

Научная статья

УДК 616.728.2-089.227.843-77-089.168.1-022]-093/-098

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-452-462>

Роль микробиологических методов исследования при диагностике перипротезной инфекции у больных с асептической нестабильностью эндопротезов тазобедренного сустава

С.А. Линник¹✉, Е.А. Оришак¹, А.М. Ермаков², И.О. Кучеев³, Л.Ю. Нилова¹, Е.М. Фадеев¹, Г. Карагезов¹, Д.Ю. Коршунов⁴, Я.Б. Цололо¹, В.В. Усиков¹, А.В. Поликарпов³

¹ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

³ Госпиталь для ветеранов войн, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Смоленск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Станислав Антонович Линник, stanislavlinnik@mail.ru

Аннотация

Введение. Нестабильность эндопротеза после артропластики тазобедренного сустава является достаточно частым осложнением и служит показанием к ревизионному эндопротезированию. В случаях, когда при проведении предоперационных пункций не выявляют рост микрофлоры, нестабильность диагностируют как асептическую. Этиологическая расшифовка интраоперационных результатов лечения так называемой «асептической нестабильности» принципиально важна для выбора дальнейшей тактики лечения.

Цель работы — определить роль микробиологических методов исследования в диагностике перипротезной инфекции (ППИ) тазобедренного сустава.

Материалы и методы. Проведен анализ бактериологического материала 173 больных в возрасте от 27 до 82 лет с асептической нестабильностью компонентов эндопротеза тазобедренного сустава. В зависимости от результатов лабораторных, клинических и микробиологических исследований (МБИ) больные разделены на две группы. Первую группу составили 118 (68,2 %) пациентов с прогностически благоприятным течением в послеоперационном периоде, им выполняли одноэтапное реэндопротезирование. Вторую группу, прогностически неблагоприятную, составили 55 (31,8 %) пациентов с наличием повышенных гематологических показателей, явлениями местных признаков воспаления и положительными результатами пунктатов при МБИ, им при поступлении в клинику выполняли двухэтапное реэндопротезирование. Исследование биоптатов в полимеразно-цепной реакции (ПЦР) проводили при максимально малой микробной нагрузке.

Результаты. Положительные результаты МБИ пунктатов зарегистрированы у 5,1 % пациентов первой группы и у 25,5 % пациентов второй группы, а биоптатов — в 20,3 % случаев в первой группе и в 30,9 % во второй. Исследования ПЦР позволили дополнительно диагностировать ППИ в 7,5 % случаев в результате МБИ биоптатов и в 19,6 % — пунктатов.

Обсуждение. Результаты указывают на низкую информативность культуральных микробиологических исследований, ПЦР улучшила диагностику на 7,5 %. Выявление маловирулентных микроорганизмов, включая коагулазонегативные стафилококки, требует особых оценочных критериев.

Заключение. Микробиологическое (культуральное) исследование демонстрирует умеренную чувствительность, особенно при низковирулентной инфекции, в то время как ПЦР при низковирулентной инфекции играет лидирующую роль в установлении микробной этиологии ППИ.

Ключевые слова: эндопротезирование, перипротезная инфекция, коагулазонегативные стафилококки, тазобедренный сустав, нестабильность сустава, микробиологические исследования, полимеразная цепная реакция

Для цитирования: Линник С.А., Оришак Е.А., Ермаков А.М., Кучеев И.О., Нилова Л.Ю., Фадеев Е.М., Карагезов Г., Коршунов Д.Ю., Цололо Я.Б., Усиков В.В., Поликарпов А.В. Роль микробиологических методов исследования при диагностике перипротезной инфекции у больных с асептической нестабильностью эндопротезов тазобедренного сустава. *Гений ортопедии*. 2025;31(4):452-462. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-452-462.

© Линник С.А., Оришак Е.А., Ермаков А.М., Кучеев И.О., Нилова Л.Ю., Фадеев Е.М., Карагезов Г., Коршунов Д.Ю., Цололо Я.Б., Усиков В.В., Поликарпов А.В., 2025

Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-452-462>



The role of microbiological methods in diagnosis of periprosthetic joint infection in patients with aseptic loosening of total hip arthroplasty

S.A. Linnik¹✉, E.A. Orishak¹, A.M. Ermakov², I.O. Kucheev³, L.Yu. Nilova¹, E.M. Fadeev¹, G. Karagezov¹, D.Yu. Korshunov⁴, Ya.B. Tsololo¹, V.V. Usikov¹, A.V. Polikarpov³

¹ North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russian Federation

² Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

³ Hospital for war veterans, Saint Petersburg, Russian Federation

⁴ Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Smolensk, Russian Federation

Corresponding author: Stanislav A. Linnik, stanislavlinnik@mail.ru

Abstract

Introduction Instability of the total hip arthroplasty is a common complication and an indication for revision arthroplasty. The implant instability is diagnosed as aseptic with no microbiological culture growth to be obtained through preoperative synovial aspiration. Etiological interpretation of intraoperative findings in cases of so-called "aseptic instability" is critical for determining subsequent treatment strategies.

The **objective** was to determine the role of microbiological methods in diagnosing periprosthetic joint infection (PJI) of the hip.

Material and methods A bacteriological analysis was produced for 173 patients with aseptic instability of total hip replacement. The patients aged 27 to 82 years. Based on laboratory, clinical and microbiological (MB) findings, the patients were divided into two groups. The first group consisted of 118 (68.2 %) patients who underwent one-stage revision and had a favorable postoperative prognosis. The second group consisted of 55 (31.8 %) patients with elevated hematological parameters, local signs of inflammation, positive MB findings and had unfavorable prognosis. These patients underwent two-stage revision arthroplasty. Biopsy samples were tested using polymerase chain reaction (PCR) in cases of minimal microbial load.

Results Positive MB results were registered in 5.1 % of patients in the first group and in 25.5 % of patients in the second group. Intraoperative biopsies revealed positive results in 20.3 % of the first group and 30.9 % of the second group. PCR identified PJI in 7.5 % of MB biopsies and in 19.6 % of aspirates.

Discussion The findings indicated low diagnostic value of microbiological cultures with PCR improving diagnostic accuracy by 7.5 %. Detection of low-virulence microorganisms including coagulase-negative staphylococci required specific evaluation criteria.

Conclusion Microbiological culturing demonstrated moderate sensitivity, in low-virulence infections, in particular, while PCR in low-virulence infections was essential in establishing the microbial etiology of PJI.

Keywords: joint replacement, periprosthetic joint infection, coagulase-negative staphylococci, hip joint, joint instability, microbiological studies, polymerase chain reaction

For citation: Linnik SA, Orishak EA, Ermakov AM, Kucheev IO, Nilova LYu, Fadeev EM, Karagezov G, Korshunov DYu, Tsololo YaB, Usikov VV, Polikarpov AV. The role of microbiological methods in diagnosis of periprosthetic joint infection in patients with aseptic loosening of total hip arthroplasty. *Genij Ortopedii*. 2025;31(4):452-462. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-452-462.

ВВЕДЕНИЕ

Артропластика тазобедренного сустава (ТБС) при лечении ортопедических больных является эффективной и востребованной операцией, как в зарубежной, так и в отечественной хирургической практике [1, 2]. Вместе с тем, с увеличением числа операций эндопротезирования возрастает и число осложнений, наиболее тяжелым из которых является перипротезная инфекция (ППИ), достигающая 5–10 % всех операций [2–7]. Одним из самых частых осложнений в отдаленном послеоперационном периоде является асептическое расшатывание эндопротеза (20,0–50,3 % случаев), которое приводит к операциям тотального ревизионного эндопротезирования [8, 9]. Нестабильность одного или обоих компонентов эндопротеза, по сведениям регистра ЭП РНИИТО им. Р.Р. Вредена, является преобладающей причиной асептических ревизионных артропластик тазобедренного сустава в 38,1 % случаев. При этом удельный вес асептического расшатывания эндопротеза тазобедренного сустава в структуре первичных ревизий достигает 50,3 %, а в структуре ре-ревизий занимает второе место по частоте после инфекционных осложнений и составляет 20,8 % [8, 10–12].

Предоперационная дифференциальная диагностика между ППИ и асептической нестабильностью нередко является сложной задачей, особенно при наличии низковирулентных возбудителей и при инфекциях, связанных с биопленками [13–15]. Нередко случаи предполагаемой асептической нестабильности эндопротеза могут быть вызваны нераспознанной инфекцией, которую удается верифицировать при углубленном микробиологическом исследовании (МБИ). Одной из причин асептического расшатывания эндопротеза является индивидуальная реакция организма на имплантат.

Зачастую ППИ проявляется нестабильностью оперированного сустава и болевым синдромом без изменений биохимических показателей, клеточных реакций крови, признаков воспаления. Таким образом, так называемая «асептическая нестабильность» эндопротеза может быть обусловлена субклинической инфекцией, вызванной низковирулентными возбудителями, представителями микробиоты пациента или персонала [16–19]. Вследствие стертой клинической картины и отсутствия ранних лабораторных гематологических показателей, МБИ назначают только на стадии проявления признаков обострения инфекционного процесса, когда микробная составляющая уже не вызывает сомнения. Одной из причин развития ППИ может служить интраоперационное инфицирование, которое манифестируют в период от нескольких недель до нескольких месяцев после операции.

По мнению большинства авторов, «золотым стандартом» МБИ является исследование образцов перипротезных тканей и синовиальной жидкости. Однако ключевым ограничением бактериологического метода является его чувствительность, обычно предполагающая содержание не менее 10^5 КОЕ микробных клеток в исследуемом материале. Нередко при использовании стандартных бактериологических методик приходится констатировать отсутствие роста микроорганизмов, что может быть связано как с ничтожным их количеством, так и с проведением антибактериальной терапии до взятия проб [20–23].

Чаще всего этиологическими агентами ППИ являются грамположительные бактерии *S. aureus* и *S. epidermidis*, с частотой встречаемости до 60 %. Значительно реже (до 17 % случаев) в качестве возбудителей ППИ описывают грамотрицательные бактерии и их ассоциации [24–26]. Факторы вирулентности стафилококков, к которым относят поверхностные белки, способствующие колонизации тканей, полисахаридную капсулу, белок А, каротиноиды, экзотоксины и др., наиболее характерны для *S. aureus*.

Наличие клинического эквивалента позволяет авторам утверждать, что значительная часть инфекции вызвана слабовирулентными возбудителями с характерным субклиническим течением инфекционного процесса. В таких случаях представляется оправданным обсуждать этиологическую роль коагулазонегативных стафилококков, среди которых описаны случаи выделения не только *S. epidermidis*, но и штаммов *S. simulans*, *S. hominis*, *S. capitis*, *S. caprae* и *S. lugdunensis* [27–30].

Нестабильность эндопротеза после артропластики тазобедренного сустава не является редким осложнением и служит показанием для операций ревизионного эндопротезирования. Вместе с тем, в публикациях последних лет все чаще стали появляться сообщения о выявлении роста слабовирулентной микрофлоры при углубленных МБИ удаленных имплантатов, что не позволяет рассматривать нестабильность эндопротеза как асептическую.

В связи с отсутствием диагностического теста, позволяющего в 100 % случаев диагностировать ППИ, продолжают разрабатывать и совершенствовать диагностические алгоритмы для выявления данной патологии.

Цель работы — определить роль микробиологических методов исследования в диагностике перипротезной инфекции тазобедренного сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ результатов разных методов диагностики ППИ у 173 больных с асептической нестабильностью компонентов эндопротеза, среди них 61 (35,3 %) мужчина и 112 (64,7 %) женщин в возрасте от 27 до 82 лет ($53,7 \pm 7,4$). Пациенты находились на лечении в клинике травматологии и ортопедии СЗГМУ им. И.И. Мечникова с 2020 по 2023 гг. Первичное эндопротезирование ТБС выполняли по поводу остеоартритов, переломов шейки и асептического некроза головки бедренной кости. Нестабильность компонентов эндопротеза наступила через 1–12 лет (в среднем — 5,8) после операций первичного эндопротезирования.

У всех обследованных больных изучен характер заживления послеоперационных ран после первичной артропластики суставов, процесс течения послеоперационного периода, характер и периодичность болей в прооперированной области до появления нестабильности протеза. При локальном осмотре в области оперированного сустава учитывали наличие признаков воспаления (отек, гиперемия, гипертермия), а также функцию сустава. В анамнезе у 55 больных с нестабильностью эндопротеза до поступления в клинику наблюдалось повышение температуры тела (до 38°), лейкоцитоз, СОЭ, СРБ. На основании данных лабораторных и клинических исследований проведена оценка диагностической значимости результатов скрининга, включая МБИ в дооперационном периоде реэндопротезирования.

В зависимости от результатов лабораторных, клинических и МБИ согласно критериям EBJIS 2021 больные разделены на две группы для прогноза, выбора тактики лечения и диагностических исследований. Первую группу составили 118 (68,2 %) пациентов, у которых после первичной артропластики отсутствовали повышенные гематологические показатели (лейкоцитоз, СРБ, СОЭ, нейтрофилез и др.), признаки воспаления в области оперированного сустава и были отрицательные результаты пунктатов при МБИ, т.е. пациенты с прогностически благоприятным течением в послеоперационном периоде. Этим пациентам выполняли одноэтапное реэндопротезирование. Вторую группу, прогностически неблагоприятную, составили 55 (31,8 %) пациентов с повышенными гематологическими показателями и местными признаками воспаления, с неблагоприятным течением послеоперационного периода после первичного эндопротезирования и положительными результатами пунктатов при МБИ. Пациентам этой группы при поступлении в клинику выполняли двухэтапное реэндопротезирование.

Всем больным перед выполнением ревизионного эндопротезирования проводили комплексное клиническое, гематологическое и микробиологическое исследование согласно алгоритмам международных профессиональных сообществ (общества «Мышечно-скелетной инфекции» MSIS 2018, Европейского общества инфекции костей и суставов EBJIS 2021). Для прогнозирования ППИ использовали результаты клиничко-лабораторных исследований: СОЭ, СРБ, лейкоцитоз, содержание эритроцитов и полиморфоядерных нейтрофилов в синовиальной жидкости. МБИ пунктатов выполняли под контролем УЗИ путем трехкратной пункции из полости сустава до проведения ревизионного эндопротезирования.

Ревизионное эндопротезирование выполнено всем 173 больным с нестабильностью эндопротезов ТБС: 118 больным первой группы с благоприятным прогнозом произведено одноэтапное реэндопротезирование, а 55 пациентам второй группы — двухэтапное. Больным первой группы осуществляли удаление нестабильных компонентов эндопротеза, забор биоптатов для МБИ, тщательное промывание операционной раны с использованием пульс-лаважа, ультразвуковую обработку операционной раны и установку ревизионного эндопротеза. Вид ревизионной системы эндопротеза подбирали индивидуально в зависимости от местных изменений в области оперированного сустава (наличие костных дефектов, степени остеопороза, состояния мягких тканей).

Пациентам с неблагоприятным прогнозом проводили двухэтапное реэндопротезирование. Вначале выполняли saniрующий этап операции. После удаления нестабильных компонентов эндопротеза, костного цемента и других инородных тел (винты, проволока и др.) проводили забор биоптатов (не менее пяти образцов) для МБИ. После тщательного промывания операционной раны и обработки ее ультразвуком устанавливали, как правило, артикулирующий спейсер. Для приготовления двухкомпонентного спейсера, размер которого подбирали индивидуально в зависимости от диаметра вертлужной впадины и костного канала бедренной кости, использовали специальные формы. Для изготовления спейсера применяли антимикробную композицию пролонгированного действия (патент № 2019109897). Окончательное реэндопротезирование осуществляли через 3–4 месяца с использованием ревизионных систем.

В послеоперационном периоде больным первой группы в течение 3–5 суток проводили антибиотикопрофилактику (цефазолин). Пациенты второй группы получали курс парентеральной антибактериальной терапии (по согласованию с клиническим фармакологом, в зависимости от выявленной микрофлоры во время МБИ) в течение 7–10 суток с последующим проведением пероральной антибиотикотерапии в течение 6–8 недель.

МБИ биоматериала, полученного интраоперационно, является диагностически значимым методом при ППИ, в особенности при выявлении штаммов микроорганизмов одного фенотипа из двух и более образцов интраоперационного биоматериала [29–32]. В связи с этим интраоперационное извлечение нескольких образцов для МБИ проводили всем пациентам. В качестве исследуемого материала использовали удаленные нестабильные компоненты эндопротеза (чашка, вкладыш, ножка, головка), подлежащие измененные ткани, материал из бедренного канала и вертлужной впадины, синовиальную жидкость, перипротезную мембрану (при ее наличии), мазки из раны, кусочки костной ткани.

Посев полученных образцов осуществляли на расширенный набор питательных сред для выделения аэробных, факультативно-анаэробных и облигатно-анаэробных микроорганизмов, а также микромицетов. При посеве использовали общепринятую полуколичественную методику с рассевом, не позволяющую доподлинно взвесить исследуемый материал и достоверно рассчитать концентрацию возбудителя. Степень роста оценивали по категориям «со среды обогащения», «скудный», «умеренный», «обильный», «сливной», что предполагало следующие критерии: при выделении на плотной питательной среде рост до 10 колоний микроорганизмов определенного вида оценивали как скудный; от 10 до 100 колоний — умеренный, более 100 колоний — обильный. При сплошном росте микроорганизмов, не поддающемся подсчету, рост обозначали как «сливной».

Запасной обогатительный посев производили на триглицолевый и сахарный бульоны с последующим высевом на плотные среды. После смывов фрагменты протезов (чашка, вкладыш, ножка, головка) асептично помещали либо в широкогорлые флаконы с жидкой питательной средой, либо (в зависимости от размера) в специально подготовленные стерильные контейнеры с жидкими средами, обеспечивающими полное погружение элементов протезов. Стандартная методика инкубации обогатительных посевов подразумевала высев на плотные среды через 16–18 часов. В случаях инкубации компонентов протезов пролонгировали культивирование в жидкой питательной среде до 72 часов.

Идентификацию осуществляли с использованием стандартизированных систем биохимической идентификации для различных групп микроорганизмов, а также методом MALDI TOF масс-спектрометрии.

Культуральное исследование материала, полученного до и во время ревизионного эндопротезирования, не в полной мере решает проблему трактовки результатов и оценки этиологической значимости находок при экстремально малой микробной нагрузке, а также не всегда позволяет установить диагноз ППИ. В связи с этим требуется включение дополнительных микробиологических методов, что в случае схожести результатов, полученных разными методами, позволит трактовать находки, как значимые. Поэтому было проведено исследование образцов, полученных во время ревизионного эндопротезирования, в полимеразной цепной реакции (ПЦР). Теоретическая чувствительность ПЦР составляет 1 микробную клетку в исследуемом материале, на практике чувствительность ПЦР составляет 10^2 – 10^3 микробных клеток.

До проведения посева на питательные среды проводили аликвотирование исследуемого материала путем отбора кусочков тканей и взятия смывов с нативного материала и компонентов протезов с последующим замораживанием при температуре -80 °C для дальнейшего исследования в ПЦР.

Нативный материал исследовали на наличие генов микроорганизмов, включая гены резистентности, с использованием программируемого амплификатора с системой детекции флуоресцентного сигнала в режиме реального времени CFX96 Touch (Bio-Rad). Анализ результатов проводили с помощью программного обеспечения прибора, используемого для проведения ПЦР, с детекцией в режиме реального времени. Анализировали графики накопления флуоресцентного сигнала по соответствующим каналам, свидетельствующим о накоплении продукта амплификации фрагментов генов соответствующих микроорганизмов и/или ферментов резистентности. Клиническую интерпретацию положительных результатов ПЦР расценивали как значимую составляющую течения воспалительного процесса.

Выявление генов метициллинрезистентных стафилококков в нативном материале осуществляли с использованием набора реагентов для выявления и количественного определения ДНК метициллин-чувствительного и метициллин-резистентного *S. aureus*, метициллин-резистентных коагулазонегативных *Staphylococcus spp.* в биологическом материале методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией АмплиСенс® MRSA-скрин-титр-FL.

Анализировали как наличие ДНК *S. aureus*, так и ДНК гена *mecA*. При тестировании образцов, в отношении которых установлено наличие ДНК *Staphylococcus spp.*, дополнительно проводили исследование на наличие генов *vanA* и *vanB* с использованием набора реагентов АмплиСенс® MDR VRE-FL. Данный набор предназначен для качественного определения ДНК *Enterococcus spp.* и генов *vanA* и/или *vanB*, детекцию которых проводят для выявления штаммов энтерококков, резистентных к ванкомицину (VRE). Однако в отдельных редких случаях гены *vanA* и *vanB* могут выявляться у *Staphylococcus spp.*, что значительно отягощает течение заболевания и ограничивает ресурсы для терапии [16, 22, 28].

Исследование одобрено этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова и проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации. У всех больных получено информированное согласие на публикацию результатов исследования.

Для статистической обработки полученных результатов использовали программное обеспечение STATISTICA 10. Количественные параметры определяли с помощью непараметрических методов χ^2 , критериев Фишера, Манна – Уитни. Различия между группами считали статические значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Больные обеих групп были репрезентативны по гендерному составу. Средний возраст пациентов первой группы — 57 лет (МКИ 49–70), второй группы — 61 год (МКИ 48–67) ($p > 0,05$). Медианы уровней лейкоцитоза, СОЭ, СРБ до операции реэндопротезирования между группами значимо не различались и составили в первой и второй группах соответственно: $7,8 \times 10^9/\text{л}$ и $8,1 \times 10^9/\text{л}$; 15,8 мм/ч (МКИ 13–28) и 19 мм/ч (МКИ 13–32); 5,0 мг/мл (МКИ 1,52–6,7) и 3,5 мг/мл (МКИ 1,9–6,1) ($p > 0,05$).

Из 173 больных положительные результаты МБИ пунктатов до операции реэндопротезирования выявлены у 20 (11,6 %) больных, из них в первой группе — у шести (5,1 %) больных, во второй — у 14 (25,5 %). Положительные результаты представлены в основном коагулонегативными стафилококками, — у 14 (70,0 %) пациентов, грамотрицательными, — у трех (15,0 %), микробными ассоциациями, — у пяти (25,0 %).

Решающее значение для диагностики ППИ имеет МБИ тканевых биоптатов, взятых во время операции. При этом положительные результаты отмечены у 41 (23,7 %) пациента, что в два раза значимо чаще ($p < 0,05$), чем из пунктатов, взятых до операции (OR = 2,0, 95 % ДИ 13,4–22,3). В первой группе положительные результаты получены у 24 (20,3 %) пациентов, во второй группе — у 17 (30,9 %), что значимо ($p < 0,05$) в два раза выше, чем из пунктатов, взятых до операции (табл. 1).

Таблица 1

Высеваемость при МБИ, проведенном до, в процессе и после эндопротезирования

Группы больных	Количество положительных результатов МБИ (культуральное исследование)					
	Пунктаты до операции		Биоптаты во время операции		Послеоперационный период	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Первая	6	5,1	24	20,3	7	5,9
Вторая	14	25,5	17	30,9	6	10,9

У всех пациентов с положительными результатами МБИ пунктатов положительными оказались и результаты МБИ биоптатов, взятых во время операции. При этом следует отметить, что микробный пейзаж у 31 (75,6 %) пациента с положительными пунктатами совпадал с микробиотой, полученной при пункции сустава у больных с нестабильными эндопротезами.

Согласно критериям EBJIS 2021 ППИ диагностирована в 20,3 % случаев в первой группе больных, и почти в 1,5 раза чаще ее определяли во второй группе больных (30,9 %) ($p < 0,05$).

При ПЦР исследовании у 54 (31,2 %) пациентов выявлены ДНК значимых микроорганизмов, свидетельствующих о наличии ППИ, в т.ч. у 24 (43,6 %) пациентов второй группы и 30 (25,4 %) пациентов первой группы. Таким образом, применение ПЦР исследование позволяет улучшить диагностику ППИ на 5,1 % после МБИ биоптатов в первой группе и на 12,7 % во второй группе.

Усреднённо в обеих группах использование метода ПЦР позволило выявить на 7,5 % больше случаев ППИ, чем при МБИ биоптатов, и значимо ($p < 0,05$) на 19,6 % больше, чем при МБИ пунктатов. В первой группе применение метода ПЦР значимо улучшило ($p < 0,05$) выявление ППИ на 20,3 % после МБИ пунктатов и на 5,1 % после МБИ биоптатов, а во второй ППИ определяли также значимо ($p < 0,05$) чаще, соответственно на 18,1 % и 12,7 % (табл. 2, 3).

Таблица 2

Результаты культуральных и молекулярно-биологических методов исследования

Группы больных	Количество пациентов с положительными результатами					
	Пунктаты до операции		Биоптаты во время операции		ПЦР	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Первая (n = 118)	6	5,1	24	20,3	30	25,4
Вторая (n = 55)	14	25,5	17	30,9	24	43,6
Все больные (n = 173)	20	11,6	41	23,7	54	31,2

Таблица 3

Количественное определение ДНК *S. aureus* и гена *mecA*, *vanA*, *vanB* при диагностике ППИ

Группы больных	Показатели	Количество					
		ДНК MSSA	ДНК MRCoNS	ДНК MRSA	ДНК MRS spp.	<i>vanA</i>	<i>vanB</i>
Первая	случаи обнаружения ДНК стафилококков	6	21	2	1	–	–
	копий/мл образца	1,1–2,7×10 ⁴	2,4–9,0×10 ⁵	5,8–8,8×10 ⁵	1,2×10 ⁵		
Вторая	случаи обнаружения ДНК стафилококков	–	18	3	3	–	–
	копий/мл образца	–	1,0–9,4×10 ⁴	1,4–3,1×10 ⁴	1,2–7,7×10 ⁵		
Итого случаев	6	39	5	4			

Ближайшие результаты (до 6 мес.) изучены у всех пациентов обеих групп (табл. 4).

Таблица 4

Характер заживления операционных ран после реэндопротезирования

Группы больных	Количество пациентов					
	Заживление первичным натяжением		Заживление вторичным натяжением		Нагноение, свищи	
	абс	%	абс	%	абс	%
Первая (n = 118)	94	79,7	8	6,8	16	13,5
Вторая (n = 55)	36	65,4	9	16,4	10	18,2

Первичное заживление послеоперационных ран наблюдали у 94 (79,7 %) больных первой группы, что значительно ($p < 0,05$) чаще, чем во второй группе, — 36 (65,4 %) больных. Нагноение операционной раны с образованием свищей зарегистрировано у 26 (15,0 %) пациентов, из них 13,5 % — у больных первой группы, что значительно реже ($p < 0,05$), чем во второй группе (18,2 %).

У трех больных в каждой группе (12,5 % и 16,7 % соответственно) зарегистрировано нагноение, в послеоперационном периоде при положительных результатах ПЦР и отрицательных при МБИ пунктатов и биоптатов у них высевались маловирулентные стафилококки. В двух случаях в каждой группе дополнительно к выявленным грамположительным микроорганизмам во время МБИ обнаружены новые грамотрицательные неферментирующие бактерии *Pseudomonas aeruginosa*.

Следует отметить, что существенным ограничением МБИ (культурального исследования) является его ограниченная чувствительность с позиции необходимости достаточной микробной нагрузки на единицу объема исследуемого материала для возможности трактовки полученных результатов. При получении отрицательного результата при культуральном исследовании следует помнить, что нижняя граница чувствительности метода определяется посевной дозой. Следовательно, при посеве на плотные питательные среды обнаружить микробный рост возможно лишь при условии микробной нагрузки не менее 100–1000 микробных клеток в мл исследуемого материала. Таким образом, требуется введение новых, более чувствительных, молекулярно-биологических методов. Только комплексная микробиологическая диагностика поможет расширить диагностические возможности и определить значимость микроорганизмов даже при их низкой вирулентности и малом количестве. Вновь утвержденные клинические рекомендации «Инфекция, ассоциированная с ортопедическими имплантатами» подтверждают значимость культурального исследования, а также указывают на преимущество молекулярно-биологических методов над традиционным культуральным исследованием в случае обследования пациентов с инфекцией, обусловленной низковирулентными возбудителями.

Отдаленные исходы (через год после реэндопротезирования) изучены у 103 больных первой и 47 больных второй групп. В первой группе положительные результаты получены у 96 (95,0 %) больных, что значительно ($p < 0,05$) на 10,8 % выше, чем во второй группе, — 38 (80,5 %). Местные инфекционные осложнения в виде ППИ выявлены у 17 (11,3 %) пациентов, что на девять меньше, чем в сроки до 6 месяцев после операции. Это связано с достижением стойкой ремиссии после санирующего этапа операции у данных больных. Патогены, выявленные после эндопротезирования, у 10 (62,5 %) больных обеих групп с явлениями ППИ совпали с патогенами, полученными при МБИ пунктатов до операции и МБИ биоптатов во время операции. У шести пациентов (37,5 %) микроорганизмы дополнительно выявлены после исследования методом ПЦР.

Полученные результаты свидетельствуют о низкой значимости МБИ пунктатов, взятых до операции. В то же время биоптаты, взятые во время операции реэндопротезирования, у больных с асептической нестабильностью эндопротезов позволяют выявить микробиоту в два раза чаще. Применение ПЦР исследования позволило в 7,5 % случаев выявить микрофлору у больных с отрицательными результатами

МБИ в дооперационном периоде и во время операции реэндопротезирования, что свидетельствует о необходимости выполнения ПЦР исследования у больных с неблагоприятным прогнозом развития ППИ при малом количестве бактерий (10^2 КОЕ) или их отсутствии.

Клинический пример

Больная 54 лет находилась на лечении в клинике травматологии и ортопедии по поводу нестабильности эндопротеза правого тазобедренного сустава. В анамнезе, до развития нестабильности компонентов эндопротеза, неоднократно наблюдали признаки воспаления в области оперированного сустава, которые купировали антибиотикотерапией. При МБИ аспирата из области тазобедренного сустава микроорганизмы не выявлены. Выполнено ревизионное эндопротезирование правого тазобедренного сустава. При микробиологическом исследовании биоптатов (перипротезных тканей, синовиальной жидкости, компонентов эндопротеза) роста микроорганизма не обнаружено. При выполнении исследования биоптатов методом ПЦР выявлен метициллин-резистентный коагулазонегативный *Staphylococcus spp.* Через две недели после операции у больной наблюдали повышение температуры тела до $37,7^\circ$, лихорадку, признаки синдрома системной воспалительной реакции, явления воспаления послеоперационной раны. При пункции послеоперационной раны получен гной и высеян *S. epidermidis* с развитием ППИ.

Таким образом, комплексное микробиологическое и ПЦР (при наличии менее 10^5 КОЕ в 1 см^3) исследования позволяют диагностировать развитие ППИ и, соответственно, выбирать оптимальную тактику лечения больных с нестабильностью компонентов эндопротеза.

ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению большинства авторов, МБИ является диагностически значимым тестом [16, 32, 33]. Однако ключевым ограничением МБИ является его чувствительность, обычно предполагающая содержание не менее 10^2 – 10^5 КОЕ в 1 см^3 исследуемого материала. В большинстве случаев при стандартных бактериологических методах наблюдают отсутствие роста микроорганизмов, что может быть связано с малым их количеством или проведением антибактериальной терапии до взятия проб. Мы провели исследование ПЦР всем 55 больным второй группы с неблагоприятным прогнозом ППИ, а также 118 пациентам первой группы. Исследуемый материал характеризовался слабой бактериальной обсеменённостью преимущественно со среды обогащения. Однако при этом мы отметили скудный рост или его отсутствие с условно-абиотических объектов (компонентов протезов) и присутствие значительной обсеменённости (от умеренного до сливного роста) в ряде проб биоматериала (суставной жидкости, мазков, фрагментов тканей).

Количественный эквивалент в перерасчете на количество копий/мл образца представляется важной составляющей при разработке и определении критериев этиологической значимости маловирулентных микроорганизмов, таких как коагулазонегативные стафилококки, в развитии ППИ. Обращает на себя внимание минимальное количество копий (на уровне чувствительности бактериологического метода) при исследовании компонентов эндопротезов, в то время как при исследовании методом ПЦР мышц, тканей, синовиальной жидкости число копий соответствует этиологически значимому количеству микроорганизмов. Данный факт может свидетельствовать о «потере» находок при использовании бактериологического исследования в качестве единственного метода и о выявлении дополнительных положительных находок при параллельном исследовании материала, включая материал с компонентов эндопротезов, методом ПЦР. Нам удалось обнаружить 15 дополнительных случаев присутствия стафилококков, что составляет 14,8 % дополнительных находок от числа найденных ранее при бактериологическом исследовании изолятов стафилококков (101 штамм).

Согласно современным алгоритмам, выделение условно патогенных возбудителей из одного образца биоматериала при отсутствии других признаков инфекции не является подтверждением ППИ, в то время как выделение высоковирулентных микроорганизмов даже из одного образца является диагностически значимым. Выделение условно патогенных организмов только из одного образца и даже отсутствие роста возбудителей интраоперационного биоматериала не исключают диагноз ППИ [20]. Так, в исследовании Y. Inagaki et al. в 80 % случаев подтвержденной ППИ возбудитель выявлен из двух образцов биологического материала, в 8,3 % случаев — из одного образца, а в 11,7 % случаев возбудитель вообще не выявлен. При этом рецидивы ППИ отмечены в 21 % случаев [34].

Несмотря на вековую историю использования бактериологического метода, он остается актуальным и достаточно надежным в подавляющем большинстве клинических ситуаций. Бактериологический (культуральный) метод позволяет убедиться в присутствии возбудителя, оценить его количество, определить чувствительность к антимикробным препаратам несколькими разработанными и стандартизированными способами. Но, даже оставаясь «золотым стандартом» при валидации многих других современных методов микробиологической диагностики, бактериологический метод имеет ряд ограничений, включая относительно низкую чувствительность, требовательность отдельных групп

бактерий и, как следствие, нерепрезентативность получаемого результата, отсутствие уверенности в полноте расшифровки при положительном результате или получение ложноотрицательного результата исследования [20, 31]. В настоящей работе в 76,3 % случаев при бактериологическом исследовании биоматериала и смывов с компонентов эндопротеза был получен ответ, — отсутствие бактериального роста. В таких случаях клинические наблюдения нестабильности прооперированного сустава считаются асептическими. На фоне слабовыраженных показателей воспаления, в силу низкой вирулентности преобладающих возбудителей ППИ послеоперационные осложнения расценивают как асептическое расшатывание конструкции, что не приводит к адекватной тактике лечения с обязательной антибиотикотерапией. В то же время одной из причин низкой результативности бактериологического исследования может служить проводимая эмпирическая антибиотикотерапия. Применение метода ПЦР позволило выявить наличие микроорганизмов у 54 (31,2 %) из 173 больных, что значимо ($p < 0,05$) на 7,5 % выше, чем из биоптатов, взятых во время операции, и на 19,6 % выше, — чем из пунктатов, взятых в дооперационном периоде. Более значимые результаты получены у больных сравниваемых групп. В первой группе применение метода ПЦР позволило улучшить диагностику при выполнении пункции с 5,1 % до 25,4 %, во второй группе, — с 11,6 % до 43,6 %; после МБИ биоптатов, — с 20,3 % до 25,4 % в первой группе и с 30,9 % до 43,6 % во второй группе.

В случае исследования материала выявление ДНК микроорганизмов при отрицательном результате посева можно трактовать как этиологически значимое, так как решающим фактором при этом является клинический эквивалент, по поводу которого и проводят ревизионные операции.

Преимуществом предлагаемой комбинации методов является возможность, с одной стороны, оценить значимость находок до операции, с другой стороны, — обеспечить более раннюю расшифровку, нежели повторное бактериологическое исследование, и определить тактику оперативного лечения у пациентов с нестабильностью компонентов эндопротеза. При последующем исследовании интраоперационного материала введение метода ПЦР в схему исследования также позволит ускорить этиологическую расшифровку, своевременно применить целенаправленную антибиотикотерапию и выбрать операционную тактику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микробиологическое исследование при диагностике ППИ демонстрирует умеренную или высокую чувствительность (43,5–100,0 %) и высокую специфичность (81,2–100,0 %). Применение микробиологического (культурального) исследования в дооперационном материале (пунктаты) позволяет выявить ППИ в 5,1–11,6 %, а во время операции (биоптаты), — в 23,7–31,2 % случаев.

При содержании микробных клеток менее 10^3 КОЕ в 1 см^3 или полном их отсутствии во время МБИ «доревизионного» пунктата или интраоперационного «ревизионного» биоматериала исследование всех видов нативного материала методом ПЦР позволяет выявить ППИ даже при наличии низковирулентной инфекции. Микробиологическое (культуральное) исследование демонстрирует умеренную чувствительность, особенно при низковирулентной инфекции, в то время как молекулярно-биологический метод (ПЦР) играет лидирующую роль в установлении микробной этиологии ППИ.

Комплексная микробиологическая диагностика поможет расширить диагностические возможности и определить значимость микроорганизмов, даже при низкой вирулентности и их малом количестве.

Конфликт интересов. Не заявлен.

Источник финансирования. Не заявлен.

Этические нормы. Исследование одобрено этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова и проведено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской декларации.

Информированное согласие. Все пациенты дали информированное согласие на публикацию результатов исследования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Николаев Н.С., Карпухин А.С., Максимов А.Л. и др. Опыт лечения больных с неспецифическим кокситом методом двухэтапного эндопротезирования. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2020;(4):5-13. doi: 10.17238/issn2226-2016.2020.4.5-13.
2. Соломяник И.А., Загородний Н.В., Родионова С.С. и др. *Травматизм, ортопедическая заболеваемость, состояние травматолого-ортопедической помощи населению Российской Федерации в 2020 году*. М.: 2022:114-117.
3. Середа А.П., Кочиш А.А., Черный А.А. и др. 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.
4. Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О. и др. Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
5. Harwin SF, Sodhi N, Ehirorbo J, et al. Outcomes of Dual Mobility Acetabular Cups in Total Hip Arthroplasty Patients. *Surg Technol Int*. 2019;34:367-370.

6. Kelmer G, Stone AH, Turcotte J, King PJ. Reasons for revision: primary total hip arthroplasty mechanisms of failure. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021;29(2):78-87. doi: 10.5435/JAAOS-D-19-00860.
7. *The Swedish Arthroplasty Register. Annual Report.* 2022:125-169. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/refdocs/10.18158/BklrLg8NOo.pdf>.
8. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Денисов А.О. и др. 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.
9. Wu H, Meng Z, Pan L, et al. Plasma Fibrinogen Performs Better Than Plasma d-Dimer and Fibrin Degradation Product in the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection and Determination of Reimplantation Timing. *J Arthroplasty.* 2020;35(8):2230-2236. doi: 10.1016/j.arth.2020.03.055.
10. Loppini M, Pisano A, Di Maio M, et al. Outcomes of patients with unexpected diagnosis of infection at total hip or total knee arthroplasty revisions. *Int Orthop.* 2021;45(11):2791-2796. doi: 10.1007/s00264-021-05137-8.
11. Вороков А.А., Бортулев П.И., Хайдаров В.М. и др. Эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов: показания к операции. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2020;8(3):355-364. doi: 10.17816/PTORS34164.
12. Кочиш А.А., Божкова С.А., Артюх В.А. и др. Совершенствование периоперационного ведения пациентов при санирующих операциях по поводу перипротезной инфекции в области тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(1):143-152. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-143-152.
13. Казанцев Д.И., Божкова С.А., Золовкина А.Г. и др. Диагностика поздней перипротезной инфекции крупных суставов. Какой диагностический алгоритм выбрать? *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(4):9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-9-20.
14. Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Преображенский П.М., Каземирский А.В. Возможности выявления латентной ППИ при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2021;27(5):562-569. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-5-562-569.
15. Рожков Н.И., Ермаков А.М., Тряпичников А.С., Сазонова Н.В. Лечение пациентов с перипротезной инфекцией и замещением кавитарных дефектов типа 2С по Pargosky на этапе установки артикулирующего спейсера. *Гений ортопедии.* 2024;30(5):706-716. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-5-706-716.
16. Линник С.А., Оришак Е.А., Нилова Л.Ю. и др. Оптимизация диагностики перипротезной инфекции при нестабильности эндопротеза тазобедренного и коленного суставов. *Физическая и реабилитационная медицина.* 2024;6(2):51-59. doi: 10.26211/2658-4522-2024-6-2-51-59.
17. Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М. и др. Экстренное гистологическое исследование в диагностике перипротезной инфекции при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2023;29(2):180-189. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-180-189.
18. Гайковская Л.Б., Афанасьева Н.Л., Ткаченко А.Н. и др. Прогностические гематологические маркеры инфекции области хирургического вмешательства при эндопротезировании тазобедренных суставов. *Профилактическая и клиническая медицина.* 2021;1:82-99. doi: 10.47843/2074-9120_2021_1_82.
19. Преображенский П.М., Божкова С.А., Каземирский А.В. Расчет индекса коморбидности как фактора риска рецидива перипротезной инфекции после установки спейсера коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(1):7-18. doi: 10.17816/2311-2905-1718.
20. Линник С.А., Оришак Е.А., Нилова Л.Ю. и др. Роль низковирулентной инфекции в развитии нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава. *Физическая и реабилитационная медицина.* 2024;6(3):20-34. doi: 10.26211/2658-4522-2024-6-3-20-34.
21. Николаев Н.С., Пчелова Н.Н., Преображенская Е.В. и др. «Неожиданные» инфекции при асептических ревизиях. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):56-70. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-56-70.
22. Касимова А.Р., Кочиш А.А., Гордина Е.М. и др. *Mycobacterium abscessus* как возбудитель перипротезной инфекции. *Гений ортопедии.* 2023;29(5):557-564. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-5-557-564.
23. Любимова Л.В., Божкова С.А., Пчелова Н.Н. и др. Роль культуroneгативной инфекции в структуре инфекционных осложнений после эндопротезирования коленных суставов. *Гений ортопедии.* 2023;29(4):402-409. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-402-409.
24. Любимова Л.В., Пчелова Н.Н., Николаев Н.С. и др. Перимплантная инфекция у пациентов с ревматоидным артритом на примере серии случаев. *Гений ортопедии.* 2024;30(4):552-560. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-552-560.
25. Николаев Н.С., Пчелова Н.Н., Преображенская Е.В. и др. «Неожиданные» инфекции при асептических ревизиях. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):56-70. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-56-70.
26. Божкова С.А., Ливенцов В.Н., Тихилов Р.М. и др. Белково-энергетическая недостаточность как предиктор ранних повторных ревизий после санирующих операций у пациентов с трудноизлечимой перипротезной инфекцией. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(1):39-45. doi: 10.17816/2311-2905-1717.
27. Божкова С.А., Гордина Е.М., Марков М.А. и др. Влияние комбинации ванкомицина с препаратом серебра на длительность антимикробной активности костного цемента и формирование биопленки штаммом MRSA. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(2):54-64. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-54-64.
28. Силантьева Т.А., Ермаков А.М., Ключин Н.М., Тряпичников А.С. Гистологическая оценка перипротезной инфекции с использованием шкалы HOES и анализа экспрессии CD15 при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(2):84-98. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-84-98.
29. Артюх В.А., Божкова С.А., Бояров А.А. и др. Эффективность одноэтапного ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(2):9-22. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22.
30. Тряпичников А.С., Ермаков А.М., Силантьева Т.А., Бурцев А.В. Эффективность хирургической обработки с сохранением имплантата при лечении ранней послеоперационной и острой гематогенной перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(2):23-33. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-23-33.
31. Шипицына И.В., Спиркина Е.С. Антибактериальное действие полупроводникового лазера в отношении бактерий *S. aureus* и *P. aeruginosa*, ведущих возбудителей остеомиелита. *Гений ортопедии.* 2024;30(5):670-676. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-5-670-676.
32. Пантелеев А.Н., Божкова С.А., Тихилов Р.М. и др. Экстренное гистологическое исследование в диагностике перипротезной инфекции при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2023;29(2):180-189. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-180-189.
33. Дмитров И.А., Загородний Н.В., Оболенский В.Н. и др. Диагностика и лечение перипротезной инфекции после эндопротезирования тазобедренного сустава (обзор литературы). *Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и доктор.* 2022;12(6):86-102. doi: 10.20340/vmi-rvz.2022.6.CLIN.7.

34. Inagaki Y, Uchihara Y, Munemoto M, et al. Correlation of histological and microbiological findings in septic and aseptic knee implant failure. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(5):717-722. doi: 10.1007/s00402-019-03159-x.
35. Линник С.А., Афиногенова А.Г., Афиногенов Г.Е. и др. Обоснование выбора спейсера на первом этапе лечения поздней глуктозой перипротезной инфекции коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2023;29(2):173-179. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-173-179.

Статья поступила 11.11.2024; одобрена после рецензирования 06.05.2025; принята к публикации 05.06.2025.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 06.05.2025; accepted for publication 05.06.2025.

Информация об авторах:

Станислав Антонович Линник — доктор медицинских наук, профессор кафедры, stanislavlinnik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4840-6662>;

Елена Александровна Оришак — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, elena.orishak@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4562-4402>;

Артем Михайлович Ермаков — доктор медицинских наук, руководитель клиники, ema_cab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>;

Иван Олегович Кучеев — кандидат медицинских наук, заведующий отделением, 9513533@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8557-8431>;

Людмила Юрьевна Нилова — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, lyudmila.nilova@szgmu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8898-9152>;

Евгений Михайлович Фадеев — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, evgenii.fadeev@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8428-0876>;

Гиорги Карагезов — врач — травматолог-ортопед, karagezov_87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5234-1697>;

Дмитрий Юрьевич Коршунов — заведующий отделением, dmi02041976@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-9819-0598>;

Ярослав Борисович Цололо — ассистент кафедры, yaroslav.tsololo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7744-0002>;

Вадим Владимирович Усиков — кандидат медицинских наук, доцент кафедры, vadim.usikov@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7642-4665>;

Андрей Васильевич Поликарпов — заведующий отделением, multifisher@mail.ru.

Information about the authors:

Stanislav A. Linnik — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department, stanislavlinnik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4840-6662>;

Elena A. Orishak — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, elena.orishak@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4562-4402>;

Artem M. Ermakov — Doctor of Medical Sciences, Head of the Clinic, ema_cab@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5420-4637>;

Ivan O. Kucheev — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department, 9513533@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8557-8431>;

Lyudmila Yu. Nilova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, lyudmila.nilova@szgmu.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8898-9152>;

Evgenii M. Fadeev — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, evgenii.fadeev@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8428-0876>;

Giorgi Karagezov — orthopaedic surgeon, karagezov_87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5234-1697>;

Dmitrii Yu. Korshunov — Head of the Department, dmi02041976@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-9819-0598>;

Yaroslav B. Tsololo — Assistant Department, yaroslav.tsololo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7744-0002>;

Vadim V. Usikov — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, vadim.usikov@szgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7642-4665>;

Andrey V. Polikarpov — Head of the Department, multifisher@mail.ru.