УДК [678.742.3-77:628.353.153]:57.085.1 doi:10.25298/2221-8785-2026-24-5-488-493

ИНГИБИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ БИОПЛЕНКИ НА СЕТЧАТОМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОМ ПРОТЕЗЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ IN VIVO

Е. Л. Артюшков[1], Е. Ю. Дорошко[1], М. Л. Каплан[1], А. А. Лызиков[2], Н. С. Винидиктова[3], С. Ю. Гороховский[4], Э. А. Надыров[1]

[1]Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь
[2]Университетская клиника имени Джеймса Кука, Мидлсбро, Великобритания
[3]Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь
[4]Гомельский областной клинический кардиологический центр, Гомель, Беларусь

Применение полипропиленовых сеток при герниопластике, особенно у коморбидных пациентов, сопряжено с риском инфекционных осложнений из-за формирования бактериальной биопленки на поверхности протеза, что делает возбудителей резистентными к антибиотикотерапии. В связи с этим актуальна разработка полимерных покрытий с пролонгированным высвобождением антибактериальных агентов для задержки колонизации и образования биопленки. Перспективность такого подхода подтверждается экспериментальными данными, демонстрирующими эффективность покрытий на основе серебра или комбинаций антибиотиков в профилактике инфекции имплантатов на животных моделях.

Цель исследования – оценить in vivo эффективность разработанного полимерного покрытия в ингибировании образование биопленки E.coli и S.aureus на сетчатом полипропиленовом протезе промышленного производства

Материал и методы. Идентификацию биопленки проводили методом световой микроскопии с комбинированной окраской конго красным (для матрикса) и карболовым фуксином (для бактериальных клеток). Эксперимент выполнен на 48 крысах линии Вистар, которым моделировали по 4 раны, инфицированные инокулюмом S. aureus или E. coli (1×10^9 КОЕ/мл), с последующей имплантацией сетчатых протезов (промышленных или с гидрогелевым покрытием на основе поливинил-хитозанового комплекса с гентамицином). Динамику формирования биопленки оценивали ежедневно, выводя животных из эксперимента до момента 100% колонизации образцов в каждой когорте. Критерием эффективности покрытия служило полное отсутствие биопленки на всех образцах группы в наблюдаемый период.

Результаты. При микробиологическом исследовании и микроскопии комбинированных препаратов выявлено, что уже через 24 часа после контаминации 75% непокрытых протезов были колонизированы биопленкой, а к 48 часам инфицирование достигло 100%. В отличие от них, образцы с биодеградируемым покрытием демонстрировали полное отсутствие биопленки на поверхности волокон вплоть до 4 суток наблюдения ($p<0,001$). Первые структуры биопленки на покрытых протезах появлялись лишь к 5-м суткам (у 50–62,5% образцов), однако к 6-м суткам частота инфицирования в обеих группах выравнивалась и достигала 100%.

Выводы. В условиях экспериментального бактериального контаминирования раны установлено, что на поверхности волокон серийного сетчатого полипропиленового протеза, не имеющего защитного покрытия, формирование биопленки S.aureus и E.coli регистрируется у большинства образцов уже на первые сутки, а к исходу вторых суток инфицирование достигает 100%. Применение разработанного биодеградируемого полимерного покрытия на сетчатых протезах обеспечивает эффективное ингибирование развития бактериальной биопленки в течение четырех суток в ране, инфицированной как S.aureus и E.coli.

***Ключевые слова**: ингибирование бактериального роста, полимерное покрытие, сетчатый полипропиленовый протез, бактериальная биопленка*

***Для цитирования:** Ингибирование образования биопленки на сетчатом полипропиленовом протезе в эксперименте in vivo / Е. Л. Артюшков, Е. Ю. Дорошко, М. Л. Каплан, А. А. Лызиков, Н. С. Винидиктова, С. Ю. Гороховский, Надыров Э. А. // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2026. Т. 24, № 5. С. 488-493. https://doi.org/10.25298/2221-8785-2026-24-5-488-493*

Введение

В настоящее время применение синтетических протезов при операциях на грыжах передней брюшной стенки является золотым стандартом. Применение полипропиленовых сеток при герниопластике у коморбидных пациентов, пациентов с ущемленными грыжами может привести к послеоперационным инфекционным осложнениям, что связано с образованием биопленки на поверхности эндопротеза [1]. В экспериментальном исследовании по изучению проблемы инфицирования сетчатых протезов установлено, что на поверхности синтетических эндопротезов в условиях бактериальной контаминации in vitro в течение 48 часов формируется бактериальная биопленка [2]. В составе биопленки бактерии приобретают выраженную резистентность к антибактериальным препаратам, что объясняет неэффективность проводимой антибиотикотерапии [3]. Актуальным является разработка полимерного покрытия на сетчатый полипропиленовый протез с пролонгированным выделением антибиотика для задержки колонизации бактерий и образования

Репозиторий ГрГМУ

биопленки в условиях контаминации операционного поля [1]. Ведущие методы в этой сфере предполагают использование антибактериальных гелей, а также пропитку материалов растворами, содержащими органические кислоты, пептиды, антибиотики или ионы металлов (серебра, меди, цинка). Результаты экспериментов указывают на высокую перспективность таких решений, в частности, в ходе исследований на животных было доказано, что покрытие на основе серебра способно предотвратить развитие первичной инфекции имплантата. На животной модели исследование показало, что серебряное покрытие может эффективно предотвращать первичную инфекцию протеза [4]. Исследования, проведенные на крысах, продемонстрировали, что обработка поверхности имплантата комбинацией даптомицина и рифампицина позволяет эффективно предотвращать образование биопленки и сдерживать развитие устойчивости к антибиотикам [5].

Цель исследования:

Оценить in vivo эффективность разработанного полимерного покрытия в ингибировании образование биопленки E.coli и S.aureus на сетчатом полипропиленовом протезе промышленного производства.

Материал и методы

Идентификацию микробной биопленки проводили с помощью световой микроскопии с предварительной ее окраской конго красным и карболовым фуксином.

Для сетчатых протезов промышленного производства была разработана гидрогелевая система на основе поливинил-хитозанового комплекса с 10% глицерином. Для проведения эксперимента in vitro было сформировано 4 группы протезов по 5 образцов в каждой группе:

Группа № 1 – промышленно выпускаемые образцы сетчатого протеза, которые имплантировались в рану, инфицированную S.aureus;

Группа № 2 – образцы сетчатого протеза, модифицированные путем нанесения разработанного биодеградируемого покрытия, содержащего раствор гентамицина, которые имплантировались в рану, инфицированную S.aureus;

Группа № 3 – промышленно выпускаемые образцы сетчатого протеза, которые имплантировались в рану, инфицированную E.coli;

Группа № 4 – образцы сетчатого протеза, модифицированные путем нанесения разработанного биодеградируемого покрытия, импрегнированные раствором гентамицина, имплантировались в рану, инфицированную E.coli.

Эксперимент in vivo проведен на базе ГНУ «Института радиобиологии НАН Беларуси». Микробиологические исследования были проведены на кафедре микробиологии, вирусологии и иммунологии УО «Гомельский государственный медицинский университет» (ГГМУ). В модели участвовали 48 белых крыс породы Вистар в возрасте 3–4 месяцев на момент начала исследования. Эксперимент был проведен с соблюдением принципов биоэтики, согласно требованиям Директивы Европейского парламента и совета европейского союза 2010/63/EU по охране животных, используемых в научных целях [6]. Исследование проведено в соответствии с принципами биоэтики и одобрено Комитетом по этике ГГМУ (протокол № 3 от 02.06.2025 г.).

Для четырех исследуемых образцов использовалось одно лабораторное животное. Все манипуляции с животными проводились под воздействием воздушно-изофлюранового наркоза. На депилированной коже спины крысы левее и правее срединной линии проводилась трехкратная обработка раствором йодискина. Скальпелем рассекалась кожа длиной 2 см, подкожная клетчатка. Формировали 4 раны, не менее 2 см расстояние между каждой раной. Рану инфицировали инокулюмом, содержащим 1×10^9 КОЕ/мл микробных тел либо E.coli либо S.aureus. После чего в каждую из ран пинцетом помещалось по одному однотипному образцу протеза размером 5×5 мм. После этого с целью создания герметичности, предотвращения травмирования и обсеменения извне рана ушивалась ПГА 2,0. Динамику формирования биопленки оценивали ежедневно: из эксперимента последовательно выводили по двое животных с каждой группы до момента обнаружения зрелой биопленки S.aureus и E.coli на всех имплантированных образцах соответствующей когорты. Перед извлечением имплантатов из раны производили забор мазка для микробиологического посева с целью верификации сохранения инфекционного агента (исследования выполнены на кафедре микробиологии, вирусологии и иммунологии ГГМУ).

Для визуализации биопленки использовали модифицированную методику [7], адаптированную для in vivo. Специфическую детекцию биопленки осуществляли двухэтапной окраской: сначала – насыщенным водным раствором конго красного для визуализации экзополисахаридного матрикса. Для контрастирования бактериальных клеток в составе биопленки препарат окрашивают 10% карболового фуксина. Микроскопический анализ проводили на световом микроскопе Leica с использованием иммерсионного объектива при увеличении ×100; изображения фиксировали цифровой камерой DFC 295. При этом клетки бактерий в результате окрашивания карболовым фуксином имеют насыщенный пурпурно-красный цвет, а экзополисахаридный матрикс, окрашенный конго красным – оранжево-розовый [8].

Критерием эффективности антимикробной модификации служило полное отсутствие биопленки S.aureus или E.coli на всех образцах группы в течение наблюдаемого периода. При обнаружении биопленки рассчитывали эффективность ее подавления как процент пораженных однотипных образцов от общего количества, исследованных за соответствующий временной период.

Статистический анализ проводили с использованием программы Statistica 10.0. Для сравне-

Репозиторий ГГМУ

ния двух независимых групп по качественному признаку применялся двусторонний критерий Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение

Перед имплантацией всех образцов в рану вводился инокулюм содержащий 1×10^9 КОЕ/мл микробных тел S.aureus или E.coli. Подтверждением бактериального инфицирования раны являлось идентификация роста бактериальных культур S.aureus на желточно-солевом агаре и E.coli на агаре Эндо. В ходе микробиологического анализа раневого содержимого рост микроорганизмов был обнаружен из всех ран во всех группах исследования на протяжении всего периода наблюдения.

На рисунке 1А представлен образец сетчатого протеза без покрытия. На волокнах образца отсутствуют элементы биопленки. После погружения в инфицированную рану биопленка покрывала волокна всех образцов уже к 2-м суткам. Бактерии окрашивались карболовым фуксином в пурпурно-красный цвет, а матрикс биопленки окрашивался конго красным в оранжево-розовый цвет (рис. 1Б, 1В).

На рисунке 2А представлен образец сетчатого протеза с покрытием, который после извлечения из инфицированной раны и окрашивания по вышеизложенной методике не имел на своих волокнах бактериальной биопленки. На волокнах образцов с покрытием биопленка формировалась к 5-м суткам (рис. 2Б, 2В).

В группе №1 колонизация поверхности волокон протеза бактериальной биопленкой была зафиксирована у 6 из 8 (75%) образцов уже на 1-е сутки. На 2-е сутки 8 из 8 образцов имели на поверхности биопленку (рис. 1Б, табл. 1). В группе №2 в течение первых четырех суток ни один образец не имел на своей поверхности волокон биопленку, что является статистически значимо в сравнении с первой группой ($p<0,01$). Первые признаки биопленки выявлены на 5-е сутки у 5 из 8 образцов (62,5%). К 6-м суткам 8 из 8 (100%) образцов имели на своих волокнах биопленку (рис. 2Б, табл. 1).

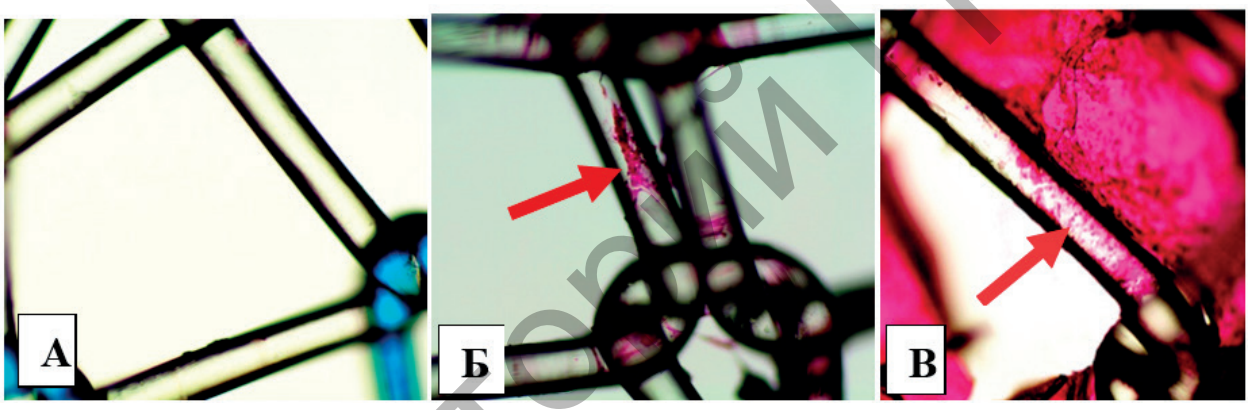


Рисунок 1 – Сетчатый протез без биопленки до имплантации в рану (А), шестые сутки с биопленкой S.aureus (Б), шестые сутки с биопленкой E.coli. Окраска препарата комбинированная: карболовый фуксин и конго красный. Увеличение: ×100

Figure 1 – Mesh prosthesis without biofilm before implantation into the wound (A), on day 6 with S.aureus biofilm (B), on day 6 with E.coli biofilm (C). Combined staining: carbol fuchsin and Congo red. Magnification: ×100

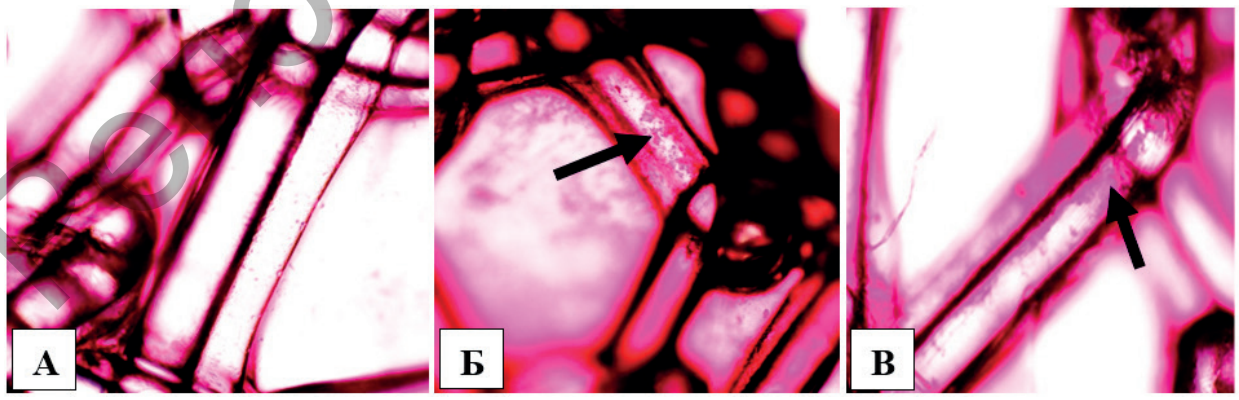


Рисунок 2 – Сетчатый протез с покрытием без биопленки на 1-е сутки (А), шестые сутки с биопленкой S. aureus (Б), шестые сутки с биопленкой E. coli (В) Окраска препарата комбинированная: карболовый фуксин и конго красный. Увеличение: ×100

Figure 2 – Coated mesh prosthesis without biofilm on day 1 (A), with S. aureus biofilm on day 6 (B), with E. coli biofilm on day 6 (C). Combined staining: carbol fuchsin and Congo red. Magnification: ×100

Репозиторий ГрГМУ

Таблица 1 – Частота инфицирования сетчатого протеза бактериальной биопленки в разных группах в зависимости от срока наблюдения
Table 1 – Incidence of bacterial biofilm infection of mesh prosthesis in different groups depending on the follow-up period

Группа	Частота инфицирования (количество случаев)					
	1-е сутки	2-е сутки	3-и сутки	4-е сутки	5-е сутки	6-е сутки
Группа № 1	75% (6 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)
Группа № 2	0	0	0	0	62,5% (5 из 8)	100% (8 из 8)
Группа № 3	62,5% (5 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)	100% (8 из 8)
Группа № 4	0	0	0	0	50% (4 из 8)	100% (8 из 8)
p критерий Фишера двусторонний	$P_{1,2}<0,001$ $P_{3,4}<0,05$	$P_{1,2}<0,001$ $P_{3,4}<0,001$	$P_{1,2}<0,001$ $P_{3,4}<0,001$	$P_{1,2}<0,001$ $P_{3,4}<0,001$	$P_{1,2}>0,05$ $P_{3,4}>0,05$	$P_{1,2}>0,05$ $P_{3,4}>0,05$

В группе № 3 на 1-е сутки наблюдения колонизация волокон бактериальной биопленкой визуализировалась у 5 из 8 (62,5%) образцов. На 2-е сутки, аналогично первой группе, наблюдалась колонизация всех образцов протезов (рис. 1 В, табл. 1). В группе № 4 в течение первых четыре суток биопленка на поверхности волокон протезов отсутствовала, что является статистически значимо в сравнении с первой группой ($p<0,01$). На 5-е сутки биопленка была обнаружена у 4 из 8 образцов (50%). К 6-м суткам, как и во второй группе, все протезы (8 из 8) имели биопленку (рис. 2 В, табл. 1).

Таким образом, по результатам качественной оценки промышленно выпускаемые полипропиленовые сетчатые протезы имели на своей поверхности биопленку S. aureus и E. coli в большинстве образцов уже на 1-е сутки, а к 2-м суткам все образцы имели на своей поверхности биопленку. В тоже время сетчатые протезы с полимерным покрытием статистически значимо ингибируют развитие биопленки S. aureus и E. coli на протезах до 4-х суток в 100% случаев ($p<0,001$). На 5-е сутки частота инфицирования во второй группе составила 62,5%, а в четвертой группе – 50%. На 6-е сутки частота инфицирования во второй и четвертой группах была одинаковой и составила 100%.

Ранняя колонизация контрольных образцов к 48 часам согласуется с литературными данными о высокой адгезивной способности S. aureus и E. coli к гидрофобным полимерным поверхностям [2, 9, 10]. Адгезия бактерий к имплантатам происходит в течение первых 6–24 часов, после чего запускается экспрессия генов, ответственных за синтез полисахарида межклеточного адгезина – ключевого компонента матрикса биопленки. Наш результат подтверждает критическую важность первых суток для профилактики инфекции имплантата. Формирование зрелой биопленки происходит в период до 72 часов – это соответствует критической фазе раннего послеоперационного периода, когда риск инфекции имплантата максимален [10, 11]. Таким образом, даже временная защита гидрогелевого покрытия может иметь клиническое значение для снижения риска ранних инфекционных осложнений.

Выводы

В условиях экспериментального бактериального контаминирования раны установлено, что на поверхности волокон серийного сетчатого полипропиленового протеза, не имеющего защитного покрытия, формирование биопленки S. aureus и E.coli регистрируется у большинства образцов уже на первые сутки, а к исходу вторых суток инфицирование достигает 100%. Применение разработанного биодеградируемого полимерного покрытия на сетчатых протезах обеспечивает эффективное ингибирование развития бактериальной биопленки в течение четырех суток в ране, инфицированной как S. aureus и E. coli. Полученные данные свидетельствуют о клиническом потенциале предложенного покрытия для снижения риска развития ранних инфекционных осложнений при герниопластике.

Репозиторий ГрГМУ

Литература

1. Бактериальная биопленка как фактор риска инфекционных осложнений при применении полипропиленовых эндопротезов в хирургии грыж передней брюшной стенки / Е. Л. Артюшков, А. А. Лызиков, М. Л. Каплан [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 15-22. – doi: 10.51523/2708-6011.2025-22-1-02. – edn: IIBXVH.
2. Парапротезная инфекция в эксперименте in vitro / В. В. Паршиков, И. В. Чеботарь, В. А. Ходак, А. А. Самсонов // Материалы VII Всероссийской конференции общих хирургов с международным участием совместно с Пленумом проблемных комиссий «Неотложная хирургия» и «Инфекция в хирургии» Межведомственного научного совета по хирургии РАМН и Минздравсоцразвития РФ, Красноярск, 17-18 мая 2012 г. / отв. ред. В. К. Гостищев. – Красноярск, 2012. – С. 360-363.
3. Bryers, J. D. Bacterial biofilms / J. D. Bryers // Current opinion in biotechnology. – 1993. – Vol. 4, iss. 2. – P. 197-204. – doi: 10.1016/0958-1669(93)90125-G.
4. Prevention of primary vascular graft infection with silver-coated polyester graft in a porcine model / H. Gao, J. Sandermann, J. Prag [et al.] // European journal of vascular and endovascular surgery. – 2010. – Vol. 39, iss. 4. – P. 472-477. – doi: 10.1016/j.ejvs.2009.11.023.
5. Anti-biofilm activity as a health issue / S. Miquel, R. Lagrafeuille, B. Souweine, C. Forestier // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. – Art. 592. – doi: 10.3389/fmicb.2016.00592.
6. Цыганцова, С. И. Международно-правовая защита животных: проблемы и перспективы / С. И. Цыганцова // Московский журнал международного права. – 2021. – № 2. – С. 122-132. – doi: 10.24833/0869-0049-2021-2-122-132. – edn: GSKEHT.
7. Патент BY 17673, МПК C12Q 1/02 (2006.01), G01N 33/487 (2006.01). Способ оценки способности образования биопленки микроорганизмами : № a 20110572 ; заявлено 04.05.2011 ; опубликовано 30.10.2013 / Кабанова А. А., Окулич В. К., Плотников Ф. В. ; заявитель: Витебский гос. ордена Дружбы народов мед. ун-т. – 4 с. – edn: LSEGLM.
8. Плотников, Ф. В. Визуализация биоплёнок с помощью световой микроскопии / Ф. В. Плотников, А. А. Кабанова, Н. Ю. Богдан // Студенческая медицинская наука XXI века : материалы XI междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 3-4 ноября 2011 г. / Витебский гос. ордена Дружбы народов мед. ун-т ; редкол.: С. А. Сушков [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 203-204. – edn: RZBIQK.
9. Arciola, C. R. Implant infections: Adhesion, biofilm formation and immune evasion / C. R. Arciola, D. Campoccia, L. Montanaro // Nature Reviews Microbiology. – 2018. – Vol. 16, iss. 7. – P. 397-409. – doi: 10.1038/s41579-018-0019-y.
10. The Infected Polypropylene Mesh: When Does Biofilm Form and Which Antiseptic Solution Most Effectively Removes It? / S. Jo, C. Chao, T. K. Khilnani [et al.] // The Journal of Arthroplasty. – 2024. – Vol. 39, № 8, suppl. 1. – P. S294-S299. – doi: 10.1016/j.arth.2024.04.081.
11. Darouiche, R. O. Device-associated infections: A macroproblem that starts with microadherence / R. O. Darouiche // Clinical Infectious Diseases. – 2001. – Vol. 33, № 9. – P. 1567-1672. – doi: 10.1086/323130.

References

1. Artyushkov EL, Lyzikov AA, Kaplan ML, Doroshko EYu, Osipov BB. Bacterial biofilm as a risk factor for infectious complications in the use of polypropylene endoprostheses in surgery of anterior wall hernias. *Health and Ecology Issues*. 2025;22(1):15-22. doi: 10.51523/2708-6011.2025-22-1-02. edn: IIBXVH. (Russian).
2. Parshikov VV, Chebotar IV, Khodak VA, Samsonov AA. Paraproteznaja infekcija v jeksperimente in vitro. In: Gostishhev VK, editor. *Materialy VII Vserossijskoj konferencii obshhih hirurgov s mezhdunarodnym uchastiem sovmestno s Plenumom problemnyh komissij "Neotlozhnaja hirurgija" i "Infekcija v hirurgii" Mezhvedomstvennogo nauchnogo soveta po hirurgii RAMN i Minzdravsocrazvitija RF*; 2012 May 17-18; Krasnojarsk. Krasnojarsk: Verso; 2012. p. 360-363. (Russian).
3. Bryers JD. Bacterial biofilms. *Current opinion in biotechnology*. 1993;4(2):197-204. https://doi.org/10.1016/0958-1669(93)90125-G
4. Gao H, Sandermann J, Prag J, Lund L, Lindholt JS. Prevention of primary vascular graft infection with silver-coated polyester graft in a porcine model. *European journal of vascular and endovascular surgery*. 2010;39(4):472-477. https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2009.11.023
5. Miquel S, Lagrafeuille R, Souweine B, Forestier C. Anti-biofilm Activity as a Health Issue. *Frontiers in Microbiology*. 2016;7:592. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00592
6. Tsygantsova S.I. International legal protection of animals: problems and prospects. *Moscow Journal of International Law*. 2021;(2):122-132. doi: 10.24833/0869-0049-2021-2-122-132. edn: GSKEHT. (Russian).
7. Kabanova AA, Okulich VK, Plotnikov FV, inventors; Vitebsk State Medical University, assignee. Evaluation of the ability of microorganisms to form biofilms. BY patent 17673. 2013 Okt. 30. edn: LSEGLM. (Russian).
8. Plotnikov FV, Kabanova AA, Bogdan NYu. Vizualizacija biopljonok s pomoshhju svetovoj mikroskopii. In: Sushkov SA, Lud NG, Zanko SN, Glushanko VS, Osochuk SS, Kugach VV, Tihonova LV, Bespalov JuA, editors. *Studencheskaja medicinskaja nauka XXI veka*. Materialy XI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii; 2011 Nov. 3-4; Vitebsk. Vitebsk: VSMU; 2011. p. 203-204. edn: RZBIQK. (Russian).
9. Arciola CR, Campoccia D, Montanaro L. Implant infections: Adhesion, biofilm formation and immune evasion. *Nature Reviews Microbiology*. 2018;16(7):397-409. https://doi.org/10.1038/s41579-018-0019-y
10. Jo S, Chao C, Khilnani TK, Shenoy A, Bostrom MPG, Carli AV. The Infected Polypropylene Mesh: When Does Biofilm Form and Which Antiseptic Solution Most Effectively Removes It? *The Journal of Arthroplasty*. 2024;39(8 Suppl 1):S294-S299. https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.04.081
11. Darouiche RO. Device-associated infections: A macroproblem that starts with microadherence. Clinical Infectious Diseases. 2001;33(9):1567-1672. https://doi.org/10.1086/323130.

Репозиторий ГрГМУ

INHIBITION OF BIOFILM FORMATION ON A POLYPROPYLENE MESH PROSTHESIS IN AN IN VIVO EXPERIMENT

E. L. Artyushkov[1], E. Yu. Doroshko[1], M. L. Kaplan[1], A. A. Lyzikov[2], N. S. Vinidiktova[3], S. Yu. Gorokhovsky[4], Eldar A. Nadyrov[1]

[1]Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

[2]James Cook University Hospital, Middlesbrough, United Kingdom

[3]V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

[4]Gomel Regional Clinical Cardiology Center, Gomel, Belarus

Background. The use of polypropylene meshes in hernioplasty, especially in comorbid patients, is associated with the risk of infectious complications due to the formation of a bacterial biofilm on the implant surface, which makes pathogens resistant to antibiotic therapy. In this context, the development of polymer coatings with prolonged release of antibacterial agents to delay colonization and biofilm formation is of great importance. The promise of this approach is supported by experimental data demonstrating the efficacy of silver-based coatings or antibiotic combinations in preventing implant-associated infections in animal models.

Objective. To evaluate the in vivo efficacy of the newly developed polymer coating in inhibiting biofilm formation by E.coli and S. aureus on commercially available polypropylene mesh implants.

Material and methods. Biofilm identification was performed by light microscopy using combined staining with Congo red (for the matrix) and carbol fuchsin (for bacterial cells). The experiment was conducted on 48 Wistar rats, in which 4 wounds were created and infected with an S. aureus or E. coli inoculum (1×109 CFU/mL), after which mesh prostheses were implanted (either commercial ones or those coated with a hydrogel based on a polyvinyl-chitosan complex with gentamicin). The dynamics of biofilm formation was assessed daily, with animals being withdrawn from the experiment until 100% colonization of samples in each cohort was achieved. The efficacy criterion for the coating was the complete absence of biofilm on all samples in the group during the observation period.

Results. Microbiological examination and microscopy of combined preparations revealed that within 24 hours after contamination, 75% of uncoated prostheses were colonized with biofilm, and by 48 hours the infection rate reached 100%. In contrast, samples with biodegradable coating demonstrated complete absence of biofilm on the fiber surface up to 4 days of observation ($p<0.001$). The first biofilm structures on coated prostheses appeared only by day 5 (in 50–62.5% of samples); however, by day 6 the infection rate in both groups equalized and reached 100%.

Conclusion. Under experimental bacterial wound contamination, it was established that biofilm formation by S. aureus and E. coli on the surface of commercially available uncoated polypropylene mesh prostheses was registered in the majority of samples as early as the first day, and by the end of the second day the infection rate reached 100%. The application of the developed biodegradable polymer coating on mesh prostheses provided effective inhibition of bacterial biofilm development for four days in wounds infected with both S. aureus and E.coli.

***Keywords**: inhibition of bacterial growth, polymer coating, polypropylene mesh prosthesis, bacterial biofilm.*

***For citation:** Artyushkov EL, Doroshko EYu, Kaplan ML, Lyzikov AA, Vinidiktova NS, Gorokhovsky SYu. Nadyrov EA. Inhibition of biofilm formation on a polypropylene mesh prosthesis in an in vivo experiment. Journal of the Grodno State Medical University. 2026;24(5):488-493. https://doi.org/10.25298/2221-8785-2026-24-5-488-493*

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, № гос. регистрации 20241509 от 15.07.2024.
Financing. This work was supported by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (State Registration No. 20241509, dated July 15, 2024).

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.
Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторах / About the authors
*Артюшков Евгений Леонидович/ Artyushkov Evgeny, artyushkov.e@mail.ru; ORCID: 0000-0001-5493-0164
Дорошко Евгений Юрьевич/ Doroshko Evgeny, ORCID: 0000-0001-5395-5044
Каплан Марк Львович / Kaplan Mark, ORCID: 0000-0001-7782-3281
Лызиков Алексей Анатольевич/ Lyzikov Alexey, ORCID: 0000-0003-0639-121X
Винидиктова Наталья Сергеевна/ Vinidiktova Natalia, ORCID: 0000-0003-2613-6742
Гороховский Сергей Юрьевич/ Gorokhovsky Sergey, ORCID: 0000-0002-0596-1391
Надыров Эльдар Аркадьевич/ Nadyrov Eldar, ORCID: 0000-0002-0896-5611
** – автор, ответственный за переписку / corresponding author*

Поступила / Received: 30.06.2026 *Принята к публикации / Accepted for publication: 24.09.2026*

Репозиторий ГрГМУ