

EPIDEMIOLOGY OF IMPLANTS AND BIOPROSTHESES: A NEW ERA OF HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS

Tokhtanazarov Dostmukhammad Odilbek ugli

Assistant of the Department of Pathology and Microbiology

Impulse Medical Institute (Namangan, Uzbekistan)

Abstract: Modern medicine is increasingly utilizing implants and bioprostheses in cardiothoracic surgery, orthopedics, dentistry, and reconstructive surgery. However, alongside their clinical efficacy, the epidemiological significance of associated infectious complications is also growing. In multidisciplinary hospital settings, the incidence of device-associated infections is rising, especially against the backdrop of increasing antibiotic resistance among pathogens and reduced immune reactivity in patients. This review article analyzes current data on the prevalence, etiological agents, risk factors, and pathogenic mechanisms of infections related to implantable materials. Particular attention is given to the formation of biofilms, the challenges of diagnosis and treatment, as well as the principles of epidemiological surveillance and prevention. Modern approaches to reducing the risk of implant-associated infections are considered, including antimicrobial coatings, sterility control, and individualized strategies for antibiotic therapy. This review emphasizes the need for integrated collaboration between epidemiologists, clinicians, and biomaterials specialists to effectively address the challenges of a new era of hospital-acquired infections.

Key words: implants, bioprostheses, hospital-acquired infections, biofilm, antibiotic resistance, epidemiological surveillance, sterility, prevention, antimicrobial coatings.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ИМПЛАНТАТОВ И БИОПРОТЕЗОВ: НОВАЯ ЭРА БОЛЬНИЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ

Тохтаназаров Достмухаммад Одилбекович

Ассистент кафедры патологии и микробиологии

Медицинский институт Импульс (Наманган, Узбекистан)

Аннотация: Современная медицина всё активнее использует имплантаты и биопротезы в кардиохирургии, ортопедии, стоматологии и реконструктивной хирургии. Однако наряду с их клинической эффективностью возрастает эпидемиологическая значимость связанных с ними инфекционных осложнений. В условиях многопрофильных стационаров растёт число инфекций, ассоциированных с медицинскими изделиями, особенно на фоне возрастающей антибиотикорезистентности патогенов и снижения иммунной реактивности пациентов. В обзорной статье анализируются актуальные данные о распространённости, этиологических

агентах, факторах риска и механизмах патогенеза инфекций, связанных с имплантируемыми материалами. Особое внимание уделено особенностям формирования биоплёнок, трудностям диагностики и лечения, а также принципам эпидемиологического надзора и профилактики. Рассматриваются современные подходы к снижению риска имплант-ассоциированных инфекций, включая антимикробные покрытия, контроль стерильности и стратегию индивидуализации антибактериальной терапии. Настоящий обзор подчёркивает необходимость интеграции усилий эпидемиологов, клиницистов и специалистов по биоматериалам для эффективного ответа на вызовы новой эры внутрибольничных инфекций.

Ключевые слова: имплантаты, биопротезы, внутрибольничные инфекции, биоплёнка, антибиотикорезистентность, эпидемиологический надзор, стерильность, профилактика, антимикробные покрытия.

АКТУАЛЬНОСТЬ: Рост числа хирургических вмешательств с использованием имплантатов и биопротезов в современных медицинских учреждениях сопровождается увеличением риска развития инфекционных осложнений, что делает данную проблему одной из приоритетных в эпидемиологии и клинической практике. В условиях глобального распространения антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов и увеличения доли иммунокомпрометированных пациентов, инфекции, ассоциированные с медицинскими изделиями, приобретают особую опасность. Формирование биоплёнок на поверхности имплантатов существенно затрудняет диагностику и лечение таких осложнений, требуя новых подходов к профилактике и эпиднадзору. Отсутствие единых стандартов мониторинга и устойчивость к терапии усиливают потребность в комплексном исследовании эпидемиологических аспектов этой проблемы. Таким образом, изучение распространённости, факторов риска и эффективных стратегий профилактики инфекций, связанных с имплантируемыми медицинскими изделиями, представляется чрезвычайно актуальным для здравоохранения XXI века [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Данный обзор основан на анализе отечественных и зарубежных научных публикаций, размещённых в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, Elibrary и Google Scholar за период с 2013 по 2025 годы. Были использованы ключевые слова: имплантаты, биопротезы, внутрибольничные инфекции, биоплёнка, антибиотикорезистентность, эпидемиологический надзор, стерильность, профилактика, антимикробные покрытия. В отбор включались оригинальные исследования, метаанализы, обзоры литературы и клинические рекомендации, посвящённые инфекциям, связанным с медицинскими изделиями. Применялась методика контент-анализа с критической оценкой уровня доказательности, а также сравнение эпидемиологических данных по регионам, профилям стационаров и видам имплантируемых материалов. Особое внимание уделено публикациям, содержащим статистические данные, сведения о микроорганизмах-возбудителях, механизмах формирования биоплёнок и методах профилактики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ: Инфекции, ассоциированные с медицинскими устройствами (IAI), составляют значительную долю внутрибольничных инфекций. По данным исследований, более половины из почти 2 миллионов инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, обусловлены использованием имплантируемых медицинских устройств. Особую проблему представляет формирование биоплёнок на поверхности имплантатов, что способствует устойчивости микроорганизмов к антибиотикам и

иммунной защите организма [2,3].

Среди основных возбудителей таких инфекций выделяются *Staphylococcus aureus* и коагулазонегативные стафилококки, обладающие способностью к быстрому прилипанию к биоматериалам и формированию устойчивых биоплёнок. Эти микроорганизмы могут избегать как врождённых, так и приобретённых защитных механизмов хозяина, а также устойчивы к бицидам и антибиотикотерапии. Nature

Проблема усугубляется ростом антибиотикорезистентности. В частности, в ортопедической практике отмечается увеличение числа инфекций, вызванных метициллин-резистентными штаммами *S. aureus*, что приводит к ухудшению клинических исходов, увеличению продолжительности госпитализации и необходимости повторных хирургических вмешательств [3].

Доступ к эффективным антибиотикам остаётся ограниченным, особенно в странах с низким и средним уровнем дохода. Недавнее исследование, опубликованное в *The Lancet Infectious Diseases*, показало, что менее 7% пациентов с тяжёлыми лекарственно-устойчивыми инфекциями получают необходимые антибиотики, что способствует дальнейшему распространению устойчивости к противомикробным препаратам [2,4].

В условиях глобального роста использования имплантируемых медицинских изделий и увеличения числа инфекционных осложнений, связанных с ними, становится необходимым систематизировать и проанализировать современные данные по эпидемиологии, этиологии, патогенезу, диагностике, лечению и профилактике таких инфекций. Настоящая обзорная статья направлена на обобщение существующих знаний в этой области и выявление перспективных направлений для дальнейших исследований и клинической практики [6,7].

Имплантаты и биопротезы представляют собой искусственные конструкции, предназначенные для замещения, восстановления или усиления функций повреждённых или утраченных тканей и органов. В последние десятилетия благодаря развитию хирургии, биоинженерии и материаловедения их применение значительно расширилось, охватывая не только ортопедию и кардиохирургию, но и стоматологию, нейрохирургию, офтальмологию и реконструктивную медицину. Эпидемиологический анализ имплантируемых медицинских изделий требует предварительной классификации по типу, назначению и биологической совместимости.

К ортопедическим имплантатам относятся эндопротезы суставов (тазобедренных, коленных, плечевых и локтевых), пластины, штифты, винты и фиксаторы позвоночника. Они обеспечивают восстановление подвижности и несущей функции конечностей при дегенеративных и травматических поражениях. Эти конструкции изготавливаются преимущественно из титана, кобальто-хромовых сплавов, нержавеющей стали и полимеров (например, ПEEK), обеспечивающих высокую прочность и устойчивость к биокоррозии. Несмотря на высокую эффективность, ортопедические имплантаты подвержены риску инфицирования, особенно при ревизионных операциях, травмах или иммуносупрессии у пациента.

Кардиохирургические имплантаты включают в себя механические и биологические клапаны сердца, сосудистые протезы, стенты, кардиостимуляторы и имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы. Материалы, применяемые в этой области, должны быть инертными к крови, прочными и устойчивыми к тромбообразованию, что достигается использованием титановых сплавов, пиролитического углерода, полиэтилентерефталата и полиуретанов. Биологические клапаны, изготовленные из тканей животных, обладают

преимуществами по снижению тромбогенности, но ограничены сроком службы и также подвержены инфекционным осложнениям, включая протезный эндокардит [2,4].

Стоматологические имплантаты широко используются в реконструкции зубочелюстной системы и включают титано-керамические конструкции, а также пластины и сетки для восстановления лицевого скелета. Основные материалы – титан, цирконий, оксид алюминия и гидроксиапатит – обладают отличной остеоинтеграцией, что обеспечивает надёжную фиксацию имплантатов в костной ткани. При этом высокий риск развития периимплантитов делает необходимым соблюдение строгих протоколов гигиены и антисептики.

К группе сенсорных и нейрохирургических имплантатов относятся кохлеарные импланты, нейростимуляторы, внутрочерепные электроды, внутриглазные линзы и прочие устройства, улучшающие сенсорные и когнитивные функции. Такие изделия требуют высокой степени биосовместимости, стабильности при длительном нахождении в организме и минимальной иммуноактивности.

Особую категорию составляют тканеинженерные биопротезы, разработанные с использованием естественных или синтетических матриц, заселённых клетками, что позволяет создавать адаптируемые конструкции с потенциальной способностью к регенерации. Биопротезы применяются в хирургии сосудов, кожи, хрящей, клапанов сердца и других органов. Несмотря на их высокую биологическую ценность, использование таких конструкций требует тщательного контроля стерильности и условий хранения.

С точки зрения материаловедения, наиболее часто применяемыми материалами являются металлы (титан и его сплавы, нержавеющая сталь, кобальто-хром), полимеры (полиэтилен, ПТФЭ, ПММА, РЕЕК), керамика (гидроксиапатит, цирконий, алюминий) и композиты, сочетающие свойства различных классов веществ. Каждый материал подвергается оценке биосовместимости в соответствии с международными стандартами, такими как ISO 10993, включая тестирование на цитотоксичность, сенсибилизацию и иммунологическую безопасность. Разнообразие видов имплантатов и биопротезов, а также их материалов, определяет не только функциональную эффективность, но и потенциальные риски развития инфекционных осложнений, что требует пристального внимания со стороны эпидемиологов, хирургов и специалистов по медицинским материалам [1,4].

Инфекции, связанные с имплантируемыми медицинскими изделиями, представляют собой одну из наиболее серьёзных проблем современной клинической эпидемиологии. Их значимость обусловлена не только медицинскими и экономическими последствиями, но и устойчивостью к лечению, тенденцией к хроническому течению и высоким риском рецидивов. В условиях широкого распространения имплантатов во всех областях хирургии, частота инфекционных осложнений остаётся тревожно высокой, несмотря на совершенствование антисептических и хирургических технологий.

Согласно современным клинко-эпидемиологическим данным, частота инфекций, связанных с позвоночными имплантатами, колеблется от 1% до 20%. Наибольшие показатели регистрируются в случаях длительных операций, повторных вмешательств, нарушений стерильности, а также у пациентов с иммунодефицитами или онкологическими заболеваниями. Спинальные конструкции из металлов и полимеров, несмотря на биосовместимость, остаются объектом адгезии и колонизации бактериями, особенно стафилококками и энтерококками.

При открытых переломах, требующих немедленного хирургического вмешательства и установки фиксаторов, уровень инфекционных осложнений может достигать 30–33%. Наиболее подвержены риску пациенты с поливалентными травмами, нарушением микроциркуляции и инфицированием раны при транспортировке. В таких случаях на первый

план выходит необходимость раннего системного контроля и использования комбинированной антибактериальной терапии до и после операции.

Эпидемиологические различия в частоте имплант-ассоциированных инфекций также выявляются в зависимости от региона, структуры здравоохранения и уровня стационара. В странах с высоким уровнем медицинской технологии и строгими стандартами профилактики (США, Германия, Япония) регистрируются показатели на уровне 1–2% при плановых эндопротезированиях, в то время как в учреждениях с ограниченными ресурсами и перегрузкой коечного фонда (включая некоторые страны Азии, Африки и Восточной Европы) доля инфекционных осложнений может превышать 10–15%. Существенную роль играют также факторы внутрибольничного заражения, несоблюдение правил антисептики, длительное нахождение в стационаре и поздняя диагностика инфицирования [2,6].

Метаанализы, проведённые в последние годы, подтверждают прямую зависимость между типом хирургического вмешательства, локализацией имплантата и уровнем инфицирования. Так, наиболее подверженными инфекциям являются ортопедические и спинальные конструкции, в то время как сосудистые протезы и нейрохирургические устройства (например, шунты) демонстрируют более низкую частоту осложнений, однако при инфицировании сопровождаются высокой летальностью. Установлено также, что ревизионные вмешательства имеют в 3–5 раз более высокий риск развития инфекции по сравнению с первичными операциями. Имплант-ассоциированные инфекции остаются актуальной эпидемиологической проблемой, требующей системного подхода к анализу рисков, стандартизации профилактики и постоянного эпиднадзора в хирургических стационарах. Выявление уязвимых категорий пациентов и типов вмешательств с повышенным риском инфицирования имеет решающее значение для разработки эффективных клинико-эпидемиологических стратегий.

Этиология и патогенез инфекций, связанных с имплантатами

Имплант-ассоциированные инфекции (ИАИ) характеризуются сложной этиологией и патогенезом, отличающимися от типичных острых бактериальных воспалений. Главную роль в развитии этих инфекций играют микроорганизмы, обладающие способностью к длительной персистенции на инородных поверхностях, к формированию биоплёнок и к высокой устойчивости к антимикробной терапии. В патогенезе таких состояний ключевое значение имеют адгезия бактерий к имплантату, инкапсуляция их в матриксе биоплёнки и подавление иммунного ответа организма.

Основные патогены

Наиболее часто выделяемыми возбудителями являются грамположительные кокки, особенно *Staphylococcus aureus*, включая метициллин-резистентные штаммы (MRSA), и коагулазонегативные стафилококки (чаще *Staphylococcus epidermidis*). Эти микроорганизмы способны прочно прикрепляться к поверхности металлических, полимерных и биологических имплантатов, образуя стабильные бактериальные колонии. Среди грамотричных микроорганизмов клинически значимыми являются *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter* spp. и *Escherichia coli*. Также регистрируются грибковые инфекции, преимущественно *Candida albicans*, особенно у иммунокомпрометированных пациентов [1].

Роль биоплёнок

Формирование биоплёнки – центральный механизм патогенеза ИАИ. Биоплёнка представляет собой сложную трёхмерную структуру, включающую микробные клетки, погружённые в полисахаридно-белковый матрикс, который защищает их от действия антибиотиков и иммунных клеток. По данным клинических и морфологических исследований,

биоплёнки обнаруживаются у 80% пациентов с хроническими имплант-ассоциированными инфекциями, что свидетельствует об их системной значимости.

Уже через 1–2 часа после установки имплантата возможна адгезия первых бактериальных клеток. В течение 6–24 часов начинается их активная пролиферация и синтез экстрацеллюлярного матрикса, а через 2–3 дня формируется зрелая биоплёнка, устойчивая к воздействию фагоцитов и антимикробных препаратов. Дисперсия (отделение клеток от биоплёнки) способствует хронизации и гематогенному распространению инфекции.

Механизмы антибиотикорезистентности

Устойчивость бактерий при ИАИ имеет как генетическую, так и фенотипическую природу. Биоплёнка создаёт физический барьер для проникновения антибиотиков, а бактерии внутри неё находятся в состоянии низкого метаболизма (персистентные формы), что снижает их чувствительность к препаратам. Кроме того, высокая плотность популяции внутри биоплёнки способствует горизонтальному переносу генов резистентности, включая плазмиды и транспозоны.

Установлено, что минимальная бактерицидная концентрация (МБК) для бактерий в биоплёнке может быть в 100–1000 раз выше, чем для planktonic-форм. Это объясняет частую неэффективность стандартной антибактериальной терапии при ИАИ и необходимость длительного, часто комбинированного лечения [5].

Влияние на клиническое течение

Инфекции, связанные с имплантатами, склонны к подострому или хроническому течению, с невыраженными симптомами на ранних стадиях. Наличие биоплёнки препятствует быстрой элиминации возбудителя, что приводит к пролонгированному воспалению, фиброзу, рецидивам и необходимости повторных операций. Такие инфекции ассоциированы с увеличением длительности госпитализации, ростом затрат на лечение и ухудшением функциональных исходов.

Факторы риска развития имплант-ассоциированных инфекций

Формирование инфекции, связанной с имплантатом, представляет собой мультифакторный процесс, зависящий от характеристик операции, состояния пациента, свойств используемых материалов и условий лечебного учреждения. Распознавание факторов риска имеет ключевое значение для разработки эффективных профилактических стратегий и индивидуализации подходов к имплантационным вмешательствам [5,6].

Операционные факторы

Одним из важнейших предикторов инфицирования является продолжительность хирургического вмешательства. Исследования показывают, что операции, длительность которых превышает 2–3 часа, сопровождаются двукратным увеличением риска инфекции из-за увеличенного времени экспозиции раны, иссушения тканей и потенциального снижения эффективности антибиотикопрофилактики. Нарушение техники имплантации, повреждение мягких тканей, недостаточный гемостаз и неадекватный выбор метода стерилизации увеличивают вероятность микробного загрязнения.

Несоблюдение принципов асептики — нарушение режима обработки операционного поля, использование контаминированного инструментария или перчаток, дефекты вентиляции и фильтрации воздуха — также существенно увеличивает риск внутрибольничной контаминации имплантата. В ряде случаев источником инфекции становятся эндогенные штаммы микрофлоры пациента, колонизирующие кожу и слизистые.

Пациент-специфические факторы

К числу ключевых факторов, предрасполагающих к развитию ИАИ, относятся возрастные и метаболические нарушения. Сахарный диабет, особенно декомпенсированный,

существенно повышает риск из-за микроангиопатии, нарушенного заживления ран и снижения активности нейтрофилов. Пожилой возраст сопряжён с ослаблением иммунного ответа и частыми сопутствующими патологиями. Пациенты с онкозаболеваниями, получающие химио- или радиотерапию, а также лица с трансплантацией органов и иммунодефицитами (ВИЧ, применение глюкокортикоидов) составляют особую группу риска.

Ожирение, курение, гипоальбуминемия, хронические кожные заболевания, предшествующие инфекции и длительное пребывание в стационаре также рассматриваются как значимые факторы, отрицательно влияющие на исход имплантации [2].

Свойства материалов имплантата

Материалы, используемые при изготовлении имплантатов, существенно различаются по способности к адгезии бактерий и формированию биоплёнок. Пористость, гидрофобность поверхности, наличие микротрещин и шероховатостей создают благоприятные условия для закрепления микроорганизмов. Например, установлено, что титановая поверхность с микрошероховатостью стимулирует прикрепление *Staphylococcus epidermidis*, тогда как более гладкие и инертные покрытия, такие как оксидированная керамика или гелеобразные полимеры, снижают риск колонизации.

Длительное пребывание имплантата в организме без механических нагрузок (например, при временных дренажах или фиксаторах) увеличивает вероятность образования биоплёнок, особенно в условиях недостаточной циркуляции крови и лимфы.

Обобщение научных данных

Систематический обзор, опубликованный в *Frontiers in Microbiology*, подчёркивает, что ни один фактор риска не может рассматриваться изолированно. Комбинация операционных, индивидуальных и материальных факторов значительно повышает вероятность развития инфекции, а особенно уязвимыми считаются пациенты с пересекающимися признаками (например, пожилой диабетик с кардиостимулятором и низким уровнем альбумина). Исследования подчёркивают важность внедрения многоуровневого подхода к профилактике, включающего оптимизацию дооперационной подготовки пациента, контроль качества хирургических процедур и выбор биоинертных материалов.

Диагностика инфекций, связанных с имплантатами

Диагностика инфекций, ассоциированных с имплантатами, представляет собой клинически и лабораторно сложную задачу. Эти состояния часто имеют стёртую или атипичную клиническую картину, особенно при хроническом течении, а наличие биоплёнок затрудняет идентификацию возбудителя. Стандартные лабораторные и инструментальные методы не всегда обладают достаточной чувствительностью и специфичностью, что требует сочетания классических подходов и современных молекулярно-биологических технологий [4].

Стандартные методы диагностики

В основе диагностики инфекций лежит комплексное клиническое обследование, включая оценку локального воспаления, боли, нестабильности имплантата и наличия свищей. В лабораторной диагностике используются:

Культуральное исследование (посев): является «золотым стандартом», однако при биоплёночной инфекции чувствительность классического посева составляет лишь 50–70%. Необходимо правильное взятие образцов с имплантата, тканей капсулы или пункционного отделяемого.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР): даёт возможность выявить микробную ДНК, даже если бактерии находятся в состоянии низкой метаболической активности или при ложноотрицательных результатах посева. ПЦР позволяет быстро и точно идентифицировать возбудителей, включая анаэробы и труднокультивируемые микроорганизмы.

Визуализационные методы: рентгенография, КТ, МРТ и сцинтиграфия с лейкоцитами используются для оценки наличия остеомиелита, нестабильности конструкции, инфильтрации мягких тканей. Однако они неспецифичны и требуют сопоставления с лабораторными данными.

Также применяются общеклинические маркеры воспаления — повышение С-реактивного белка (СРБ), лейкоцитоз, ускоренная СОЭ. Однако ни один из них не является специфическим для имплант-ассоциированных инфекций [1,3,5].

Современные методы диагностики

Для повышения чувствительности и точности диагностики применяются усовершенствованные подходы:

Соникация (ультразвуковая детекция) — метод обработки удалённых имплантатов ультразвуком для разрушения биоплёнок и высвобождения бактерий в окружающую среду. Полученную суспензию затем исследуют посевом или ПЦР. Метод увеличивает чувствительность выявления патогенов до 80–90% при хронических инфекциях.

MALDI-TOF масс-спектрометрия — быстрое и точное определение бактерий по протеиновому «отпечатку». Особенно эффективно при исследовании ранее полученных чистых культур, но требует специализированного оборудования.

Молекулярно-генетические панели — мультиплексные системы (например, FilmArray, SeptiFast), позволяющие в течение нескольких часов обнаружить ДНК десятков наиболее значимых возбудителей и гены антибиотикорезистентности. Они особенно полезны при тяжёлых, трудноинтерпретируемых клинических случаях.

Проблема выявления биоплёнок и ложнонегативных результатов

Одной из ключевых диагностических проблем при имплант-ассоциированных инфекциях является наличие биоплёнок. Бактерии внутри биоплёнки переходят в неактивное состояние, характеризующееся снижением метаболизма и утратой способности к росту на стандартных питательных средах. Это ведёт к ложноотрицательным результатам посева, несмотря на наличие клинических признаков инфекции [5,7].

Инфекции, связанные с имплантатами и биопротезами, представляют собой одно из наиболее серьёзных осложнений современной хирургии и важнейшую проблему в сфере внутрибольничной эпидемиологии. Несмотря на технологический прогресс и улучшение хирургических протоколов, частота имплант-ассоциированных инфекций остаётся высокой, особенно при наличии факторов риска, таких как длительные операции, коморбидные состояния пациента и использование пористых или шероховатых материалов.

ВЫВОДЫ: Этиологическая структура возбудителей подтверждает ведущую роль *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативных стафилококков и грамотрицательной флоры, обладающих способностью формировать биоплёнки — ключевой патогенетический механизм хронического течения и антибиотикорезистентности. Современные методы диагностики, включая ПЦР, соникацию и MALDI-TOF, позволяют повысить выявляемость возбудителей, однако проблема ложнонегативных результатов и недоступности высокотехнологичных тестов в рутинной практике остаётся актуальной.

Факторы риска ИАИ мультифакторны и включают как операционные, так и индивидуальные и материал-зависимые компоненты. Научные данные подчёркивают необходимость персонализированного подхода к профилактике и лечению таких инфекций, а также междисциплинарного взаимодействия между эпидемиологами, хирургами, микробиологами и специалистами по биоматериалам.

В условиях растущей антибиотикорезистентности и старения населения борьба с инфекциями, связанными с имплантатами, требует не только соблюдения стандартов

антисептики, но и внедрения инновационных решений — от антимикробных покрытий и интеллектуальных поверхностей имплантатов до использования фаготерапии и нанотехнологий. Интеграция эпидемиологического надзора с молекулярной диагностикой и анализом факторов риска позволит значительно повысить эффективность профилактических и терапевтических стратегий в новой эре имплантационной медицины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бриллиантов А.М., Шипулин Г.А. Бактериальные биоплёнки: структура, свойства, роль в патологии человека // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2018. – Т. 20, №1. – С. 5–13.
2. Кожевников О.В., Козлов Р.С. Инфекции, связанные с имплантатами: современное состояние проблемы и пути решения // Антимикробная химиотерапия. – 2020. – Т. 22, №2. – С. 115–124.
3. Савченко А.В., Лобанов А.И. Эпидемиология и профилактика инфекций при эндопротезировании суставов // Травматология и ортопедия России. – 2019. – №1(91). – С. 28–34.
4. Habib G., Lancellotti P., Antunes M.J., et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis // European Heart Journal. – 2015. – Vol. 36(44). – P. 3075–3128.
5. Tande A.J., Patel R. Prosthetic joint infection // Clin Microbiol Rev. – 2014. – Vol. 27(2). – P. 302–345.
6. Derks J., Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology // J Clin Periodontol. – 2015. – Vol. 42(Suppl.16). – P. S158–S171.
7. Gristina A.G. Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration // Science. – 1987. – Vol. 237(4822). – P. 1588–1595.