



УДК 616.728-089.87

doi.org/10.5922/2223-2427-2024-9-2-4

ОСНОВНЫЕ ВОЗБУДИТЕЛИ И ЗНАЧЕНИЕ ПЕРИПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ОРТОПЕДИИ

С. В. Сиваконь, С. В. Сретенский, Н. Н. Митрофанова
В. А. Мишин✉, К. Ю. Мурзаева

Пензенский государственный университет,
440026, Россия, Пенза, ул. Красная, 40

Поступила в редакцию: 14.12.2023 г.
Принята в печать: 16.01.2024 г.

Для цитирования: Сиваконь С. В., Сретенский С. В., Митрофанова Н. Н., Мишин В. А., Мурзаева К. Ю. Основные возбудители и значение перипротезной инфекции в современной ортопедии. *Хирургическая практика*. 2024;9(2):55–68. <https://doi.org/10.5922/2223-2427-2024-9-2-4>

Актуальность. Эндопротезирование является наиболее востребованным методом лечения при дегенеративных заболеваниях и травмах суставов, а число данных операций увеличивается с каждым годом. Закономерно с увеличением числа таких хирургических вмешательств растет частота возникновения послеоперационных осложнений, наиболее распространенное из которых — это перипротезная инфекция.

Цель. Анализ данных научной литературы для определения значимости и основных возбудителей перипротезной инфекции в настоящее время.

Материалы и методы. Проанализировано 49 источников, поиск которых осуществлялся в базах научных данных «PubMed», «Google Scholar», «eLibrary». Поиск научного материала проводили с помощью следующих ключевых слов: перипротезная инфекция, эндопротезирование суставов, осложнения эндопротезирования, инфекции в травматологии, биопленки, грамположительные бактерии, грамотрицательные бактерии, periprosthetic infection, joint replacement, complications of endoprosthetics, infections in traumatology, biofilms, gram-positive bacteria, gram-negative bacteria.

Результаты и обсуждение. В обзоре приведены данные о возбудителях перипротезной инфекции, особенностях лечения, профилактики и диагностики. Рассмотрены современные данные по эпидемиологии и факторам риска указанного осложнения. Наиболее частой причиной ревизионных операций после эндопротезирования стала перипротезная инфекция с асептическим расшатыванием эндопротеза. Установлены независимые факторы риска: застойная сердечная недостаточность, хронические заболевания легких, предоперационная анемия, депрессия, заболевания почек, нарушения легочного кровообращения, психозы, метастатическая опухоль, заболевания периферических сосудов и клапанов сердца.

Заключение. В настоящий момент наблюдается тенденция роста числа эндопротезирований крупных суставов, следовательно, увеличивается количество ревизионных вмешательств.

В таких условиях неизбежен рост случаев перипротезных инфекций, что указывает на значимость и перспективность исследований, направленных на изучение борьбы с возбудителями инфекции, а также на совершенствование методов профилактики и лечения.

Ключевые слова: перипротезная инфекция, инфекции в травматологии, эндопротезирование, осложнения эндопротезирования, обзор

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

UDK 616.728-089.87

doi.org/10.5922/2223-2427-2024-9-2-4

MAIN PATHOGENS AND THE TREATMENT OF PERIPROSTHETIC INFECTION IN MODERN ORTHOPEDICS

S. V. Sivakon, S. V. Sretensky, N. N. Mitrofanova
V. A. Mishin ✉, K. Yu. Murzaeva

Penza State University,
Krasnaya Str., Penza, 440026, Russia

Received 14 December 2023
Accepted 16 January 2024

To cite this article: Sivakon SV, Sretensky SV, Mitrofanova NN, Mishin VA, Murzaeva KYu. Main pathogens and the treatment of periprosthetic infection in modern orthopedics. *Surgical practice (Russia)*. 2024;9(2):55–68. <https://doi.org/10.5922/2223-2427-2024-9-2-4>

Background. Currently, endoprosthetics is the most popular method for treating degenerative diseases and joint injuries, with the number of these operations increasing every year. Naturally, as the number of such surgical interventions rises, the frequency of postoperative complications also increases, with periprosthetic infection being the most common.

Aim. To analyze data from scientific literature to determine the prevalence and main causative agents of periprosthetic infection at present

Materials and methods. Forty-nine sources were analyzed, which were searched in the scientific databases PubMed, Google Scholar, and eLibrary. The search for scientific material was conducted using the following keywords: periprosthetic infection, joint replacement, complications of endoprosthetics, infections in traumatology, biofilms, gram-positive bacteria, and gram-negative bacteria.

Results. The review provides data on the causative agents of periprosthetic infection, as well as features of its treatment, prevention, and diagnosis. It considers modern data on the epidemiology and risk factors of this complication. The most common cause of revision operations after endoprostheses is periprosthetic infection, followed by aseptic loosening of the endoprostheses. Independent risk factors have been identified, including congestive heart failure, chronic lung diseases, preoperative anemia, depression, kidney disease, pulmonary circulatory disorders, psychosis, metastatic tumors, and diseases of peripheral vessels and heart valves.

Conclusion. At present, there is a growing trend in the number of endoprosthetic surgeries for large joints, leading to an increase in revision interventions. Consequently, the number of periprosthetic infections is also rising, highlighting the importance and potential of research focused on controlling infectious agents and improving prevention and treatment methods.

Keywords: periprosthetic infection, infections in traumatology, endoprosthesis, complications of endoprosthesis, review

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Введение

В настоящее время эндопротезирование является наиболее востребованным методом лечения при дегенеративных заболеваниях и травмах суставов [1]. Данное лечение позволяет вернуть пациенту двигательную активность и возможность осуществлять трудовую деятельность. В России потребность в протезировании только тазобедренного сустава составляет 300 тыс. в год, в США к 2030 г. планируется выполнение около 4 млн операций протезирования коленного и тазобедренного суставов ежегодно [2]. Закономерно с увеличением числа таких хирургических вмешательств растет частота возникновения послеоперационных осложнений, наиболее распространенное из которых — это перипротезная инфекция (ППИ). При этом ее частота после первичных замен составляет 1,5–2,5% [3], после ревизионных операций достигает 40% [1; 4].

Перипротезная инфекция — глубокая инфекция области хирургического вмешательства, развившаяся после имплантации эндопротеза, представляет собой частный случай имплантат-ассоциированной инфекции [5].

Осложнение эндопротезирования в виде перипротезной инфекции является причиной более длительного лечения и требует пролонгированной и дорогостоящей антибиотикотерапии [6]. При этом диагностика затруднена из-за схожести процесса с асептическими случаями, за которые до настоящего времени ошибочно принимаются ППИ.

Таким образом, перипротезная инфекция в последние годы приобретает характер медико-социальной и экономической проблемы во всем мире. Поэтому необходимо проводить мониторинг основных возбудителей и изучать факторы риска возникновения антибиотикорезистентности.

Цель исследования — анализ данных научной литературы для определения значимости и основных возбудителей перипротезной инфекции в ортопедии в настоящее время.

Материалы и методы

Проанализировано 50 источников, поиск которых осуществлялся в базах научных данных «PubMed», «Google Scholar», «eLibrary». Поиск научного материала осуществлялся с помощью следующих ключевых слов: перипротезная инфекция, эндопротезирование суставов, осложнения эндопротезирования, инфекции в травматологии, биопленки, грамположительные бактерии, грамотрицательные бактерии, periprosthetic infection, joint replacement, complications of endoprosthetics, infections in traumatology, biofilms, gram-positive bacteria, gram-negative bacteria.

Клинические проявления ППИ

Клинически ППИ чаще проявляется болевым синдромом и формированием свищевых ходов. В редких случаях сопровождается лихорадкой и яркой клинико-лабораторной картиной острого инфекционного процесса. В последнем случае, как правило, осуществляется дренирование области протеза и применяется антибиотикотерапия без удаления эндопро-

теза, которая обычно оказывается неэффективной, вследствие чего инфекция принимает хроническое течение [7]. Хроническое течение ППИ, помимо артралгии, проявляется расшатыванием протеза. Лихорадка, локальный отек и инфильтрация, выделения из раны и формирование свищевого хода являются редкими проявлениями ППИ (менее чем у 50 % пациентов) [8].

Эпидемиология и факторы риска ППИ

Мировая тенденция такая, что наиболее частыми операциями по эндопротезированию являются установки эндопротезов коленного (КС) и тазобедренного суставов (ТБС). Реже выполняются установки плечевого, локтевого, лучезапястного, голеностопного, пястно-фалангового и межфалангового суставов. Число подобных операций с каждым годом растет, что, соответственно, увеличивает и частоту развития перипротезной инфекции.

Отмечается, что риск развития ППИ наиболее высок в раннем послеоперационном периоде, но сохраняется в течение всей дальнейшей жизни пациента с эндопротезом. При этом определенная доля всех инфекций проявляется через 1 год после установки протеза [9].

Исследование, проведенное в новозеландской популяции и охватывающее период с 2000 по 2015 г., показало, что наиболее частой причиной ревизионных операций стала ППИ с асептическим расшатыванием эндопротеза. Риск ревизии в данном случае составил 2 %, асептическое расшатывание — 1,2 %. При этом частота ППИ коленного сустава увеличилась с 0,8 до 2,0 % через 15 лет [10]. Другая работа, исследующая канадскую популяцию (Онтарио, Канада), показывает, что с 2002 по 2016 г. частота ППИ КС возросла с 0,5 до 1,7 % [11]. В другом исследовании (Канада) частота развития ППИ тазобедренного сустава составила 0,5 % через 1 год и 1,4 % через 15 лет [12].

В Российской Федерации данные по частоте возникновения ППИ соответствуют мировым. К такому выводу приходят авторы статистического исследования, использующие данные, полученные из 76 субъектов РФ, 41 федерального и 18 частных учреждений здравоохранения. Таким образом, было выяснено, что в 2019 г. число первичных операций по эндопротезированию ТБС составило 83 311, КС — 63 750. Число случаев протеченной ППИ ТБС было 2535, а КС — 1747. Врачи из регионов РФ, принявшие участие в исследовании, высоко отметили (4,2 балла из 5) необходимость создания отдельного ортопедического центра по лечению ППИ, что указывает на актуальность проблемы и отвечает реальному запросу [13].

Основные факторы риска инфекции протезированного сустава (ИПС) подразделяют на системные, интраоперационные и послеоперационные (табл. 1) [14; 15].

Таблица 1. Факторы риска развития ИПС

Table 1. Risk factors for prosthetic joint infection

Системные	Интраоперационные	Послеоперационные
Пожилой возраст	Двусторонняя артропластика	Проблемы с заживлением раны (некроз, расхождение краев)
Мужской пол	Длительность операции более 2 ч	Фибрилляция предсердий
Избыточный вес	Аутогемотрансфузия	Инфекции мочевыводящих путей
Сахарный диабет II типа		S.aureus-бактериемия
Ревматоидный артрит		Длительные сроки госпитализации
Посттравматический артрит		
Курение		
Онкологические заболевания		
Иммунодефициты		

Метаанализ, выполненный корейскими исследователями из Медицинского центра Университета Юннам, показал, что после эндопротезирования плечевого сустава основными факторами риска ППИ являются сахарный диабет, заболевания печени, злоупотребление алкоголем, железодефицитная анемия и ревматоидный артрит [16]. В другом исследовании статистически значимыми факторами риска развития ППИ после тотального протезирования КС оказались длительное время операции (> 90 мин) и наложения жгута (> 60 мин), использование цемента без применения антибиотиков, ожирение, сахарный диабет, потребность в переливании крови [17].

Исследование, проведенное в Испании, помимо вышеперечисленных факторов указывает на другие зарегистрированные независимые факторы риска: застойная сердечная недостаточность, хронические заболевания легких, предоперационная анемия, депрессия, заболевания почек, нарушения легочного кровообращения, психозы, метастатическая опухоль, заболевания периферических сосудов и клапанов сердца [18].

Классификация ППИ и возбудители

Классификация ППИ, предложенная M. B. Coventry и D. T. Tsukayama [19], учитывает время манифестации симптомов и способ проникновения инфекции в область оперированного сустава. Согласно данной классификации выделяют следующие типы ППИ:

I тип — ранняя послеоперационная (до 4 недель);

II тип — поздняя хроническая (от 4 недель);

III тип — острая гематогенная (через год и более);

IV тип — положительная интраоперационная культура (при получении положительных интраоперационных посевов в 2–6 образцах тканей).

Ранняя послеоперационная инфекция проявляется появлением отека, локальной гиперемией и гипертермией, появлением свища и системными реакциями (нарастанием лейкоцитоза в общем анализе крови, лихорадкой).

Поздняя хроническая инфекция имеет менее характерную клиническую картину и иной срок манифестации: чаще всего первые симптомы (умеренные боли в области оперированного сустава с иррадиацией в паховую область при оперированном ТБС, усиливающиеся при осевой нагрузке) начинают беспокоить пациентов начиная с 4 недель с момента операции.

Острая гематогенная ППИ развивается на фоне бактериемии после перенесенных инфекционных заболеваний мочевыделительной системы, полости рта, дыхательных путей через год и более от момента операции.

IV тип ППИ впервые устанавливается в случае получения роста культур микроорганизмов в двух и более интраоперационных образцах перипротезных тканей во время ревизионных операций [6].

Возбудителями ППИ являются микроорганизмы, способные образовывать биопленки, синтезирующиеся из внеклеточного матрикса, на металлических и полимерных поверхностях протезов [20–22]. Такие микроорганизмы имеют особый сложный способ взаимодействия друг с другом, существуя при этом как многоклеточная структура («чувство кворума»), то есть взаимодействуя друг с другом в бактериальной популяции с помощью уникальных химических сигналов, тем самым сообщая и координируя действия [23].

В большинстве случаев возбудителями инфекции ТБС являются представители грам-положительной микрофлоры: золотистый (12–23 %) и коагулазонегативные стафилококки (30–43 %). Также причиной осложнения являются стрептококки (9–10 %), энтерококки (3–7 %), анаэробы (2–4 %) и *Candida* spp. (1–3 %) [24]. Несмотря на то что грамотрицатель-

ная микрофлора (*Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* и др.) играет незначительную роль (5–23 %) в этиологии перипротезной инфекции, ее лечение затруднено вследствие высокой вирулентности возбудителей и их антибиотикорезистентности [25].

Схожие данные при ППИ ТБС предоставляет В. В. Тец в работе «Микроорганизмы и антибиотики. Инфекции кожи, мягких тканей, костей и суставов» [26]. Автор отмечает, что основными возбудителями ППИ при эндопротезировании ТБС являются стафилококки. На долю метициллинорезистентных штаммов приходится 75 %. Наиболее частым возбудителем является *S. epidermidis* – 40 %. В числе микроорганизмов, вызывающих ППИ намного реже, выделяются другие представители грамположительной флоры, энтеробактерии, *P. aeruginosa* [26].

Другие авторы при анализе современной литературы выделяют наиболее частых возбудителей ППИ, среди которых *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и виды *Enterobacter*, а также кожные патогены *Staphylococcus sp.* и *Cutibacterium acnes* (*Propionibacterium acnes*), связанные с угнетенным состоянием иммунной системы пациента [27].

Также имеются данные о роли грибковой микрофлоры в этиологии ППИ. В данном случае основными возбудителями являются *Candida albicans* (54 %), *Candida parapsilosis*, *glabrata* и *tropicalis* [28].

В 2021 г. был описан уникальный клинический случай рецидивирующей ППИ после тотального эндопротезирования ТБС, возбудителем которой стала редкая анаэробная грамположительная палочка *Trueperella bernardiae*. Инфекция сопровождалась антибиотикорезистентностью, ростом устойчивой к ципрофлоксацину *E. coli*, что в конечном итоге привело к развитию абсцесса поясничной мышцы и смерти 70-летней пациентки [29].

В обзорной статье Tai с соавт. в процентном соотношении наиболее полно представлены основные возбудители ППИ ТБС и КС [30]:

1) аэробные грамположительные бактерии (82 %): коагулазонегативные стафилококки (кроме *S. lugdunensis*) – 37 %, *S. aureus* – 24 %, *S. lugdunensis* – 4 %, *Streptococcus sp.* – 14 %, *Enterococcus sp.* – 8 %, *Corynebacterium sp.* – 5 %;

2) аэробные грамотрицательные бактерии (11%): *Enterobacterales* – 7 %, *Pseudomonas sp.* – 3 %;

3) анаэробные бактерии (13 %): *Cutibacterium sp.* – 8 %, другие виды – 5 %;

4) грибы – 3 %;

5) микобактерии – 0,5 %.

Современная диагностика ППИ

В 2011 г. группа, созданная Обществом инфекций опорно-двигательного аппарата (MSIS), на основе имеющихся данных предложила новое определение ППИ [31]. Были установлены следующие критерии ППИ:

1) имеется свищ, сообщающийся с протезом или

2) патоген выделяется культуральным путем по меньшей мере из двух отдельных образцов ткани или жидкости, полученных из пораженного протезного сустава или

3) наличие четырех из следующих шести критериев:

а) повышенная скорость оседания эритроцитов в сыворотке крови (СОЭ) и концентрация сывороточного С-реактивного белка (СРБ);

б) повышенное количество лейкоцитов в синовиальной оболочке;

в) повышенный процент синовиальных нейтрофилов (PMN %);

г) наличие гноя в пораженном суставе;
д) выделение микроорганизма в одной культуре перипротезной ткани или жидкости или

е) более пяти нейтрофилов на поле высокой мощности в пяти полях высокой мощности, наблюдаемых при гистологическом анализе ткани при увеличении $\times 400$.

В настоящее время для диагностики перипротезной инфекции применяется большое количество методов, среди которых наиболее важными являются физикальный осмотр, инструментальные, лабораторные, молекулярно-биологические методы диагностики, микробиологическое и цитологическое исследование [6].

Среди инструментальных методов (не являющихся эталоном диагностики ППИ) наиболее широко используется рентгенография. При развитии ППИ в области протезированного сустава на рентгенограмме будут визуализироваться зоны остеолитического просветления [30; 31]. МРТ, КТ и ПЭТ (позитронная эмиссионная томография) применяются реже вследствие высокой стоимости и низкой специфичности.

Лабораторные методы диагностики ППИ основаны на определении показателей сыровороточных (СОЭ, С-реактивный белок, D-димер, IL-6) и синовиальных (альфа-дефензин, лейкоцитарная эстераза, D-лактат, вязкость синовиальной жидкости, лейкоциты) биомаркеров. Эти методы являются наиболее быстрыми и доступными как в стационаре, так и амбулаторно [32; 33].

Метод ПЦР используется при подозрении на ППИ, предоставляет важные диагностические возможности для выявления микроорганизмов, рост которых затруднен на питательных средах. Быстрота метода (результат в течение 5 ч) и точность определения возбудителя позволяют начать раннюю этиотропную антибиотикотерапию [34]. Культурально-независимым технологиям, таким как секвенирование нового поколения, отводится ключевая роль в идентификации некультивируемых возбудителей [35; 36].

«Золотой стандарт» диагностики ППИ на сегодняшний день — микробиологическое исследование. Во время операции проводится сбор биоматериала для аэробного и анаэробного культивирования. Окрашивание тканей по Граму не рекомендуется. Важным условием лучшего роста культуры является отсутствие приема пациентом антибиотиков минимум за 2 недели до посева [37; 38]. Также рекомендовано следить за правильностью сбора, хранения, транспортировки материала. Главный недостаток метода обусловлен длительностью получения результатов (до 2 недель) [39].

Аспекты современного лечения и профилактики ППИ

Лечение ППИ — затруднительный и дорогостоящий процесс, который должен проводиться, по возможности, в специализированных лечебных учреждениях, выполняющих большой объем операций по эндопротезированию суставов, с участием совместных групп травматологов и врачей-инфекционистов [9; 13]. Цель такого лечения заключается в обеспечении функционирования суставов без болевого синдрома и, в идеале, полном избавлении от ППИ. Сама по себе антибиотикотерапия без хирургической обработки в большинстве случаев неэффективна.

В качестве основы лечения ППИ многие авторы рассматривают лечение с помощью двухэтапной обменной артропластики, которая применяется уже более четырех десятилетий [40]. Первый этап включает в себя полную резекцию всего инородного материала, очистку окружающих инфицированных мягких тканей и установку пропитанного антибиотиком цементного спейсера. Второй этап — удаление спейсера и любых дополнительных некротических тканей, тщательное промывание области хирургического вмешательства и установка новых протезных имплантатов [41]. Такой метод выгоден

по нескольким причинам. Спейсеры не только обеспечивают повышенную стабильность суставов, но также предотвращают сокращение мягких тканей и облегчают процедуры реимплантации. Цемент с антибиотиком обеспечивает высокую бактерицидную активность непосредственно в месте инфекции, увеличивая внутрисуставную концентрацию антибиотиков, тем самым сводя к минимуму системные токсические эффекты парентеральной терапии [42].

Важным фактором при использовании цементных прокладок является включение в цемент специфических антибиотиков [43]. Полиметилметакрилатные суставные прокладки, выделяющие антибиотики (порошкообразный тобрамицин и ванкомицин), используемые при двухэтапной ревизии, помогают сохранить функцию сустава в течение периода без протезирования [44].

С другой стороны, многие европейские центры уже выступают за одноэтапность данной процедуры, ссылаясь на снижение затрат и сопоставимые результаты [45]. Однако одностадийное лечение требует наличия достаточного объема здоровых мягких тканей пациента, минимальную потерю костной массы и чувствительность возбудителей ППИ к антибиотикам [46].

В борьбе с возбудителями ППИ большой потенциал имеют антимикробные пептиды (АМП), воздействующие непосредственно на биопленки и влияющие как на грамположительную, так и на грамотрицательную флору [47].

Среди новых видов антибиотиков, действующих на грамположительные микроорганизмы (в том числе способные существовать в виде биопленок), стоит отметить оритаванцин и далбаванцин (одобренены в США) [48].

Профилактика развития ППИ сводится к предоперационным, интраоперационным и послеоперационным мероприятиям (табл. 2) [49; 50].

Таблица 2. Профилактика ППИ

Table 2. Prevention of periprosthetic infection

Предоперационная	Интраоперационная	Послеоперационная
Оптимизация состояния пациента: – ИМТ < 35 – диета – уровень гемоглобина A1c < 7,5 – фруктозамин < 292 ммоль/л – отказ от курения – назальный скрининг на MRSA Прием ванны или душа с обычным или противомикробным мылом	Антибиотикопрофилактика Точная жидкостная реанимация Подготовка кожи бетадином и хлоргексидином Орошение разбавленным раствором повидон-йода Введение транексамовой кислоты Моноволоконистые швы	Нормализация СОЭ, СРБ, D-димера, IL-6

Заключение

Проблема перипротезной инфекции занимает важное место среди осложнений эндопротезирования в современной травматологии. В настоящий момент наблюдается тенденция роста подобных операций, следовательно, увеличивается количество ревизионных вмешательств. В таких условиях неизбежен рост случаев ППИ, что указывает на значимость и перспективность исследований, направленных на изучение борьбы с возбудителями инфекции, а также на совершенствование методов профилактики и лечения.

Список литературы/References

1. Митрофанов В. Н., Гординская Н. А. Фенотип антибиотикорезистентности возбудителей перипротезной инфекции как основа выбора рационального антимикробного лечения. *Медицинский альманах*. 2017;4(49):72–75.

[Mitrofanov VN, Gordinskaya NA. The phenotype of antibiotic resistance of pathogens of periprosthetic infection as the basis for choosing rational antimicrobial treatment. *Medical almanac*. 2017;4(49):72–75 (in Russ.).]

2. Иванцов В. А., Богданович И. П., Лашковский В. В., Аносов В. С. Клинические и микробиологические характеристики перипротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2020;(3):237–240.

[Ivantsov VA, Bogdanovich IP, Lashkovsky VV, Anosov VS. Clinical and microbiological characteristics of periprosthetic hip and knee infections. *KMAX*. 2020;(3):237–240 (in Russ.).]

3. Flurin L, Greenwood-Quaintance KE, Patel R. Microbiology of polymicrobial prosthetic joint infection. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis*. 2019;(3):255–259. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2019.01.006>

4. Комаров Р. Н., Митрофанов В. Н., Новиков А. В., Королев С. Б. Тактика лечения инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(4):25–34.

[Komarov RN, Mitrofanov VN, Novikov AV, Korolev SB. Tactics of treatment of infectious complications after hip replacement. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2016;(4):25–34 (in Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-22-4-25-34>]

5. Общероссийская общественная организация Ассоциация травматологов-ортопедов России (АТОР). Клинические рекомендации «Перипротезная инфекция в области крупных суставов конечностей». Год утверждения: 2016. URL: https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/periproteznaya-infektsiya-v-oblasti-kрупnykh-sustavov-konechnostej_14168/ [дата обращения: 01.12.2023].

[Russian public organization Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia (ATOR). Clinical recommendations Periprosthetic infection in the area of large joints of extremities. Year of approval: 2016 (in Russ.). URL: https://medi.ru/klinicheskie-rekomendatsii/periproteznaya-infektsiya-v-oblasti-kрупnykh-sustavov-konechnostej_14168/ [accessed 01.12.2023].]

6. Мурyleв В. Ю., Руднев А. И., Куковенко Г. А., Елизаров П. М., Музыченков А. В., Алексеев С. С. Диагностика глубокой перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2022;(3):123–135.

[Murylev VYu, Rudnev AI, Kukovenko GA, Elizarov PM, Muzychenkov AV, Alekseev SS. Diagnosis of deep periprosthetic infection of the hip joint. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2022;(3):123-135 (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1797>]

7. Божкова С. А. Перипротезная инфекция в ортопедии. *Opinion leader*. 2018;(4):62–65.

[Bozhkova SA. Periprosthetic infection in orthopedics. *Opinion leader*. 2018;(4):62–65 (in Russ.).]

8. Ошкучков С. А. Хирургическое лечение перипротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов : автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2017. 26 с.

[Oshkukov SA. Surgical treatment of periprosthetic infection of the hip and knee joints : abstract of the dissertation of the Candidate of Medical Sciences. М., 2017. 26 p. (in Russ.).]

9. Patel R. Periprosthetic Joint Infection. *N Engl J Med*. 2023;388(3):251–262. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2203477>

10. Koh CK, Zeng I, Ravi S, Zhu M, Vince KG, Young SW. Periprosthetic Joint Infection Is the Main Cause of Failure for Modern Knee Arthroplasty: An Analysis of 11,134 Knees. *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Sep;475(9):2194–2201. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5396-4>

11. McMaster Arthroplasty Collaborative (MAC). Incidence and Predictors of Prosthetic Joint Infection Following Primary Total Knee Arthroplasty: A 15-Year Population-Based Cohort Study. *J Arthroplasty*. 2022;37(2):367–372. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.10.006>

12. McMaster Arthroplasty Collaborative (MAC). Risk factors for periprosthetic joint infection following primary total hip arthroplasty: a 15-year, population-based cohort study. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102:503–9. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00537>

13. Середа А. П., Кочиш А. А., Черный А. А., Антипов А. П., Алиев А. Г., Вебер Е. В., Воронцова Т. Н., Божкова С. А., Шубняков И. И., Тихилов Р. М. Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):84–93.

[Sereda AP, Kochish AA, Cherny AA, Antipov AP, Aliev AG, Veber EV, Vorontsova TN, Bozhkova SA, Shubnyakov II, Tikhilov RM. [Epidemiology of Hip And Knee Arthroplasty and Periprosthetic Joint Infection in Russian Federation]. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):84–93 [in Russ.]. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93>]

14. McCulloch RA, Martin A, Young BC, Kendrick BJ, Alvand A, Jeys L, Stevenson J, Palmer AJ. Frequent microbiological profile changes are seen in subsequent-revision hip and knee arthroplasty for prosthetic joint infection. *J Bone Jt Infect*. 2023 Nov 3;8(6):229–234. <https://doi.org/10.5194/jbji-8-229-2023>

15. Белов Б. С., Макаров С. А., Бялик Е. И. Инфекция протезированного сустава: современные подходы к диагностике и лечению. *Антибиотики и химиотерапия*. 2015;60(1-2):47–52.

[Belov BS, Makarov SA, Byalik EI. Joint Prosthetic Infection: UpDate Approaches to Diagnosis and Treatment. *Antibiotics and Chemotherapy*. 2015;60(1-2):47–52 [in Russ.].]

16. Seok H-G, Park J-J, Park S-g. Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Shoulder Arthroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(14):4245. <https://doi.org/10.3390/jcm11144245>

17. Blanco JF, Díaz A, Melchor FR, da Casa C, Pescador D. Risk factors for periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020 Feb;140(2):239–245. <https://doi.org/10.1007/s00402-019-03304-6>

18. Rodriguez-Merchan EC, Delgado-Martinez AD. Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(20):6128. <https://doi.org/10.3390/jcm11206128>

19. Tsukayama DT, Estrada R, Gustilo RB. Infection after total hip arthroplasty a study of the treatment of one hundred and six infections. *J. Bone Jt. Surg. Am*. 1996;(78):512–523. <https://doi.org/10.2106/00004623-199604000-00005>

20. Эрлих Г. Д., ДиМео П. Дж., Костертон Дж. У., Винклер Х. Культуроотрицательные биопленочные инфекции в ортопедической хирургии. (перевод: Цискарашвили А. В., Загородний Н. В., Горбатьюк Д. С.). М., ГЭОТАР-Медиа, 2021. 208 с.

[Ehrlich GD, Dimer PJ, Kosterton JW, Vinkler X. Culture-negative biofilm infections in orthopedic surgery (Translation: Ciskarashvili AV, Zagorodnij NV, Gorbatyuk DS). М., GEOTAR-Media, 2021. 208 p. [in Russ.].]

21. Tande AJ, Patel R. Prosthetic joint infection. *Clin. Microbiol. Rev*. 2014;(2):302–345. <https://doi.org/10.1128/CMR.00111-13>

22. Цискарашвили А. В., Меликова Р. Э., Новожилова Е. А. Анализ шестилетнего мониторинга основных возбудителей перипротезной инфекции крупных суставов и их тенденция к резистентности. *Гений ортопедии*. 2022;(2):179–188.

[Tsiskarashvili A, Melikova R, Novozhilova E. Analysis of six-year monitoring of common pathogens causing periprosthetic joint infection of major joints and the tendency to resistance. *Genij Ortopedii*. 2022;28(2):179–188 [in Russ.]. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-2-179-188>]

23. Mooney JA, Pridgen EM, Manasherob R, Suh G, Blackwell HE, Barron AE, Bollyky PL, Goodman SB, Amanatullah DF. Periprosthetic bacterial biofilm and quorum sensing. *J Orthop Res*. 2018 Sep;36(9):2331–2339. <https://doi.org/10.1002/jor.24019>

24. Винклер Т., Трампуш А., Ренц Н., Перка К., Божкова С. А. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):33–45.

[Winkler T, Trampuz A, Renz N, Perka C, Bozhkova SA. [Classification and algorithm for diagnosis and treatment of hip periprosthetic infection]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2016;(1):21–32 (in Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45>]

25. Rodriguez-Merchan EC, Delgado-Martinez AD. Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(20):6128. <https://doi.org/10.3390/jcm11206128>

26. Тец В. В. Микроорганизмы и антибиотики. Инфекции кожи, мягких тканей, костей и суставов. СПб., КЛЕ-Т, 2006. 128 с.

[Tets VV. Microorganisms and antibiotics. Infections of the skin, soft tissues, bones and joints. St. Petersburg, KLE-T, 2006. 128 p. (in Russ.).]

27. Лякишева К. С., Затеев А. В., Котлярова А. А., Чернопятов Д. И., Мадонов П. Г. Проблема перипротезной инфекции на современном этапе, поиск новых антимикробных средств. *Бюллетень медицинской науки*. 2022;2(26):102–113.

[Lyakisheva KS, Zateev AV, Kotlyarova AA, Chernopyatov DI, Madonov PG. Problem of periprosthetic infection at this stage, the search for new antimicrobial agents. *Bulletin of Medical Science*. 2022;2(26):102–113 (in Russ.).]

28. Schoof B, Jakobs O, Schmidl S, et al. Fungal periprosthetic joint infection of the hip: a systematic review. *Orthop Rev (Pavia)*. 2015;7(1):5748. <https://doi.org/10.4081/or.2015.5748>

29. Stone C, Elakis G, Maheshwari N. A rare case of periprosthetic *Trueperella bernardiae* following a total hip arthroplasty and antimicrobial stewardship. *Pathology*. 2021;53(1):52. <https://doi.org/10.1016/j.pathol.2021.06.113>

30. Tai DBG, Patel R, Abdel MP, Berbari EF, Tande AJ. Microbiology of hip and knee periprosthetic joint infections: a database study. *Clin Microbiol Infect*. 2022 Feb;28(2):255–259. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.06.006>

31. Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, Bauer TW, Springer BD, Della Valle CJ, Garvin KL, Mont MA, Wongworawat MD, Zalavras CG. New definition for periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society. *Clin Orthop Relat Res*. 2011 Nov;469(11):2992–4. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-2102-9>

32. Vicenti G, Bizzoca D, Nappi V, Pesce V, Solarino G, Carrozzo M, Moretti F, Dicuonzo F, Moretti B. Serum biomarkers in the diagnosis of periprosthetic joint infection: consolidated evidence and recent developments. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2019 Apr;23(2 Suppl):43–50. https://doi.org/10.26355/eurrev_201904_17473

33. Sigmund IK, Puchner SE, Windhager R. Serum Inflammatory Biomarkers in the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infections. *Biomedicines*. 2021;9(9):1128. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9091128>

34. Добровольская Н. Ю., Прищепа Н. П., Преображенская Е. В., Пчелова Н. Н. ПЦР-исследование как вспомогательный метод диагностики перипротезной инфекции после эндопротезирования суставов (клинический случай). *Клиническая лабораторная диагностика*. 2020;65(5):332–336.

Dobrovolskaya NYu, Prishchepa NP, Preobrazhenskaya EV, Pchelova NN. PCR research as an auxiliary method for diagnostics of periprosthetic infection after endoprosthesis of joints (clinical case). *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2020;65(5):332–336 (in Russ.). <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-5-332-336>

35. Wasterlain AS, Goswami K, Ghasemi SA, Parvizi J. Diagnosis of Periprosthetic Infection: Recent Developments. *J Bone Joint Surg Am*. 2020 Aug 5;102(15):1366–1375. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00598>

36. Gatti G, Taddei F, Brandolini M, Mancini A, Denicolò A, Congestri F, Manera M, Arfilli V, Battisti A, Zannoli S, Marino MM, Marzucco A, Morotti M, Grumiro L, Scalcione A, Dirani G, Cricca M, Sambri V. Molecular Approach for the Laboratory Diagnosis of Periprosthetic Joint Infections. *Microorganisms*. 2022 Aug 5;10(8):1573. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081573>

37. Tubb CC, Polkowski GG, Krause B. Diagnosis and Prevention of Periprosthetic Joint Infections. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020 Apr 15;28(8):e340–e348. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-19-00405>

38. Tan TL, Kheir MM, Shohat N, Tan DD, Kheir M, Chen C, Parvizi J. Culture-Negative Periprosthetic Joint Infection: An Update on What to Expect. *JB JS Open Access*. 2018 Jul 12;3(3):e0060. <https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.17.00060>

39. Schwotzer N, Wahl P, Fracheboud D, Gautier E, Chuard C. Optimal culture incubation time in orthopedic device-associated infections: a retrospective analysis of prolonged 14-day incubation. *J Clin Microbiol*. 2014 Jan;52(1):61–6. <https://doi.org/10.1128/JCM.01766-13>

40. Insall JN, Thompson FM, Brause BD. Two-stage reimplantation for the salvage of infected total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;(65):1087–98.

41. Ципящук Б. А., Голуб О. Д. Перипротезная инфекция. *Бюллетень медицинских Интернет-конференций*. 2020;(2):72–74.

[Tsipyashchuk BA, Golub OD. Periprosthetic infection. *Bulletin of medical Internet conferences*. 2020;(2):72–74 [in Russ..]

42. Tsukayama DT, Goldberg VM, Kyle R. Diagnosis and management of infection after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;(85):75–80. <https://doi.org/10.2106/00004623-200300001-00014>

43. Koo KH, Yang JW, Cho SH, Song HR, Park HB, Ha YC, Chang JD, Kim SY, Kim YH. Impregnation of vancomycin, gentamicin, and cefotaxime in a cement spacer for two-stage cementless reconstruction in infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2001 Oct;16(7):882–92. <https://doi.org/10.1054/arth.2001.24444>

44. Craig A, King SW, van Duren BH, Veysi VT, Jain S, Palan J. Articular spacers in two-stage revision arthroplasty for prosthetic joint infection of the hip and the knee. *EFORT Open Rev*. 2022 Feb 15;7(2):137–152. <https://doi.org/10.1530/EOR-21-0037>

45. Oussedik SI, Dodd MB, Haddad FS. Outcomes of revision total hip replacement for infection after grading according to a standard protocol. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;(92):1222–6. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.92B9.23663>

46. Bedair HS, Katakam A, Bedeir YH, Yeroushalmi D, Schwarzkopf R. A decision analysis of treatment strategies for acute periprosthetic joint infection: Early irrigation and debridement versus delayed treatment based on organism. *J Orthop*. 2020 Apr 29;22:246–250. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.04.003>

47. Pletzer D, Coleman SR, Hancock RE. Antibiofilm peptides as a new weapon in antimicrobial warfare. *Curr Opin Microbiol*. 2016;(33):35–40. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2016.05.016>

48. Fang X, Zhang L, Cai Y, Huang Z, Li W, Zhang C, Yang B, Lin J, Wahl P, Zhang W. Effects of different tissue specimen pretreatment methods on microbial culture results in the diagnosis of periprosthetic joint infection. *Bone Joint Res*. 2021 Feb;10(2):96–104. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.102.BJR-2020-0104.R3>

49. Iannotti F, Prati P, Fidanza A, Iorio R, Ferretti A, Pèrez Prieto D, Kort N, Violante B, Pipino G, Schiavone Panni A, Hirschmann M, Mugnaini M, Francesco Indelli P. Prevention of Periprosthetic Joint Infection (PJI): A Clinical Practice Protocol in High-Risk Patients. *Trop Med Infect Dis*. 2020 Dec 11;5(4):186. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5040186>

50. Parvizi J, Shohat N, Gehrke T. Prevention of periprosthetic joint infection. *Bone Joint J*. 2017;99-B(4_Supple_B):3–10. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B4.BJJ-2016-1212.R1>

Об авторах

Станислав Владимирович Сиваконь, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-экстремальной медицины, Пензенский государственный университет, Россия.

E-mail: sivakon@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4405-8242>

Сергей Владимирович Сретенский, старший преподаватель, кафедра травматологии, ортопедии и военно-экстремальной медицины, Пензенский государственный университет, Россия.

E-mail: ssv_84@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0004-2618-3738>

Наталья Николаевна Митрофанова, старший преподаватель, кафедра микробиологии, эпидемиологии и инфекционных болезней, Пензенский государственный университет, Россия.

E-mail: meidpgumi@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7101-4635>

Вадим Андреевич Мишин, студент, Медицинский институт, Пензенский государственный университет, Россия.

E-mail: mishin_pnzgumed@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-9472-6473>

Карина Юрьевна Мурзаева, студент, Медицинский институт, Пензенский государственный университет, Россия.

E-mail: karinamurzaeva863@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-7328-9249>

Для корреспонденции:

Вадим Андреевич Мишин, Пензенский государственный университет, Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40.

E-mail: mishin_pnzgumed@mail.ru

The authors

Stanislav V. Sivakon, Associate Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Extreme Medicine, Penza State University, Russia.

E-mail: sivakon@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4405-8242>

Sergey V. Sretensky, Senior Lecturer, Department of Traumatology, Orthopedics and Military Extreme Medicine, Penza State University, Russia.

E-mail: ssv_84@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0004-2618-3738>

Natalia N. Mitrofanova, Senior Lecturer, Department of Microbiology, Epidemiology and Infectious Diseases, Penza State University, Russia.

E-mail: meidpgumi@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7101-4635>

Vadim A. Mishin, Student of the Institute of Medicine, Penza State University, Russia.

E-mail: mishin_pnzgumed@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-9472-6473>

Karina Yu. Murzayeva, Student of the Institute of Medicine, Penza State University, Russia.

E-mail: karinamurzaeva863@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-7328-9249>

For correspondence:

Vadim A. Mishin, Penza State University, Krasnaya str., 40, Penza, 440026, Russia.

E-mail: mishin_pnzgumed@mail.ru

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: С. В. Сиваконь

Сбор и обработка материалов: С. В. Сретенский, Н. Н. Митрофанова

Написание текста: Н. Н. Митрофанова, В. А. Мишин, К. Ю. Мурзаева

Редактирование: С. В. Сиваконь, С. В. Сретенский

Authors' contribution:

Concept and design of the study: Stanislav V. Sivakon

Collection and processing of the material: Sergey V. Sretensky, Natalia N. Mitrofanova

Writing of the text: Natalia N. Mitrofanova, Vadim A. Mishin, Natalia N. Mitrofanova

Editing: Stanislav V. Sivakon, Sergey V. Sretensky

