

Usage of tranexamic acid for temporary intracavitary hemostasis in abdominal trauma in experiment on animals

Abstract. *One of the war surgery and trauma surgery priorities is the development of temporary control measures for intraabdominal hemorrhage in abdominal trauma at the prehospital stage (in the terms of providing medical care outside medical facilities). The method of intracavitary hemostasis consisting in an introduction of biologically active assets into abdominal cavity is considered to be the solving of the problem. A perspective hemostatic preparation licensed for intracavitary introduction is a synthetic fibrinolysis inhibitor – tranexamic acid, which blocks plasminogen activation process, preventing thrombolysis in the damaged vessel area. A comparison of temporary intracavitary hemostasis efficacy in the terms of intravenous, intraabdominal and combined intravenous – intraabdominal introduction of tranexamic acid solution has been conducted on the graduated liver trauma model on experimental animals (sheep). Minimal blood loss has been noted for simultaneous intravenous and intraabdominal tranexamic acid introduction in the form of hemostatic solution. Usage of tranexamic acid provides the survival of all experimental animals with severe liver trauma. In the control group of animals with similar liver trauma without usage of tranexamic acid died one animal of the three. Tranexamic acid demonstrated high efficiency in the terms of continuing intraabdominal hemorrhage on the graduated liver trauma model.*

Key words**:** *abdominal trauma, intraabdominal hemorrhage, temporary intracavitary hemostasis, tranexamic acid, prehospital care for trauma (providing medical care outside medical facilities).*

Контактный телефон: 8-921-974-03-45; e-mail: labws@mail.ru