

ОЦЕНКА ГЕМОСТАТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ГЕЛЕВОЙ СУБСТАНЦИИ ПРИ РАНЕНИЯХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ф.Г.Назирова.¹, А.Х.Бабаджанов.², У.А.Расулов.³

¹Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии имени акад. В.Вахидова. г. Ташкент, Узбекистан.

²“Национальный медицинский центр” при Министерстве здравоохранения Республики Узбекистан. г.Ташкент, Узбекистан.

³Военно-медицинский институт Университета военной безопасности и обороны Республики Узбекистан. г.Ташкент, Узбекистан.

Для цитирования: © Назиров Ф.Г., Бабаджанов А.Х., Расулов У.А.

ОЦЕНКА ГЕМОСТАТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ГЕЛЕВОЙ СУБСТАНЦИИ ПРИ РАНЕНИЯХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ. ЖКМП.-2025.-Т.1.-№1.-С

Поступила: 20.01.2025

Одобрена: 01.02.2025

Принята к печати: 05.03.2025

Аннотация: Цель исследования – оценить эффективность нового гемостатического геля при ранениях мягких тканей. Эксперимент проведен на половозрелых белых крысах (n=32) с моделированными рваными ранами бедра. Контрольная группа использовала стандартные методы гемостаза (жгут, марлевый тампон), опытная – гемостатический гель 4% с эластическим бинтованием. Гель обеспечил прекращение кровотечения за 17 мин при кровопотере 0,8 мл (контроль - 1,2 мл), уменьшении остаточной гематомы (350 мг против 600 мг) и минимальной имbibции тканей (+ против +++). Морфологически отмечались умеренное воспаление, активная пролиферация фибробластов и неоангиогенез без некроза. Лабораторные показатели крови оставались ближе к физиологическим. Новая субстанция эффективна, минимизирует повреждение тканей и способствует быстрому заживлению; перспективна для экстренной и военной медицины.

Ключевые слова: гемостаз, раны мягких тканей, гель, экспериментальная хирургия, кровотечение.

YUMSHOQ TO‘QIMALAR JAROHATLANISHLARIDA YANGI GEL MODDASINING GEMOSTATIK SAMARADORLIGINI TAJRIBADA BAHOLASH

F.G.Nazirov.¹, A.X.Babadjanov.², U.A.Rasulov.³

¹Akademik V.V. Vaxidov nomidagi Respublika ixtisoslashtirilgan jarrohlik markazi davlat muassasasi, Toshkent sh., O‘zbekiston.

²O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi huzuridagi “Milliy tibbiyot markazi”. Toshkent sh., O‘zbekiston.

³O‘zbekiston Respublikasi Harbiy xavfsizlik va mudofaa universitetining Harbiy tibbiyot instituti. Toshkent sh., O‘zbekiston.

Izoh: © Nazirov F.G., Babadjanov A.X., Rasulov U.A.

YUMSHOQ TO‘QIMALAR JAROHATLANISHLARIDA YANGI GEL MODDASINING GEMOSTATIK SAMARADORLIGINI TAJRIBADA BAHOLASH. KPTJ.-2025-N.1-№1-M

Qabul qilindi: 20.01.2025

Ko‘rib chiqildi: 01.02.2025

Nashrga tayyorlandi: 05.03.2025

Annotatsiya: Tadqiqotning maqsadi yangi gemostatik gelning yumshoq to‘qimalar jarohatlarida samaradorligini baholash. Eksperiment oq sichqonlarda (n=32) sonning yaralanishlari modeli bilan o‘tkazildi. Nazorat guruhi standart gemostatik usullarni (tasma qo‘yish, marly tampon) ishlatdi, tajriba guruhida esa 4% gelni elastik bandaj bilan birga qo‘llandi. Gel 17 daqiqada to‘liq gemostazni ta‘minladi, qon yo‘qotish 0,8 ml (nazorat - 1,2 ml), qoldiq gematoma kamaydi (600 mgga nisbatan 350 mg) va to‘qimalarda minimal imbibiya (+ nisbatan +++). Morfologik ravishda o‘rtacha yallig‘lanish, faollashgan fibroblast proliferatsiyasi va neovaskulyarizatsiya kuzatildi, nekroz yo‘q. Qon ko‘rsatkichlari fiziologik darajaga yaqin bo‘ldi. Gel yuqori gemostatik samaradorlikni namoyon qiladi, to‘qimalar shikastlanishini kamaytiradi va tez tiklanishga yordam beradi, favqulodda va harbiy tibbiyot uchun istiqbolli.

Kalit so‘zlar: gemostaz, yumshoq to‘qima jarohatlari, jel, eksperimental jarrohlik, qon ketishi.

EVALUATION OF THE HEMOSTATIC EFFECTIVENESS OF A NEW GEL SUBSTANCE IN SOFT TISSUE WOUNDS IN AN EXPERIMENT

Nazirov F.G.¹, Babadzhanov A.Kh.², Rasulov U.A.³

¹Republican Specialized Center of Surgery named after Academician V.V. Vakhidov, Tashkent, Uzbekistan.

²“National Medical Center,” Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan.

³Military Medical Institute of the University of Military Security and Defense of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan.

For situation: © Nazirov F.G., Babadzhanov A.Kh., Rasulov U.A.

EVALUATION OF THE HEMOSTATIC EFFECTIVENESS OF A NEW GEL SUBSTANCE IN SOFT TISSUE WOUNDS IN AN EXPERIMENT.

JCPM.-2025.P.1.№1-A

Received: 20.01.2025

Revised: 01.02.2025

Accepted: 05.03.2025

Annotation: The study aimed to evaluate the hemostatic efficacy of a novel gel in soft tissue injuries. Experiments were conducted on adult white rats (n=32) with modeled lacerations of the thigh. The control group used standard hemostatic methods (tourniquet, gauze), while the experimental group applied 4% hemostatic gel with elastic bandaging. The gel achieved complete hemostasis in 17 min with 0.8 ml blood loss (control - 1.2 ml), reduced residual hematoma (350 mg vs. 600 mg), and minimal tissue imbibition (+ vs. +++). Morphologically, moderate inflammation, active fibroblast proliferation, and neovascularization were observed without necrosis. Blood parameters remained closer to physiological levels. The gel demonstrates high hemostatic efficiency, minimizes tissue damage, and promotes rapid healing; it is promising for emergency and military medicine.

Keywords: hemostasis, soft tissue injury, gel, experimental surgery, bleeding.

Введение. В условиях современной геополитической нестабильности, характеризующейся увеличением частоты техногенных катастроф, природных катаклизмов, военных конфликтов и террористических актов, вопросы гемостаза и профилактики раневой инфекции приобретают первостепенное значение. Для обеспечения оперативного реагирования на травматические повреждения и минимизации летальности среди военнослужащих необходимо внедрение передовых технологий в области кровоостанавливающих средств, фармакологических препаратов, многофункциональных перевязочных материалов и герметичных окклюзионных повязок, интегрированных в состав индивидуальных медицинских комплектов [1-6].

В условиях мирного времени обеспечение готовности медицинских учреждений к чрезвычайным ситуациям, обусловленным техногенными катастрофами, природными катаклизмами или террористическими актами, сохраняет свою актуальность как первоочередная задача. В рамках данной проблематики для медицины катастроф и военной медицины стратегически значимым направлением является разработка и внедрение инновационных методов и технологий, направленных на обеспечение экстренной помощи при ранениях и травмах, возникающих в экстремальных условиях. Особое внимание акцентируется на создании и совершенствовании гемостатических средств, обладающих высокой эффективностью и способностью быстро и надежно останавливать кровотечения, что является критически важным в условиях дефицита времени и ресурсов.

Цель исследования: Оценка гемостатической эффективности новой гелевой субстанции при ранениях мягких тканей в эксперименте.

Материалы и методы исследования: Экспериментальные исследования выполнены в отделе экспериментальной хирургии ГУ РСНПМЦХ имени акад. В.Вахидова с 2022-2023 гг. Эксперименты проводились в соответствии с установленными требованиями по гуманному отношению к экспериментальным животным. Эксперименты выполнены на половозрелых беспородных белых крысах весом от 210-280 гр в нескольких сериях экспериментов (таблица 1).

Таблица 1. Количество экспериментальных животных и сроки обследования.

№	Группы животных	0 ч	2 ч	4 ч	6 ч	Всего
1	Контроль	4	4	4	4	16
2	Опыт	4	4	4	4	16
	Всего	8	8	8	8	32

В 1 серии контрольных исследований – изучены результаты при повреждении крупных сосудов задней конечности крыс и остановки кровотечения с использованием жгута и марлевого тампона на рану. Жгут накладывался на 2 – 4 часа, а затем снимался. 2 серия контрольных исследований – изучены результаты остановки кровотечения с использованием гемостатического геля и эластического бинтования без пережатия магистральных сосудов.

После введения животных в вводный наркоз путем помещения их под колокол с парами изофлюрана фиксировались на манипуляционном столике в положении лежа на спине с фиксированными конечностями. Для снижения времени тромбообразования в хвостовую вену вводили до 0,5 мл гемикона. Для формирования рваной раны в области правого бедра по внутренней поверхности рассекали кожу с формированием раны звездчатой формы с зиянием дна.

С использованием остроконечных ножниц рассекали фасции, крупные сосуды нижней конечности с развитием интенсивного артериально-венозного пульсирующего кровотечения. В зависимости от задач гемостаз осуществляли различными способами. Остановку кровотечения осуществляли согласно задачам эксперимента (наложение жгута, эластическое бинтование, применение гемостатических средств). Наблюдение велось за животными в течение 6 часов. Жгут с области ранения снимали через 2-4 часа. Тампон в ране оставляли до 6 часов.

Цифровое фото документирование с использованием цифровой камеры с разрешением не менее 20 Мпк. Для оценки степени кровопотери проводили измерение гемостатических марлевых шариков для количественной оценки степени кровопотери. Для оценки изменений в системе гомеостаза проводили исследование общих анализов крови и гемограммы каждые 2 часа после травмы. Для оценки степени морфологически изменений в ране, конечностях и почках проводили забор биологического материала каждые 2 часа после ранения. Степень ишемии тканей конечности оценивали путем пульсоксиметрии пораженной конечности.

Все биоматериалы, полученные в ходе эксперимента, фиксировались в 10% забуференном формалине для гистопатологического исследования. Парафиновые срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Светооптические микрофотографии получали с помощью микроскопа "DN-300M", сопряженного с цифровой камерой и компьютером. Все микрофотографии подвергались обработке и сохранению на компьютере с использованием программного обеспечения Microsoft «Windows 10 Pro».

Для систематизации информации по различным критериям (время остановки кровотечения, частота осложнений, эффективность обучения и т. д.) использовались табличный метод представления данных: результаты представлены в виде таблиц с разделением на экспериментальные и контрольные группы.

Для анализа распределения частот событий (например, доля случаев применения гемостатических средств или успешной остановки кровотечения) использовались частотный анализ – вычисление долей (процентов) в каждой группе и сравнение пропорций – для сопоставления долей между группами. Для проверки гипотез о статистически зна-

чимых различиях между группами применялись критерий χ^2 (хи-квадрат) использовался для анализа категориальных данных. Для анализа количественных данных (время остановки кровотечения, объем кровопотери) использовались: Параметрические методы: сравнение средних значений при наличии нормального распределения данных; Непараметрические методы: использовались при анализе данных с асимметричным распределением.

Результаты исследования и их обсуждения. Результаты тампонады раны при повреждении мягких тканей нижней конечности с повреждением крупных сосудов. В этой серии экспериментов апробирована возможность тампонирования раны и осуществления дозированной компрессии для достижения временного гемостаза при ранениях мягких тканей. Методика эксперимента не отличалась от предыдущей, а остановка кровотечения осуществлялась путем тампонирования дна раны марлевым шариком путем прикладывания груза весом 50 г (усилие в 5кПа) (рис. 1).



А
Рис. 1. А) Обильное кровотечение из раны нижней конечности, прижатие раны пальцем с остановкой кровотечения.
Б) Подведение марлевого шарика для тампонады раны.

После повреждения крупных сосудов в области бедра у крысы и начала пульсирующего кровотечения тугой марлевый шарик прикладывался к дну раны и осуществлялась компрессия с использованием стандартного грузика (рис. 2). Объем кровопотери составил до 1,8 мл, при этом гемостаз осуществлялся лишь после потери крови в объеме до 1,0 мл и выше. Давление грузика было достаточным для гемостаза, однако если животное начинало просыпаться и двигать ногами, то кровотечение возобновлялось. Жгут накладывали на область прикрепленного шарика с усилием 5кПа с ушиванием кожной раны. Общая кровопотеря составила до 1,8 мл, время гемостаза составило 15-20 минут.

Через 2 часа после наложения повязки конечность со стороны операции прохладная на ощупь и разница температуры составляет 2оС. После удаления шарика кровотечение возобновилось у 2 крыс (рис. 3-4).

Кровотечение остановлено путем повторного тампонирования. Через 1 час тампон удален, кровотечение не возобновилось. В сроки к 6 часам наблюдения в живых оказалось 2 особи. При раскрытии кожной раны имело место пропитывание кровью и ослизнение шарика, гематомы в мягких тканях и подкожной клетчатке. В соответствии с планом эксперимента выполнены анализы крови и забор биоптатов тканей для гистологических исследований. Вес пропитанного кровью шарика составил 1560 мг.

В то же времягель из производных целлюлозы не обладает способностью мгновенного растворения в присутствии крови в связи с чем он может выполнять функцию герметизации раны при эластическом бинтовании раны. Для гемостаза из поврежденных тканей конечности использовано до 1 мл геля. Шарик марлевый использовался в стандартном размере 1х1 см.

В отличие от предыдущих опытов после повреждения крупных сосудов конечности и наступления интенсивного струйного кровотечения нами не производилось предварительное пережатие сосуди-стого пучка конечности. Марлевый шарик с нанесенным на него гелем прикладывался на кровоточащую рану и прижимался с давлением 5кПа в течение 15 минут. Далее давление прекращали. В момент прекращения давления возобновления кровотечения не наблюдали, шарик оставался практически сухим. Кожную рану ушивали редкими узловыми швами поверх оставленного марлевого шарика. Далее конечность иммобилизовали путем приведения ее к туловищу и бинтования с усилием на более 5 кПа.

Наблюдение в течение 2 часов после травмы и формирования повязки рецидива кровотечения не было выявлено. Нога приведена в исходное положение чрез 2 часа после фиксации. При осмотре раны признаков продолжающегося кровотечения не выявлено. Нижняя конечность теплая разницы в температуре нет. Через 6 часов все животные живы. После снятия кожной раны удален шарик, который умеренно промок кровью, его вес составил 1050 мг. Вес сухого шарика с гемостатиком составил 850 мг. Окружающие ткани и подкожная клетчатки без гематом и пропитывания кровью. Проведены необходимые анализы и забор биологического материала соответственно установленному плану. В этой группе животных летальных исходов не было. Время достижения полного гемостаза составило 17 минут. Объем кровопотери составил 0,5 мл. Не было признаков ишемии конечности. Не наблюдалась имбибиция кровью окружающих тканей.

Макроскопически: в области раневого дефекта после применения гемостатического геля наблюдается минимальная имбибиция тканей кровью, гематомы отсутствуют. Поверхность раны закрыта засохшей гемостатической массой, ткани вокруг поврежденного участка сохраняют нормальный цвет и структуру. Не наблюдается признаков ишемии или некроза.

Микроскопически: гистологическое исследование

повреждения выявило умеренное воспаление в зоне повреждения с преимущественной инфильтрацией лимфоцитами и макрофагами. Количество нейтрофилов минимально, что свидетельствует о снижении остроты воспалительной реакции. Проплиферация фибробластов выражена, что указывает на активное восстановление тканей. В месте нанесения геля визуализируются участки фиброзного экссудата, а также начальные признаки формирования грануляционной ткани. Мышечные волокна сохраняют целостность, небольшие участки коагуляционного некроза ограничены от здоровой ткани начальной фиброзной оболочкой. Сосудистая сеть в зоне повреждения расширена, наблюдаются признаки активного неоангиогенеза.

В контрольной группе кровопотеря была значительно выше: 1,2 мл, что сопровождалось образованием остаточной гематомы массой 600 мг и выраженной имбибицией тканей (+++). Время достижения гемостаза составило 15 минут, однако наблюдались выраженные признаки ишемии конечности (от ++ до ++++), что указывает на негативное влияние методов, применявшихся в контрольной группе. В группе, где тестировался гемостатический гель, показатели были значительно лучше. В опытной группе объем кровопотери составил 0,8 мл, остаточная гематома уменьшилась до 350 мг, а степень имбибиции тканей сократилась до минимального уровня (+). Время гемостаза составило 17 минут, при этом ишемия конечности отсутствовала (табл. 2).

Таблица 2.

Эффективность гемостаза в группах исследования.

№	Группы	Кровопотеря (мл)	Остаточная гематома	Имбибиция	Время гемостаза	Ишемия конеч-ти
1	Контроль	1,2	600 мг	+++	15 мин	++++
2	Опыт	0,8	350	+	17 мин	-

В контрольной группе исходные значения эритроцитов и гемоглобина составляли $7,8 \times 10^{12}/л$ и 135 г/л соответственно, что соответствует нормальным физиологическим показателям у лабораторных крыс. Однако через два часа после начала эксперимента из-за продолжающегося кровотечения отмечалось снижение этих параметров: уровень эритроцитов уменьшился до $6,0 \times 10^{12}/л$, а гемоглобина – до 110 г/л. К 6 часам показатели снизились еще более существенно: эритроциты – до $5,0 \times 10^{12}/л$, гемоглобин – до 83 г/л. Такие изменения свидетельствуют о значительных потерях крови.

Кроме того, в контрольной группе наблюдалось повышение уровня лейкоцитов (до $16 \times 10^9/\text{л}$) и увеличение доли палочкоядерных нейтрофилов (до 6-7%), что указывает на острый воспалительный процесс, вызванный повреждением тканей и гипоксией. В опытной группе показатели крови были относительно лучше. Уровень эритроцитов снизился незначительно: с исходных $8,0 \times 10^{12}/\text{л}$ до $6,4 \times 10^{12}/\text{л}$, а гемоглобин – с 138 г/л до 114 г/л к 6 часам. Это подтверждает эффективность новых технологий в минимизации кровопотери. Лейкоцитарная реакция в этих группах была умеренной ($10 \times 10^9/\text{л}$), а доля палочкоядерных нейтрофилов не превышала 3%, что свидетельствует о низкой степени воспаления за счет меньшей травматизации тканей (табл. 3).

Таблица 3

Динамика лабораторных показателей.

№	Группы	Исходно Эр/Нв	2 часа Эр/Нв	4 часа Эр/Нв	6 часов Эр/Нв	6 часов Л, 10 ⁹ /л	6 часов П/я
1	Контроль	7,8/135	6,0/110	5,5/104	5,0/83	16	6
2	Опыт	8,0/138	7,2/122	6,5/118	6,4/114	10	3

Выводы. Таким образом, проведенные исследования подтвердили перспективность использования гемостатического геля в форме индивидуального перевязочного пакета или в виде непосредственного нанесения с тампонадой раны для оказания экстренной медицинской помощи при кровотечениях. Эти инновационные средства обладают высокой эффективностью, минимизируют повреждения тканей и создают благоприятные условия для заживления, что делает их особенно актуальными для применения в условиях медицины катастроф и военной медицины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ataev, A. R., Ataeva, L. A., Ataev, E. A., Kallaev, N. O., Magaramov, A. M., & Mirzoev, N. E. (2022). Комплексное лечение раневой инфекции при огнестрельных ранениях и ее объективные критерии эффективности. *Практическая медицина*, 20(4), 7–12. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2022-4-7-12>
2. Ivankov, M. P., Kislenko, A. M., & Mishina, L. V. (2018, November 26–28). Опыт применения современных раневых покрытий с ферментами в лечении минно-взрывных и огнестрельных ранений: достоинства и недостатки. In *4-й Международный конгресс «Раны и раневые инфекции» с конференцией «Проблемы анестезии и интенсивной терапии раневых инфекций»* (pp. 169–170). Moscow, Russia.
3. Mazurenko, O. V., Roshchin, G. G., & Voloshin, V. O. (2014). Тактическая медицина как основной элемент экстренной медицинской помощи при проведении антитеррористических операций. *Медицина неотложных состояний*, (8), 96–99.
4. Nunziato, C. A., Riley, C. J., & Johnson, A. E. (2021). How common are civilian blast injuries in the National Trauma Databank, and what are the most common mechanisms and characteristics of associated injuries? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 479(4), 683–691. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001642>
5. Ovcharuk, I. S., Tverezovsky, M. V., Minasov, R. V., & Gordienko, S. Yu. (2015). Тактическая медицина. Алгоритм домедицинской помощи во время боевых действий. *Актуальные проблемы транспортной медицины*, (3), 50–52.
6. Roshchin, G. G. (2021). Тактична медицина. *Health of Society*, 10(6), 239–243. <https://doi.org/10.22141/2306-2436.10.6.2021.282>

Информация об авторах:

© НАЗИРОВ Ф.Г. – д.м.н., профессор, Академик АН РУз, советник директора ГУ “Республиканского специализированного центра хирургии имени академика В.В.Вахидова”, г. Ташкент, Узбекистан.

© БАБАДЖАНОВ А.Х. – д.м.н., профессор, «Национальный медицинский центр» Министерство Здравоохранения Республики Узбекистан. г. Ташкент, Узбекистан.

© РАСУЛОВ У.А. – PhD, полковник медицинской службы, Начальник Военно-медицинского института Университета военной безопасности и обороны Республики Узбекистан. г. Ташкент, Узбекистан.

Muallif haqida ma'lumot:

© NAZIROV F.G. – t.f.d., professor, O'zbekiston Fanlar akademiyasi akademigi, Akademik V.V. Vaxidov nomidagi Respublika ixtisoslashtirilgan jarrohlik markazi davlat muassasasi direktori maslahatchisi, Toshkent shahri, O'zbekiston.

© BABADJANOV A.X. – t.f.d., professor, O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi "Milliy tibbiyot markazi", Toshkent sh., O'zbekiston.

© RASULOV U.A. – PhD, tibbiy xizmat polkovnigi, O'zbekiston Respublikasi Harbiy xavfsizlik va mudofaa universiteti Harbiy-tibbiy instituti boshlig'i

Information about the authors:

© NAZIROV F.G. – DSc, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Advisor to the Director of the State Institution "Republican Specialized Center of Surgery named after Academician V.V. Vakhidov", Tashkent, Uzbekistan.

© BABADJANOV A.Kh. – DSc., Professor, "National Medical Center", Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, Uzbekistan.

© RASULOV U.A. – PhD, Colonel of the Medical Service, Head of the Military Medical Institute of the University of Military Security and Defense of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, Uzbekistan..