

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАНЕВЫХ ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

МИКЛИС Н.И.¹, АЛЕКСЕЕВ И.С.², ДОРОШЕНКО И.А.²

¹Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Республика Беларусь

²Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2017. – Том 16, №4. – С. 89-96.

THE EFFICIENCY OF THE WOUND ELECTROFORMED NONWOVEN MATERIALS ON THE BASIS OF POLYVINYL SPIRIT

MIKLIS N.I.¹, ALEKSEYEV I.S.², DOROSHENKO I.A.²

¹Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

²Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2017;16(4):89-96.

Резюме.

Целью работы было определение антимикробной активности и растворимости электроформованных нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта. Испытуемые образцы получены электроформованием 9%-ного водного раствора полимера с технологическими добавками и действующими веществами.

Результаты исследования показали, что опытные образцы нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с добавлением тилозина тартрата со сшивающим агентом и без обработки, с добавлением хлоргексидина биглюконата со сшивающим агентом и без обработки обладают наибольшей антимикробной активностью с зонами ингибирования музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, *B. cereus* ATCC 27853 от 1,66 мм до 9,66 мм.

Опытные образцы нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидина биглюконатом, тилозина тартратом и прополисом растворимым становились полупрозрачными и уменьшаются в размерах при растворении их во взвеси микроорганизмов, что свидетельствует об их относительной растворимости.

Наибольшие зоны ингибирования музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231 от 7,6 до 10,6 мм отмечены у образцов перевязочных материалов с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе поливинилового спирта с тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами. Остальные образцы с хлоргексидином, прополисом и тилозина тартратом также подавляли рост тест-культур микроорганизмов в зонах от 5,3 до 9,6 мм.

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что электроформованные нетканые материалы на основе поливинилового спирта обладают антимикробной активностью и относительной растворимостью и могут быть изучены в дальнейших испытаниях для применения их в качестве перевязочного материала или «раневых поверхностей».

Ключевые слова: перевязочный материал, нетканые материалы, наноразмерные волокна, электроформование, поливиниловый спирт, эффективность.

Abstract.

The purpose of this work was to determine the antimicrobial activity and solubility of the electroformed nonwoven materials from nanodimensional fibers on the basis of polyvinyl spirit. The experimental samples were received by the electroformation of 9 % water solution of polymer with technological additives and active substances.

It has been established that experimental models of nonwoven materials from

nanodimensional fibers on the basis of polyvinyl spirit with addition of tylosin tartratum with the crosslinking agent and without processing, with chlorhexidine bigluconate with the crosslinking agent and without processing possess the greatest antimicrobial activity with inhibition zones of museum test cultures of microorganisms *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, *B. cereus* ATCC 27853 from 1,66 mm to 9,66 mm.

The experimental models of nonwoven materials from nanodimensional fibers on the basis of polyvinyl spirit with chlorhexidine bigluconate, tylosin tartratum and soluble propolis became semitransparent and decreased in sizes on their dissolution in the suspension of microorganisms that testifies to their relative solubility.

The greatest zones of inhibition of museum test cultures of microorganisms *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231 from 7,6 to 10,6 mm were noted in samples of dressing materials with the nonwoven covering from polymeric nanofibers on the basis of polyvinyl spirit with tylosin tartratum and dycarboxilic acids. Other samples with chlorhexidine, propolis and tylosin tartratum also suppressed the growth of test cultures of microorganisms in the zones from 5,3 to 9,6 mm.

The results of the conducted research allow to conclude, that the wound electroformed nonwoven materials on the basis of polyvinyl spirit possess the antimicrobial activity and relative solubility and can be studied in the further tests for their application as dressing materials or «wound surfaces».

Key words: dressing material, nonwoven materials, nanodimensional fibers, electroformation, polyvinyl spirit, efficiency.

Современная медицина постоянно развивается и ищет новые методы лечения. Однако проблема заживления и лечения инфицированных и неинфицированных ран, ожоговых поверхностей, трофических и других язв, пролежней, послеоперационных швов и рубцов остается актуальной на сегодняшний день. Одним из методов лечения указанных состояний является повязки для защиты раневой поверхности от окружающей среды и местного применения лекарственных препаратов либо использование перевязочного материала с лечебным действием.

Перевязочный материал используется для наложения повязок с целью защиты раны и обожженной поверхности от вторичного инфицирования, осушения раны и операционного поля, тампонады ран с целью остановки кровотечения и дренирования, при перевязках и операциях. Также перевязочный материал может оказывать противомикробное, гемостатическое, иммуностимулирующее, регенерирующее, обезболивающее воздействие на раневой процесс, удалять из раны продукты распада тканей и токсины [1].

Перевязочный материал для повязок представлен достаточно широко, начиная с традиционных перевязочных средств, таких как бинты, вата и заканчивая современными, такими как Sorbalgon, Hydrosorb [2]. Для изготовления перевязочного материала используют вязкозные, хлопчатобумажные и синтетические ткани, ленты, полотна, нити и другие покрытия [3]. Также в качестве повязок используют нетканые синтетические материалы, целлюлозные повязки с

гидрофобной микросеткой, комбинированные сорбционные повязки на основе целлюлозного материала, повязки на основе карбоксиметилцеллюлозы, вискозы, окисленной целлюлозы, поливинилхлорида, полиамидов, полистирола, силиконового или натурального каучука, полиуретана, полиэтилена, полипропилена, силикона [2]. Используемый перевязочный материал должен быть эластичным, прочным, гигроскопичным, антиадгезивным, воздухопроницаемым и проницаемым для патологического субстрата, непроницаемым для микроорганизмов, стерильным, экономичным, удобным в использовании и для стерилизации, не должен содержать аллергических и токсических компонентов, создавать оптимальную микросреду для заживления ран и ускорять сроки заживления [1].

Однако существующий перевязочный материал обладает некоторыми недостатками, что ограничивает его применение, а именно: низкие сорбционные свойства, низкая гигроскопичность, низкая влагоемкость, малая эластичность и прочность, адгезия к ране и высокая стоимость.

В последнее время активно разрабатываются и исследуются нетканые материалы из поливинилспиртовых волокон, активированные перекисью водорода, дихлоризоциануратом натрия, ионами серебра, окисленные целлюлозные и вискозные волокна, фторлоновые соединения, хлопчатобумажные перевязочные материалы, различные губки и пленки. В состав раневых покрытий входят антисептические средства (мирамистин, диоксидин, хлоргексидин) – «Асеплен-Д» и

«Асеплен-К», йод – «Асерлен-И», нитрофураны – «Колетекс», антибиотики, сульфаниламиды [2].

Новыми и эффективными полифункциональными «раневыми покрытиями» являются нановолокнистые композиционные материалы из поливинилспиртовых волокон (ПВС), поливинилпирролидона, полиакриловой кислоты, а также полимерных материалов на основе метакриловой, акриловой, фумаровой кислот и других полимеров, полученных методом электроформования [4, 5]. Механические свойства нановолокон, такие как прочность на разрыв, на изгиб и на сжатие, предел прочности, модули упругости возрастают при уменьшении диаметра волокон и достигают теоретического предела при достижении наноуровня [6]. Применение поливинилпирролидона и полиакриловой кислоты наиболее предпочтительно для создания полифункциональных композиционных материалов на основе поливинилового спирта [4].

Производство нетканых волокнистых материалов из биосовместимых и биodeградируемых полимеров открывает широкие перспективы для их использования в качестве раневых покрытий и перевязочных средств. Обычно используется стандартный процесс получения волокон, включающий три стадии: перевод формируемого материала в вязко-текучее состояние, формование волокон и их отверждение [7].

Для получения полимерных наноразмерных волокон была собрана экспериментальная установка и проведен ряд исследований. Процесс формования организован следующим образом: электрическое напряжение 25 кВ прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается через капилляр диаметром 0,8 мм. Высокое напряжение заряжает раствор полимера одноименным электрическим полем, которое в результате электростатического взаимодействия приводит к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. Полимерная струя в процессе электростатического вытягивания претерпевает ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи. Полученные струи отверждаются за счёт испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, находящейся на расстоянии 150 мм от капилляра и имеющей противоположное значение электрического потенциала [8].

Выявлено, что стабильное волокнообразование происходит при 8-9% содержании по-

лимера с 15% бактерицидных добавок в сухом веществе, в случае применения нерастворимых добавок (рифампицин) верхняя граница диапазона расширяется до 10% [8].

При разработке биodeградируемых материалов на основе поливинилового спирта в результате экспериментальных исследований установлено, что оптимальной является температура 130°C, при которой достигается необходимое набухание, влияющее на скорость растворения изделия и активность выделения действующих веществ из структуры материала, и сшивка образцов. Достаточным количеством сшивающего агента, дикарбоновой кислоты, является включение 0,5% [9].

Однако на сегодняшний день недостаточно изучена эффективность электроформованных нетканых материалов на основе поливинилового спирта для применения их в качестве перевязочного материала или «раневых поверхностей».

Цель – определить антимикробную активность и растворимость электроформованных нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта.

Материал и методы

Образцы нетканого материала из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта получали электроформованием 9%-ного водного раствора полимера с технологическими добавками и действующими веществами. Часть образцов с добавленным сшивающим агентом дополнительно термообработывали при 130°C для его активации.

Испытания проводили в научной лаборатории кафедры общей гигиены и экологии УО «Витебский государственный медицинский университет» объемом 50 м куб. при закрытых окнах и двери, наличии аэрации. В 1 и 2 группах опытов исследовали опытные образцы наноразмерных волокон на основе ПВС без добавок, без обработки, контрольный (№1), опытные образцы ПВС без добавок, со сшивающим агентом (СА) (№2), опытные образцы с хлоргексидина биглюконатом без обработки (№3), опытные образцы с хлоргексидина биглюконатом + СА (№4), опытные образцы с тилозина тартратом без обработки (№5), опытные образцы с тилозина тартратом + СА (№6), опытные образцы с прополисом без обработки + СА (№7), опытные образцы с медом без обработки + СА (№8), опытные образцы с

прополисом растворимым без обработки (№9) и опытные образцы с прополисом слаборастворимым + СА (№10).

В 1 группе опытов определяли антимикробную активность образцов нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе ПВС. В качестве тест-культур использовали стандартные музейные штаммы микроорганизмов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, *B. cereus* ATCC 27853 стандартизованные до 10^5 КОЕ/см³. Стандартные образцы тест-культур микроорганизмов готовили в стерильном боксе кафедры клинической микробиологии УО «Витебский государственный медицинский университет».

Эксперимент проводили 3 раза, на чашку Петри с питательной средой (среда для контроля стерильности, среда Сабуро) вносили взвесь 10^5 колониеобразующих единиц суточной культуры тест-микроорганизмов (1-2 мл). На засеянный агар накладывали испытуемые образцы площадью 25 мм² и после суточной инкубации в термостате при $t=37^\circ\text{C}$ измеряли диаметры зон ингибирования роста микроорганизмов. При отсутствии зоны задержки роста считали, что антимикробная активность отсутствует [10, 11].

Во 2 группе опытов испытывали растворимость образцов нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе ПВС. В качестве растворителя использовали взвесь стандартных тест-культур микроорганизмов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, стандартизованных до 10^5 КОЕ/см³, поскольку они обладают высокой ферментативной активностью, похожей на активность клинических штаммов микроорганизмов. В пенициллиновые флакончики вносили взвесь 10^5 колониеобразующих единиц суточной культуры тест-микроорганизмов (5 мл). Затем во флаконы с взвесью микроорганизмов вносили нетканые материалы из наноразмерных волокон ПВС площадью 25 мм². Результаты учитывали через 24 ч, 3, 7, 14, 30 суток визуально по прозрачности образцов и уменьшению их площади.

В 3 группе опытов определяли антимикробную активность опытных образцов перевязочных материалов с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе ПВС с хлоргексидином (Х), прополисом (П), тилозина тартратом №1 (ТТ-1), тилозина тартратом №2 (ТТ-2) и с

тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами (ТТ+ДК). Бинт марлевый служил контрольным материалом.

На рабочем столе на чашку Петри с питательной средой вносили взвесь 10^5 колониеобразующих единиц суточной культуры стандартных тест-микроорганизмов (1-2 мл) *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231. На засеянный агар накладывали опытные и контрольный материалы диаметром 7 мм и после суточной инкубации в термостате при $t=37^\circ\text{C}$ измеряли диаметры зон ингибирования роста микроорганизмов. При отсутствии зоны задержки роста считали, что антимикробная активность отсутствует [10, 11]. Эксперимент повторяли 3 раза.

Статистическая обработка данных реализована на персональном компьютере с помощью пакета статистических и графических программ MS Excel.

Результаты

Результаты исследования 1 группы опытов показали, что наибольшие зоны подавления тест-культуры *E. coli* представлены у образцов с тилозина тартратом без обработки и со сшивающим агентом. Так, зона подавления тест-культуры образцами хлоргексидина биглюконат без обработки была на 2,6 мм достоверно меньше, чем у образцов с тилозина тартратом без обработки ($p<0,01$), а у образцов хлоргексидина биглюконата + СА и образцов тилозина тартрата + СА больших различий не наблюдалось ($p>0,05$) (табл. 1).

Также не наблюдалось достоверной разницы ($p>0,05$) в зонах подавления *S. aureus* образцами №№ 3, 4, 5 и 6 от 5 до 5,66 мм (табл. 1).

При исследовании образцов на подавление тест-культуры *P. aeruginosa* различия между нановолокнами с хлоргексидина биглюконатом без обработки и нановолокнами тилозина тартрата без обработки достоверны в 95 случаях ($p<0,05$) и 99 случаях между волокнами хлоргексидина биглюконата + СА и тилозина тартрата + СА ($p<0,001$) (табл. 1).

Разница зон подавления тест-культуры *C. albicans* у образцов с тилозина тартратом без обработки достоверно меньше на 1,44 мм, чем у образцов тилозина тартрата + СА ($p<0,05$), а у образцов с хлоргексидина биглюконатом больших различий не наблюдалось ($p>0,05$) (табл. 1).

Образцы №№ 5 и 6 в отношении *B. subtilis*

Таблица 1 – Среднее значение зон подавления роста (мм) стандартных тест-культур микроорганизмов

Опытные образцы	Штаммы микроорганизмов					
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i>
1	+	+	+	+	+	+
2	0,8±0,16	0,66±0,16	+	0,8±0,16	+	+
3	3,7±0,3	5,3±0,88	2,1±0,2	4,3±0,3	3,3±0,3	1,66±0,66
4	4,7±0,3	5,3±0,3	2,3±0,3	5±0,57	4,66±0,3	2,3±0,3
5	6,3±0,3	5±0,57	4±0,57	3,66±0,3	7±1	3,3±0,3
6	6,3±0,88	5,66±0,3	5,66±0,3	5,1±0,2	9,66±2,66	5,66±0,3
7	+	+	+	+	+	+
8	1±0,05	1,3±0,3	1±0,05	+	+	1,06±0,08
9	1±0,05	1±0,05	1,06±0,08	1,06±0,08	0,9±0,08	0,9±0,08
10	+	+	+	+	+	+

Примечание: + – отмечен рост микроорганизмов.

показали достоверно большие зоны подавления, чем образцы №№ 3 и 4 на 3,7 и 5 мм соответственно ($p<0,05$) (табл. 1).

Зона подавления тест-культуры *B. cereus* образцами хлоргексидина биглюконата + СА была на 3,36 мм достоверно меньше, чем у образцов тилозина тартрата + СА ($p<0,001$), а у образцов с хлоргексидина биглюконатом без обработки и тилозина тартратом без обработки с разницей в 1,64 мм больших различий не наблюдалось ($p>0,05$) (табл. 1).

Зоны подавления роста микроорганизмов в пределах 1 мм отмечались у образцов с медом без обработки и прополисом растворимым без обработки. При исследовании опытных образцов с прополисом без обработки и образцов с прополисом слаборастворимым наблюдался рост микроорганизмов. Также зона задержки роста отсутствовала у контрольных образцов ПВС без добавок, без обработки и образцов ПВС без добавок со сшивающим агентом (табл. 1).

Во 2 группе опытов через 24 ч менее заметными во взвеси микроорганизмов стали образцы №№ 2, 4, 5 и 9. Прозрачность и площадь образцов не изменились. Остальные образцы остались в первоначальном виде.

Через 3 суток образец №9 стал полупрозрачным и по площади уменьшился на 10%. Прозрачность образцов №№ 4 и 5 не изменилась. Площадь образцов №№ 4 и 5 уменьшилась на 5%. Образец № 3 стал полупрозрачным и уменьшился по площади на 5%. Остальные образцы остались в первоначальном виде.

Через 7 суток состояние образцов №9 оста-

лось на уровне результатов на 3 сутки. Образцы №№ 3, 4 и 5 стали полупрозрачными, их площадь уменьшилась на 10 %. Остальные образцы остались в первоначальном виде. Через 14 суток образцы №№ 2, 3, 4, 5 и 9 стали полупрозрачными и по площади уменьшились на 10%. Образец №7 стал полупрозрачным и уменьшился по площади на 5%. Образцы №№ 6 и 10 остались в первоначальном виде.

Через 30 суток испытаний образцы №№3, 4, 5 и 9 остались полупрозрачными и по площади уменьшились на 10% по сравнению с результатами на 14 суток. Образец №7 остался полупрозрачным и уменьшился по площади на 5%. Образцы №№ 6 и 10 остались в первоначальном виде.

Таким образом, через 7 суток испытаний наибольшую растворимость в суспензиях стандартных тест-культур микроорганизмов показали опытные образцы с хлоргексидина биглюконатом без обработки и со сшивающим агентом и образцы с тилозина тартратом без обработки. Через 14 суток таких же результатов достигли опытные образцы с прополисом растворимым без обработки.

Результаты 3 группы опытов показали, что зоны подавления роста *E. coli* у опытных образцов с тилозина тартратом-2 были на 1,7 мм, прополиса – на 2 мм, тилозина тартратом с дикарбоновыми кислотами – на 3 мм больше, чем у образцов с нанопокрывом хлоргексидина и тилозина тартратом-1 (табл. 2). Достоверность различий в 99 случаях наблюдалась между образцами с тилозина тартратом с дикарбоновыми кислотами и хлоргексидином и тилозина тартра-

Таблица 2 – Среднее значение зон подавления роста (мм) стандартных микроорганизмов

Опытные образцы	Штаммы микроорганизмов			
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>
Х	5,3±0,33	7±0,66	5,3±0,9	9,3±0,66
П	7,3±0,66	6±0,57	5,3±0,88	9±0,57
ТТ-1	5,3±0,33	9,3±0,66	5,3±0,3	8,3±0,8
ТТ-2	7±0,57	9,6±1,2	7±0,57	8,3±0,3
ТТ+ДК	8,3±0,33	10,6±1,2	8,3±0,3	7,6±0,3

том-2, в остальных случаях разница недостоверна ($p>0,05$).

Опытные образцы материалов с хлоргексидином подавляли рост тест-культур *S. aureus* на 1 мм, тилозина тартратом-1 – на 3,3 мм, тилозина тартратом-2 – на 3,6 мм, тилозина тартратом с дикарбоновыми кислотами – на 4,6 мм больше, чем опытные образцы с прополисом (табл. 2). Достоверность различий в 95 случаях отмечена у образцов с тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами и образцов с прополисом, в остальных случаях достоверных различий не выявлено ($p>0,05$).

Зоны подавления роста тест-культур *P. aeruginosa* у образцов с тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами были достоверно больше на 3 мм, чем у образцов с хлоргексидином, прополисом и тилозина тартратом-1 ($p<0,05$), и на 1,7 мм больше, чем у образцов с тилозина тартратом-2 с недостоверной разницей ($p>0,05$) (табл. 2).

В отношении стандартных тест-культур *C. albicans* все исследуемые образцы также показали подавление роста от 7,6 до 9,3 мм. Так, образцы материалов с тилозина тартратом-1 и тилозина тартратом-2 подавляли рост микроорганизмов на 0,7 мм, прополисом – на 1,4 мм, хлоргексидином – на 1,7 мм больше, чем образцы с тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами (табл. 2). Разница во всех случаях оказалась недостоверной ($p>0,05$).

В контроле при использовании обычных тканей (марлевого бинта) наблюдался рост всех исследуемых микроорганизмов, зон ингибирования не отмечалось.

Обсуждение

Исследования показали, что наибольшие зоны ингибирования роста музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923,

P. aeruginosa ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, *B. cereus* ATCC 27853 от 5,1 до 9,66 мм показал образец нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с добавлением тилозина тартрата со сшивающим агентом. Опытный образец с добавлением тилозина тартрата без обработки также показал достаточный уровень антимикробной активности с зонами подавления роста от 3,66 до 7 мм. Образцы с добавлением хлоргексидина биглюконата со сшивающим агентом и без обработки подавляли рост всех стандартных тест-культур от 2,3 до 5,3 мм и от 1,66 до 5,3 мм соответственно.

Опытные образцы нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с добавлением прополиса растворимого без обработки показали небольшую антимикробную активность с зонами ингибирования микроорганизмов в пределах 1 мм.

При экспериментальных исследованиях растворимости во взвеси микроорганизмов прозрачность и площадь образцов изменялись постепенно. Через неделю испытаний относительную растворимость показали образцы с добавлением хлоргексидина биглюконата со сшивающим агентом и без обработки и образцы с добавлением тилозина тартрата без обработки. Через 14 суток таких же результатов достигли опытные образцы с добавлением прополиса растворимого без обработки. Таким образом, через месяц испытаний образцы нетканых материалов из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидина биглюконатом со сшивающим агентом и без обработки и образцы с тилозина тартратом без обработки стали полупрозрачными и по площади уменьшились на 35%, образец с добавлением прополиса растворимого без обработки уменьшился на 30%.

Перевязочные материалы с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе

поливинилового спирта обладают также достаточной антимикробной активностью в отношении всех исследуемых музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231. Наибольшие зоны ингибирования от 7,6 до 10,6 мм отмечены у образцов с тилозина тартратом и дикарбоновыми кислотами. Остальные образцы перевязочных материалов с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидином, прополисом и тилозина тартратом также подавляли рост тест-культур микроорганизмов в зонах от 5,3 до 9,6 мм.

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что нетканые материалы из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта и перевязочные материалы с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе поливинилового спирта обладают антимикробной активностью и относительной растворимостью и могут быть изучены в дальнейших испытаниях для применения их в качестве перевязочного материала или «раневых поверхностей».

Заключение

1. Нетканые материалы из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидина биглюконатом и тилозина тартратом обладают высокой антимикробной активностью, на что указывают зоны ингибирования роста музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231, *B. subtilis*, *B. cereus* ATCC 27853 в среднем 4,7 мм.

2. Нетканые материалы из наноразмерных волокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидина биглюконатом, тилозина тартратом и прополисом растворимым становятся полупрозрачными и уменьшаются в размерах при растворении их во взвеси микроорганизмов, что свидетельствует об их относительной растворимости.

3. Перевязочные материалы с нетканым покрытием из полимерных нановолокон на основе поливинилового спирта с хлоргексидином, прополисом и тилозина тартратом ингибируют рост музейных штаммов *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *C. albicans* ATCC 10231 в среднем с зоной 7,5 мм,

что указывает на их высокую антимикробную активность.

4. Изученные электроформованные нетканые материалы на основе поливинилового спирта можно рекомендовать для проведения дальнейших испытаний с целью их применения в качестве перевязочного материала или «раневых поверхностей».

Литература

1. Понятие перевязочного материала и перевязочных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://znaytovar.ru/s/Ponyatie_perevyazochnogo_material.html. – Дата доступа: 10.04.2017.
2. Беликов, Л. Н. Повязки и современные перевязочные материалы в медицинской практике [Электронный ресурс] / Л. Н. Беликов // Хирургические болезни и травмы в общей врачебной практике : учеб. пособие. – Режим доступа: http://vmede.org/sait/?id=Anatomija_topograficheskaja_sukov_xir_bol_2008&menu=Anatomija_topograficheskaja_sukov_xir_bol_2008&page=10. – Дата доступа: 12.04.2017.
3. Сушков, С. А. Курс лекций по общей хирургии : учеб. пособие. Ч. 1 / С. А. Сушков, В. В. Становенко, Л. А. Фролов. – Витебск : ВГМУ, 2002. – 268 с.
4. Влияние составов растворов полимеров и технологии получения образцов на растворимость нетканых материалов / И. С. Алексеев [и др.] // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 116–122.
5. Burger, C. Nanofibrous materials and their applications / C. Burger, B. S. Hsiao, B. Chu // Annu. Rev. Mater. Res. – 2006 Aug. – Vol. 336. – P. 333–368.
6. Determination of mechanical properties of carbon nanotubes and vertically aligned carbon nanotube forests using nanoindentation / H. J. Qi [et al.] // J. Mech. Phys. Solids. – 2003 Nov-Dec. – Vol. 51, N 11/12. – P. 2213–2237.
7. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Ю. Н. Филатов; под ред. В. Н. Кириченко. – М. : Нефть и газ, 1997. – 297 с.
8. Алексеев, И. С. Синтез нити с бактерицидными свойствами из полимерных наноразмерных волокон / И. С. Алексеев, С. Г. Степин, И. А. Дорошенко // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 2. – С. 78–81.
9. Дорошенко, И. А. Влияние сшивающих агентов на набухание поливинилового спирта в воде / И. А. Дорошенко, И. С. Алексеев // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 2. – С. 136–140.
10. Адарченко, А. А. Методика определения чувствительности-устойчивости бактерий к антисептическим средствам : метод. рекомендации / А. А. Адарченко, А. П. Красильников, О. П. Собещук. – Минск, 1989. – 20 с.
11. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам : (метод. указания МУК 4.2.1890-04) / Н. А. Семина [и др.]. – Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. – 2004. – Т. 6, № 4. – С. 306–359.

Поступила 22.05.2017 г.

Принята в печать 04.08.2017 г.

References

1. Concept of a dressing material and dressing-room agents [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://znaytovar.ru/s/Ponyatie_perevyazochnogo_material.html. Data dostupa: 10.04.2017. (In Russ.)
2. Belikov LN. Bandages and modern dressing materials in medical practice [Elektronnyi resurs]. V: Khirurgicheskie bolezni i travmy v obshchei vrachebnoi praktike: ucheb posobie. Rezhim dostupa: http://vmede.org/sait/?id=Anatomija_topograficheskaja_sukov_xir_bol_2008&menu=Anatomija_topograficheskaja_sukov_xir_bol_2008&page=10. Data dostupa: 12.04.2017. (In Russ.)
3. Sushkov SA, Stanovenko VV, Frolov LA. Course of lectures on the general surgery: ucheb posobie Ch 1. Vitebsk, RB: VGMU; 2002. 268 p. (In Russ.)
4. Alekseev IS, Doroshenko IA, Klimenkov SS, Stepin SG. Influence of compositions of solutions of polymers and technology of receiving samples on solubility of nonwoven fabrics. Vestn Viteb Gos Tekhnol Un-ta. 2015;(1):116-22. (In Russ.)
5. Burger C, Hsiao BS, Chu B. Nanofibrous materials and their applications. Annu Rev Mater Res. 2006 Aug;336:333-68. doi: 10.1146/annurev.matsci.36.011205.123537
6. Qi HJ, Teo KBK, Lau KKS, Boyce MC, Milne WI, Robertson J, et al. Determination of mechanical properties of carbon nanotubes and vertically aligned carbon nanotube forests using nanoindentation. J Mech Phys Solids. 2003 Nov-Dec;51(11-12):2213-37. doi: 10.1016/j.jmps.2003.09.015
7. Filatov YuN, Kirichenko VN, red. Electroformation of fibrous materials (EFV-process). Moscow, RF: Neft' i gaz; 1997. 297 p. (In Russ.)
8. Alekseev IS, Stepin SG, Doroshenko IA. Synthesis of thread with bactericidal properties from polymeric nanodimensional fibers. Vestn Viteb Gos Tekhnol Un-ta. 2013;(2):78-81. (In Russ.)
9. Doroshenko IA, Alekseev IS. Influence of the sewing agents on a swelling of polyvinyl alcohol in water. Vestn Viteb Gos Tekhnol Un-ta. 2014;(2):136-40. (In Russ.)
10. Adarchenko AA, Krasil'nikov AP, Sobeshchuk OP. The method of determining the sensitivity-resistance of bacteria to antiseptic means: metod rekomendatsii. Minsk, RB; 1989. 20 p. (In Russ.)
11. Semina NA, Sidorenko SV, Rezvan SP, Grudinina SA, Strachunskiy LS, Stetsyuk OU, i dr. Determination of sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs: (metod ukazaniia MUK 4.2.1890-04). Klin Mikrobiol Antimikrob Khimioter. 2004;6(4):306-59. (In Russ.)

Submitted 22.05.2017

Accepted 04.08.2017

Сведения об авторах:

Миклис Н.И. – к.м.н., доцент кафедры общей гигиены и экологии, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет;

Алексеев И.С. – к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, Витебский государственный технологический университет;

Дорошенко И.А. – лаборант кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, Витебский государственный технологический университет.

Information about authors:

Miklis N.I. – Candidate of Medical Sciences, associate professor of the Chair of General Hygiene & Ecology, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University;

Alekseyev I.S. – Candidate of Technological Sciences, associate professor of the Chair of Technology & Equipment of Mechanical Engineering Production, Vitebsk State Technological University;

Doroshenko I.A. – laboratory assistant of the Chair of Technology & Equipment of Mechanical Engineering Production, Vitebsk State Technological University.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 210023, г. Витебск, пр. Фрунзе, 27, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, кафедра общей гигиены и экологии. E-mail: miklisnatalia@gmail.com – Миклис Наталья Ивановна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 210023, Vitebsk, 27 Frunze ave., Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Chair of General Hygiene & Ecology. E-mail: miklisnatalia@gmail.com – Natalya I. Miklis.