



МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СПЕКТР ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ИОХВ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМИ ИНФЕКЦИОННЫМИ СПОНДИЛИТАМИ, ТРЕБУЮЩИМИ РЕВИЗИОННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ: РЕЗУЛЬТАТЫ СПЛОШНОГО МОНОЦЕНТРОВОГО 5-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА

Д.Г. Наумов^{1,2}, А.А. Вишневецкий¹, Н.С. Соловьева¹, Н.Ю. Масалова¹, П.К. Яблонский^{1,2}, А.А. Карпушин¹

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Анализ результатов сплошного моноцентрального 5-летнего микробиологического мониторинга возбудителей инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ) у пациентов, первично оперированных по поводу хронических инфекционных спондилитов и требующих проведения ревизионных хирургических вмешательств.

Материал и методы. Период исследования — 2018–2022 гг. Первичная когорта — 569 последовательно оперированных пациентов с хроническими инфекционными спондилитами, неспецифической ($n_1 = 214$) и туберкулезной ($n_2 = 355$) этиологии. Анализируемую выборку сформировали с учетом критериев включения и исключения. Так, у 99 пациентов, которым потребовались ревизионные хирургические вмешательства в связи с развитием ИОХВ, выполнили сплошной микробиологический мониторинг возбудителей, включающий в себя оценку лекарственной устойчивости и сроков развития инфекционных осложнений. Периодизация сроков развития ИОХВ выполнена согласно принятой классификации Prinz et al. (2020), оценка спектра лекарственной устойчивости проведена по рекомендации EUCAST (2020) и с учетом утвержденных методических рекомендаций.

Результаты. В общей структуре хирургических вмешательств по поводу хронических инфекционных спондилитов доля ревизионных вмешательств в связи с развитием ИОХВ составляет 17,4 %. Наибольшая частота осложнений отмечена в позднем послеоперационном периоде ($\chi^2 = 9,237$; $p = 0,009$). Детекция микроорганизма из материала вертебральной локализации отмечена в 43 (48,3 %) случаях, штаммы возбудителей выделены в моче у 28 (60,8 %) пациентов, в декубитальных язвах — у 11 (23,9 %), в гемокультуре — у 7 (15,2 %). ИОХВ с неидентифицированным возбудителем выявлена в 10 (10,1 %) наблюдениях, во всех случаях — в позднем периоде. Инфекционные осложнения в условиях хронических неспецифических спондилитов выявлены чаще, чем при спондилитах туберкулезной этиологии ($\chi^2 = 21,345$; $p < 0,001$). В микробиологическом пейзаже поздней ИОХВ преобладали грамположительные мультирезистентные и грамотрицательные бактерии с экстремальной резистентностью, ранней и отсроченной — грамположительные штаммы без лекарственной устойчивости ($\chi^2 = 17,516$; $p = 0,0032$).

Заключение. В структуре возбудителей ИОХВ преобладают грамположительные бактерии с лекарственной устойчивостью. Неспецифическая этиология спондилита связана со значимо большей частотой развития ИОХВ. При отсутствии положительного результата бактериологического исследования материала вертебральной локализации целесообразно выполнять забор крови, отделяемого декубитальных язв и мочи.

Ключевые слова: инфекция области хирургического вмешательства, ИОХВ, спондилит, осложнения, микробиологический мониторинг.

Для цитирования: Наумов Д.Г., Вишневецкий А.А., Соловьева Н.С., Масалова Н.Ю., Яблонский П.К., Карпушин А.А. Микробиологический спектр возбудителей ИОХВ у пациентов с хроническими инфекционными спондилитами, требующими ревизионных вмешательств: результаты сплошного моноцентрального 5-летнего мониторинга // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 4. С. 68–74.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.4.68-74>.

MICROBIOLOGICAL SPECTRUM OF SSI PATHOGENS IN PATIENTS WITH CHRONIC INFECTIOUS SPONDYLITIS REQUIRING REVISION SURGERY: RESULTS OF CONTINUOUS MONOCENTRIC 5-YEAR MONITORING

SD.G. Naumov^{1,2}, A.A. Vishnevskiy¹, N.S. Solovieva¹, N.Y. Masalova¹, P.K. Yablonsky^{1,2}, A.A. Karpushin¹

¹St. Petersburg Research Institute of Phthiopolmonology, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Objective. To analyze the results of the continuous monocentric 5-year microbiological monitoring of causative agents of surgical site infection (SSI) in patients who underwent primary surgery for chronic infectious spondylitis and required revision surgery.

Material and Methods. The study included patient data from 2018 to 2022. The primary cohort included 569 consecutively operated patients with chronic infectious spondylitis of nonspecific ($n_1 = 214$) and tuberculous ($n_2 = 355$) etiology. The analyzed sample was formed taking into account inclusion and exclusion criteria. Thus, in 99 patients who required revision surgical interventions due to the development of SSI, a continuous microbiological monitoring of pathogens was performed, including the assessment of drug resistance and the timing of the development of infectious complications. Periodization of the time of SSI development was performed according to the accepted classification of Prinz et al. (2020), the assessment of drug resistance spectrum was performed according to the EUCAST recommendations (2020) and taking into account the approved methodological recommendations.

Results. In the general structure of surgical interventions for chronic infectious spondylitis, the share of revision interventions due to the development of SSI was 17.4 %. The highest incidence of complications was noted in the late postoperative period ($\chi^2 = 9.237$; $p = 0.009$). Bacterial detection from the material of vertebral localization was noted in 43 cases (48.3 %), pathogen strains were isolated in urine in 28 (60.8 %), in decubital ulcers in 11 (23.9 %) and in hemoculture in 7 (15.2 %) patients. Culture negative SSI was detected in 10 cases (10.1 %) in the late period. Infectious complications in the setting of chronic non-specific spondylitis were detected more frequently than in spondylitis of tuberculous etiology ($\chi^2 = 21.345$; $p < 0.001$). Gram-positive multidrug-resistant and Gram-negative bacteria with extreme resistance prevailed in the microbiological landscape of late SSI, and Gram-positive strains without drug resistance in that of early and delayed SSI ($\chi^2 = 17.516$; $p = 0.0032$).

Conclusion. Drug-resistant Gram-positive bacteria predominate in the structure of SSI with a significantly higher frequency of complication development. Nonspecific etiology of spondylitis is associated with a significantly higher incidence of SSI. In the absence of a positive result of bacteriological examination of the material of vertebral localization, it is advisable to collect blood, decubital ulcer secretion and urine sampling.

Key Words: surgical site infection, SSI, spondylitis, complications, microbiological monitoring.

Please cite this paper as: Naumov DG, Vishnevskiy AA, Solovieva NS, Masalova NY, Yablonsky PK, Karpushin AA. Microbiological spectrum of SSI pathogens in patients with chronic infectious spondylitis requiring revision surgery: results of continuous monocentric 5-year monitoring Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2023;20(4):68–74. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.4.68-74>.

Хронические инфекционные спондилиты представляют собой этиологически гетерогенную группу деструктивных поражений, объединенных преимущественным разрушением передней колонны позвоночника [1–3].

К стандарту лечения острых форм (давность заболевания не более 30 дней) инфекционных спондилитов относится изолированная этиотропная антибактериальная терапия при типах A1÷B2 по Pola et al. (2017) или хирургическая санация зоны инфекционного процесса в сочетании с внеочаговой инструментальной фиксацией и длительной этиотропной антибактериальной терапией [4]. При переходе спондилита в хроническую форму (длительность терапевтической паузы 3 мес. и более) необходима не только санация гнойного очага, но и трехколонная реконструкция позвоночника с коррекцией параметров сагиттального баланса как ключевого критерия обеспечения качества жизни пациента в послеоперационном периоде [5]. Проведение подобных операций сопряжено с высокими рисками

развития глубокой инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ) как в раннем (первые 30 сут после вмешательства), так и в отдаленном периоде [6–9]. Прогрессирование инфекционного процесса чаще приводит к формированию двух патологических состояний: потере сегментарной стабильности с развитием псевдоартроза и вторичному стенозу позвоночного канала с неврологическими нарушениями [10–12]. Среди основных задач, решаемых в ходе ревизионных операций, следует выделить купирование признаков местного и системного воспалительного процесса, восстановление вертебральной стабильности и декомпрессию интраканальных невралгических структур [13–15].

Одной из причин ИОХВ является высокая резистентность штаммов микроорганизмов к антибактериальным препаратам, которая, по данным различных авторов, колеблется от 1,1 до 7,4 % [16, 17]. Несмотря на оптимизацию схем периоперационной системной антибактериальной терапии и совершенствование методов

профилактики ИОХВ (внутриранеовое использование ванкомицина, ирригация операционного поля йодсодержащими антисептическими растворами), частота развития инфекционных осложнений после реконструктивных операций в условиях хронических инфекционных спондилитов достигает 21–29 % [18–20].

Мониторинг микробиологического спектра возбудителей ИОХВ играет ключевую роль как с позиции профилактики инфекционных осложнений первичных реконструкций при хронических спондилитах, так и с позиции лечения ИОХВ у пациентов, которым требуются ревизионные вмешательства. Отсутствие профильных публикаций в литературе и накопленный опыт учреждения позволяют систематизировать данные по рассматриваемому вопросу.

Цель исследования – анализ результатов сплошного моноцентрового 5-летнего микробиологического мониторинга возбудителей ИОХВ у пациентов, первично оперированных по поводу хронических инфекционных спондилитов и требующих

проведения ревизионных хирургических вмешательств.

Необходимы ответы на следующие вопросы:

1) существуют ли различия в микробном пейзаже в зависимости от сроков развития ИОХВ?

2) какова структура лекарственной устойчивости возбудителей в зависимости от сроков развития ИОХВ?

Дизайн: сплошное моноцентровое когортное исследование, соответствующее классу III по Burns et al. (2011).

Материал и методы

Исследование выполнено в период с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2022 г.

Включение пациентов в исследование осуществляли с учетом следующих критериев:

- этиологически верифицированный хронический спондилит на момент проведения первичной реконструктивной операции гистологическим или бактериологическим методом;
- наличие ИОХВ, требующей проведения ревизионной операции;
- возраст пациента на момент ревизионной операции 18 лет и старше;
- верификация отделяемого раневой полости с определением спектра лекарственной чувствительности возбудителя ИОХВ;
- верификация возбудителя из гемокультуры (трехкратный забор на высоте лихорадки), мочи, подключичных катетеров и поверхностного отделяемого декубитальных язв при *culture negative* ИОХВ, сочетающейся с наличием клинических проявлений;
- катмнез, прослеженный в сроки 6 мес. и более.

Критерий исключения: отсутствие показаний к выполнению ревизионного хирургического вмешательства.

За анализируемый период последовательно оперированы 569 пациентов с хроническими инфекционными спондилитами: в 364 (63,9 %) случаях выполнены первичные реконструкции, в 205 (36,1 %) – ревизионные хирургические вмешательства (первичные операции выполнены за пределами

учреждения). Итоговую когорту составили 99 пациентов, у которых на разных сроках послеоперационного периода была зарегистрирована ИОХВ, требующая повторных операций. Схема исследования представлена на рис.

В структуре анализируемых параметров выделены следующие: 1) вариант микроорганизма-возбудителя ИОХВ; 2) спектр лекарственной устойчивости микроорганизмов-возбудителей ИОХВ; 3) срок развития ИОХВ согласно периодизации по Prinz et al. (ранняя: ≤ 6 недель; отсроченная: > 6 недель; поздняя: > 12 мес.) [21].

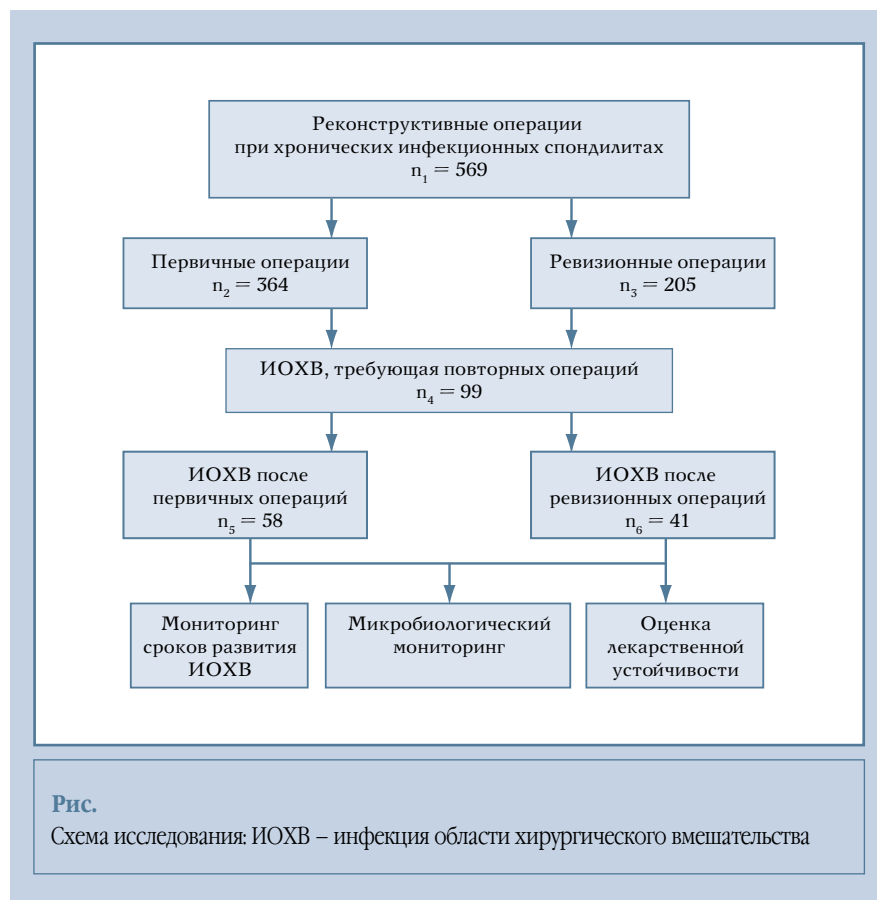
Забор биологического материала для бактериологического исследования выполняли до ревизионной операции из раневого отделяемого (при наличии свищевого процесса) и непосредственно во время вмешательства (грануляции, гной). В случае выявления отсроченной и поздней ИОХВ и нестабильности задней металлоконструкции при удалении опорных элементов выполняли ульт-

развуковую обработку поверхности имплантатов с последующим бактериологическим исследованием.

Выявление неспецифической микрофлоры и *Mycobacterium spp.* проводили на основе посевов на плотные и жидкие питательные среды, детекцию ДНК *Mycobacterium tuberculosis-complex* и амплификацию нуклеотидной последовательности IS6110 – маркера микобактерий туберкулезного комплекса – проводили с использованием тест-системы НПО «ДНК-технология» (Россия) методом ПЦР в режиме реального времени (РТ-ПЦР) на анализаторе iCyclerQ, BioRad (США).

В качестве порогового значения колониеобразующей единицы (КОЕ) микроорганизмов-возбудителей ИОХВ для включения в исследование принимали $\geq 10^5$ (меньшее значение КОЕ рассматривали как вариант контаминации образца).

Бактериологическое исследование биоматериала на анаэробные



и факультативно-анаэробные микроорганизмы во всех случаях дополняли определением лекарственной чувствительности возбудителей ИОХВ диско-диффузионным методом по рекомендации EUCAST (2020) и в соответствии со стандартами и методическими указаниями МУК 4.2.1890–04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам», утвержденными санитарным врачом Российской Федерации 4 марта 2004 г. В связи с отсутствием технических возможностей верификацию на низкопатогенную микрофлору не проводили.

В соответствии с рекомендациями Института клинических лабораторных стандартов (CLSI), Европейского комитета по тестированию чувствительности к противомикробным препаратам (EUCAST) и управления по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) в структуре лекарственной чувствительности выделяли микроорганизмы с мультирезистентностью (устойчивость к одному антибактериальному препарату в трех и более группах препаратов), экстремальной резистентностью (устойчивость к одному и более антибактериальному препарату во всех группах, за исключением 1–2 категорий) и панрезистентностью (устойчивость ко всем антибактериальным препаратам во всех группах) [22].

Гистологическое исследование проводили на основании изучения материала вертебральной локализации, полученного путем пункционной трепанбиопсии.

Статистический анализ осуществляли с учетом рекомендаций Всемирной ассоциации остеосинтеза [23]. Использовали программу «Statistical Package for the Social Sciences» (SPSS), версия 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, США). Проверку исследуемых параметров на нормальность распределения проводили по критерию Колмогорова – Смирнова. Для всех количественных параметров уровень двусторонней значимости составил $p < 0,05$, что свидетельствует о ненормальности их распределения. Для оценки зна-

чимости различий сроков развития ИОХВ использовали Н-критерий Краскела – Уоллиса. Влияние этиологии спондилита на спектр лекарственной чувствительности проверяли по критерию χ^2 Пирсона с построением таблиц сопряженности. Различия признавались статистически значимыми при двустороннем $p < 0,05$.

Результаты

Согласно периодизации развития ИОХВ по Prinz и Vajkoczy [21], наибольшая частота осложнений отмечена в позднем послеоперационном периоде – 54 (54,5 %) наблюдения, реже их регистрировали в раннем (31 пациент) и отсроченном (14 пациентов) периодах ($\chi^2 = 9,237$; $p = 0,009$).

Возбудители ИОХВ верифицированы у 89 (89,8 %) пациентов, при этом детекция микроорганизма из материала вертебральной локализации отмечена в 43 (48,3 %) случаях. В случаях *culture negative* ИОХВ, сочетающейся с клиническими проявлениями (свищевой процесс в зоне проведенной операции, повышение уровня СРБ > 10 мг/л и СОЭ > 30 мм/ч) и гистологическими признаками воспаления, штаммы возбудителей выделены в моче у 28 (60,8 %), в декубитальных язвах – у 11 (23,9 %), в гемокультуре – у 7 (15,2 %) пациентов.

У 10 (10,1 %) пациентов с клиническими признаками ИОХВ, гистологическими признаками воспаления и отрицательным результатом бактериологического исследования материала как вертебральной, так и иной локализации установлен диагноз «ИОХВ с неидентифицированным возбудителем», при этом во всех случаях инфекция выявлена в позднем послеоперационном периоде.

Этиология хронического спондилита оказывала значимое влияние на частоту развития ИОХВ: послеоперационные осложнения в условиях хронических неспецифических спондилитов отмечены в 67 (67,6 %) случаях, а при туберкулезных – в 32 (32,3 %); $\chi^2 = 21,345$; $p < 0,001$.

В структуре микробного пейзажа выявлены значимые различия.

Так, у пациентов с поздней ИОХВ чаще выделяли мультирезистентные грамположительные и грамотрицательные бактерии с экстремальной резистентностью, в то время как возбудителями ранней и отсроченной ИОХВ чаще являлись грамположительные бактерии без лекарственной устойчивости ($\chi^2 = 17,516$; $p = 0,0032$). Верификация двух микроорганизмов отмечена в 32 наблюдения, трех – в 6.

Распределение выделенных изолятов вертебральной локализации в зависимости от сроков развития ИОХВ представлено в табл.

При оценке лекарственной устойчивости возбудителей, полученных из вертебральной локализации, удельный вес грамположительных мультирезистентных штаммов составил 30,3 %, из которых 63,0 % приходится на *Staph. Epidermidis* (MRSE) и 37,0 % – на *Staph. Aureus* (MRSA). В структуре грамотрицательных бактерий доля устойчивых штаммов достигла 80,0 %: 87,5 % изолятов обладали экстремальной резистентностью (*Klebsiella spp.* и *Acinetobacter spp.*), а 12,5 % – панрезистентностью (*Pseud. Aureginosa*).

Обсуждение

Ревизионные операции при спондилитах составляют одну из наиболее сложных проблем в хирургии позвоночника, поскольку сопровождаются большим количеством инфекционных осложнений и высокими экономическими затратами на оказание специализированной медицинской помощи [24, 25]. Несмотря на рост публикационной активности в рассматриваемой области, информация по отдаленным результатам ревизионных вмешательств у пациентов с хроническими инфекционными спондилитами ограничена, а данные, отражающие результаты микробиологического мониторинга в данной когорте, представлены единичными публикациями [1, 4, 6, 9].

Прогнозирование развития ИОХВ в хирургии позвоночника остается актуальным, при этом консенсус отсутствует. Среди факторов риска

Таблица

Микробный пейзаж в зависимости от сроков развития инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ), n (%)

Штаммы	Всего	Ранняя ИОХВ	Отсроченная ИОХВ	Поздняя ИОХВ
Грамположительные	33 (76,7)	8 (18,6)	4 (9,3)	11 (25,5)
В том числе мультирезистентные	10 (30,3)	1 (2,3)	1 (2,3)	8 (18,6)
Грамотрицательные	10 (23,2)	2 (20,0)	1 (10,0)	—
В том числе экстремально резистентные	6 (60,0)	1 (10,0)	1 (10,0)	4 (40,0)
Панрезистентные	1 (10,0)	—	—	1 (10,0)

* статистически значимые различия выявлены между группой поздней и ранней/отсроченной ИОХВ по Н-критерию Краскела — Уоллиса ($\chi^2 = 17,516$; $p = 0,0032$).

выделяют пациент-ассоциированные (индекс Charlson, ИМТ, сопутствующая ревматологическая патология и другие) и вмешательство-ассоциируемые (первичная/ревизионная операция, длительность и кровопотеря, уровень операции и другие) [18, 19, 24]. Mueller et al. [7] предложили шкалу риска развития ИОХВ после вертебрологических вмешательств, в которой ревизионный характер операции рассматривается как один из наиболее значимых предикторов инфекционных осложнений [7].

Изучение отдаленных результатов у пациентов, оперированных по поводу неспецифических спондилодисцитов, демонстрирует значимое влияние типа микроорганизма-возбудителя на летальность. По данным Kehrger et al. [25], летальность в раннем и отсроченном послеоперационных периодах выше у пациентов с мультирезистентными штаммами *Staph. aureus*, в позднем — чаще выявляли мультирезистентные грамотрицательные микроорганизмы. В нашей когорте выявлены аналогичные результаты: зарегистрирован один летальный исход у пациентки с поздней глубокой ИОХВ, ассоциированной с грамотрицательными экстремально-резистентными бактериями.

Одним из способов профилактики ИОХВ при исходно стерильных

операциях на позвоночнике является интраванное применение ванкомицина. Метаанализ Shan et al. [26] свидетельствует о значимом влиянии указанного метода на риск развития инфекционных осложнений. Следует обратить внимание и на характер микроорганизмов в представленной когорте, ассоциированных с ИОХВ в раннем послеоперационном периоде: в 75 % выявляли грамположительные бактерии, что позволяет рекомендовать интраванное использование ванкомицина и у данной категории больных.

В общей когорте возбудителей ИОХВ основными штаммами оказались грамположительные микроорганизмы: 76,7 % против 23,2 %, ведущее место среди которых занимают *Staphylococcus spp.* В структуре нозокомиальной флоры выявляли представителей *Enterococcus spp.*, преимущественно *E. faecalis* и *E. faecium*, при этом детекция возбудителя проводилась из мочи и отделяемого декубитальных язв. Особенностью данной группы микроорганизмов оказалась мультирезистентность к фторхинолонам 3-го и 4-го поколений. Аналогичные тенденции выявлены при 6-летнем мониторинге структуры и резистентности ведущих возбудителей в НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена [27].

Заключение

Микробиологический мониторинг у пациентов с хроническими инфекционными спондилитами позволил выявить следующее: в структуре возбудителей ИОХВ преобладают грамположительные бактерии с лекарственной устойчивостью; развитие поздней ИОХВ статистически значимо обусловлено мультирезистентными грамположительными и экстремально-резистентными грамотрицательными микроорганизмами; неспецифическая этиология спондилита связана со значимо большей частотой развития ИОХВ; при отсутствии положительного результата бактериологического исследования материала вертебральной локализации целесообразно выполнять забор крови, отделяемого декубитальных язв и мочи.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Lora-Tamayo J, Euba G, Narváez JA, Murillo O, Verdager R, Sobrino B, Narvaez J, Nolla JM, Ariza J. Changing trends in the epidemiology of pyogenic verte-

bral osteomyelitis: the impact of cases with no microbiologic diagnosis. Semin Arthritis Rheum. 2011;41:247–255. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2011.04.002.

2. Stricsek G, Iorio J, Mosley Y, Prasad S, Heller J, Jallo J, Shahrokh S, Harrop JS. Etiology and surgical management of cervical spinal epidural abscess (SEA): a systematic review. *Global Spine J*. 2018;8(4 Suppl):59S–67S. DOI: 10.1177/2192568218772048.
3. Yoon SH, Chung SK, Kim KJ, Kim HJ, Jin YJ, Kim HB. Pyogenic vertebral osteomyelitis: identification of microorganism and laboratory markers used to predict clinical outcome. *Eur Spine J*. 2010;19:575–582. DOI: 10.1007/s00586-009-1216-1.
4. Мушкин А.Ю., Вишневецкий А.А. Клинические рекомендации по диагностике инфекционных спондилитов (проект для обсуждения) // Медицинский альянс. 2018. № 3. С. 65–74. [Mushkin AY, Vishnevsky AA. Clinical recommendations for the diagnosis of infectious spondylitis. Project for discussion. *Meditsinskij Alyans*. 2018;(3):65–74].
5. Базаров А.Ю., Наумов Д.Г., Мушкин А.Ю., Сергеев К.С., Рябых С.О., Вишневецкий А.А., Бурцев А.В., Мушкин М.А. Новая классификация спондилитов: возможности валидации и мультидисциплинарного межэкспертного консенсуса // Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19. № 4. С. 68–76. [Bazarov AY, Naumov DG, Mushkin AY, Sergeyev KS, Ryabikh SO, Vishnevsky AA, Burtsev AV, Mushkin MA. A new classification of spondylodiscitis: possibility of validation and multidisciplinary expert consensus. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(4):68–76]. DOI: 10.14531/ss2022.4.68-76.
6. D'Agostino C, Scorzoloni L, Massetti AP, Carnevalini M, d'Ettorre G, Venditti M, Vullo V, Orsi GB. A seven-year prospective study on spondylodiscitis: epidemiological and microbiological features. *Infection*. 2010;38:102–107. DOI: 10.1007/s15010-009-9340-8.
7. Mueller KB, Hou Y, Beach K, Griffin LP. Development and validation of a point-of-care clinical risk score to predict surgical site infection following open spinal fusion. *N Am Spine Soc J*. 2022;13:100196. DOI: 10.1016/j.xnsj.2022.100196.
8. Наумов Д.Г., Ткач С.Г., Мушкин А.Ю., Макогонова М.Е. Хронические инфекционные поражения шейного отдела позвоночника у взрослых: анализ моноцентровой когорты и данных литературы // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 3. С. 68–76. [Naumov DG, Tkach SG, Mushkin AY, Makogonova ME. Chronic infectious lesions of the cervical spine in adults: monocentric cohort analysis and literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2021;18(3):68–76]. DOI: 10.14531/ss2021.3.68-76.
9. Kang SJ, Jang HC, Jung SI, Choe PG, Park WB, Kim CJ, Song KH, Kim ES, Kim HB, Oh MD, Kim NJ, Park KH. Clinical characteristics and risk factors of pyogenic spondylitis caused by Gram-negative bacteria. *PLoS One*. 2015;10:e0127126. DOI: 10.1371/journal.pone.0127126.
10. Дискарашвили А.В., Горбатюк Д.С., Меликова Р.Э., Пхакадзе Т.Я., Казьмин А.И., Сулейманов М.А. Микробиологический спектр возбудителей имплант-ассоциированной инфекции при лечении осложнений транспедикулярной фиксации позвоночника методом отрицательного давления // Хирургия позвоночника. 2022. Т. 19. № 3. С. 77–87. [Tsiskarashvili AV, Gorbatyuk DS, Melikova RE, Pkhakadze TY, Kazmin AI, Suleimanov MA. Microbiological spectrum of causative agents of implant-associated infection in the treatment of complications of transpedicular fixation of the spine using the negative pressure method. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):77–87]. DOI: 10.14531/ss2022.3.77-87.
11. Wang X, Lin Y, Yao W, Zhang A, Gao L, Feng F. Surgical site infection in spinal surgery: a bibliometric analysis. *J Orthop Surg Res*. 2023;18:337. DOI: 10.1186/s13018-023-03813-6.
12. Hu X, Lieberman IH. Revision spine surgery in patients without clinical signs of infection: How often are there occult infections in removed hardware? *Eur Spine J*. 2018;27:2491–2495. DOI: 10.1007/s00586-018-5654-5.
13. Shirai T, Tsuchiya H, Terauchi R, Tsuchida S, Shimomura S, Kajino Y, Takahashi K. Iodine-supported implants in prevention and treatment of surgical site infections for compromised hosts: a prospective study. *J Orthop Surg Res*. 2023;18:388. DOI: 10.1186/s13018-023-03868-5.
14. Yagi M, Fujita N, Hasegawa T, Inoue G, Kotani Y, Ohtori S, Orita S, Oshima Y, Sakai D, Sakai T, Taneichi H, Togawa D, Nakanishi K, Nakashima H, Yoshii T, Nakamura M, Iwasaki M, Watanabe M, Haro H, Kanemura T, Hosogane N. Nationwide survey of the surgical complications associated with lateral lumbar interbody fusion in 2015–2020. *Spine Surg Relat Res*. 2022;7:249–256. DOI: 10.22603/ssrr.2022-0194.
15. Mengis-Palleck CL, Tome-Bermejo F, Pinera-Parrilla A, Cervera-Irimia J, Gallego-Bustos J, Garzon-Marquez F, Rodriguez-Arguisjuela MG, Sanz-Aguilera S, Peiro-Garcia A, Alvarez-Galovich L. Surgical site infection after polymethyl methacrylate pedicle screw augmentation in osteoporotic spinal vertebrae: a series of 537 cases. *Int J Spine Surg*. 2023;17:587–597. DOI: 10.14444/8474.
16. Zhou J, Wang R, Huo X, Xiong W, Kang L, Xue Y. Incidence of surgical site infection after spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Spine*. 2020;45:208–216. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003218.
17. Prinz V, Bayerl S, Renz N, Trampuz A, Czabanka M, Woitzik J, Vajkoczy P, Finger T. High frequency of low-virulent microorganisms detected by sonication of pedicle screws: a potential cause for implant failure. *J Neurosurg Spine*. 2019;31:424–429. DOI: 10.3171/2019.1.SPINE181025.
18. Abdallah DY, Jadaan MM, McCabe JP. Body mass index and risk of surgical site infection following spine surgery: a meta-analysis. *Eur Spine J*. 2013;22:2800–2809. DOI: 10.1007/s00586-013-2890-6.
19. Anderson PA, Savage JW, Vaccaro AR, Radcliff K, Arnold PM, Lawrence BD, Shamji MF. Prevention of surgical site infection in spine surgery. *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S114–S123. DOI: 10.1093/neuros/nyw066.
20. Agarwal A, Lin B, Wang JC, Schultz C, Garfin SR, Goel VK, Anand N, Agarwal AK. Efficacy of intraoperative implant prophylaxis in reducing intraoperative microbial contamination. *Global Spine J*. 2019;9:62–66. DOI: 10.1177/2192568218780676.
21. Prinz V, Vajkoczy P. Surgical revision strategies for postoperative spinal implant infections (PSII). *J Spine Surg*. 2020;6:777–784. DOI: 10.21037/jss-20-514.
22. Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, Carmeli Y, Falagas ME, Giske CG, Harbarth S, Hindler JF, Kahlmeter G, Olsson-Liljequist B, Paterson DL, Rice LB, Stelling J, Struelens MJ, Vatopoulos A, Weber JT, Monnet DL. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clin Microbiol Infect*. 2012;18:268–281. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x.
23. Falavigna A, Jimenez Avila JM. Education in Research: from the Idea to the Publication. *Caxias do Sul, RS: EDUCS*, 2015.
24. Blumberg TJ, Woelber E, Bellabarba C, Bransford R, Spina N. Predictors of increased cost and length of stay in the treatment of postoperative spine surgical site infection. *Spine J*. 2018;18:300–306. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.07.173.
25. Kehr M, Pedersen C, Jensen TG, Hallas J, Lassen AT. Increased short- and long-term mortality among patients with infectious spondylodiscitis compared with a reference population. *Spine J*. 2015;15:1233–1240. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.02.021.
26. Shan S, Tu L, Gu W, Aikenmu K, Zhao J. A meta-analysis of the local application of vancomycin powder to prevent surgical site infection after spinal surgeries. *J Int Med Res*. 2020;48:300060520920057. DOI: 10.1177/0300060520920057.
27. Божкова С.А., Касимова А.Р., Тихилов Р.М., Полякова Е.М., Рукина А.Н., Шабанова В.В., Ливенцов В.Н. Неблагоприятные тенденции в этиологии ортопедической инфекции: результаты 6-летнего мониторинга структуры и резистентности ведущих возбудителей // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24. № 4. С. 20–31. [Bozhkova SA, Kasimova AR, Tikhilov RM, Polyakova EM, Rukina AN, Shabanova VV, Liventsov VN. Adverse trends in the etiology of orthopedic infection: results of 6-year monitoring of the structure and resistance of leading pathogens. *Travmatologiya i ortopediya Rossii (Traumatology and Orthopedics of Russia)*. 2018;24(4):20–31]. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-20-31.

Адрес для переписки:

Наумов Денис Георгиевич
191036, Россия, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4,
Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт
фтизиопульмонологии,
dg.naumov@spbniif.ru

Address correspondence to:

Naumov Denis Georgyevich
St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology,
2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia,
dg.naumov@spbniif.ru

Статья поступила в редакцию 02.09.2023

Рецензирование пройдено 23.11.2023

Подписано в печать 27.11.2023

Received 02.09.2023

Review completed 23.11.2023

Passed for printing 27.11.2023

Денис Георгиевич Наумов, канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель НИЛ патологии позвоночника, заведующий отделением хирургии позвоночника № 6, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4; ассистент кафедры общей хирургии, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9, ORCID: 0000-0002-9892-6260, dg.naumov@spbniif.ru;

Аркадий Анатольевич Вишневецкий, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник НИЛ патологии позвоночника, врач-нейрохирург отделения хирургии позвоночника № 6, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4, ORCID: 0000-0002-9186-6461, vichnevsky@mail.ru;

Наталья Сергеевна Соловьева, канд. мед. наук, заведующая бактериологической лабораторией, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4, ORCID: 0000-0003-1509-0734, ns.solovyeva@spbniif.ru;

Наталья Юрьевна Масалова, врач-клинический фармаколог, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4, ORCID: 0009-0004-7632-6450, ny.masalova@spbniif.ru;

Петр Казимирович Яблонский, д-р мед. наук, проф., директор, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4; проректор по медицинской деятельности, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9, ORCID: 0000-0003-4385-9643, piotr_yablonskii@mail.ru;

Андрей Андреевич Карпушин, стажер-исследователь НИЛ патологии позвоночника, врач-травматолог-ортопед отделения хирургии позвоночника № 6, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., 2–4, ORCID: 0000-0002-7178-3861, karpushin@lyag.ru.

Denis Georgyevich Naumov, MD, PhD, leading researcher, Head of the Research Laboratory of Spine Pathology, Head of the Spine Surgery Department 6, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia; Assistant, Department of General Surgery, St. Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034, Russia, ORCID: 0000-0002-9892-6260, dg.naumov@spbniif.ru;

Arkady Anatolyevich Vichnevskiy, DMSc, leading researcher of the Research Laboratory of Spine Pathology, neurosurgeon, Spine Surgery Department 6, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia, ORCID: 0000-0002-9186-6461, vichnevsky@mail.ru;

Natalya Sergeyevna Solovieva, MD, PhD, Head of Bacteriological Laboratory, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia, ORCID: 0000-0003-1509-0734, ns.solovyeva@spbniif.ru;

Natalya Yuryevna Masalova, clinical pharmacologist, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia, ORCID: 0009-0004-7632-6450, ny.masalova@spbniif.ru;

Piotr Kazimirovich Yablonsky, DMSc, Professor, Director St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia; Vice-Rector for Medical Activities, St. Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034, Russia, ORCID: 0000-0003-4385-9643, piotr_yablonskii@mail.ru;

Andrey Andreyevich Karpushin, intern researcher of the Research Laboratory of Spine Pathology, traumatologist-orthopedist, Spine Surgery Department 6, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky Ave, St. Petersburg, 191036, Russia, ORCID: 0000-0002-7178-3861, karpushin.spine@yandex.ru.