

КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ИНФИЦИРОВАННЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул (АГМУ)
656038, РФ, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 40

Жариков А.Н., Алиев А.Р., Орлова О.В., Бурмистрова Я.А.

Резюме

Целью исследования было оценить эффективность применения новых раневых покрытий на основе бактериальной целлюлозы (БЦ) для лечения инфицированных ран мягких тканей с использованием клинических, лабораторных, бактериологических и морфологических методов исследования. В работу были включены 60 пациентов, из которых с ранами на фоне диабетических микро-макроангиопатий было 35 (58,3%) и на фоне артериальной или венозной недостаточности 25 (41,7%) больных. Исследование проводилось в 2 группах, в одной из которых, у 30 больных в лечении использовались раневые покрытия на основе БЦ и у 30 пациентов группы сравнения использовались традиционные перевязочные средства (1% раствор хлоргексидина). При оценке лечения установлено, что в основной группе быстрее происходило снижение микробной контаминации ран ($p < 0,001$), что достоверно коррелировало с уменьшением уровня гемоглобина и С-реактивного белка в периферической крови ($p < 0,001$), значительно эффективнее уменьшались площадь ран, болевой синдром и количество перевязок ($p < 0,001$). При исследовании морфологических свойств представленных раневых покрытий было выявлено, что при длительном нахождении БЦ (более 15 суток) появляется более плотный контакт раны с материалом, заключающийся в формировании в нем сосудистых щелей лакунарного типа, напоминающих элементы новых сосудов.

Ключевые слова: раневые покрытия, бактериальная целлюлоза, инфицированные раны мягких тканей.

NEW WOUND DRESSINGS BASED ON BACTERIAL CELLULOSE: EFFECTIVENESS FOR TREATING INFECTED SOFT TISSUE WOUNDS

Altai State Medical University, Barnaul (ASMU)
656038, RF, Altai Krai, Barnaul, Lenina Ave. 40

Zharikov A.N., Aliev A.R., Orlova O.V., Burmistrova Ya.A.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of new wound dressings based on bacterial cellulose (BC) for treating infected soft tissue wounds using various research methods, including clinical, laboratory, bacteriological, and morphological approaches. The study included 60 patients, with 35 (58.3%) patients having wounds due to diabetic micro- and macroangiopathies and 25 (41.7%) patients due to arterial or venous insufficiency. The patients were divided into two groups: the main group (30 patients) treated with BC-based wound dressings, and the comparison group (30 patients) treated with traditional dressings (1% chlorhexidine). The results showed that patients in the main group had a faster decrease in microbial contamination of wounds ($p < 0.001$) compared to the comparison group. This decrease correlated significantly with a reduction in hemoglobin and C-reactive protein levels in peripheral blood ($p < 0.001$), wound area, pain syndrome, and number of dressings required ($p < 0.001$). Furthermore, the morphological properties of the BC-based wound dressings revealed that with prolonged use (more than 15 days), there was a tighter contact of the wound with the material, which led to the formation of lacunar-type vascular fissures in the material resembling elements of new vessels. The use of BC-based wound dressings has potential as an effective treatment option for infected soft tissue wounds, particularly in patients with diabetic micro- and macroangiopathies and arterial or venous insufficiency. The findings of this study also suggest that prolonged use of BC-based wound dressings may promote the formation of new vessels, which warrants further investigation.

Keywords: wound dressings, bacterial cellulose, infected soft tissue wounds

Введение

Микробная инвазия ран после повреждения кожных покровов протекает с развитием последовательных фаз раневого процесса, определенных физико-химических реакций и сопровождается рядом проблем, такими как длительное гнойное воспаление, медленная репарация, снижение оксигенации, старение фибробластов, нарушение функций ключевых цитокинов и факторов роста, что в итоге приводит к низкой эффективности заживления [1]. Как правило, это острые (ожоги, поверхностные травмы кожи, хирургические разрезы и т.д.) или хронические раны (диабетические раны, венозные язвы и т.д.). Широко признано, что лучший материал для заживления раневых дефектов должен обладать некоторыми важными характеристиками, такими как удержание влаги, воздухопроницаемость, биосовместимость, наличие антибактериальных свойств, способность адгезии различных лекарственных препаратов и т.д. [2, 3]. Одним из популярных кандидатов для новых раневых покрытий является бактериальная целлюлоза (БЦ) из-за ее высокой механической прочности, биосовместимости, биоразлагаемости, водоудерживающей способности и нетоксичности [4, 5]. На сегодняшний день она применяется во многих областях экономики, включая биомедицину, упаковки для пищевых продуктов, электронику, передающие устройства и т.д. [6, 7]. Наноструктуру ей придает уникальная трехмерная сетка из микрофибрилл, толщиной от 25 до 200 нм, обеспечивающая большую площадь поверхности, эластичность, сопротивление и гибкость [8]. По сравнению с растительной целлюлозой, БЦ не содержит лигнина и других полисахаридов [9, 10]. Благодаря этим преимуществам ее рассматривают в качестве основы различных медицинских изделий. Это экологически чистый продукт с ультратонкой сетчатой структурой, позволяющей другим молекулам-гостям внедряться в нее, что может быть основой для нанесения лекарств, а также способности поглощать раневую экссудат и обеспечивать влажную среду для быстрого заживления ран [11]. Высокая прочность БЦ на растяжение может способствовать механической защите ран, а превосходная биосовместимость может уменьшить иммунное отторжение и снизить риск раневой инфекции [12]. Хотя БЦ обладает многими свойствами идеального ранозаживляющего материала, отсутствие у нее антибактериальной активности является основным недостатком, поэтому ее используют в сочетании с другими препаратами с антибактериальной активностью для лечения раневой инфекции [13, 14]. Кроме того, в обзорных статьях, посвященных лечению ран, сообщается о структуре, свойствах перевязочных

материалов на основе БЦ, приготовленных в сочетании с различными противомикробными агентами [15].

Таким образом, БЦ по сравнению с традиционной марлевой повязкой, как новый медицинский продукт, может не только обеспечить комфортную влажную среду для раны, абсорбировать ее раневую экссудат, предотвратить бактериальную инфекцию, но и позволяет ране свободно дышать, не прилипать к ее поверхности и не вызывать вторичную травматизацию формирующихся регенераторных клеток. В этой связи БЦ становится хорошим биоматериалом для создания на ее основе раневых покрытий для лечения длительно незаживающих ран мягких тканей.

Цель исследования: изучить динамику клинико-лабораторных показателей для оценки эффективности лечения инфицированных ран мягких тканей с помощью раневых покрытий на основе бактериальной целлюлозы.

Материалы и методы

В процессе выполнения работы в 2022 году выполнены клинико-лабораторные обследования 60 больных с разными инфицированными ранами кожи и мягких тканей различного генеза. Исследование проводилось на базе КГБУЗ «Краевая клиническая больница», в отделении гнойной и сосудистой хирургии. Больные с раневыми дефектами кожи и мягких тканей с признаками инфицирования, возникшими на фоне сахарного диабета, атеросклероза, венозных трофических язв, после травм или операций были разделены на две группы. Основная группа больных (n=30) получала лечение с использованием в качестве раневого покрытия перфорированной пленки БЦ. В группе сравнения (n=30) проводилось традиционное лечение с применением ежедневных повязок на основе 1% хлоргексидина (ХГ) или мази Левомеколь.

Проведенные ранее в лаборатории биоконверсии Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск) исследования физико-химических свойств полученной гель-пленки БЦ свидетельствовали о ее высоких значениях набухания, 99% влажности, смачиваемости и удовлетворительно низкой адгезии к раневой поверхности, что было важно при рассмотрении ее в качестве раневого покрытия, не способного травмировать «свежий» эпителий раны, которое имеет место после удаления традиционных марлевых повязок. Бактериальная целлюлоза – микробный полисахарид был получен в виде гель-пленки в результате симбиоза уксуснокислых бактерий и дрожжей родов *Medusomyces gisevii* J. Lindau и

имеет трехмерную наноструктуру в результате переплетения микрофибрилл (длина и поперечное сечение). Микрофибриллы в виде сетки БЦ нерегулярного строения с их минимальной толщиной в единичном волокне и равномерность по плотности распространения волокон каркаса позволили сделать вывод о паро-газопроницаемости и прочности пленки, а также возможности сорбции лекарственных препаратов [16]. Раневое покрытие на

основе БЦ применялось без нагрузки лекарственными препаратами. Консервация пластин осуществлялась путем стерилизации в физиологическом растворе с фасовкой в отдельные стеклянные емкости. В процессе лечения определяли размеры раны кожи и мягких тканей для подбора размеров раневого покрытия, а также визуально оценивалось состояние раны, наличие грануляций, фибрина, отделяемое и т.д. (рис. 1а).

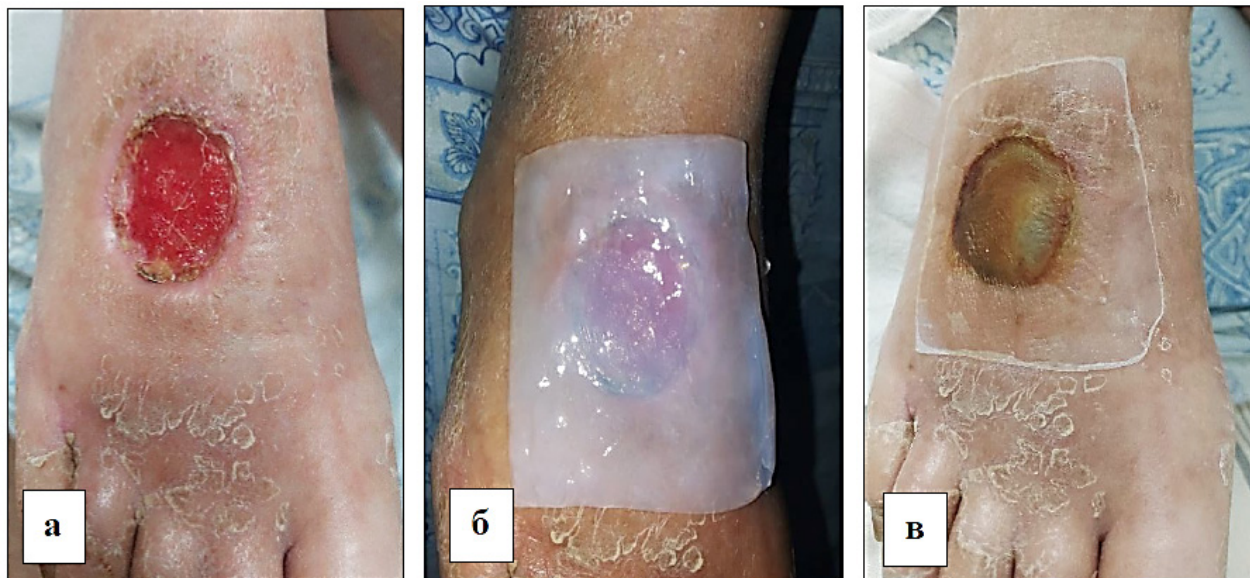


Рисунок 1. Гранулирующая рана правой стопы: а - внешний вид и размеры раны, б - нанесено раневое покрытие на основе бактериальной целлюлозы, в - пластина БЦ через 3 суток (высыхание пластины, изменение цвета на коричнево-желтый за счет адсорбции раневого детрита).

С целью оттока раневого экссудата влажную стерильную прозрачную пластину бактериальной целлюлозы, толщиной 2-3 мм, предварительно перфорировали в 4-5 разных местах, формируя отверстия до 5 мм в диаметре. После обработки раны растворами антисептиков и осушивания, на ее поверхность укладывалась влажная пластина БЦ, пластичность которой позволяет соблюсти конгруэнтность раны и зафиксировать края к неизменной коже (рис.1б). Сверху накладывалась простая сухая марлевая повязка. Ежедневных перевязок в дальнейшем не требовалось. Через 3-5 суток, по мере высыхания раневого покрытия и изменения цвета на желто-коричневый за счет абсорбции экссудата (рис.1в) пластина удалялась и на рану накладывалась новая. Данные манипуляции выполнялись вплоть до закрытия раны вторичным натяжением и окончания лечения. Группа сравнения насчитывала 30 идентичных больных, в лечении которых использовались ежедневные повязки на основе 1% водного раствора ХГ или мази Левомеколь.

Клиническое обследование включало сбор жалоб, анамнеза болезни, оценки локального статуса, где определялось визуальное состояние

раны (гиперемия, отек, инфильтрация, наличие грануляций, отделяемое из раны, фибриновые наложения и отграниченные скопления гноя, площадь, фаза раневого процесса), ее причины и механизм образования. Площадь раны оценивали по формуле $L \times W \times 0,785$, где L — длина раны, W — ширина раны [17]. Динамику изменения раны на протяжении 40 суток оценивали трехкратно - при поступлении, в середине и в конце лечения. Данный временной промежуток выбран соответственно времени течения фаз раневого процесса. Кроме того, клиническое обследование включало скорость заживления раны (в сутках), болевой синдром после наложения повязок (1 балл — нет боли, 2 балла — умеренный болевой синдром, 3 балла — значительный болевой синдром), количество перевязок за период лечения, экссудация раневой поверхности (1 балл — нет экссудации, 2 балла — умеренная, 3 балла — значительная), адаптация пациента (в палате, в домашних условиях). Всем больным с ранами проводились двукратные методы лабораторного контроля, включающие развернутый анализ крови, уровень сахара крови, общего белка, креатинина, С-реактивного белка. Микробный пейзаж ран оценивался с помощью

трехкратного взятия бактериального посева с поверхности с определением возбудителя и уровня бактериальной контаминации (КОЕ – колониеобразующих единиц). Гистологическое исследование, как раны, так и пластин бактериальной целлюлозы проводилось дважды, в начале и в конце лечения. Исследования проводились в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000

г.; «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003г. №266 и в соответствии с заключением ЛЭК АГМУ №4 15.04.2022г.

Результаты и обсуждение

В работу были включены пациенты в возрасте от 22 до 80 лет. В возрастной группе до 50 лет было 12 больных (20%), в группе больных старше 60 лет было 48 (80%) пациентов (рис. 2).

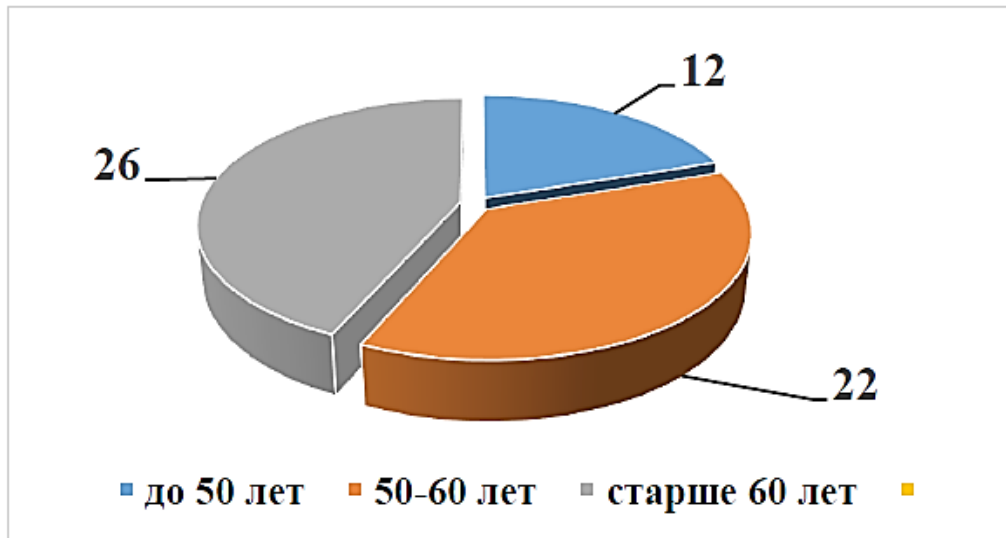


Рисунок 2. Распределение обследованных больных с ранами в зависимости от возраста.

Наибольшее количество пациентов, получавших лечение, составили женщины – 34 (56,7%), мужчины соответственно – 26 человек (43,3%). Возраст варьировал от 22 до 80 лет. Длительность течения ран составила в среднем около 1 года. Среди больных с длительно

незаживающими ранами кожи и мягких тканей преобладали пациенты с ранами на фоне диабетических микро-макроангиопатий – 35 (58,3%). Сосудистые причины (артериальная и венозная недостаточность) в возникновении ран были отмечены у 25 (41,7%) больных (табл. 1).

Таблица 1

Причины инфицированных ран в группах больных

Этиология ран	Основная группа (n=30)	Группа сравнения (n=30)	Итого
Артериальная недостаточность	6 (20%)	4 (13,3%)	10 (16,7%)
Венозная недостаточность	6 (20%)	9 (30%)	15 (25%)
Диабетическая микро-макро-ангиопатия	18 (60%)	17 (56,7%)	35 (58,3%)

Гистологические исследования удаленной на 5 сутки из раны пластины БЦ подтвердили сохранение однородности структуры материала, отсутствие признаков деструкции, наличие умеренной лейкоцитарной инфильтрации и самое главное – сорбции воспалительного раневого детрита на поверхности. Однако при более длительном нахождении раневого покрытия на поверхности раны и низких

показателях ее контаминации, наблюдается более тесное взаимодействие БЦ с раной, с образованием щелей лакунарного типа, напоминающих элементы новых сосудов (рис. 3). Морфологическое исследование же самой раны свидетельствовало о наличии повышенной концентрации фибробластов под пленкой с БЦ.

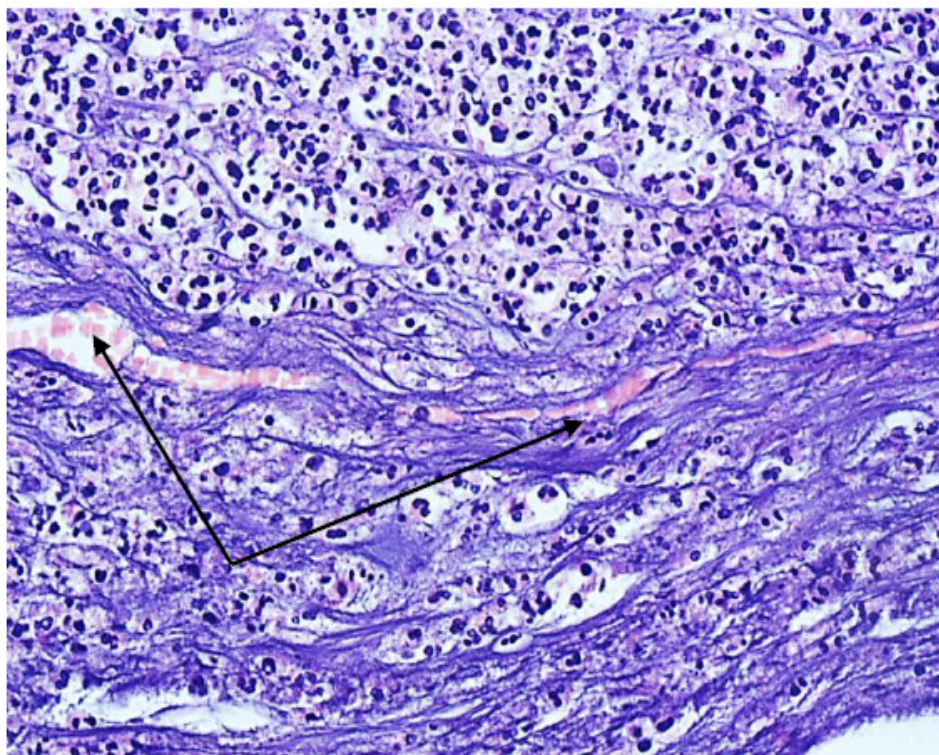


Рисунок 3. Микрофото. Результаты контакта БЦ с раневой поверхностью через 15 суток после наложения. Имеется тесное взаимодействие пленки с поверхностью раны: образование в БЦ щелей лакунарного типа (показано стрелкой), заполненных эритроцитами и лейкоцитами (начальное формирование неососудов). Умеренная нейтрофильная инфильтрация. (окраска гематоксилин-эозин, ув. 4х4)

Лабораторное обследование, включающее определение развернутого анализа крови, сахара крови, уровня общего белка, креатинина, С - реактивного белка показало, что при поступлении в группах больных с ранами мягких тканей имели место анемия легкой степени со снижением гемоглобина до $101 \pm 1,2$ г/л, небольшой лейкоцитоз – $11,3 \pm 0,2 \times 10^9$, гипопроотеинемия – $59,4 \pm 1,6$ г/л, повышение СРБ до $7,9 \pm 0,6$ мг/л. Эти показатели отражали длительно существующий хронический воспалительный процесс в группах больных с ранами. По окончании лечения в группах имеется достоверный рост уровня гемоглобина, более выраженное увеличение которого отмечено в основной группе ($114,2 \pm 1,6$ г/л, $p < 0,05$), одинаковое снижение в группах уровня лейкоцитоза до нормальных значений ($p > 0,05$). Количество общего белка в группах несколько увеличилось, но осталось на уровне нижней границы нормы. Показатели уровня креатинина до и после лечения были практически в норме и претерпели одинаковое снижение в группах к окончанию лечения. Значительное снижение СРБ также отмечено в обеих группах, однако при сравнении между группами его уменьшение достоверно отмечено в группе с использованием БЦ (табл. 2).

При проведении бактериологического исследования при поступлении было установлено, что в ранах больных основной группы и группы сравнения среди выделенных

микроорганизмов преобладали *Klebsiella pneumoniae* (n-18, 30%), *P. aeruginosa* (n-11, 18,3%). Наряду с этим были отмечены штаммы *S. aureus* (n=6), *E. coli* (n=5) и микробные ассоциации у 3 больных. Количество бактерий в 1 мл материала всех выделенных микроорганизмов было высоким (10^6 и более), в среднем достигая 10^7 КОЕ. На фоне лечения в обеих группах произошла санация ран со снижением количества бактерий, однако более эффективно это наблюдалось в группе с использованием раневого покрытия на основе бактериальной целлюлозы. Так, в основной группе из 8 пациентов с *Klebsiella pneumoniae* 10^7 КОЕ, только у 2 пациентов после лечения сохранились данные значения контаминации. Кроме того, из 7 в 2 наблюдениях произошло снижение КОЕ до 10^5 (табл. 3). В группе сравнения же из 10 пациентов высокие значения КОЕ сохранились у 6 больных и у 2 они только снизились до 10^5 . Данные закономерности прослеживаются и в отношении *P. aeruginosa*, где более значимая санация ран или снижение микробного обсеменения отмечены среди больных основной группы (основная группа до лечения – 7, после лечения – 3; группа сравнения до лечения – 6, после лечения – 5). В целом отрицательный результат бактериального посева получен у 15 (50%) больных основной группы и у 66,7% группы сравнения ($p < 0,05$).

Таблица 2

Результаты лабораторного обследования групп больных с ранами
при поступлении и в конце лечения

Показатель	Основная группа		P ₁₋₂	Группа сравнения		P ₃₋₄	P ₁₋₃ P ₂₋₄
	До лечения	После лечения		До лечения	После лечения		
Гемоглобин г/л	101,6±2,3	114,2±1,6	<0,001	96,4±1,2	102,3±0,5	<0,001	>0,05 <0,001
Лейкоциты 10 ⁹	11,6±0,8	8,7±0,9	<0,05	11,9±1,1	7,9±0,8	<0,05	>0,05 >0,05
Сахар крови (ммоль/л)	6,9±1,1	6,5±0,8	>0,05	6,7±0,5	6,6±0,2	<0,05	>0,05 >0,05
Общий белок (г/л)	57,2±2,1	63,2±1,8	<0,05	59,3±1,3	64,8±2,3	<0,05	>0,05 >0,05
Креатинин (мкмоль/л)	113,5±2,2	100,7±3,4	<0,001	115,9±0,9	109,2±2,6	<0,05	>0,05 >0,05
СРБ (мг/л)	8,2±1,3	2,1±0,2	<0,001	7,5±0,5	3,1±0,1	<0,001	>0,05 <0,001

Примечание: p – значимость различий между группами

Таблица 3

Результаты бактериологического исследования ран при поступлении
и в конце лечения

Вид микроорганизма	Количество бактерий в 1 мл материала, 10х	Основная группа n-30		Контрольная группа n-30	
		До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
P. aeruginosa	10 ³ –10 ⁵	2	1	-	2
	10 ⁶ и более	5	2	6	3
S. aureus	10 ³ –10 ⁵	4	2	1	2
	10 ⁶ и более	3	1	2	-
Klebsiella pneumoniae	10 ³ –10 ⁵	-	2	2	2
	10 ⁶ и более	8	2	10	6
E. coli	10 ³ –10 ⁵	-	2	-	2
	10 ⁶ и более	2	-	4	-
Acinetobacter spp.	10 ³ –10 ⁵	1	2	2	2
	10 ⁶ и более	4	1	1	1
Ассоциации		1	-	2	-
Всего		30	15	30	20



Рисунок 4. Рана правой стопы. СД 2 тип. Атеросклероз артерий нижних конечностей. Хроническая артериальная ишемия 3 ст.: а - рана при поступлении, б - через 2 недели после использования раневого покрытия на основе БЦ.

В целом, на фоне лечения в основной группе значительно быстрее уменьшалась площадь ран ($p < 0,01$), особенно в случаях комбинированного лечения с применением реваскуляризирующих операций (рис. 4), снижался болевой синдром ($p < 0,05$), количество перевязок ($p < 0,001$), которые благодаря положительной динамике течения раневого процесса, выполнялись не ежедневно.

Заключение

Современные биотехнологии позволяют эффективно решать проблемы по заживлению длительно существующих, инфицированных раневых дефектов мягких тканей. Перспективным направлением в их лечении является применение раневых покрытий на основе бактериальной целлюлозы. Заживление раны при использовании данных материалов происходит в закрытой влажной среде. Как показали исследования, все представленные раны мягких тканей были микробно загрязненные, с высокой степенью контаминации. Однако оказалось, что, используя влажную среду с помощью раневого покрытия на основе БЦ, и выполняя перевязки не ежедневно, а 1 раз в 3-5 дней, раны начинают очищаться значительно быстрее. При низких показателях микробного обсеменения раневое покрытие вообще хорошо фиксируется на грануляционной поверхности раны, экссудация ее прекращается, отсутствует необходимость в ежедневных перевязках и манипуляциях

в ране. Это способствует значительному снижению болевого синдрома. Эффективность лечения подтверждается и положительной динамикой изменения лабораторных показателей в группах, однако значимость различий этих параметров отмечается лишь по уровню гемоглобина и С-реактивного белка. Морфологические исследования убедительно доказывают возможность длительного нахождения на ране пластины БЦ. Раневой воспалительный детрит к 3-5 суткам лечения хорошо адгезируется на поверхности пластины, а при снижении микробной контаминации раны в ряде случаев отмечается вовлечение в раневое покрытие формирующихся на раневой поверхности не зрелых соединительно-тканых структур с появлением элементов новых сосудов.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References:

1. Morton L.M., Phillips T.J. Wound healing and treating wounds: Differential diagnosis and evaluation of chronic wounds. J Am Acad Dermatol. 2016; 74(4): 589-605. DOI: 10.1016/j.jaad.2015.08.068
2. Ahmed J., Gultekinoglu M., Edirisinghe M. Bacterial cellulose micro-nano fibres for wound healing applications. Biotechnol Adv. 2020; 41: 107549. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2020.107549
3. Shi C., Wang C., Liu H., Li Q., Li R., Zhang

Ya., Liu Yu., Shao Yi., Wang J. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020; 8:182. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00182

4. Sulaeva I., Henniges U., Rosenau T., Potthast A. Bacterial cellulose as a material for wound treatment: Properties and modifications. A review. *Biotechnol Adv.* 2015; 33(8): 1547-71. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.07.009

5. Liu W., Du H., Zhang M., Liu K., Liu H., Xie H., Si C. Bacterial Cellulose-Based Composite Scaffolds for Biomedical Applications: A Review. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering.* 2020; 8(20): 7536-7562. DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c00125

6. Gregory D.A., Tripathi L., Fricker A.T.R., Asare E., Orlando I., Raghavendran V., Roy I. Bacterial cellulose: A smart biomaterial with diverse applications. *Materials Science and Engineering: R: Reports.* 2021; 145. DOI:10.1016/j.MSER.2021.100623

7. Choi S.M., Rao K.M., Zo S.M., Shin E.J., Han S.S. Bacterial Cellulose and Its Applications. *Polymers.* 2022; 14(6): 1080. DOI: 10.3390/polym14061080

8. Skiba E.A., Shavyrkina N.A., Budaeva V.V., Sitnikova A.E., Korchagina A.A., Bychin N.V., Gladysheva E.K., Pavlov I.N., Zharikov A.N., Lubyansky V.G., Semyonova E.N., Sakovich G.V. Biosynthesis of Bacterial Cellulose by Extended Cultivation with Multiple Removal of BC Pellicles. *Polymers.* 2021; 13: 2118. DOI: 10.3390/polym13132118

9. Lee K.Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than meets the eye in bacterial cellulose: biosynthesis, bioprocessing, and applications in advanced fiber composites. *Macromol Biosci.* 2014; 14(1): 10-32. DOI:10.1002/mabi.201300298

10. Portela R., Leal C.R., Almeida P.L., Sobral R.G. Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications. *Microb Biotechnol.* 2019;12(4): 586-610. DOI: 10.1111/1751-7915.13392

11. Жариков А.Н., Алиев А.Р. Хирургическое лечение длительно незаживающих ран кожи и мягких тканей с помощью раневого покрытия на основе бактериальной целлюлозы. *Бюллетень медицинской науки.* 2022; 3(27): 91-97. DOI: 10.31684/25418475_2022_3_91 [Zharikov A.N., Aliev A.R. Surgical treatment of nonhealing wounds of skin and soft tissues with wound coating based on bacterial cellulose. *Bulletin of medical science.* 2022; 3(27): 91-97. DOI: 10.31684/25418475_2022_3_91]

12. Naomi R., Bt Hj Idrus R., Fauzi M.B. Plant-vs. Bacterial-Derived Cellulose for Wound Healing: A Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(18): 6803. DOI: 10.3390/ijerph17186803

13. Luo Z., Liu J., Lin H., Ren X., Tian H., Liang Y., Wang W., Wang Y., Yin M., Huang Y., Zhang J. In situ Fabrication of Nano ZnO/BCM Biocomposite Based on MA Modified Bacterial Cellulose Membrane for Antibacterial and Wound Healing. *Int J Nanomedicine.* 2020; 15: 1-15. DOI: 10.2147/IJN.S231556

14. Shen H., Jiang C., Li W., Wei Q., Ghiladi R.A., Wang Q. Synergistic Photodynamic and Photothermal Antibacterial Activity of In Situ Grown Bacterial Cellulose/MoS₂-Chitosan Nanocomposite Materials with Visible Light Illumination. *ACS Applied Materials & Interfaces.* 2021; 13(26): 31193-31205. DOI: 10.1021/acsami.1c08178.

15. Zheng K., Tong Y., Zhang S., He R., Xiao L., Iqbal Z., Li Y. Flexible Bicolorimetric Polyacrylamide/Chitosan Hydrogels for Smart Real-Time Monitoring and Promotion of Wound Healing. *Advanced Functional Materials.* 2021; 31(34). DOI: 10.1002/adfm.202102599.

16. Sakovich G.V., Skiba E.A., Gladysheva E.K., Budaeva V.V., Aleshina L.A. Chemical aspects of bacterial nanocellulose, *J. Sib. Fed. Univ. Chem.* 2018; 11(4): 531-542. DOI: 10.17516/1998-2836-0097.

17. Kundin J.I. A new way to size up a wound. *Am. J. Nurs.* 1989; 89: 206-207.

Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Жариков Андрей Николаевич, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой госпитальной хирургии, Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул.

656024, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ляпидевского, 1.

E-mail: zhar67@mail.ru Тел: +79039485509

<https://orcid.org/0000-0003-4292-4781>

Информация об авторах

Алиев Александр Руптиевич, к.м.н., доцент, доцент кафедры госпитальной хирургии, Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул.

E-mail: alievar10@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4506-3799>

Орлова Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры анатомии, Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул.

E-mail: olgavin209@gmail.com

Бурмистрова Яна Александровна, врач-бактериолог, КГБУЗ Краевая клиническая больница, г. Барнаул.

E-mail: zhar67@mail.ru

Contact information

Corresponding author: Andrey N. Zharikov, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Hospital Surgery, Altai State Medical University, Barnaul. 656024, Altai Krai, Barnaul, Lyapidevskogo Str. 1.

E-mail: zhar67@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4292-4781>

Author information

Alexander R. Aliev, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Surgery, Altai State Medical University, Barnaul.

E-mail: alievar10@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4506-3799>

Olga V. Orlova, Senior Lecturer, Department of Anatomy, Altai State Medical University, Barnaul.

E-mail: olgavin209@gmail.com

Yana A. Burmistrova, Doctor-bacteriologist, Regional Clinical Hospital, Barnaul.

E-mail: zhar67@mail.ru

Поступила в редакцию 12.01.2023

Принята к публикации 20.02.2023

Для цитирования: Жариков А.Н., Алиев А.Р., Орлова О.В., Бурмистрова Я.А. Клинико-лабораторная оценка эффективности применения новых раневых покрытий на основе бактериальной целлюлозы при лечении инфицированных ран мягких тканей. Бюллетень медицинской науки. 2023; 1(29): 116-124.

Citation: Zharikov A.N., Aliev A.R., Orlova O.V., Burmistrova Ya.A. New wound dressings based on bacterial cellulose: effectiveness for treating infected soft tissue wounds. Bulletin of Medical Science. 2023; 1(29): 116-124. (In Russ.)