

Перипротезная инфекция: диагностические алгоритмы и роль лабораторных биомаркеров (обзор литературы)

С. А. Гузюкина¹, А. П. Ройтман², М. Г. Ламбакахар², А. В. Овсянкин¹

¹ ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, Смоленск, Россия

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

На сегодняшний день эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов называют операцией века. По степени уменьшения болевого синдрома, коррекции деформаций и восстановления утраченных функций операция не имеет себе равных. Ни одно хирургическое вмешательство не имело таких глубоких социальных последствий и не приносило столь разительный ранний успех. С ростом числа первичных артропластик неизменно увеличивается и количество ревизионных операций, значимой причиной которых является перипротезная инфекция. Скрытое течение инфекции протезированного сустава часто ошибочно принимают за асептическую нестабильность, что существенно влияет на тактику хирургического лечения и его исходы, увеличивает количество повторных ревизионных вмешательств. На протяжении многих лет идет разработка новых диагностических алгоритмов. Поскольку ни один из диагностических тестов не обладает 100 % чувствительностью и специфичностью, необходимо использовать комбинацию различных методов исследований, включая клинические, рентгенологические, цитологические, гистологические и микробиологические тесты. Правильная диагностика позволяет оптимизировать тактику лечения и рассчитывать на благоприятный исход, именно поэтому поиск «золотого» теста продолжается.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имплант, эндопротезирование, перипротезная инфекция, асептическое расшатывание, биопленка, диагностические алгоритмы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Diagnostic algorithms of periprosthetic joint infection. The role of laboratory biomarkers (literature review)

S. A. Guzyukina¹, A. P. Roytman², M. G. Lambakakhar², A. V. Ovsyankin¹

¹ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Smolensk, Russia

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

SUMMARY

Hip and knee arthroplasty is currently considered as the surgery of the century. In terms of pain relief, correction of deformations and restoration of lost functions, the operation is second to none. Moreover, no surgical intervention has had such profound social consequences. The technique is really beneficial to patients because of early recovery. On the one hand, the number of primary arthroplastic surgeries, on the other hand, the number of revision surgeries is increasing as well. Significant number of revision surgeries is associated with periprosthetic joint infection. The latent course of the prosthetic joint infection is often mistaken for aseptic loosening, which significantly affects the tactics of surgical treatment and its outcomes, and increases the number of repeated revision interventions. New diagnostic algorithms have been developed over the years. Since none of the diagnostic tests has 100% sensitivity and specificity, it is necessary to use a combination of various diagnostic procedures, including clinical, radiological, cytological, histological as well as microbiological tests. Proper diagnosis contributes to optimization of treatment tactics and results in favorable outcome. Thus, that is why the search for the "golden" test continues.

KEYWORDS: implant, endoprosthesis, periprosthetic joint infection, aseptic loosening, biofilm, diagnostic algorithm.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Развитие современных методов хирургического лечения тяжелых дегенеративных поражений опорно-двигательной системы внушает оптимизм по поводу возможностей медицины в борьбе с болезнями костей и суставов. Тотальное эндопротезирование крупных суставов является настоящим прорывом, одним из самых успешных достижений ортопедической хирургии, существенно влияющих на качество жизни в нашей неуклонно стареющей популяции. На фоне роста распространенности остеоартрита и при отсутствии эффективного медикаментозного патогенетического лечения этого заболевания, операция позволяет сохранить функциональную способность пациентов в пожилом возрасте [1]. По степени уменьшения болевого синдрома, коррекции деформаций и восстановления утраченных функций операция не имеет себе равных,

к тому же ни одно хирургическое вмешательство не имело таких глубоких социальных последствий и не приносило столь разительный ранний успех.

С ростом числа первичных артропластик неизменно увеличивается и количество ревизионных операций, значимую часть которых занимает перипротезная инфекция (далее ППИ). По данным австралийского регистра за 2018 г. среди всех причин ревизионных вмешательств на тазобедренном суставе ППИ стоит на четвертом месте и составляет 18,1 % [2]. Еще в 1957 г. Elek и соавторы доказали связь высокого риска возникновения инфекции при наличии инородного тела в организме, пороговое количество бактерий для развития инфекции снижается с 1000000 бактериальных клеток без инородных материалов до 100 микроорганизмов при нанесении бактерий на шелковые нити [3]. Эта особенность

характерна для всех имплантируемых изделий, включая эндопротезы крупных суставов. ППИ является частным случаем имплант-ассоциированной инфекции. В США ежегодно проводится более миллиона первичных артропластик и, при самом строгом отношении к правилам асептики и антисептики в хирургических стационарах и применении внутривенных антибактериальных препаратов, частота инфекционных осложнений составляет от 1 до 3% от всех случаев первичных операций и имеет тенденцию к росту. Согласно же сведениям российских авторов, частота ревизий после эндопротезирования тазобедренного сустава составляет 16,6% от количества выполненных операций, причем на долю инфекции приходится 50,3% [4]. Хотя реальная эпидемиология имплант-ассоциированной инфекции в травматологии-ортопедии в РФ не известна, что связано с рядом статистических особенностей регистрации осложнений [5].

Диагноз ППИ является сложной задачей, поскольку не существует абсолютного теста для подтверждения или исключения инфекции. Необходимо использовать комбинацию диагностических исследований с наиболее высоким уровнем чувствительности и специфичности.

Учитывая образующуюся на поверхности эндопротеза биопленку и отсутствие прямого кровоснабжения имплантата, использование антибактериальных препаратов для лечения пациентов с ППИ недостаточно эффективно. В подавляющем большинстве случаев требуется одна или несколько операций, в некоторых случаях предусматривающих эксплантацию протеза, а в редких случаях это может в итоге привести к ампутации или даже к смерти. В дополнение к очевидно сложной ситуации для пациентов, не стоит забывать, что эта проблема затрагивает интересы общества, поскольку стоимость повторного реэндопротезирования, вызванного инфекцией, в пять раз выше, чем при первичной артропластике. Перипротезная инфекция выходит на первый план среди повторных хирургических вмешательств, и ожидается, что к 2030 году частота реэндопротезирований вырастет более чем на 50% [6]. Вопреки низкому проценту инфекционных осложнений после первичного эндопротезирования, с каждым годом срок ожидания для пациентов с нестабильностью эндопротеза становится все длиннее, и на сегодняшний день составляет уже не менее одного года.

Цель работы

Обобщить имеющиеся научные данные о диагностическом и прогностическом значении маркеров перипротезной инфекции крупных суставов.

Материалы и методы

Поиск статей осуществлялся с помощью ресурсов научных электронных библиотек eLIBRARY и Кокрановской библиотеки, а также наукометрических баз данных PubMed, Scopus и Web of Science. Были изучены ретроспективные и проспективные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, клинические рекомендации и обзорные статьи, посвященные изучению маркеров перипротезной инфекции крупных суставов. Поиск литературы был ограничен исследованиями, опубликованными на русском и английском языках. Источники, содержащие только абстракты, тезисы

или не отвечающие задачам настоящего исследования были исключены. В результате в описательный обзор вошла информация из 22 литературных источников.

Обсуждение

Образование биопленок на поверхности имплантов.

Особенностями возникновения инфекционных осложнений при эндопротезировании крупных суставов являются далеко не всегда выраженная воспалительная реакция организма пациента, а способностью микроорганизмов к биопленкообразованию на поверхности имплантатов, чем обусловлена низкая эффективность антибактериальной терапии ввиду устойчивости возбудителей к антимикробным препаратам и факторам иммунной системы организма. Первое свидетельство причастности биопленкообразования на поверхности имплантатов к возникновению инфекции было представлено в 1982 году. Произошло это при электронно-микроскопическом исследовании кардиостимуляторов у пациентов с рецидивирующей инфекцией, вызванной *Staphylococcus aureus* [7]. Однако в 1999 году J. W. Costerton с сотрудниками впервые выявили взаимосвязь между развитием биопленок и хроническими инфекциями [8]. Именно с этого момента времени стала появляться информация о способности бактерий образовывать пленчатые макроструктуры на поверхностях различных медицинских имплантируемых изделий, таких как эндопротезы крупных суставов, катетеры и др.

Выяснилось, что значимая часть инфекционных заболеваний человека обусловлены или сопровождаются образованием биопленок, что способствует хроническому протеканию процессов. Микроорганизмы, находящиеся в подобных структурах, отличаются повышенной устойчивостью к практически любым внешним воздействиям.

Поскольку современная медицина предполагает широкое использование в клинической практике различных инвазивных материалов, проблема приобретает масштабный характер, требуя пересмотра существующих протоколов профилактики, диагностики и лечения.

Несмотря на широкое признание серьезности этого вопроса, многое о механизмах, лежащих в основе образования и распространения биопленок в периимплантном пространстве, до сих пор остается за гранью нашего понимания. Накопленная к настоящему моменту времени научная информация позволяет видеть, что у микробов в биопленках присутствуют почти все типы известной «планктонной» резистентности и особые, присущие только им формы устойчивости [9]. Всестороннее изучение природы биопленок на молекулярном уровне дает специалистам ценные сведения о том, как эффективнее выявлять подобные формы микроорганизмов и как с ними бороться [10].

Классификация перипротезной инфекции. В зависимости от времени манифестации инфекции выделяют три типа ППИ. Если ППИ развивается в течение первых 3 месяцев после первичной имплантации эндопротеза, как правило, она связана с периоперационной бактериальной колонизацией имплантата и сопровождается всегда *острым процессом* с типичными признаками инфекции: повыше-

ние температуры, местный отек и гиперемия, наличие раневого отделяемого. Наиболее частыми возбудителями такой ППИ считаются *Staphylococcus aureus*, стрептококки, энтерококки и грамотрицательные бактерии.

Хронические ППИ возникают так же в результате колонизации эндопротеза во время операции, протекают чаще субклинически и проявляются весьма отсроченно, через 3–24 месяцев после проведенной операции. В подобных случаях очень сложно отличить ППИ от асептического расшатывания. Субклинические инфекции вызываются в основном низковирулентными микроорганизмами, такими как коагулазонегативные стафилококки (например, *Staphylococcus epidermidis*) и *Propionibacterium acnes*. Когда мы говорим о *гематогенной ППИ*, манифестация происходит уже остро или подостро, возможное время проявления – через два или три года [11].

Раннее выявление случаев ППИ прежде всего является залогом эффективного лечения. На протяжении достаточно продолжительного периода времени было разработано множество диагностических алгоритмов, но единого консенсуса так и не было достигнуто. Несмотря на растущий объем литературы, посвященной диагностике ППИ, проблемы в верификации диагноза существуют по-прежнему, поскольку нет абсолютного теста для подтверждения или исключения инфекции. При этом значительная часть инфекционных осложнений, особенно вызванных низковирулентной флорой, ошибочно могут расцениваться как асептическое расшатывание.

Алгоритмы диагностики перипротезной инфекции.

В 2011 году Обществом по скелетно-мышечной инфекции (MSIS) впервые с целью стандартизации был разработан принципиально новый алгоритм диагностики ППИ, основанный на определении больших и малых критериев. К большим критериям относятся наличие свища, напрямую сообщающегося с эндопротезом, и два положительных посева с одним и тем же микроорганизмом, при использовании стандартных методов культивирования. Наличие уже одного из этих критериев, согласно определению MSIS 2011 года, указывает на наличие ППИ. При их отсутствии общество рекомендует принимать за инфекционные осложнения те случаи, где мы видим как минимум три малых критерия, такие как повышение лабораторных маркеров воспаления – С-реактивного белка (СРБ) более 10 мг/л в сочетании со скоростью оседания эритроцитов (СОЭ) более 30 мм/ч, высокий цитоз синовиальной жидкости более 3000 кл/мл, повышение нейтрофилов более 70%, один положительный посев и более пяти нейтрофилов в каждом из пяти полей зрения при увеличении 100 при гистологическом исследовании.

Двумя наиболее значимыми прогностическими факторами, связанными с инфекцией после тотального эндопротезирования крупных суставов, были признаны лабораторные маркеры – С-реактивный белок и скорость оседания эритроцитов [12].

Через два года после разработки определения MSIS, в Филадельфии состоялась конференция, на которой около 400 делегатов из более чем 50 стран собрались, чтобы пересмотреть критерии MSIS перед ежегодным собранием. Эта встреча стала известна как Международная конференция по скелетно-мышечной инфекции (ICM). Основываясь на коллективном опыте и обзоре имеющейся литературы, группа экспертов решила дополнительно включить в качестве малого критерия повышение уровня лейкоцитарной эстеразы суставного аспирата. С добавлением данного экспресс-теста чувствительность диагностики ППИ повысилась, а специфичность снизилась с 98% до 95%. Были предложены такие маркеры как альфа-дефензин и D-димер. Кроме того, в качестве возможной замены существующих серологических тестов рассматривались методы ПЦР. Несмотря на то, что в будущем ПЦР-тестирование может сыграть свою роль, многочисленные исследования показали, что в диагностике ППИ оно не превосходит уже существующие критерии и даже может оказаться менее эффективным, чем культуральная идентификация, поскольку специфичность методов диагностики на основе ПЦР может составлять всего 75%, а положительная прогностическая ценность – менее 40% [12].

В 2018 году MSIS провело самый масштабный на сегодняшний день пересмотр существующих критериев ППИ [13] (табл. 1).

В качестве значимого малого критерия был принят тест синовиальный альфа-дефензин, чувствительность и специфичность которого составили примерно 98%

Таблица 1
Диагностические критерии ППИ ICM/MSIS 2018

Большие критерии (один из предложенных)		Решение		
Выделение одинаковых штаммов возбудителя из двух и более биоматериалов пациента		Инфицирован		
свищевой ход, сообщающийся с эндопротезом				
Малые критерии	Тип инфекции: острая	Тип инфекции: хроническая	Сумма баллов	Решение
СРБ в сыворотке крови (мг/л) или Д-Димер (мкг/л)	≥ 100 Неизвестно	≥ 10 ≥ 860	2	Дооперационная и послеоперационная сумма баллов: ≥6 – инфицирован 3–5 – неубедительно <3 – не инфицирован
Повышение СОЭ (мм/ч)	Не имеет значения	≥ 30	1	
Повышение в СЖ лейкоцитов (клеток/мкл) или лейкоцитарной эстеразы	≥ 10000 ++	≥ 3000 ++	3	
или положительный альфа-Дефензин	1,0	1,0		
Повышение в СЖ ПМН (%)	≥ 90	≥ 70	2	
Один положительный посев			2	
Положительная гистология			3	
Выделение возбудителя из интраоперационного биоматериала			3	

Примечание: СЖ – синовиальная жидкость, СРБ – С-реактивный белок, СОЭ – скорость оседания эритроцитов, ПЯН – полиморфноядерные нейтрофилы [14].

Таблица 2
Диагностические критерии ППИ EBJIS 2021, русскоязычная адаптация

Критерии	ППИ маловероятна	ППИ вероятна (2 и более «+» критерия, один из которых – основной)	ППИ подтверждена (один «+» критерий)
Основные критерии			
Клинические признаки	Подтверждена другая причина дисфункции сустава	1) Rg-признаки нестабильности до 5 лет после ЭП 2) проблемы с заживлением послеоперационной раны 3) недавняя лихорадка или бактериемия 4) наличие «гноя» вокруг эндопротеза	Свищевой ход, сообщающийся с эндопротезом
CRP		> 10 мг/л	
Цитологическое исследование синовиальной жидкости			
Число лейкоцитов (кл/мл)	≤ 1500	> 1500	> 3000
Доля ПЯН (%)	≤ 65%	>65%	>80%
Биомаркеры синовиальной жидкости			
Альфа-дефензин			«+»
Микробиологическое исследование			
Предоперационный аспират		Положительная культура	
Интраоперационный аспират и перипротезные ткани	Роста нет	Выделение возбудителя из 1 биоматериала	Одинаковые возбудители из ≥2 биоматериалов
Соникационная жидкость	Роста нет	Количество МО > 1 КОЕ/мл	Количество МО > 50 КОЕ/мл
Гистологическое исследование			
Поля зрения х400	«-»	≥ 5 ПЯН в 1 п/з	≥ 5 ПЯН в ≥ 5 п/з Визуализация МО
Другое			
Ядерная визуализация	«-» скintiграфия	«+» скintiграфия	

Примечание: ППИ – перипротезная инфекция, Rg-признаки – рентгенографические признаки, ЭП – эндопротезирование, CRP – С-реактивный белок, ПЯН – полиморфноядерные нейтрофилы, МО – микроорганизмы, п/з – поле зрения [16].

и 99 % соответственно, что выше, чем у других маркеров. Позднее, Бао-Чжань Юй с соавторами показали, что экспресс-тесты на определение лейкоцитарной эстеразы и α-дефензина в синовиальной жидкости достоверно указывают на наличие нейтрофилов. Чувствительность α-дефензина и тест-полосок на лейкоцитарную эстеразу вполне сопоставима, и оба этих метода обладают достаточно высокой специфичностью [12]. Однако, стоимость α-дефензина примерно в 10000 раз превышает стоимость лейкоцитарной эстеразы, поэтому, при полной сопоставимости результатов, выбор очевиден.

В 2018 и 2019 годах, Европейское общество по изучению инфекций костей и суставов (EBJIS) при поддержке MSIS и Европейского общества клинической микробиологии и инфекционных заболеваний (ESCMID) провело еще один тщательный анализ диагностического алгоритма, утвержденного на второй международной согласительной конференции, которая состоялась в феврале 2018 г. Вместо того, чтобы разделять критерии на большие и малые, EBJIS использует трехкомпонентный подход к диагностике на основе существующих клинических и серологических маркеров: инфекция вероятна, инфекция маловероятна и инфекция подтверждена. Как

и в предыдущих алгоритмах, здесь используются клинические и рентгенологические данные, лабораторные маркеры – С-реактивный белок, количество лейкоцитов суставного аспирата с высоким процентным содержанием сегментоядерных нейтрофилов, альфа-дефензин, лейкоцитарная эстераза, результаты прямого культурального исследования, посевов компонентов эндопротеза после ультразвуковой обработки, гистология, а также ядерно-магнитно-резонансная томография [15] (табл. 2).

Среди относительно новых тестов, более высокую чувствительность для диагностики ППИ, по мнению Карбышевой С. и др., продемонстрировал D-лактат синовиальной жидкости. Результаты сравнивали с определением количества лейкоцитов суставного аспирата (диагностическая чувствительность 86 % и 80 %, соответственно). Пороговая концентрация D-лактата при ППИ составила 1,26 ммоль/л. Такие аналитические характеристики как высокая чувствительность и быстрота получения результата делают целесообразным использовать D-лактат в качестве скринингового теста.

Мультиплексная ПЦР синовиальной и соникационной жидкости имеет сходную чувствительность и специфичность по сравнению с культуральным исследованием.

Преимущество использования основано на более быстром получении результата исследования и полной автоматизации процесса. При дальнейшем улучшении диагностических характеристик, например включении дополнительных праймеров, мультиплексная ПЦР может дополнять рутинное микробиологическое исследование, особенно в случаях хронической ППИ [17].

Одним из компонентов всех диагностических алгоритмов ППИ является гистологическое исследование. Специфичность и чувствительность гистологии никогда не были 100 %, и это обусловлено рядом причин. Ложноположительные результаты могут быть вызваны тем, что образцы для посева и гистологического исследования берутся из разных участков. Ложноотрицательные результаты могут быть обусловлены слабовирулентными микроорганизмами, такими как *Staphylococcus epidermidis* или *Propionibacterium* spp., которые не всегда приводят к инфильтрации перипротезной ткани нейтрофилами. Причиной несоответствий в результатах гистологического исследования может быть так же тип образца, отправленного в лабораторию. Большинство исследователей берут образцы из псевдокапсулы, синовиальной поверхности, пограничной мембраны и любой области ткани, окружающей сустав. В исследованиях Borj G и др. перипротезная

мембрана показала более высокую чувствительность и прогностическую ценность, чем псевдокапсула пораженного сустава, т.к. основная бактериальная биопленка находится между имплантатом и костью [18]. Включение экстренного гистологического исследования в состав скрининга по многочисленным данным последних лет улучшает диагностическую ценность как в общей когорте пациентов, так и при анализе групп сравнения за счет увеличения чувствительности в 2 и более раз [19].

Посев синовиальной жидкости и образцов интраоперационных тканей являются «золотым» стандартом для выявления этиологии ППИ, но могут давать большое количество ложноотрицательных результатов (от 17% до 53%) [20]. Обычно причиной ложноотрицательных результатов является лечение антибиотиками перед взятием биоматериала, трудно культивируемые микроорганизмы, сформировавшаяся биопленка и неправильный сбор образцов. Есть несколько способов улучшить результативность культивирования и свести к минимуму риск получения ложноотрицательных результатов, наиболее распространенным из них является ультразвук низкой интенсивности для разрушения биопленки, образующейся на извлеченных имплантатах. При этом эксплантированный эндопротез помещают в стерильный пакет, заливают физиологическим раствором и помещают в ультразвуковую мойку. После воздействия ультразвуковых волн, полученную соникационную жидкость высевают на плотные питательные среды и флаконы для условно стерильных жидкостей. Инкубируют до 14 дней. Применение в ходе микробиологического исследования соникационной обработки удаленных компонентов эндопротеза значительно повысило выявляемость возбудителей и заставило пересмотреть подходы к ведению таких пациентов.

Определение и классификация перипротезной инфекции напрямую влияет на диагностические подходы и хирургическую тактику лечения. За последнее десятилетие было предложено по меньшей мере пять различных определений ППИ, каждое из которых имеет свои ограничения. Чтобы продвинуться на шаг вперед, Всемирная ассоциация по борьбе с инфекциями в ортопедии и травматологии (W.A.I.O.T.) привела возможное альтернативное решение, основанное на относительной способности каждого диагностического теста для исключения и/или подтверждения диагноза ППИ, клинических симптомах и различии между данными, полученными на предоперационном этапе, интраоперационно и послеоперационными подтверждающими тестами. Согласно определению, любой положительный тест со специфичностью >90% оценивается как +1 балл, в то время как отрицательный тест на исключение с чувствительностью >90% оценивается как –1 балл. При получении как минимум двух подтверждающих тестов и двух исключающих, баланс между положительным и отрицательным результатом, интерпретированные с учетом клинической картины и послеоперационных результатов, позволяют выявить пять состояний: ≥ 1 балла – высокий риск ППИ, ≥ 0 баллов – низкий риск ППИ, нестабильность имплантата, связанная с биопленкой, контаминация и отсутствие инфекции – <0 баллов. Предлагаемый подход предоставляет свободу выбора для клинициста между используемыми тестами, исходя

из медицинских и экономических соображений, в то время как новые диагностические методы могут быть использованы при условии, что они соответствуют установленным значениям чувствительности и/или специфичности. Предложенное определение W.A.I.O.T. является результатом международных, междисциплинарных усилий [21]. Следующим шагом стало крупномасштабное, многоцентровое клиническое исследование по валидации данного алгоритма [22]. Не так давно предложенные пошаговые диагностические алгоритмы W.A.I.O.T., IBJIS, MSIS показывают достаточно высокую чувствительность и специфичность [13].

Заключение

Поиск новых тестов продолжается. Подтверждением тому стало международное мероприятие – 3th Meeting of the International Consensus Meeting (ICM-2025), которое состоялось 8–10 мая 2025 г. в Стамбуле (Турция). Масштабный конгресс был посвящен коллективному формированию новых рекомендаций по диагностике и лечению перипротезной инфекции и в очередной раз собрал на своей площадке ведущих травматологов-ортопедов из разных стран мира.

По результатам прошедшего Консенсуса, во второй половине 2025 года ожидается принятие итогового документа, который станет основополагающим мировым рекомендательным документом по диагностике и лечению перипротезной инфекции.

Список литературы / References

1. Хлабошина В.Н., Каратеев А.Е., Полищук Е.Ю., Макаров М.А. Тотальное эндопротезирование коленных и тазобедренных суставов при ревматоидном артрите: тенденции настоящего времени. Научно-практическая ревматология. 2024; 62 (2): 227–236. <https://doi.org/10.47360/1995-4484-2024-227-236>
2. Khlavoshchina V.N., Karateev A.E., Polischuk E. Yu., Makarov M.A. Total knee and hip arthroplasty in rheumatoid arthritis: current trends. Scientific and practical rheumatology. 2024; 62 (2): 227–236. (In Russ.). <https://doi.org/10.47360/1995-4484-2024-227-236>
3. Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry (AOANJRR). Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2018 Annual Report. Adelaide: AOA, 2018. Available from: <https://aoanjr.sahmri.com/annual-reports-2018>
4. ELEK SD, CONEN PE. The virulence of *Staphylococcus pyogenes* for man; a study of the problems of wound infection. Br J Exp Pathol. 1957 Dec;38(6):573–86. PMID: 13499821; PMCID: PMC2083292.
5. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Денисов А.О., Ахмедиллов М.А., Черный А.Ж., Тотоев З.А., Джавадов А.А., Карпухин А.С., Муравьева Ю.В. Что изменилось в структуре ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава в последние годы? Травматология и ортопедия России. 2019; 25 (4): 9–27. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27
6. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Denisov A.O., Akhmedilov M.A., Cherny A.Zh., Totoev Z.A., Dzhabadov A.A., Karpushin A.S., Muravyova Yu.V. What has changed in the structure of revision hip arthroplasty in recent years? Traumatology and Orthopedics of Russia. 2019; 25 (4): 9–27. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27
7. Середина А.П., Кочис 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. DOI: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93
8. Sereda A.P., Kocish A.A., Cherny A.A., Antipov A.P., Aliev A.G., Weber E.V., Vorontsova T.N., Bozhkova S.A., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M. Epidemiology of hip and knee replacement and periprosthetic infection in the Russian Federation // Traumatology and Orthopedics of Russia. 2021; 27. (3): 84–93. DOI: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93
9. Анализ экономической и клинической эффективности одно- и двухэтапных ревизий при лечении перипротезной инфекции тазобедренного сустава (обзор литературы) // И.И. Рожков, А.М. Ермаков, А.В. Бурцев, А.С. Тряпичников, Н.В. Сазонова, Л.И. Малоченко // Гений ортопедии. 2022; 28 (6): 842–851. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-842-851. EDN AYCNUK
10. Analysis of the economic and clinical effectiveness of one- and two-stage revisions in the treatment of periprosthetic infection of the hip joint (literature review) // I.I. Rozhkov, A.M. Ermakov, A.V. Bursev, A.S. Tryapichnikov, N.V. Sazonova, L.I. Malyuchenko // Genius of Orthopedics. 2022; 28 (6): 842–851. (In Russ.). DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-842-851. EDN AYCNUK
11. Marie T.J., Nelligan J., Costerton J.W. A scanning and transmission electron microscopic study of an infected endocardial pacemaker lead // Circulation. – 1982. – Vol. 66. – P. 1339–1341
12. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science. 1999 May 21;284(5418):1318–22. DOI: 10.1126/science.284.5418.1318. PMID: 10334980
13. Хрянин А.А., Кнорринг Г.Ю. Современные представления о биопленках микроорганизмов // Фарматека. 2020. Т. 27. Т. 27. Т. 27.
14. Khryanin A.A., Knorring G. Yu., Modern concepts of microbial biofilms // Pharmateka. 2020. Vol. 27. Vol. 27. Vol. 27. (In Russ.).
15. Staats A, Li D, Sullivan AC, Stoodley P. Biofilm formation in periprosthetic joint infections. Ann Jt. 2021 Oct;6:43. DOI: 10.21037/ajot-20-85. Epub 2021 Oct 15. PMID: 34859164; PMCID: PMC8635410
16. Винклер Т., Трампш А., Ренц Н., Перка К., Божкова С.А. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава // Травматология и ортопедия России. – 2016; 22 (1): 33–45. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45

- Winkler T., Trampush A., Renz N., Perka K., Bozhkova S.A. Classification and algorithm for diagnosis and treatment of periprosthetic infection of the hip joint // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. – 2016; 22 (1): 33–45. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45
12. Mian, H.M., Lyons, J.G., Perrin, J. et al. A review of current practices in periprosthetic joint infection debridement and revision arthroplasty. *Arthroplasty* 4, 31 (2022). <https://doi.org/10.1186/s42836-022-00136-5>
 13. Gazendam A, Wood TJ, Tushinski D, Bali K. Diagnosing Periprosthetic Joint Infection: a Scoping Review. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022 Jun; 15 (3): 219–229. DOI: 10.1007/s12178-022-09751-w. Epub 2022 Apr 4. PMID: 35368214; PMCID: PMC9107560
 14. Материалы второй международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции/пер. с англ.; под общ. ред. Р.М. Тихилова, С.А. Божковой, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им.П.Р. Вредена, 2019. 314 с. ISBN 978-5-6040358-0-1.
Proceedings of the Second International Consensus Meeting in musculoskeletal infections/ transl. from English; under total ed. R.M. Tikhilov, S.A. Bozhkova, I.I. Shubnyakov. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena, 2019. 314p. ISBN 978-5-6040358-0-1. (In Russ.).
 15. McNally M, Sousa R, Wouthuyzen-Bakker M, Chen AF, Soriano A, Vogely HC, Clauss M, Higuera CA, Trebše R. The EBJIS definition of periprosthetic joint infection. *Bone Joint J*. 2021 Jan; 103-B (1): 18–25. DOI: 10.1302/0301-620X.103B1.BJJ-2020-1381.R1. PMID: 33380199; PMCID: 7954183
 16. А. Н. Пантелеев, С. А. Божкова, П. М. Преображенский, А. В. Каземирский/ Возможности выявления латентной ППИ при ревизионном эндопротезировании коленного сустава // *Гений ортопедии*. 2021; 27 (5): 562–569. <https://doi.org/10.18019/1028-44272021-27-5-562-569ID: PMC7954183>
A. N. Panteleev, S. A. Bozhkova, P. M. Preobrazhensky, A. V. Kazemirsky/ Possibilities of detecting latent PJI in revision knee arthroplasty // *Genius of Orthopedics*. 2021; 27 (5): 562–569. (In Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-44272021-27-5-562-569ID: PMC7954183>
 17. Карбышева С., Ренц Н., Ермак К., Кабрик С., Трampush А. Новые методы диагностики перипротезной инфекции // *Травматология и ортопедия России*. 2019; 25 (4): 56–63. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-56-63
Karbyшева S., Renz N., Ermak K., Kabrik S., Trampush A. New methods for diagnosing periprosthetic infection // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019; 25 (4): 56–63. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-56-63
 18. Bori G, Muñoz-Mahamud E, Garcia S, Mallofre C, Gallart X, Bosch J, Garcia E, Riba J, Mensa J, Soriano A. Interface membrane is the best sample for histological study to diagnose prosthetic joint infection. *Mod Pathol*. 2011 Apr; 24 (4): 579–84. DOI: 10.1038/modpathol.2010.219. Epub 2010 Dec 3. PMID: 21131917
 19. Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Каземирский А.В., Анисимова Л.О., Гузюкина С.А., Преображенский П.М., Зиновьев М.П., Овсянкин А.В., Накопия В.Б. Экстренное гистологическое исследование в диагностике перипротезной инфекции при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2023; 29 (2): 180–189. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-2-180-189>. EDN: NZAQNT
 20. Polan J, Nolan C, Sarantos K, Westerman R, King R, Foguet P. Culture-negative periprosthetic joint infections. *EFORT Open Rev*. 2019 Oct 7; 4 (10): 585–594. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180067. PMID: 31754464; PMCID: PMC6836077
 21. Romanò CL, Khawashki HA, Benzakour T, Bozhkova S, Del Sel H, Hafez M, Johari A, Lob G, Sharma HK, Tsuchiya H, Drago L; World Association against Infection in Orthopedics and Trauma (W.A.I.O.T.) Study Group on Bone and Joint Infection Definitions. The W.A.I.O.T. Definition of High-Grade and Low-Grade Peri-Prosthetic Joint Infection. *J Clin Med*. 2019 May 10; 8 (5): 650. DOI: 10.3390/jcm8050650. PMID: 31083439; PMCID: PMC6571975
 22. Bozhkova, Svetlana & Suardi, Virginia & Sharma, Hemant & Tsuchiya, Hiroyuki & Del Sel, Hernán & Hafez, Mahmoud & Benzakour, Thami & Drago, Lorenzo & Romanò, Carlo, (2020). The W.A.I.O.T. Definition of Peri-Prosthetic Joint Infection: A Multi-center, Retrospective Validation Study. *Journal of Clinical Medicine*. 9. 1965. 10.3390/jcm9061965.

Статья поступила / Received 10.08.2025
Получена после рецензирования / Revised 18.08.2025
Принята в печать / Accepted 12.09.2025

Сведения об авторах

Гузюкина Светлана Анатольевна, врач клинической лабораторной диагностики, заведующая клинико-диагностической лабораторией¹. SPIN-код: 7431–0544. ORCID: 0000–0001–6753–278X
Ройтман Александр Полевич, д.м.н., профессор кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом лабораторной иммунологии². SPIN-код: 5400–7815. ORCID: 0000–0003–2592–6857
Ламбакахар Мария Георгиевна, к.м.н., доцент кафедры клинической лабораторной диагностики с курсом лабораторной иммунологии². SPIN-код: 6833–8104. ORCID: 0009–0003–9534–2520
Овсянкин Анатолий Васильевич, к.м.н., доцент, главный врач¹. SPIN-код: 4417–3617. ORCID: 0000–0002–0970–1714

¹ ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, Смоленск, Россия
² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Гузюкина Светлана Анатольевна.
E-mail: sguzykina@yandex.ru

About authors

Guzyukina Svetlana A., physician of clinical laboratory diagnostics, head of Clinical Diagnostic Laboratory¹. SPIN-code: 7431–0544. ORCID: 0000–0001–6753–278X
Roytman Alexander P., DM Sci (habil.), professor at Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Laboratory Immunology². SPIN-code: 5400–7815. ORCID: 0000–0003–2592–6857
Lambakhar Maria G., PhD Med, associate professor at Dept of Clinical Laboratory Diagnostics with a Course in Laboratory Immunology². SPIN-code: 6833–8104. ORCID: 0009–0003–9534–2520
Ovsyankin Anatoly V., PhD Med, associate professor, chief physician¹. SPIN-code: 4417–3617. ORCID: 0000–0002–0970–1714

¹ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Smolensk, Russia
² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

Corresponding author: Guzyukina Svetlana A. E-mail: sguzykina@yandex.ru

Для цитирования: Гузюкина С.А., Ройтман А.П., Ламбакахар М.Г., Овсянкин А.В. Перипротезная инфекция: диагностические алгоритмы и роль лабораторных биомаркеров (обзор литературы). *Медицинский алфавит*. 2025; (22): 37–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-22-37-42>

For citation: Guzyukina S.A., Roytman A.P., Lambakhar M.G., Ovsyankin A.V. Diagnostic algorithms of periprosthetic joint infection. The role of laboratory biomarkers (literature review). *Medical alphabet*. 2025; (22): 37–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-22-37-42>

