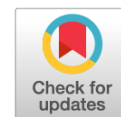


DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104689>

Научная статья



Остановка продолжающегося внутрибрюшного кровотечения перспективными местными биосовместимыми гемостатическими средствами

А.Я. Ковалевский, А.М. Носов

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. В данном исследовании впервые произведена экспериментальная оценка эффективности образцов нового местного биосовместимого гемостатического средства в форме геля на основе хитозана при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении.

Цель — оценить эффективность перспективных местных биосовместимых гемостатических средств при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении в эксперименте с использованием биообъектов.

Материалы и методы. В ходе исследования разработана экспериментальная модель на биообъектах (кроликах) для оценки эффективности гемостатических средств в виде геля при продолжающемся кровотечении из раны печени.

Результаты. В ходе эксперимента установлена высокая эффективность отдельных новых образцов местных биосовместимых гемостатических средств, которые позволили избежать летальности в сравнении с группой контроля, где летальность составила 100 %.

Заключение. Разработанная экспериментальная модель, включающая нанесение ранения печени с последующим развитием интенсивного внутрибрюшного кровотечения, полностью оправдала себя. Использование местных биосовместимых гемостатических средств в виде геля является перспективным способом достижения гемостаза на ранних этапах медицинской эвакуации при ранениях органов живота, что в свою очередь потенциально способно значительно снизить количество смертей, причиной которых является продолжающееся внутрибрюшное кровотечение. Полученные данные, свидетельствующие о высокой эффективности отдельных образцов, позволяют считать продолжения исследования в данном направлении целесообразным. Для дальнейшей оценки эффективности и безопасности местных биосовместимых гемостатических средств требуется проведение дополнительных исследований на средних и крупных биообъектах со всеми представленными образцами для определения их влияния на организм, биологической совместимости, а так же местного раздражающего действия.

Ключевые слова: внутреннее кровотечение; гемоперитонеум; гемостатическое средство; Damage control; кровотечение; остановка кровотечения; повреждение печени; ранение живота.

Как цитировать:

Ковалевский А.Я., Носов А.М. Остановка продолжающегося внутрибрюшного кровотечения перспективными местными биосовместимыми гемостатическими средствами // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2022. Т. 41. № 2. С. 187–194. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104689>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104689>

Research Article

Stopping intra-abdominal bleeding with promising local biocompatible hemostatic agents

Arkadiy Ya. Kovalevskiy, Artyom M. Nosov

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: In this study, for the first time, an experimental evaluation of the effectiveness of samples of a new local biocompatible hemostatic agent in the form of a gel based on chitosan was carried out with ongoing intra-abdominal bleeding.

AIM: to evaluate the effectiveness of promising local biocompatible hemostatic agents for ongoing intra-abdominal bleeding in an experiment using biological objects.

MATERIALS AND METHODS: When performing this work, an experimental model was developed on biological objects (rabbits) to evaluate the effectiveness of hemostatic agents in the form of a gel with continued bleeding from a liver wound.

RESULTS: During the experiment, the high efficiency of new LBHA samples was established, which allowed to avoid mortality in comparison with the control group, where the mortality rate was 100%.

CONCLUSION: The developed experimental model, which includes injury to the liver with the subsequent development of intense intra-abdominal bleeding, has fully justified itself. The use of local biocompatible hemostatic agents in the form of a gel is a promising way to achieve hemostasis in the early stages of medical evacuation for abdominal injuries, which in turn has the potential to significantly reduce the number of deaths caused by ongoing intra-abdominal bleeding. The data obtained, indicating the high efficiency of individual samples, make it possible to consider the continuation of research in this direction appropriate. Further evaluation of the efficacy and safety of local biocompatible hemostatic agents requires additional studies on medium and large biological objects with all the samples presented to determine their effect on the body, biocompatibility, as well as local irritant action.

Keywords: abdominal injury; bleeding; Damage control; hemoperitoneum; hemostatic agent; internal bleeding; liver damage; stopping bleeding.

To cite this article:

Kovalevskiy AY, Nosov AM. Stopping intra-abdominal bleeding with promising local biocompatible hemostatic agents. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2022;41(2):187–194. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar104689>

Received: 11.03.2022

Accepted: 22.04.2022

Published: 30.06.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Опыт последних военных конфликтов, показывает, что система оказания медицинской помощи раненым на догоспитальном этапе далеко не совершенна. Этот факт подтверждается высокой летальностью среди раненых, у которых ранения не носили однозначно летальный характер. За период контртеррористической операции на Северном Кавказе (1994–1996) погибшие военнослужащие в 78,1 % случаев умерли вследствие неостановленного кровотечения, более половины этих кровотечений были внутренними [1]. В настоящее время при оказании помощи на поле боя или на пути в госпиталь для остановки кровотечения применяется большое количество различных по своей сути методик, однако ни одна из них не может считаться наиболее эффективной и безопасной в отношении помощи раненым с продолжающимся внутренним кровотечением. Разработка и введение в практику нового, эффективного, простого в использовании средства внутреннего гемостаза потенциально позволит успешно останавливать или снижать интенсивность неконтролируемого кровотечения в брюшной полости и повысит вероятность выживания раненого.

Цель исследования — оценить эффективность перспективных местных биосовместимых гемостатических средств (МБГС) при продолжающемся внутрибрюшном кровотечении в эксперименте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исследуемого материала выступало местное биоразлагаемое гемостатическое средство, которое представляет собой однородную, бледно-желтую непрозрачную гелеобразную субстанцию без запаха на основе хитозана. Перед проведением эксперимента необходимое количество геля помещалось в стерильный шприц объемом 5 мл (рис. 1).

В эксперименте использовались образцы МБГС, представленные производителем ООО «Новопласт-М» (г. Санкт-Петербург), точная концентрация хитозана

не сообщалась, все образцы были зашифрованы: 0102, 0103, 0401 и 0402.

Экспериментальное исследование проведено на кроликах-самцах породы советская шиншилла, всего в исследовании использовали 25 животных. Их выбор был обусловлен близкой в сравнении с человеком реакцией на кровотечение из раны паренхиматозного органа, схожей системой гемостаза, аналогичными по строению и структуре сосудами, сердцем и печенью, доступностью и простотой содержания. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (выписка из протокола № 256 от 23 ноября 2021 г.).

Экспериментальное исследование состояло из двух этапов. На первом этапе были выполнены разработка и апробация экспериментальной модели продолжающегося внутрибрюшного кровотечения из раны печени.

На втором этапе было проведено экспериментальное испытание образцов МБГС и выполнен анализ полученных результатов. Животные были разделены на 5 групп (табл. 1).

Моделирование продолжающегося внутрибрюшного кровотечения состояло из нескольких этапов. После премедикации препаратом «Золетил 100» (Вирбак, Франция) в дозировке 5 мг/кг экспериментальное животное фиксировали на операционном столе в положении лежа на спине. Дополнительно к общей анестезии выполняли местную инфильтрационную анестезию 0,25 % раствором новокаина в место оперативного доступа. Следующим этапом выполняли лапаротомию. Выводили среднюю долю печени в просвет лапаротомной раны (рис. 2).

Далее при помощи специального пластикового трафарета, используя скальпель, наносили стандартизированную рану печени размерами 2 × 2 см глубиной 4 мм (рис. 3).

Глубина раны достигалась за счет надавливания на края трафарета, и последующего иссечения скальпелем выступающей в просвет трафарета паренхимы печени. После чего производилась визуальная оценка

Таблица 1. Распределение животных на экспериментальные группы в зависимости от используемого образца МБГС

№ п/п	№ группы	Название группы	Количество животных (n = 25)	Исследуемый препарат
1	1	Отработка модели эксперимента	5	нет
2	2	МБГС 0102	5	0102
3	3	МБГС 0401	5	0401
4	4	МБГС 0402	5	0402
5	5	МБГС 0103	5	0103



Рис. 1. Гель МБГС в шприце 10 мл



Рис. 2. Средняя доля печени выведена в просвет лапаротомной раны

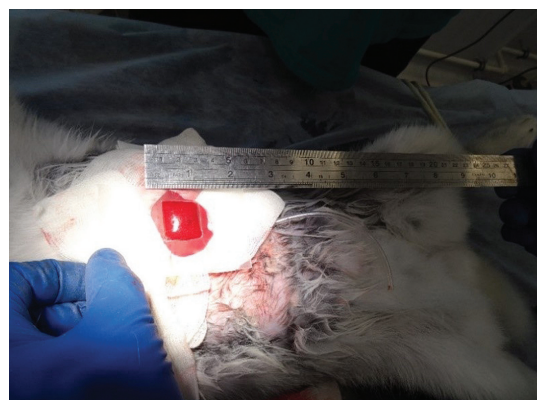


Рис. 3. Подготовка к нанесению ранения печени

Таблица 2. Международная шкала оценки интенсивности кровотечения VIBeScale, адаптированная для кроликов

Баллы	Визуальная характеристика	Тип кровотечения	Интенсивность кровотечения (мл/мин)
0	Нет кровотечения	Нет кровотечения	0
1	Просачивание крови из раны	Капиллярное кровотечение	>1,0–3,0
2	Течение крови из раны небольшим постоянным потоком	Кровотечение из венул или артериол	>3,0–5,0
3	Струйное кровотечение из места ранения	Кровотечение из периферических вен или артерий	>5,0

интенсивности кровотечения по шкале VIBeScale (табл. 2), далее поврежденную печень погружали в брюшную полость, лапаротомную рану ушивали.

В экспериментальных группах спустя 2 мин наблюдения, через отдельный прокол в брюшной стенке на 5 мм ниже лапаротомной раны, по полимерной трубке вводили испытываемый образец МБГС в количестве 10 мл. Введение МБГС осуществлялось в проекции раны печени. На нижнюю часть живота животного накладывалась циркулярная повязка из эластичного бинта с целью уменьшить объем брюшной полости. Затем животное оставалось под наблюдением в течение 120 мин.

Анализ и обработке были подвергнуты следующие полученные в ходе эксперимента данные: интенсивность кровотечения в момент его инициации и после применения МБГС, выживаемость животных в экспериментальных группах. Лабораторные показатели венозной крови — количество эритроцитов и уровень гемоглобина, оценивались до нанесения ранения печени, через 15, 60 и 120 мин после начала кровопотери, а также проводилось секционное исследование, которое включало осмотр брюшной полости, обращали внимание на распределение МБГС в полости живота, состояние раны печени, наличие свертков крови.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования по оценке структуры причин летальных исходов среди раненых на поле боя, а также определение группы «потенциально спасаемых», показывают,

что внутреннее кровотечение являлось одной из ведущих причин смерти. Так, в ходе войны в Афганистане (1979–1989), а также во время первой и второй контртеррористических операций на территории Северного Кавказа (1994–1996; 1999–2000) и войны в Ираке (2001–2011), кровотечение стало непосредственной причиной смерти в 80,0 %, а внутреннее кровотечение составило около 60,0 % от общего числа кровотечений [2]. При ранениях в области туловища кровь в 15,0 % случаев изливается в брюшную полость [1]. На сегодняшний день нет однозначно эффективного и безопасного для жизни раненого метода достижения внутриполостного гемостаза при ранении органов живота. Применение системных гемостатических препаратов малоэффективно, выполнение реанимационной эндоваскулярной баллонной окклюзии и применение абдоминального аортального турникета имеют множество побочных эффектов с возможностью развития летального исхода. Основным способом остановки кровотечения остаются скорейшая эвакуация и выполнение оперативного вмешательства [3]. Данный факт указал на необходимость поиска высокоэффективного способа остановки внутрибрюшного кровотечения у раненых с повреждением живота посредством использования местного гемостатического средства на передовых этапах оказания медицинской помощи. Предполагается, что данное средство можно поместить в брюшную полость и остановить или снизить интенсивность кровотечения из поврежденных органов живота.

В ходе эксперимента животные контрольной группы, которые после нанесения ранения печени не получили МБГС,

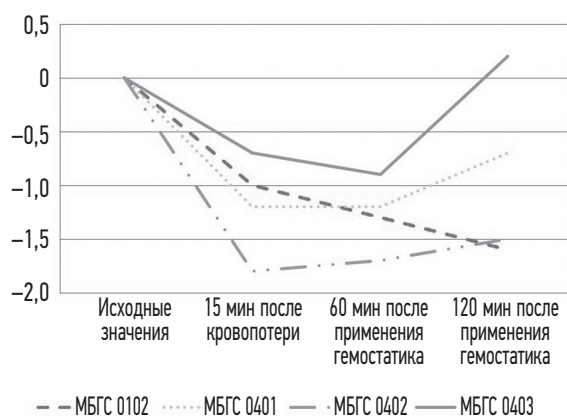


Рис. 4. Динамика изменения количества эритроцитов в венозной крови относительно фоновых показателей в зависимости от экспериментального воздействия

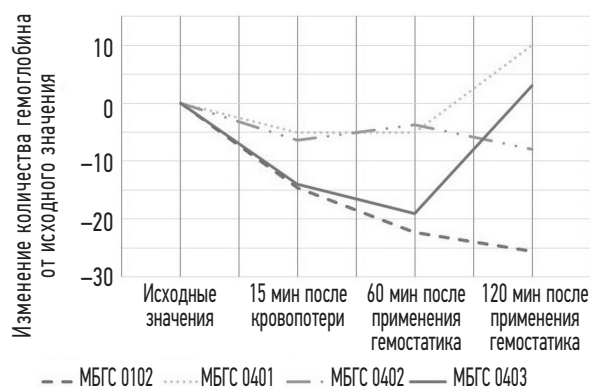


Рис. 5. Динамика изменения уровня гемоглобина в венозной крови животных относительно фоновых показателей в зависимости от экспериментального воздействия

Таблица 3. Изменение интенсивности кровотечения спустя 120 мин наблюдения в зависимости от используемого образца МБГС

№ группы	Название группы	Количество животных (n = 25)	Исследуемый препарат	Интенсивность кровотечения по шкале VibeScale (количество животных)			
				0	1	2	3
1	Отработка модели эксперимента	5	нет	—	—	—	5
2	МБГС 0102	5	0102	—	3	2	—
3	МБГС 0401	5	0401	2	3	—	—
4	МБГС 0402	5	0402	5	—	—	—
5	МБГС 0103	5	0103	5	—	—	—

погибли, напротив, в экспериментальных группах, которым был введен гемостатик, все животные выжили. При рассмотрении данных лабораторного анализа крови животных опытных групп отмечается тенденция к менее резкому снижению количества гемоглобина и эритроцитов. В конечном итоге спустя 120 мин наблюдения числовые показатели анализа крови животных значительно отличались в зависимости от испытываемого образца МБГС. Во всех исследуемых группах спустя 15 мин после начала кровопотери наблюдалось снижение количества эритроцитов в среднем на $1,0\text{--}1,8 \times 10^{12}/\text{л}$, гемоглобина — на $5,0\text{--}14,6$ г/л. Однако с течением времени стала все отчетливее проявляться разница показателей в различных группах (рис. 4, 5).

Так, уровень эритроцитов и гемоглобина у животных группы МБГС 0102 стабильно снижался на всем протяжении наблюдения, что говорит о несостоятельности гемостаза, инициированного этим образцом. Напротив, в группах 0103, 0401 и 0402 тенденция к стойкому падению количества эритроцитов и уровня гемоглобина спустя время во всех случаях сменялась относительным повышением этих лабораторных показателей, что свидетельствует об успешном гемостазе и компенсации кровопотери. Анализ лабораторных показателей различных групп животных показал, что биологические объекты, которым

был введен гель МБГС, не только выжили, но и демонстрировали более стабильное состояние.

Кроме показателей анализа крови это выражалось в изменении интенсивности кровотечения из раны печени (табл. 3).

В ходе выполнения релапаротомии установлено, что интенсивность кровотечения у животных контрольной группы осталась на прежнем уровне, а незначительное ее снижение было обусловлено снижением показателей гемодинамики животных. Релапаротомия у животных групп сравнения подтвердила эффективность введения образцов МБГС. К концу периода наблюдения все животные экспериментальных групп выжили, однако показывали разные характеристики гемостаза. Так, в группе № 2 полный гемостаз не был достигнут ни в одном случае, у 2 животных наблюдалось кровотечение 2-й степени, у трех — 1-й, кроме того, в 3 случаях из 5 в брюшной полости животных группы № 2 были обнаружены неизмененная кровь и ее свертки. Таким образом, за 120 мин наблюдения образец МБГС 0102 не способствовал наступлению окончательного гемостаза, однако снижал интенсивность кровотечения. Кроме того, масса препарата легко снималась с ранения печени, приводя к рецидиву кровотечения, также отмечалось сравнительно большое количество свободной крови и ее свертков в полости

живота, что также свидетельствует о низком гемостатическом потенциале. В группе № 3 сравнительный анализ удалось провести только 3 из 5 животных. В 2 случаях кровотечение было полностью остановлено, а в остальных интенсивность кровотечения была снижена до 1-й степени. Аналогично группе животных, получивших МБГС 0102, масса МБГС 0401 легко снималась с раневой поверхности печени шпателем, а в полости живота также отмечались массивные свертки крови, что опять же не позволяет называть гемостаз в этом случае достаточно эффективным. При релапаротомии у всех животных экспериментальной группы № 4 наблюдали устойчивый гемостаз. Во всех случаях произошло снижение интенсивности кровотечения вплоть до его полной остановки. Наблюдалась выраженная адгезия препарата МБГС 0402 к раневой поверхности печени, что также указывает на стойкость и эффективность гемостаза. С неповрежденных органов образец МБГС легко смывался физиологическим раствором или удалялся влажной салфеткой. В ходе осмотра брюшной полости обнаруживались небольшие свертки крови. В группе № 5 гемостаз оказался наиболее эффективным. При оценке 5 кроликов данной группы, как и в группе № 4, за 120 мин был достигнут устойчивый и эффективный гемостаз. Следует отметить, что в полости живота отсутствовали свободная кровь и тромботические массы, а удаление массы МБГС 0103 с раны печени с помощью медицинского шпателя оказывалось весьма затруднительным ввиду выраженной адгезии к раневой поверхности печени, что свидетельствует о наиболее эффективном гемостазе среди всех контрольных групп. Результаты лабораторных показателей и данные, полученные в ходе релапаротомии, свидетельствуют о сравнительно низкой эффективности гемостатического эффекта образцов МБГС 0102 и МБГС 0401, напротив, гемостатический эффект применения МБГС 0402 и МБГС 0103 можно оценить как высокий. В группах животных № 2 и 3 неудовлетворительный гемостаз утверждается также в гематологических показателях, которые значительно менее оптимистичны, чем таковые в случае животных групп № 4 и 5, где при релапаротомии отмечался значительно более эффективный гемостаз.

В настоящее время лишь скорейшая эвакуация на этапа оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи, где возможна остановка внутренних кровотечений, может существенно повысить шанс благоприятного исхода лечения раненого [4]. Этот тезис развивается в концепцию оказания помощи раненым «Хватай и беги» (scoop and run — англ.). Суть данного подхода довольно проста — как можно раньше начать доставку пострадавшего с места получения ранения в госпиталь, где квалифицированная хирургическая группа, используя всю необходимую для проведения сложной открытой операции медицинскую технику, инструментарий и прочие материальные ресурсы, сможет выполнить требуемую операцию.

Однако для эффективной реализации данной концепции время от момента ранения до начала работы хирургической бригады не должно выходить за рамки «золотого часа». Но реалии боевых действий, где время эвакуации значительно увеличивается из-за сложностей оперативно-тактической обстановки, начало необходимой операции часто оказывается далеко за допустимыми временными рамками. В организации эвакуации пострадавших в мирное время также есть проблемы, связанные с неорганизованностью вызова бригады скорой медицинской помощи, ее прибытия на место ранения и в место оказания помощи, что опять же значительно отдалает момент оказания хирургической помощи от времени получения ранения.

Потенциальным решением данной проблемы может стать остановка продолжающегося внутреннего кровотечения еще на догоспитальном этапе, для чего в настоящее время предложено несколько способов. Первый из них, перспективный, но технически сложный метод остановки кровотечения в полости живота и таза — реанимационная эндоваскулярная баллонная окклюзия аорты (РЭБОА) [5]. Он предлагает введение через центральный артериальный доступ по сосудам нижних конечностей раздуваемого в просвете аорты баллона, перекрывающего поступление крови дистальнее. Метод показывает высокую эффективность при остановке кровотечения, выигрывая дополнительное время для эвакуации пострадавшего, однако вызванная прекращением доступа крови ишемия органов живота накладывает свои временные рамки на эвакуацию, делая применение данного метода целесообразным при возможности эвакуировать пострадавшего в срок от 30 мин до 1 ч (в зависимости от уровня раздувания баллона). К недостатку данного метода следует отнести высокий уровень подготовки специалиста, что однозначно делает его применение невозможным в рамках само- и взаимопомощи.

Следующим методом, более простым в реализации, доступным для применения специалистами, имеющими минимальные навыки в оказании медицинской помощи, является наложение абдоминального турникета (ААЖТ — abdominal aortic and junctional tourniquet), осуществляющего прижатие аорты путем создания давления на поверхность живота. Исследование, проведенное в 2018 г. медицинским персоналом армии США, показало, что применение данного метода эквивалентно по эффективности методу РЭБОА при остановке кровотечения в полости малого таза и при переломах костей таза. Данный факт делает применение ААЖТ предпочтительным [6]. С другой стороны, метод не лишен недостатка РЭБОА, связанного с ишемией органов живота. Кроме этого, повреждение передней стенки живота делает невозможным осуществление данного пособия. Также не стоит забывать о частом наличии в полости живота инородных тел как следствие действия поражающих элементов травмирующего агента, а их смещение при оказании давления на живот может значительно усугубить состояние пострадавшего [7, 8].

Менее эффективным, но еще более доступным для осуществления методом является наложение давящей циркулярной повязки вокруг живота, что приводит к уменьшению объема брюшной полости, следовательно, к уменьшению количества крови, поступающей в полость живота. При выполнении данного метода возможно сдавление внутренних органов и, как следствие, снижение интенсивности кровотечения.

Перечисленные особенности приведенных методик не могут утвердить их как единственное средство внутрибрюшного гемостаза, однако выполнение одного из описанных методов лучше, чем полное бездействие.

Стоит также отметить разработку местных гемостатических средств на основе саморасширяющихся полимеров, например разрабатываемая в США пена «RescueFoam», механизм действия которой основан на данном эффекте. При введении в брюшную полость с источником кровотечения вещество расширяется и образует пену, которая спустя время застывает, образуя эластичный сгусток, который сдавливает внутренние органы. Полезный эффект заключается в компрессионном действии и герметизации раны. Внедрение подобных средств в практику остановки внутрибрюшного кровотечения на ранних этапах оказания помощи может повысить шансы на выживание таких пострадавших. Однако проведенные исследования показали ряд осложнений, которые могут возникать при использовании данного материала [9]. В исследованиях на крупных лабораторных животных наблюдали ишемические изменения, в том числе с появлением перфораций участков тонкой кишки, требующих ушивания.

Использование перспективного МБГС на основе хитозана в виде геля позволяет избежать побочных эффектов, связанных с ишемией внутренних органов, сохранив высокую эффективность.

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о перспективности и необходимости продолжения исследования образцов МБГС. При сравнении результативности опытных образцов МБГС на модели острого массивного внутриполостного (паренхиматозного) кровотечения в результате повреждения печени у кроликов наиболее перспективными оказались препараты МБГС 0103 и 0402. Так, лабораторный образец МБГС 0103 подтвердил свою

эффективность во всех экспериментах до полной остановки кровотечения. Препарат МБГС 0402 способствовал формированию менее эффективного гемостаза во всех случаях.

В то же время возможность использования МБГС в клинической практике требует дополнительных исследований, которые оценят токсичность, биосовместимость и местное раздражающее действие образцов МБГС. После проведения данных исследований дополнительно потребуются определение порядка применения МБГС, а также разработка системы доставки препарата в брюшную полость.

ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая модель травмы печени (нанесение раны печени размерами 20 × 20 мм глубиной 4 мм) у кролика может быть рекомендована для оценки эффективности образцов МБГС в виде геля.
2. Использование местных биосовместимых гемостатических средств является перспективным способом достижения гемостаза на ранних этапах медицинской эвакуации при ранениях органов живота.
3. Для дальнейшей оценки эффективности и безопасности МБГС требуется проведение дополнительных исследований на средних и крупных биообъектах со всеми представленными образцами МБГС 0103, 0402, 0401, 0102 с определением их токсичности, биосовместимости и местного раздражающего действия.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

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

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (выписка из протокола № 256 от 23 ноября 2021 г.).

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самохвалов И.М., Гончаров А.В., Чирский В.С., и др. «Потенциально спасаемые» раненые — резерв снижения догоспитальной летальности при ранениях и травмах // Скорая медицинская помощь. 2019. Т. 20, № 3. С. 10–17. DOI: 10.24884/2072-6716-2019-20-3-10-17
2. Holcomb J.B., McMullin N.R., Pearse L, et al. Causes of death in U.S. Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001–2004 // Ann. Surg. 2007. Vol. 245, No. 6. P. 986–991. DOI: 10.1097/01.sla.0000259433.03754.98
3. Ярешко В.Г., Михеев Ю.А., Отарашвили К.Н. Концепция damage control при травме (взгляд хирурга) // Медицина неотложных состояний. 2014. № 7 (62). С. 176–180.
4. Jaunoo S.S., Harji D.P. Damage control surgery // Int. J. Surg. 2009. Vol. 7, No. 2. P. 110–113. DOI: 10.1016/j.ijsu.2009.01.008
5. Thrailkill M.A., Gladin K.H., Thorpe C.R., et al. Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA): update and insights into current practices and future directions for research and implementation // Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med. 2021. Vol. 29, No. 1. P. 8. DOI: 10.1186/s13049-020-00807-9

6. Kheirabadi B.S., Terrazas I.B., Miranda N., et al. Physiological consequences of Abdominal Aortic and Junctional Tourniquet (AAJT) application to control hemorrhage in a swine model // *Shock*. 2016. Vol. 46, No. 3 (Suppl 1). P. 160–166. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000651
7. Rall M.J., Redman T.T., Ross E.M., et al. Comparison of zone 3 resuscitative endovascular Balloon occlusion of the aorta and the abdominal aortic and functional tourniquet in a model of functional hemorrhage in swine // *J. Surg. Res.* 2018. Vol. 226. P. 31–39. DOI: 10.1016/j.jss.2017.12.039

8. Kheirabadi B., Klemcke H.G., Hemostatic agents for control of intracavitary noncompressible hemorrhage: an overview of current results. In: *Trauma Technology and Emergency Medical Procedures*. St. Pete Beach, 2004. P. 21–29.
9. Duggan M., Rago A., Sharma U., et al. Self-expanding polyurethane polymer improves survival in a model of noncompressible massive abdominal hemorrhage // *J. Trauma Acute Care Surg.* 2013. Vol. 74, No. 6. P. 1462–1467. DOI: 10.1097/TA.0b013e31828da937

REFERENCES

1. Samokhvalov IM, Goncharov AV, Chirskiy VS, et al. "Potentially survivable" casualties — reserve to reduce pre-hospital lethality in injuries and traumas. *Emergency medical care*. 2019;20(3):10–17. (In Russ.) DOI: 10.24884/2072-6716-2019-0-3-10-17
2. Holcomb JB, McMullin NR, Pearse L, et al. Causes of death in U.S. Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001–2004. *Ann Surg.* 2007;245(6):986–991. DOI: 10.1097/01.sla.0000259433.03754.98
3. Yaresko VG, Mikheev YuA, Otashvili KN. The concept of damage control in trauma (surgeon's view). *Emergency Medicine*. 2014;7(62):176–180. (In Russ.)
4. Jaunoo SS, Harji DP. Damage control surgery. *Int J Surg.* 2009;7(2):110–113. DOI: 10.1016/j.ijsu.2009.01.008
5. Thrailkill MA, Gladin KH, Thorpe CR, et al. Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA): update and insights into current practices and future directions for research and implementation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2021;29(1):8. DOI: 10.1186/s13049-020-00807-9
6. Kheirabadi BS, Terrazas IB, Miranda N, et al. Physiological consequences of Abdominal Aortic and Junctional Tourniquet (AAJT) application to control hemorrhage in a swine model. *Shock*. 2016;46(3) (Suppl1):160–166. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000651
7. Rall MJ, Redman TT, Ross EM, et al. Comparison of zone 3 resuscitative endovascular Balloon occlusion of the aorta and the abdominal aortic and functional tourniquet in a model of functional hemorrhage in swine. *J Surg Res.* 2018;226:31–39. DOI: 10.1016/j.jss.2017.12.039
8. Kheirabadi B, Klemcke HG. Hemostatic agents for control of intracavitary noncompressible hemorrhage: an overview of current results. In: *Trauma Technology and Emergency Medical Procedures*. St. Pete Beach; 2004. P. 21–29.
9. Duggan M, Rago A, Sharma U, et al. Self-expanding polyurethane polymer improves survival in a model of noncompressible massive abdominal hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(6):1462–1467. DOI: 10.1097/TA.0b013e31828da937

ОБ АВТОРАХ

***Аркадий Янович Ковалевский**, слушатель факультета подготовки врачей; адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: kovalevskiy.arkadiy@mail.ru

Артём Михайлович Носов, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;
Researcher ID: AAY-8133-2021; eLibrary SPIN: 7386-3225;
e-mail: artem_svu06@mail.ru

AUTHORS' INFO

***Arkadiy Ya. Kovalevskiy**, student of the faculty of medical training; address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; e-mail: kovalevskiy.arkadiy@mail.ru

Artyom M. Nosov, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;
Researcher ID: AAY-8133-2021; eLibrary SPIN: 7386-3225;
e-mail: artem_svu06@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author