

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ МАЗЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ АГ/ТАГА И ХИТОЗАН-ГЕЛЯ НА ЛЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАН РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Попова Т.В.¹, Толстикова Т.Г.², Летягин А.Ю.¹, Жукова Н.А.², Бгатова Н.П.¹,
Рачковская Л.Н.¹, Котлярова А.А.¹, Бурмистров В.А.

¹ Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии (НИИКЭЛ), г. Новосибирск

² Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова (НИОХ) СО РАН, г. Новосибирск

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – оценка регенерирующей активности двухкомпонентной пасты на основе серебросодержащего тонкодисперсного сорбента и геля хитозана.

Материал и методы. Для исследования была взята новая оригинальная субстанция, состоящая из двух компонентов: тонкодисперсного серебросодержащего сорбента и геля хитозана в соотношении 1:1. Взятый для исследования новый сорбционный агент представляет собой кремнийсодержащий термоактивированный гидроксид алюминия, модифицированный серебросодержащим компонентом. Эксперимент проводили на 48 крысах-самках породы Вистар на моделях: скальпированная рана (отсечение участка кожи размером 30–40 мм² на депилированной боковой поверхности) и химический ожог (нанесение 1–2 капель 70%-й серной кислоты на боковую депилированную поверхность тела). Регенерирующую активность оценивали по уменьшению площади раневой поверхности, фиксируя динамику рубцевания с использованием гистологических методов (на парафиновых срезах толщиной 4 мкм, окрашенных гематоксилином и эозином, и на полутонких срезах, окрашенных толуидиновым синим).

Результаты. Разработанная композиция (паста) на основе тонкодисперсного серебросодержащего сорбента и геля хитозана ускорила (на 3 сут) процесс репаративной регенерации ткани на модели химического ожога, способствовала формированию в коже структур по типу гранулем, но без признаков перифокального воспаления. На модели скальпированных ран мазевая композиция не стимулировала скорость регенерации.

Заключение. Разработанная субстанция (паста) эффективна в первой фазе раневого процесса, что показано на скальпированных и ожоговых ранах, поскольку гидрофильная основа обладала большой сорбционной емкостью. Использованный в чистом виде сорбционный компонент в виде сухого порошка оказывал травмирующее действие на раневые поверхности, однако этот факт негативного влияния был нивелирован в композиционном средстве соединением гидрофильной мазевой основы с гелем хитозана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: регенерация, раны, химический ожог, серебросодержащие сорбенты.

Введение

Проблема лечения раневых поверхностей была и остается актуальной. В частности, высыхание раны, как и локальное применение лекарственных средств может оказывать повреждающее действие на процесс заживления. Несмотря на разработку новых методов лечения (лазеро-, магнитотерапия, управляемая антибактериальная среда, гипербарическая оксигенация и др.), использование мазевых

повязок продолжает оставаться основным методом лечения ран благодаря доступности, простоте применения и экономической целесообразности [1–3].

На первой стадии раневого процесса основными задачами терапии являются: подавление инфекции, нормализация местного гомеостаза, удаление некротических тканей, адсорбция токсического раневого отделяемого, купирование болевого синдрома [4]. Поэтому мазевая основа должна сочетать свойства гидрофильной гиперосмолярной полимерной основы (полиэтиленоксид, проксанол),

✉ Попова Татьяна Викторовна, argentum.popova@mail.ru

должна поглощать экссудат, обеспечивать хорошее растекание по раневой поверхности, ее смачивание и проникновение в раневые полости [5].

В качестве аппликационного средства перспективно использование сорбционных препаратов (углеродные, минеральные сорбенты) [6, 7], имеющих достаточно высокую сорбционную поверхность, а также возможность работы в режиме сорбции – десорбции при их модификации биологически активными веществами. Является доказанным факт эффективности применения сорбентов в условиях раневого процесса, однако необходимо углубленное изучение регенерирующей активности самого средства и влияние препарата на формирование структуры рубца.

В связи с этим целью исследования стала оценка регенерирующей активности двухкомпонентной пасты на основе серебросодержащего тонкодисперсного сорбента и геля хитозана [8–11]. Для оценки действия препарата также исследовались его составляющие по отдельности в виде групп сравнения.

Материал и методы

Для исследования была взята новая оригинальная субстанция, состоящая из двух компонентов: тонкодисперсного серебросодержащего сорбента (Ag/ТАГА) и геля хитозана в соотношении 1:1. Исходный сорбент представляет собой термоактивированный гидроксид алюминия (ТАГА) с нанесенным на его поверхность кремнийорганическим полимером – полиметилсилоксаном. Серебросодержащий сорбент (Ag/ТАГА) был разработан в ФБГНУ «НИИКЭЛ» совместно с ООО «Вектор-Вита» (г. Новосибирск). Сорбент получали путем физической адсорбции препарата серебра «Арговит-С» на поверхность ТАГА. Источником серебра был раствор препарата «Арговит-С», представляющий собой водную дисперсию 20%-го поливинилпирролидона медицинского (поливидона) (молекулярная масса 8000 ± 2000) и 1%-го серебра азотнокислого с размером частиц серебра 2–5 нм, разрешенного к использованию внутрь в качестве биологически активной добавки (разработка ООО «Вектор-Вита»). Имеются данные, подтверждающие эффективность препарата «Арговит-С» при лечении поверхностных ран [12].

Исследования регенерирующей активности двухкомпонентной пасты выполняли на базе лаборатории фармакологических исследований отдела медицинской химии ФГБУН «НИОХ» СО РАН (г. Новосибирск). Эксперимент проводили на 48 крысах-самках породы Вистар массой (200 ± 2) г с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директиве Европейского сообщества (86/609/ЕС). Использовались две модели: 1) скальпированные раны (отсечение участка кожи размером 30–40 мм² на депилированной боковой поверхности) [13]; 2) хи-

мический ожог (нанесение 1–2 каплей 70%-й серной кислоты на боковую депилированную поверхность тела) [14].

В рамках каждой модели было сформировано по четыре группы крыс, каждая из шести особей: I группа – контроль (без лечения); II группа – лечение гелем хитозана, III группа – лечение пастой (Ag/ТАГА и гелем хитозана в соотношении 1:1); IV группа – лечение сорбентом Ag/ТАГА в виде сухого порошка (присыпки). Контуры раневой поверхности срисовывали на стерильную прозрачную пленку (скальпированные раны: 1-е, 8-е сут; химический ожог: 1-е сут, 8-е, 15-е сут) до момента появления первого сформированного рубца в каждой группе. После чего ежедневно отмечали динамику рубцевания (скальпированные раны: 12-е–14-е сут; химический ожог: 13-е–26-е сут). Общая продолжительность эксперимента 26 сут.

Площадь раневой поверхности определяли по формуле: $S = \pi \times A \times B$, где $\pi = 3,1415$; A – значение большой полуоси; B – длина малой полуоси. Статистическую оценку данных проводили с использованием программ Excel 2013 и Statistica 8.0, сравнение групп проводили с помощью непараметрических методов анализа по двустороннему критерию Манна – Уитни.

Животных выводили из эксперимента (на 26-е сут) передозировкой ингаляционного наркоза и забирали для морфологического исследования полоску кожи в области сформированного рубца, которую подвергали стандартной обработке по общепринятой методике [15] на гистологическом комплексе «MICROM» с последующей заливкой в парафиновые и эпоксидные блоки. Парафиновые срезы толщиной 4 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, а полутонкие срезы – толуидиновым синим.

Результаты

Динамика заживления скальпированных и ожоговых раневых поверхностей

На основании данных, полученных на модели «скальпированные раны», показано, что на динамику заживления (уменьшение площади раневой поверхности) и рубцевания изучаемая композиция Ag/ТАГА и хитозан-геля статистически значимых различий не оказывала (табл. 1, рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Влияние мазевой композиции на динамику заживления скальпированных ран		
Группа	S до лечения, мм ²	S на 8-е сут, мм ²
I	31,2 ± 1,6	4,0 ± 0,5
II	28,0 ± 1,6	3,2 ± 0,5
III	26,5 ± 2,6	3,4 ± 0,5
IV	34,8 ± 1,6	6,4 ± 1,4

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: S – площадь раневой поверхности, n = 6 в каждой группе.

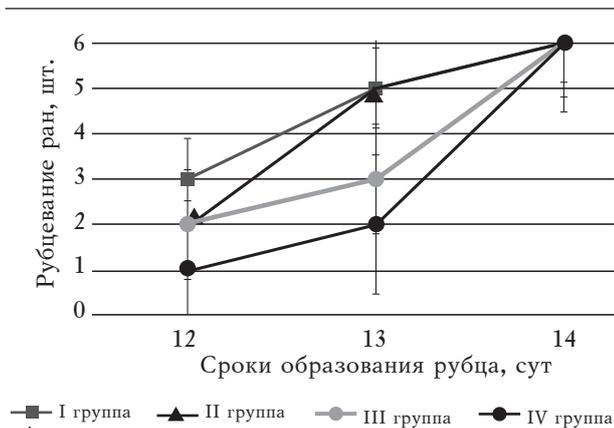


Рис. 1. Влияние мазевой композиции на динамику рубцевания скальпированных ран

Представленные показатели отражают одинаковые скорость заживления и продолжительность рубцевания у групп с лечением (гель хитозана, Ag/ТАГА и гель хитозана, Ag/ТАГА в виде сухого порошка) и контроля (без лечения). На 8-е сут доля заживления в среднем по каждой группе составила 13,85% от начала эксперимента. К 12-м сут в каждой группе отмечалось начало рубцевания. Динамика рубцевания (количество животных в группе со сформированным рубцом на месте раны) была несколько лучше при наличии геля хитозана.

Данные, полученные на модели ожоговых ран (табл. 2, рис. 2), имели статистически значимые различия по скорости заживления между группами: контроль (I группа) – лечение гелем хитозана (II группа), а также контроль (I группа) – лечение пастой (III группа).

Таблица 2

Влияние мазевой композиции на динамику заживления ожоговых ран, вызванных концентрированной серной кислотой			
Группа	S до лечения, мм ²	S на 8-е сут, мм ²	S на 15-е сут, мм ²
I	60 ± 7,9	32,9 ± 7,6	19,1 ± 4,4
II	52,2 ± 5,2	10,7 ± 2,4*	рубцевание
III	62,4 ± 8,5	17,1 ± 2,1*	13,1 ± 2,9
IV	63,1 ± 8,2	13,7 ± 2,4	рубцевание

* $p < 0,05$ по сравнению с контролем.

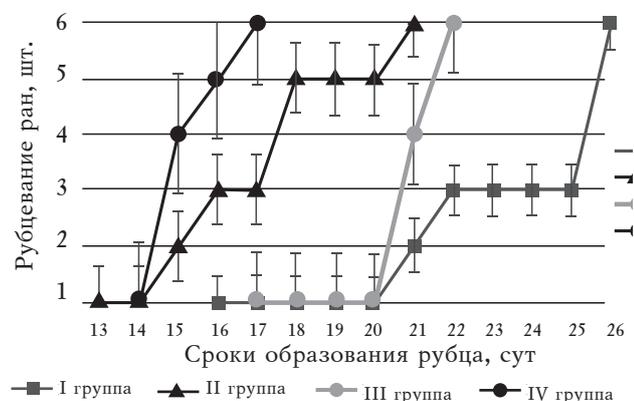


Рис. 2. Влияние мазевой композиции на динамику рубцевания ожоговых ран, вызванных концентрированной серной кислотой

К 8-м сут у групп II, III, IV доля заживления составила 20,5%, 27,4, 21,7% относительно начала эксперимента; а в контроле – 54,8%. Однако к 15-м сут в группах I (без лечения) и III (лечение пастой) продолжался процесс заживления, тогда как в группах II (лечение гелем хитозана) и IV (лечение сорбентом Ag/ТАГА в виде сухого порошка) еще к 13-м и 14-м сут (соответственно) были отмечены полностью сформированные рубцы. Гистологические различия в состоянии постранных рубцов представлены в табл. 3.

Обсуждение

Применение разработанной субстанции (паста) дало положительный эффект в первой фазе раневого процесса на обеих моделях (скальпированные и ожоговые раны), поскольку гидрофильная основа обладала большой сорбционной емкостью. Это согласуется с данными, что сорбционные препараты эффективны как аппликационные средства.

Разработанная композиция (паста) на основе тонкодисперсного серебросодержащего сорбента и геля хитозана ускорила (на 3 сут) процесс репаративной регенерации кожи на модели химического ожога, способствовала формированию гранул по типу гранулем, но без признаков перифокального воспаления. На модели скальпированных ран мазевая композиция не способствовала значительному повышению скорости регенерации.

У всех животных (скальпированные и ожоговые раны) раны находились в фазе регенерации рубца и эпителизации. Эпителизация во всех группах была полной. Наиболее полно выражены процессы регенерации как на модели скальпированных, так и ожоговых ран в группах животных, получавших сорбент Ag/ТАГА в виде сухого порошка (IV группа) и пасты (III группа).

Травмирующее действие сорбента Ag/ТАГА в виде порошка на открытые раневые поверхности (что влияет на формирование структуры рубца) было нивелировано за счет соединения сорбционного компонента и гидрофильной мазевой основы. Однако применявшийся на обеих моделях твердый сорбционный агент (как компонент пасты и как присыпка в чистом виде) в виде инкапсулированных гранул гистологически выявлялся в сформированном рубце, что может быть устранено коррекцией его гранулометрического состава.

Заключение

Разработанная субстанция (паста) эффективна в первой фазе раневого процесса, что показано на скальпированных и ожоговых ранах, поскольку гидрофильная основа обладала большой сорбционной емкостью. Использованный в чистом виде сорбционный компонент в виде сухого порошка оказывал травмирующее действие на раневые поверхности, однако этот факт негативного влияния был нивелирован в композиционном средстве соединением гидрофильной мазевой основы с гелем хитозана.

Т а б л и ц а 3

Результаты гистологического исследования скальпированных и ожоговых постраневых поверхностей на 26-е сут эксперимента								
Группа	Структура рубца	Эпителизация	Сосуды рубца	Отечность	Придатки кожи		Клеточная инфильтрация	Гранулемы
					Сальные и потовые железы	Волосные фолликулы		
Скальпированные раны								
I	Плотная волокнистая соединительная ткань; толстый рубец на всю толщину дермы	Полная эпителизация	Сосуды мелкого калибра, преимущественно капилляры	Незначительный отек	Отсутствуют	Отсутствуют	Лейкоцитарные периваскулярные муфты, преимущественно из лимфоцитов (рис. 3)	Отсутствуют
II	Нежно-волокнистая соединительная ткань; тонкий рубец	Полная эпителизация	Увеличенное содержание капилляров по сравнению с группой I	Периваскулярный отек	Отсутствуют	Единичные зачатки	Не выявлено	Гранулемы с единичными гигантскими многоядерными клетками в глубоких слоях дермы
III	Плотная оформленная соединительная ткань; тонкий рубец	Полная эпителизация	Меньшее содержание капилляров по сравнению с группой II	Нет	Зачатки желез и фолликулов – перифокально по всей толщине рубца	Нет	Не выявлено	Гранулемы, окруженные тонкой капсулой в субэпителиальном слое
IV	Плотная волокнистая соединительная ткань; тонкий рубец	Полная эпителизация	Повышенное содержание капилляров по сравнению с группами II, III	Нет	Единичные зачатки	Вновь сформированные	Единичные гигантские клетки инородных тел по периферии гранулем	В толще дермы – гранулематозные образования с гранулами сорбента в виде кристаллов различной формы, ограниченные тонкой фиброзной капсулой (рис. 4)
Ожоговые раны (под воздействием 70%-й серной кислоты)								
I	Плотная волокнистая соединительная ткань; более широкий рубец на всю толщину дермы (по сравнению со скальпированными ранами)	Полная эпителизация	Сосуды мелкого калибра, преимущественно капилляры	Незначительный отек	Отсутствуют	Отсутствуют	Большое количество фибробластов и тучных клеток, преимущественно из лимфоцитов	Отсутствуют
II	Нежно-волокнистая соединительная ткань; более тонкий рубец по сравнению с контролем (рис. 5)	Полная эпителизация	Содержание капилляров увеличено по сравнению с I группой	Умеренно выраженный отек рубцовой ткани	Отсутствуют	Единичные в поверхностных слоях рубцовой ткани	Диффузная лейкоцитарная и умеренная лимфоцитарная инфильтрация, единичные гигантские многоядерные клетки по периферии гранулем	Гранулемы, ограниченные тонкой фиброзной капсулой
III	Более плотная соединительная ткань, чем у II группы; но тонкий рубец	Полная эпителизация	Повышенное содержание капилляров по сравнению с группой II	Умеренный отек	Вновь сформированные	Вновь сформированные	Диффузная лимфоцитарная инфильтрация	Гранулемы, ограниченные тонкой фиброзной капсулой (рис. 6)
IV	Плотная волокнистая соединительная ткань, более структурированная (по сравнению с другими группами); тонкий рубец	Полная эпителизация	Незначительное поражение сосудов	Нет	Отсутствуют	Вновь сформированные	Гигантские клетки инородных тел по периферии гранулем; скопления тучных клеток	Формирующиеся гранулемы с гранулами сорбента в виде кристаллов различной формы и величины

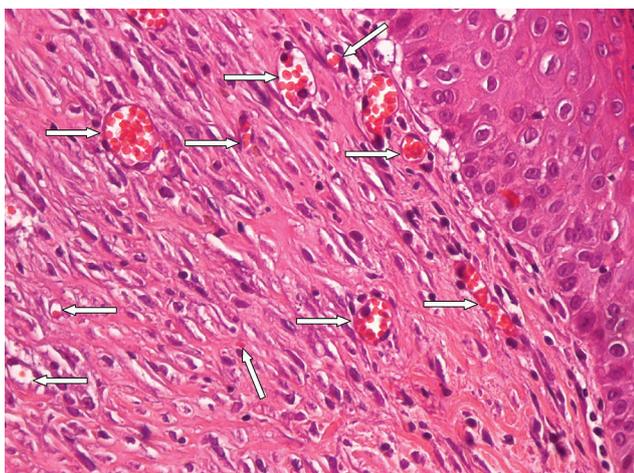


Рис. 3. Кожа контрольного животного (I группа). Скальпированная рана на 14-е сут от начала эксперимента. Новообразованные сосуды и незначительный отек в рубцовой ткани. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 400

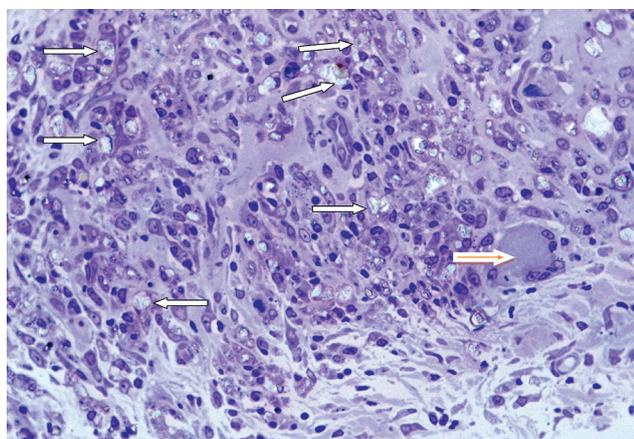


Рис. 4. Кожа животного после лечения сорбентом Ag/ТАГА в виде сухого порошка (IV группа). Скальпированная рана (полутонкий срез) на 14-е сут. Центральная часть гранулемы с кристаллами сорбента различной величины. По периферии гранулемы – гигантские клетки инородных тел. Окраска толуидиновым синим. Ув. 400

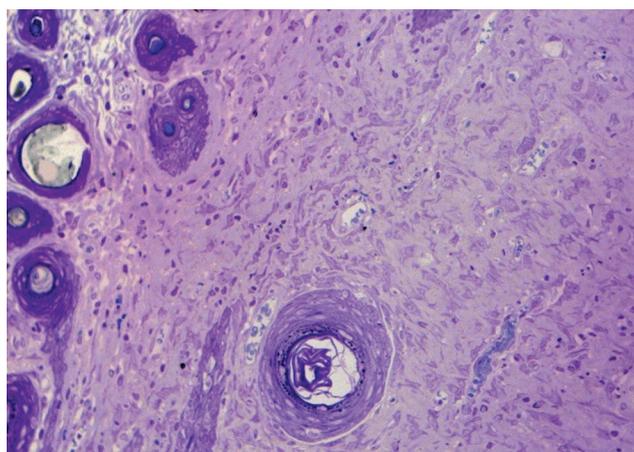


Рис. 5. Кожа животного с ожоговой раной на 20-е сут после начала лечения гелем хитозана (II группа). В рубцовой ткани многочисленные капилляры, фибробласты. Нежно-волокнистая соединительная ткань. Придатки кожи наблюдаются перифокально. Полутонкий срез. Окраска толуидиновым синим. Ув. 400.

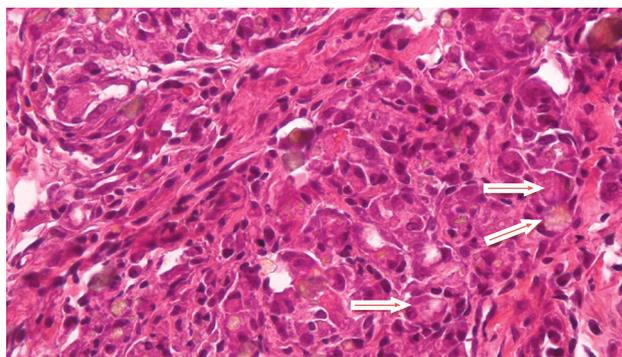


Рис. 6. Кожа животного с ожоговой раной на 21-е сут после начала лечения пастой (III группа). Гигантские клетки инородных тел в грануле. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 400.

Конфликт интересов

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

Литература

1. Шаблин Д.В., Павленко С.Г., Евглевский А.А., Бондаренко П.П., Хуранов А.А. Современные раневые покрытия в местном лечении ран различного генеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 12–2. С. 361–365.
2. Миханов В.А., Полякова В.С., Абземелева Р.А., Шурыгина Е.И. Заживление глубоких скальпированных ран кожи под действием метаболитов культуры *Vacillus subtilis* 804 // Медицинский вестник Башкортостана. 2013. Т. 8, № 1. С. 82–85.
3. Абаев Ю.К. Справочник хирурга. Раны и раневая инфекция. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 427 с.
4. Бородин Ю.И., Труфакин В.А., Любарский М.С. и др. Сорбционно-лимфатический дренаж в гнойно-септической хирургии. Бишкек, Новосибирск: ИЛИМ, 1996. 345 с.
5. Фисталь Э.Я., Козинец Г.П., Самойленко Г.Е. и др. Комбустиология. Донецк, 2005. 315 с.
6. Nikolaev V.G., Samsonov V.A. Analysis of medical use of carbon adsorbents in China and additional possibilities in this field achieved in Ukraine // Artif. Cells Nanomed Biotechnol. 2014. Feb. V. 42, № 1. P. 1–5. doi:10.3109/21691401.2013.856017.
7. Chakravarty R., Dash A. Role of nanoporous materials in radiochemical separations for biomedical applications // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2013. Apr. V. 13. P. 2431–2450 (20). doi: http://dx.doi.org/10.1166/jnn.2013.7349.
8. Tianlu Zh., Liming W., Qiang Ch., Chunying Ch. Cytotoxic Potential of Silver Nanoparticles / Yonsei Med J. 2014 Mar. V. 55, № 2 P. 283–291.
9. Bowler Ph.G., MPhil, Welsby S., Towers V. In Vitro Antimicrobial Efficacy of a Silver-Containing Wound Dressing Against Mycobacteria Associated with Atypical Skin Ulcers // WOUNDS. 2013. Aug. V. 25, № 8. P. 225–230.
10. Said J., Dodoo C.C., Walker M., Parsons D., Stapleton P., Beezer A.E., Gaisford S. An in vitro test of the efficacy of silver-containing wound dressings against

- Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa in simulated wound fluid // International J. of Pharm. 2014. Feb. V. 462, № 1. P. 123–128. doi: 10.1016/j.ijpharm.
11. Wu Ch.-S., Hsu Yi.Ch. Liao Hs.-Tz., Cai Yu.X. Antibacterial activity and *in vitro* evaluation of the biocompatibility of chitosan-based polysaccharide / polyester membranes // Carb. Pol. 2015. Dec. V. 134, № 10. P. 438–447. doi:10.1016/j.carbpol.2015.08.021.
 12. Блажитко А.И., Полякевич А.С., Бромбин А.И., Полякевич А.С., Лазарев М.М. Применение генератора ионов металлического серебра в медицинской практике // Применение препаратов серебра в медицине / под ред. Блажитко Е.М. Новосибирск: ЗАО «Вектор-Бест», 2002. С. 20–25.
 13. Методические рекомендации по экспериментальному (доклиническому) изучению лекарственных препаратов для местного лечения гнойных ран. Москва, 1989. 45 с.
 14. Моделирование комбинированных радиационно-ожоговых поражений. Методические рекомендации // Методические рекомендации МЗ СССР. Обнинск, 1980. 20 с.
 15. Бгатова Н.П., Уметалиева А.Б. Комплексное лечение ожоговых ран // Вестник КРСУ. 2007. Т. 11, № 7. С. 57–60.

Поступила в редакцию 05.10.2015 г.

Утверждена к печати 21.12.15 г.

Попова Татьяна Викторовна (✉) – аспирант лаборатории лимфорегуляции НИИКЭЛ (г. Новосибирск).

Толстикова Татьяна Генриховна – д-р. биол. наук, профессор, зав. лабораторией фармакологических исследований НИОХ (г. Новосибирск).

Летыгин Андрей Юрьевич – д-р мед. наук, профессор, вед. науч. сотрудник лаборатории лимфорегуляции НИИКЭЛ (г. Новосибирск).

Жукова Наталья Анатольевна – д-р мед. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории фармакологических исследований НИОХ (г. Новосибирск).

Бгатова Наталия Петровна – д-р. биол. наук, профессор, зав. лабораторией ультраструктурных исследований НИИКЭЛ (г. Новосибирск).

Рачковская Любовь Никифоровна – канд. хим. наук, зав. лабораторией лимфорегуляции НИИКЭЛ (г. Новосибирск).

Котлярова Анастасия Анатольевна – аспирант лаборатории лимфорегуляции НИИКЭЛ (г. Новосибирск).

Бурмистров Василий Александрович – канд. хим. наук, лаборатория лимфорегуляции НИИКЭЛ (г. Новосибирск)

✉ Попова Татьяна Викторовна, argentum.popova@mail.ru

НИИКЭЛ, 630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2; НИОХ, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 9

EFFECT OF NOVEL OINTMENT COMPOSITION AG/TAGA: CHITOSAN-GEL ON HEALING OF EXPERIMENTAL WOUNDS WITH DIFFERENT ORIGINS

Popova T.V.¹, Tolstikova T.G.², Letyagin A.Yu.¹, Zhukova N.A.², Bgatova N.P.¹, Rachkovskaya L.N.¹, Kotlyrova A.A.¹, Burmistrov V.A.¹

¹ Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation

² N.N. Vorozhtsov Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

The purpose of the study – evaluation of the regenerating activity of two-component paste, consisting of silver containing finely particulate sorbent: chitosan gel.

Material and methodologies. For the study we used novel excipient, consisting of two components: silver containing finely particulate sorbent: chitosan gel in ratio one-to-one. Novel sorbent agent, taken for study, consists of thermally activated silica containing aluminum hydroxide in the form of its modification silver. Experiment was conducted on 48 Wistar models in case of scalp (degloving) wound (abscission of skin area 30–40 mm² in size on depilated side surface) and chemical burn (applying 1–2 drops of 70% sulfuric acid on the depilated surface side).

Regenerating activity was evaluated based on morphometry area of the wound surface, fixing the rate of scarring. Evaluation was made histologically on 4th - micrometers paraffin sections, stained with hematoxylin and eosin, and semithin sections, stained with toluidine blue.

The results of study. Composition (paste) developed from silver containing finely particulate sorbent: chitosan gel sped up (for 3 days) the process of reparative regeneration of tissue on the model of chemical burns, helped to structuring formations in skin by the type of granuloma, at the same time there were no signs of perifocal inflammation. In case of scalp wound ointment composition wasn't conducive to raising the rate of regeneration.

Conclusion. Developed excipient (paste) is effective at the first phase of wound healing process, which was showed on scalped and burn wounds, as hydrophilic base had a large sorption capacity. Traumatic effect of dry sorbent powder (powder) on the surface of the wound was offset by connecting the sorption component and a hydrophilic ointment base.

KEY WORDS: regeneration, wounds, chemical burns, silver-containing sorbents.

Bulletin of Siberian Medicine, 2016, vol. 15, no. 1, pp. 47–54

References

1. Shablin D.V., Pavlenko S.G., Evglevskij A.A., Bondarenko P.P., Huranov A.A. *Sovremennye ranevye pokrytiya v mestnom lechenii ran razlichnogo geneza* [Modern wound dressings in local treatment of wounds of various genesis] *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. vol. 12, no. 2. pp. 361–365 (in Russian).
2. Mihanov V.A., Polyakova V.S., Abzemeleva R.A., Shurygina E.I. *Zazhivlenie glubokih skal' pirovannyh ran kozbi pod dejstviem metabolitov kul'tury Bacillus subtilis 804* [The healing of deep wounds scalped skin under the influence of metabolites of culture Bacillus subtilis 804]. *Medicinskij vestnik Bashkortostana*, 2013. vol. 8. no. 1. pp. 82–85 (in Russian).
3. Abaev Yu.K. *Spravochnik hirurga. Rany i ranevaya infekciya*. [Wounds and wound infection.]. Rostov-na-Donu, 2006. 427 p. (in Russian)
4. Borodin Yu.I., Trufakin V.A., Lyubarskij M.S., Letyagin A.Yu., Gabitov V.H., Akramov Eh.H., Vasil'eva O.I. *Sorbcionno - limfaticeskij drenazh v gnojno-septicheskoj birurgii*. [Sorption - lymphatic drainage to septic surgery]. Bishkek, Novosibirsk, 1996. 345 p.
5. Fistal' N.N., Kozinec G.P., Samojlenko G.E. et al. *Kombustologiya* [Combustiology]. Doneck, 2005. 315 p. (in Russian)
6. Nikolaev V.G., Samsonov V.A. Analysis of medical use of carbon adsorbents in China and additional possibilities in this field achieved in Ukraine // *Artif Cells Nanomed Biotechnol*. 2014. Feb. V. 42, № 1. P. 1–5 (in Russian). doi: 10.3109/21691401.2013.856017.
7. Chakravarty R., Dash A. Role of nanoporous materials in radiochemical separations for biomedical applications // *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2013. Apr. V. 13 P. 2431–2450 (in Russian). doi: <http://dx.doi.org/10.1166/jnn.2013.7349>
8. Tianlu Zh., Liming W., Qiang Ch., Chunying Ch. Cytotoxic Potential of Silver Nanoparticles / *Yonsei Med. J*. 2014 Mar. V. 55, № 2. P. 283–291 (in Russian).
9. Bowler Ph.G., Mphil, Welsby S., Towers V. In Vitro Antimicrobial Efficacy of a Silver-Containing Wound Dressing Against Mycobacteria Associated with Atypical Skin Ulcers // *WOUNDS*. 2013. Aug. V. 25, № 8. P. 225–230 (in Russian).
10. Said J., Dodoo C.C., Walker M., Parsons D., Stapleton P., Beezer A.E., Gaisford S. An *in vitro* test of the efficacy of silver-containing wound dressings against Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa in simulated wound fluid // *International J. of Pharm*. 2014. Feb. V.462, № 1. P. 123–128. doi: 10.1016/j.ijpharm.
11. Wu Ch.-S., Hsu Yi-Ch., Liao Hs.-Tz., Cai Yu.-X. Antibacterial activity and *in vitro* evaluation of the biocompatibility of chitosan-based polysaccharide/polyester membranes // *Carb. Pol*. 2015. Dec. V.134, №10. P. 438–447. doi:10.1016/j.carbpol.2015.08.021
12. Blagitko L.I., Polyakevich A.S., Brombin A.I., Polyakevich A.S., Lazarev M.M. *Primenenie generatora ionov metallichesko serebra v medicinskoj praktike* [The use of silver metal ion generator in medical practice]. *Primenenie preparatov serebra v medicine. Po materialam nauchno – prakticheskoj konferencii «Novye khimicheskie sistemy i protsessy v medicine»* [The use of silver preparations in medicine. According to the materials of scientific - practical conference “New chemical systems and processes in medicine”]. Novosibirsk, 2002, pp. 20–25.
13. *Metodicheskie rekomendacii po ehksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu lekarstvennyh preparatov dlya mestnogo lecheniya gnojnyh ran* [Guidelines on experimental (preclinical) study of drugs for local treatment of purulent wounds] pod red. B.M. Datcenko, S.V. Biriukova, T.I. Tamm, D.N. Kushaeva. Moskva, 1989. 45 p.
14. *Modelirovanie kombinirovannyh radiacionno-ozhogovyh porazhenij. Metodicheskie rekomendacii* [Modelling of combined radiation-thermal injuries. Guidelines]. Metodicheskie rekomendacii MZ SSSR. Obninsk, 1980. 20 p.
15. Bgatova N.P., Umetalieva A.B. *Kompleksnoe lechenie ozhogovyh ran* [Comprehensive treatment of burn wounds]. *Vestnik KRSU*. 2007, vol, 11. no. 7, pp. 57–60 (in Russian).

Popova Tatyana V. (✉), Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

Tolstikova Tatyana G., N.N. Vorozhtsov Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russian Federation.

Letyagin Andrey Yu., Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

Zhukova Natalia A., N.N. Vorozhtsov Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russian Federation.

Bgatova Natalia P., Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

Rachkovskaya Lubov N., Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

Kotlyrova Anastas A., Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

Burmistrov Vasiliy A., Scientific Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Novosibirsk, Russian Federation.

✉ **Popova Tatyana V.**, argentum.popova@mail.ru.