



МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СПЕКТР ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ИМПЛАНТ-АССОЦИИРОВАННОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОСЛОЖНЕНИЙ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА МЕТОДОМ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

А.В. Цискарашвили, Д.С. Горбатюк, Р.Э. Меликова, Т.Я. Пхакадзе, А.И. Казьмин, М.А. Сулейманов
Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

Цель исследования. Анализ ведущих возбудителей имплант-ассоциированной инфекции (ИАИ) после оперативных вмешательств на позвоночнике и выявление тенденций изменения паттерна микроорганизмов на этапах лечения методом отрицательного давления (ЛОД-систем).

Материал и методы. Изучены результаты микробиологических посевов 25 пациентов с ИАИ позвоночника. Оценена частота встречаемости грамположительной и грамотрицательной микрофлоры, определены ведущие виды возбудителей. Исследованы изменения структуры идентифицированных микроорганизмов на различных временных интервалах лечения.

Результаты. У 25 пациентов на этапах лечения методом отрицательного давления выполнено 136 микробиологических исследований с идентификацией микроорганизмов в 127 (93,3 %) случаях. Частота грамотрицательной микрофлоры составила 50,0 %, грамположительной — 42,6 %, *Candida sp.* — 0,7 %, в 15,4 % выделены микробные ассоциации с доминированием грамотрицательной микрофлоры на всех сроках лечения. Отмечено не только разнообразие выделенной флоры (*E. faecalis* — 16,5 %, *P. aeruginosa* — 14,2 %, *K. pneumoniae* — 11,0 %, *S. aureus* и *A. baumannii* — по 9,4 % и *S. epidermidis* — 8,6 %), но и изменение спектра флоры на этапах лечения: на 1-й и 2-й неделях с первого санационного вмешательства и установки ЛОД-системы наиболее часто выявлялись *E. faecalis*, на 3-й и 4-й неделях — *P. aeruginosa* и *A. baumannii*, в течение 2-го мес. — *E. faecalis* и *P. aeruginosa*, позднее — грамотрицательные бактерии на фоне роста встречаемости *K. pneumoniae*. Частота верификации остальных видов микроорганизмов статистически значимых различий не имела. Микробные ассоциации обнаруживались со 2-го мес. лечения. В 72 % случаев в процессе лечения ИАИ позвоночника отмечена смена возбудителей. В среднем такое лечение потребовало 7–8 смен повязок системы ЛОД на одного пациента. Данный метод лечения позволил добиться как отрицательных результатов микробиологического исследования, так и стойкого купирования инфекционного процесса.

Заключение. Для ИАИ, осложняющей оперативные вмешательства на позвоночнике, характерна смена возбудителей в процессе лечения, требующая не только многократных санаций с заменой повязок ЛОД-системы, но и адекватной длительной рациональной (этиологически обоснованной) антибактериальной терапии, базирующейся на контроле данных как о спектре, так и о резистентности микроорганизмов.

Ключевые слова: имплантат-ассоциированная инфекция, спинальная хирургия, ведущие микроорганизмы, микробиологический мониторинг, послеоперационные осложнения в спинальной хирургии, лечение отрицательным давлением.

Для цитирования: Цискарашвили 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.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.3.77-87>.

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

A.V. Tsiskarashvili, D.S. Gorbatyuk, R.E. Melikova, T.Ya. Pkhakadze, A.I. Kazmin, M.A. Suleimanov
Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

Objective. To analyze the leading pathogens of implant-associated infection (IAI) after spinal surgery and identification of trends in the change in the pattern of microorganisms at the stages of treatment using the negative pressure method (NPWT systems).

Material and Methods. The results of microbiological cultures of 25 patients with IAI of the spine were studied. The frequency of occurrence of Gram-positive and Gram-negative pathogens was estimated. The leading pathogens in the species spectrum were identified. Changes in the structure of identified microorganisms were studied at various time intervals of treatment.

Results. A total of 136 microbiological studies were performed in 25 patients at the stages of treatment with the negative pressure method,

with the identification of microorganisms in 127 (93.3 %) cases. The frequency of gram-negative microflora was 50.0 %, gram-positive – 42.6 %, *Candida sp.* – 0.7%, in 15.4 % microbial associations with the dominance of gram-negative microflora were identified at all periods of treatment. Not only the diversity of the isolated flora was noted (*E. faecalis* – 16.5 %, *P. aeruginosa* – 14.2 %, *K. pneumoniae* – 11.0 %, *S. aureus* and *A. baumannii* – 9.4 % each and *S. epidermidis* – 8.6 %), but also changes in the spectrum of flora at the stages of treatment: on the 1st and 2nd weeks from the first debridement intervention and the installation of the NPWT system, *E. faecalis* was most often detected, on the 3rd and 4th weeks – *P. aeruginosa* and *A. baumannii*, during the 2nd month – *E. faecalis* and *P. aeruginosa*, later – gram-negative bacteria against the background of an increase in the incidence of *K. pneumoniae*. The frequency of verification of other species of microorganisms had no statistically significant differences. Microbial associations were found from the 2nd month of treatment. The change in pathogens was noted in 72 % of cases during the treatment of IAI of the spine. On average, this treatment required 7–8 NPWT dressing changes per patient. This method of treatment made it possible to achieve both negative results of microbiological examination and stable relief of the infectious process.

Conclusion. IAI, which complicates surgical interventions on the spine, is characterized by a change in pathogens during treatment, which requires not only multiple debridement with the replacement of the NPWT dressing, but also adequate long-term rational (etiologically justified) antibacterial therapy, based on the control of data on both the spectrum and on microbial resistance.

Key Words: implant-associated infection, spine surgery, leading microorganisms, microbiological monitoring, postoperative complications in spine surgery, NPWT, negative pressure wound treatment.

Please cite this paper as: Tsiskarashvili AV, Gorbatyuk DS, Melikova RE, Pkhakadze TYa, 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. *Hir. Pozvonoc.* 2022;19(3):77–87. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2022.3.77-87>.

Увеличение числа операций в спинальной хирургии неизбежно влечет за собой рост инфекционно-воспалительных осложнений, к которым относят и имплант-ассоциированную инфекцию (ИАИ).

Частота ИАИ в спинальной хирургии, по данным различных источников [1–4], варьирует от 0,7 до 20,0 % и на сегодняшний день остается значимой не только клинической, но и организационной проблемой. Возможность полноценного лечения ИАИ имеются далеко не во всех стационарах, где проводят хирургическое лечение патологии позвоночника, при этом развитие инфекции значительно удлиняет сроки госпитализации, ухудшает финансовые показатели медицинского учреждения [5] и негативно влияет на качество жизни пациента [6–8].

подавляющее большинство случаев инфекционных осложнений в хирургии позвоночника диагностируется в первые 10 дней с момента плановой операции. Ранними принято считать инфекции, возникающие в период от 3 дней до 3 мес. после операции [1, 4], поздними – развивающиеся в более отдаленные сроки.

Лечение ИАИ связано с рядом проблем, особенно в тех случаях, когда возможное удаление металлоконструкции

несет угрозу развития неврологических и вторичных ортопедических осложнений. К методам, потенциально позволяющим надеяться на купирование ИАИ с сохранением установленных имплантатов, в том числе относится лечение ран отрицательным давлением (ЛОД-система и ее модификации). Показания к использованию данного метода сегодня расширяются [8]. Управляемое отрицательное давление в полости раны обеспечивает постоянную аспирацию раневого отделяемого, уменьшает размеры раны, увеличивает региональный кровоток [8] и, как следствие, способствует формированию грануляционной ткани и снижению контаминации микроорганизмами [9].

Как при любой ортопедической инфекции, лечение ИАИ позвоночника требует, помимо хирургической санации, использования адекватной антибактериальной терапии, базирующейся на идентификации микрофлоры и ее лекарственной чувствительности. При этом, если частота выявления разной флоры, по данным публикаций [10–14], варьирует в большом диапазоне, то преобладающими возбудителями таких инфекций считаются *Staphylococcus aureus*/MRSA (частота

18,9–33,1 % в структуре возбудителей), *Staphylococcus epidermidis*/MRSE (13,3–29,5 %), *Pseudomonas aeruginosa* (8,7–12,7 %).

Цель исследования – анализ ведущих возбудителей ИАИ позвоночника и выявление тенденций изменения паттерна идентифицированных микроорганизмов на этапах лечения, проведенного с применением ЛОД-систем.

Материал и методы

В анализ включены данные микробиологических исследований пациентов, отобранных путем сплошного скрининга из общего массива больных, пролеченных в отделении последствий травм опорно-двигательной системы и костно-суставной инфекции в 2016–2021 гг.

Критерии включения в исследование:

1) оперативное вмешательство на позвоночнике (грудной и поясничный отделы), проведенное с применением транспедикулярной фиксации;

2) использование для лечения развившихся инфекционных осложнений со стороны послеоперационной раны метода отрицательного давления (ЛОД-системы);

3) катамнез, прослеженный в сроки не менее 8 мес. после купирования инфекционного процесса.

В качестве критериев исключения приняты следующие:

1) использование при лечении инфекционного осложнения правильно-отточного дренирования;

2) наличие неинфекционных осложнений со стороны операционной раны;

3) наличие интраоперационных осложнений в ходе первичного (асептического) вмешательства.

Пациенты

Дизайн исследования соответствует селективной клинической серии и включает результаты микробиологических исследований, проведенных у 25 пациентов (17 (68 %) женщин, 8 (32 %) мужчин), поступивших в отделение в сроки до 12 дней с момента развития ИАИ. Структура первичной патологии, по поводу которой проводилось плановое оперативное вмешательство, представлена деформациями позвоночника – 4 (16 %) случая, дегенеративно-дистрофическими заболеваниями – 9 (36 %), переломами тел позвонков – 8 (32 %), спондилитами – 4 (16 %).

Пациенты со спондилитами и их первичное (до начала ЛОД-терапии) лечение характеризовались следующими особенностями:

– во всех случаях спондилит был эндогенным (внебольничным), хроническим в фазе обострения;

– морфологически и анатомически спондилит локализовался в телах грудных позвонков (не более одного уровня);

– первичное вмешательство было двухэтапным: вначале – транспедикулярная фиксация из дорсального доступа, затем (вторым этапом) – резекция тела позвонка с замещением его сетчатым межтеловым имплантатом с аутокостью;

– вмешательство проводилось в фазе обострения, при появлении у пациента жалоб на боли в соответствующем отделе позвоночника и повышении маркеров воспаления (С-реактивный белок, СОЭ, фибрино-

ген) по данным лабораторных исследований, при отсутствии эффекта от применения антибиотиков широкого спектра;

– инфекционный процесс подтверждался бактериологически при культуральном исследовании образцов ткани, полученных в ходе резекции пораженных тел позвонков.

Средний возраст пациентов – 52 года (min – 12; max – 74). Ранняя инфекция области хирургического вмешательства диагностирована у 23 (92 %), поздняя – у 2 (8 %) пациентов при среднем сроке развития осложнения 10,36 сут после первичного вмешательства (min – 5, max – 18).

Методики

В ходе первичного вмешательства всем пациентам в операционную рану устанавливали двусторонние (паравerteбрально слева и справа) дренажи.

При развитии ИАИ проводили клиническое, рентгенологическое (при необходимости – КТ, МРТ, УЗИ), лабораторное и микробиологическое исследования. Поскольку во всех случаях имелись операционные раны, забор раневого отделяемого для бактериологического исследования производили во время первой ревизионной операции, а также во время каждой последующей. Материал брали из нескольких различных участков (от 3 до 5), в случае удаления металлоконструкции на микробиологическое исследование брали также материал из ложа винтов и сами винты. Удаляемые винты обрабатывали ультразвуком в специальной ванне при помощи аппарата Söring Sonopа (Германия) в целях дополнительного разрушения биопленок и повышения качества микробиологической диагностики. Хирургическое лечение каждого пациента включало в себя иссечение нежизнеспособных и видоизмененных мягких и костных тканей, дебридмент операционной раны с использованием системы промыва пульсирующей струей (пульсалаж) с большим объемом антисептического раствора (от 4 л), установку ЛОД-системы с последующими санационными вмешательствами каждые

3–5 дней, с заменой пенополиуретановых губок, адгезивных пленок и порта до момента стойкого купирования инфекционно-воспалительного процесса и начала устойчивого заживления послеоперационной раны. Удаление металлоконструкции производили только при ее нестабильности, что выполнено в 2 (8,0 %) из 25 наблюдений на 20-е и 48-е сут после начала ЛОД-лечения.

В среднем на одного пациента приходилось 7–8 плановых операций по замене компонентов ЛОД-повязок. Решение об удалении ЛОД-системы принимали индивидуально для каждого пациента на основании достижения следующих показателей:

– отрицательные результаты бактериологических исследований при нормализации клинического и биохимического исследований крови, включая показатели воспаления (СОЭ, С-реактивный белок, фибриноген);

– отсутствие отделяемого из раны, содержащего воспалительный экссудат;

– визуальные (в ходе смены повязки ЛОД-системы) признаки полного очищения и заживления операционной раны;

– сокращение размеров раны (в том числе путем ее этапного частичного ушивания) до размеров, позволявших произвести окончательное закрытие с минимальным риском: глубина – не глубже подкожно-жировой клетчатки, длина – не более 7 см.

Культивирование возбудителей выполняли согласно стандартной методике [15]. Забор материала на исследование проводили при помощи интраоперационных мазков, родовую и видовую принадлежность микроорганизмов и их чувствительность к антибиотикам определяли с помощью бактериологического автоматического анализатора Vitex 2 compact (BioMerieux, Франция).

В исследовании учитывали все результаты интраоперационных микробиологических посевов, проводившихся в среднем с интервалом 4–5 дней, до момента стойкого купирования воспалительного процесса, кроме заключительных (перед выпис-

кой) отрицательных контрольных исследований, сопровождающихся перечисленными выше признаками купирования инфекционного процесса. В случае выявления двух и более микроорганизмов в одном посеве возбудителей регистрировали отдельно. Регистрацию результатов осуществляли в следующие контрольные сроки: 1, 2, 3 и 4 недели, 2 мес. (результаты 5–8 недели), 3 мес. (9–12 недель) и 4 мес. (13–16 недель) от начала лечения. Для различных этапов исследования фиксировали количество случаев выявления как грамположительных, так и грамотрицательных микроорганизмов.

Всем пациентам в послеоперационном периоде проводили инфузионную, противовоспалительную, антибактериальную терапию, назначавшуюся с учетом результатов тестов чувствительности возбудителей. В случае культуронегативной инфекции (9 исследований) применяли комбинированную эмпирическую терапию препаратами из групп гликопептидов и фторхинолонов.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных производили с помощью программы IBM SPSS Statistics 26 с использованием следующих методов:

- описательной статистики (минимум, максимум, среднее значение, стандартное отклонение) – для количественных данных; отдельно описывали долю полимикробных инфекций на различных контрольных сроках;
- частоты встречаемости тех или иных микроорганизмов, а также структуры их спектра (в процентах);
- двустороннего точного критерия Фишера – для статистического сравнения частот встречаемости наиболее значимых клинически микроорганизмов, а также грамположительной и грамотрицательной флоры. К наиболее значимым микроорганизмам относили *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, метициллинрезистентные штаммы *Staphylococcus aureus* (MRSA) и *Staphylococcus epidermidis* (MRSE), *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, метициллин-

чувствительные изоляты *Staphylococcus aureus* (MSSA) и *Staphylococcus epidermidis* (MSSE). В качестве порогового значения статистической значимости взяли $p = 0,05$; выбор критерия обусловлен малым количеством (5 и менее) проб с тем или иным микроорганизмом, выявляемым на каждом отдельно взятом контрольном сроке.

Исследование выполнено согласно этическим стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2013 г.

Результаты

Всего от 25 пациентов получено 136 результатов микробиологических посевов. При этом микробные изоляты идентифицированы в 127 (93,4 %) посевах. Грамотрицательная флора выявлена в 68 (50 %) изолятах, грамположительная – в 58 (42,6 %), грибы – в 1 (0,7 %) (табл. 1).

На протяжении всего периода лечения у 4 (16 %) больных выделялся один и тот же микроорганизм. Смена микробных изолятов зафиксирована у 18 (72 %) пациентов, причем у 13 (52 %) – до 3 смен микроорганизмов, у 5 (20 %) – от 5 до 8 смен. Несмотря на очевидную клиническую картину инфекционного процесса, у 3 (12 %) пациентов возбудитель не обнаружен, в том числе при повторных исследованиях.

Видовой состав возбудителей, обнаруживаемый на каждом этапе лечения, представлен в табл. 2.

Среди грамположительных бактерий превалировал *E. faecalis* – 21 (16,5%) из 127 изолятов. Доля *S. aureus* в структуре возбудителей составила 9,4 % (12 изолятов), в том числе MRSA – 6,3 %, MSSA – 3,1 %. В свою очередь, при частоте выявления *S. epidermidis* – 8,6 % (11 микроорганизмов) MRSE идентифицирована в 3,1 %, MSSE – 5,5 %. Из других видов стафилококка отмечены *Staphylococcus hominis* – 8 (6,3 %), *Staphylococcus*

haemolyticus – 2 (1,6 %). Также зафиксированы единичные случаи идентификации *Corynebacterium*, *Staphylococcus capitis*, *Staphylococcus lentus* и *Staphylococcus warneri*.

Среди грамотрицательных бактерий ведущую позицию заняла *P. aeruginosa* – 18 (14,2 %) микроизолятов, затем *K. pneumoniae* – 14 (11,0 %), *A. baumannii* – 12 (9,4 %), *Escherichia coli* и *Proteus sp.* идентифицированы в 7 (5,5 %) и 8 (6,3 %) наблюдениях соответственно. С равной частотой выявлены *Enterobacter cloacae* и *Serratia marcescens* – по 3 (2,3 %) изолята, верификация *Aeromonas hydrophila/caviae*, *Burkholderia cepacia* и *Pantoea dispersa* была единичной.

Частота микробных ассоциаций в целом составила 15,4 % (21 проба при $n = 136$), из них исключительно грамположительными бактериями представлены 2 (1,5 %), грамотрицательными – 9 (6,6%), сосуществование микроизолятов обоих видов – 10 (7,3 %). Необходимо отметить, что, если изначально полимикробную этиологию ИАИ имели 2 (11,0 %) пациента, в процессе лечения микст-инфекция обнаружена у 6 (33,3 %). Распределение полимикробной инфекции в различные периоды наблюдения вместе с количественной характеристикой микроорганизмов продемонстрировано на рис. 1 и 2.

Таким образом, можно отметить изменение флоры на фоне ЛОД: если на 1-й и 2-й неделе в ее структуре преобладает *E. faecalis* (17,9 и 20,8 % соответственно), то на 3-й неделе это *P. aeruginosa* (22,7 %), на 4-й – *A. baumannii* (40,0 %). При более длительных сроках флора становится разнообразней: через 2 мес. на долю *E. faecalis* и *P. aeruginosa* приходится по 18,5 % микроорганизмов, в течение 3-го мес. доля *K. pneumoniae*, *P. vulgaris* и *S. marcescens*, MSSA составляет 16,7 % для каждого, а в течение 4-го мес. – по 30,8 % положительных высевок приходится на *A. baumannii* и *K. pneumoniae*.

Исходные данные для частот встречаемости микроорганизмов, имеющих

Таблица 1

Данные по микроорганизмам, выявленным в различные временные интервалы, n (%)

| Возбудитель | 1-я неделя | 2-я неделя | 3-я неделя | 4-я неделя | 2-й мес. | 3-й мес. | 4-й мес. |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>A. baumannii</i> | 2 (7,1) | 1 (4,2) | — | 4 (40,0) | 1 (3,7) | — | 4 (30,8) |
| <i>A. hydrophila/caviae</i> | — | — | — | — | 1 (3,7) | — | — |
| <i>B. cepacia</i> | — | 1 (4,2) | — | — | — | — | — |
| <i>Candida sp.</i> | — | — | — | — | 1 (3,7) | — | — |
| <i>Corynebacterium sp</i> | — | — | 1 (4,5) | — | — | — | — |
| <i>E. cloacae complex</i> | — | 1 (4,2) | 1 (4,5) | — | — | — | — |
| <i>E. cloacae ssp dissoiivens</i> | 1 (3,6) | — | — | — | — | — | — |
| <i>E. faecalis</i> | 5 (17,9) | 5 (20,8) | 4 (18,2) | 2 (20,0) | 5 (18,5) | — | — |
| <i>E. coli</i> | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 1 (4,5) | — | 1 (3,7) | 1 (8,3) | 2 (15,4) |
| <i>K. pneumoniae</i> | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 1 (4,5) | 2 (20,0) | 3 (11,1) | 2 (16,7) | 4 (30,8) |
| MRSA | 3 (10,7) | 3 (12,5) | 1 (4,5) | — | 1 (3,7) | — | — |
| MRSE | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 2 (9,1) | — | — | — | — |
| <i>P. dispersa</i> | — | — | 1 (4,5) | — | — | — | — |
| <i>Proteus mirabilis</i> | — | 1 (4,2) | 1 (4,5) | — | 2 (7,4) | — | — |
| <i>Proteus penneri</i> | — | — | — | 1 (10,0) | 1 (3,7) | — | — |
| <i>Proteus vulgaris</i> | — | — | — | — | — | 2 (16,7) | — |
| <i>P. aeruginosa</i> | 2 (7,1) | 2 (8,3) | 5 (22,7) | 1 (10,0) | 5 (18,5) | 1 (8,3) | 3 (23,1) |
| <i>S. marcescens</i> | — | — | — | — | 1 (3,7) | 2 (16,7) | — |
| MSSA | 1 (3,6) | 1 (4,2) | — | — | — | 2 (16,7) | — |
| <i>S. capitis</i> | — | 1 (4,2) | — | — | — | — | — |
| MSSE | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 3 (13,6) | — | 2 (7,4) | — | — |
| <i>S. haemolyticus</i> | 2 (7,1) | — | — | — | — | — | — |
| <i>S. hominis</i> | 1 (3,6) | 2 (8,3) | 1 (4,5) | — | 3 (11,1) | 1 (8,3) | — |
| <i>S. lentus</i> | — | — | — | — | — | 1 (8,3) | — |
| <i>S. warneri</i> | 1 (3,6) | — | — | — | — | — | — |
| Нет | 6 (21,4) | 2 (8,3) | 1 (4,5) | — | — | — | — |
| Всего | 28 (100,0) | 24 (100,0) | 22 (100,0) | 10 (100,0) | 27 (100,0) | 12 (100,0) | 13 (100,0) |

Таблица 2

Распределение грамотрицательной и грамположительной флоры

| Флора | 1-я неделя | 2-я неделя | 3-я неделя | 4-я неделя | 2-й мес. | 3-й мес. | 4-й мес. |
|---------|------------|------------|------------|------------|----------|----------|----------|
| Грам+ | 10 | 9 | 7 | 0 | 6 | 4 | 0 |
| Грам- | 12 | 13 | 14 | 10 | 20 | 8 | 13 |
| Другое* | 6 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Всего | 28 | 24 | 22 | 10 | 27 | 12 | 13 |

* 1–3-я неделя: суммарно 9 случаев культууроотрицательных исследований, 2-й мес. — 1 проба с выявлением *Candida sp.*

наибольшее клиническое значение, представлены в табл. 3.

При статистическом анализе при помощи двустороннего точного критерия Фишера выявлено, что в целом в спектре микроорганизмов не регистрируются какие-либо тенденции значимых изменений (табл. 4), за исключением увеличения частоты встре-

чаемости к 4-му мес. *K. pneumoniae* ($p < 0,05$, выделено жирным шрифтом).

Обсуждение

ИИАИ в хирургии позвоночника, как правило, манифестирует сохранением болевого синдрома в течение 5–7 дней после первичного планового

вмешательства, с трудом купируемым НПВС, а также наркотическими анальгетиками. В дальнейшем развиваются воспалительные изменения в области операционной раны, расхождение или затруднение заживления ее краев, в ряде случаев — появление отделяемого различного характера (от серозного до гнойно-геморрагиче-



Рис. 1
 Распределение случаев полимикробной инфекции по неделям

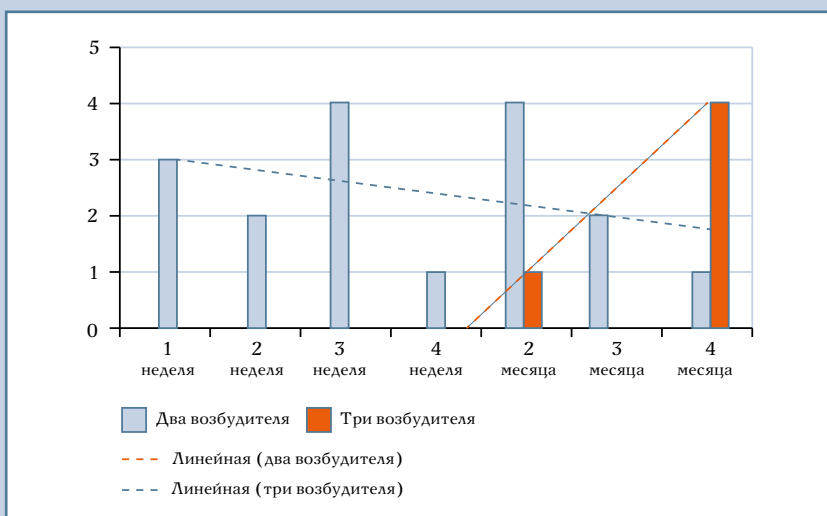


Рис. 2
 Распределение случаев полимикробной инфекции согласно временным интервалам, принятым в данном исследовании; обозначены линии тренда

ского). Как правило, именно на этом этапе диагностируется ИАИ, однако дефекты лечебной тактики (несвоевременный перевод в профильное отделение, неадекватная антибактериальная терапия, санационные операции в условиях «чистого» вертебрологического отделения, неполное соблюдение принципов септической хирургии) отсрочивают своевременное оказание специализированной помощи. По данной причине пациен-

ты поступали в специализированное отделение в сроки до 12 дней с момента развития ИАИ.

Анализ микробиологического мониторинга обследованных пациентов показал превалирование грамотрицательных микроорганизмов по сравнению с грамположительными – 68 (50,0 %) против 58 (42,6 %) при $n = 136$, что отличает микробиологический профиль ИАИ после эндопротезирования крупных суставов [16].

Полученные результаты отличаются от данных других публикаций, сообщающих о преобладании у исследуемой категории больных грамположительной микрофлоры [13, 14, 17–20], уровень которой достигает 60,4 % [19] с преобладанием *MRSA* и *MRSE* [19–21]. при колебаниях частоты грамотрицательной флоры в диапазоне от 25,7 до 30,5 % [13, 18, 19, 22].

Ведущими возбудителями ИАИ в нашем исследовании оказались *E. faecalis*, *P. aeruginosa* и *K. pneumoniae*, доля которых составила 16,5, 14,2 и 11,0 % соответственно; с равной частотой верифицированы isolates *S. aureus* и *A. baumannii* (по 9,4 % соответственно) при сопоставимом удельном весе *S. epidermidis* (8,6 %). При этом соотношение метициллин-резистентных и метициллин-чувствительных штаммов *S. aureus* составило 2 : 1, *S. epidermidis* – примерно 1 : 2. Несмотря на рост частоты метициллин-устойчивых штаммов данных видов, показанных в других исследованиях [12], существенных различий в частоте их выявления не обнаружено. В 6,3 % случаев идентифицированы *S. hominis* (MR) и *Proteus* sp., в 5,5 % – *E. coli*, в 2,3 % – *E. cloacae*.

Полученные результаты показали расхождение данных с работами других авторов, сообщающих о преобладании при ИАИ позвоночника в основном представителей *S. epidermidis* и *S. aureus*. Так, О.А. Смекаленков с соавт. [12] приводят показатели для *S. epidermidis* – 29,5 %, *S. aureus* – 21,1 %, при этом частота *P. aeruginosa* была равна 12,7 %, *K. pneumoniae* – 7,1 %. В другом исследовании те же авторы [13] указывают на сохранение эпидермальных стафилококков лидирующих позиций в этиологии глубокой ИАИ, осложняющей вмешательства на позвоночнике, в основном за счет распространенности *MRSE* (22,8 %), вместе с тем доля *MRSA* составила 18,9 %, *K. pneumoniae* повысилась до 13,9 %. Д.Н. Долотин и М.В. Михайловский [23] также отмечают встречаемость *S. epidermidis* – 68,0 % наблюдений, что в 8 раз выше нашего показателя. Иную картину представляют

Таблица 3

Встречаемость отдельных микроорганизмов, п (%)

| Возбудитель | 1-я неделя | 2-я неделя | 3-я неделя | 4-я неделя | 2-й мес. | 3-й мес. | 4-й мес. |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>E. faecalis</i> | 5 (17,9) | 5 (20,8) | 4 (18,2) | 2 (20,0) | 5 (18,5) | — | — |
| MRSA | 3 (10,7) | 3 (12,5) | 1 (4,5) | — | 1 (3,7) | — | — |
| MRSE | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 2 (9,1) | — | — | — | — |
| MSSA | 1 (3,6) | 1 (4,2) | — | — | — | 2 (16,7) | — |
| MSSE | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 3 (13,6) | — | 2 (7,4) | — | — |
| <i>K. pneumoniae</i> | 1 (3,6) | 1 (4,2) | 1 (4,5) | 2 (20,0) | 3 (11,1) | 2 (16,7) | 4 (30,8) |
| <i>P. aeruginosa</i> | 2 (7,1) | 2 (8,3) | 5 (22,7) | 1 (10,0) | 5 (18,5) | 1 (8,3) | 3 (23,1) |
| <i>A. baumannii</i> | 2 (7,1) | 1 (4,2) | — | 4 (40,0) | 1 (3,7) | — | 4 (30,8) |
| Отрицательная проба | 6 (21,4) | 2 (8,3) | 1 (4,5) | — | — | — | — |
| Всего | 28 (100,0) | 24 (100,0) | 22 (100,0) | 10 (100,0) | 27 (100,0) | 12 (100,0) | 13 (100,0) |

Указано абсолютное число исследований, в которых обнаруживался тот или иной возбудитель, и процент от всех проб (нижняя строка).

Таблица 4

Сравнение встречаемости клинически наиболее значимых микроорганизмов в разные периоды наблюдения

| Возбудитель | Период | 1-я неделя | 2-я неделя | 3-я неделя | 4-я неделя | 2-й мес. | 3-й мес. | 4-й мес. | Возбудитель |
|------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|----------|------------------------|
| <i>E. faecalis</i> → | 1 неделя | - | >0,999 | >0,999 | 0,164 | 0,352 | 0,209 | 0,028 | ← <i>K. pneumoniae</i> |
| | 2 неделя | >0,999 | - | >0,999 | 0,201 | 0,612 | 0,253 | 0,042 | |
| | 3 неделя | >0,999 | >0,999 | - | 0,224 | 0,617 | 0,279 | 0,052 | |
| | 4 неделя | >0,999 | >0,999 | >0,999 | - | 0,597 | >0,999 | 0,66 | |
| | 2 мес. | >0,999 | >0,999 | >0,999 | >0,999 | - | 0,634 | 0,187 | |
| | 3 мес. | — | — | — | — | — | - | 0,645 | |
| | 4 мес. | — | — | — | — | — | — | - | |
| MRSA → | 1 неделя | - | >0,999 | 0,576 | — | — | — | — | ← MRSE |
| | 2 неделя | >0,999 | - | 0,6 | — | — | — | — | |
| | 3 неделя | 0,621 | 0,609 | - | — | — | — | — | |
| | 4 неделя | — | — | — | - | — | — | — | |
| | 2 мес. | 0,611 | 0,331 | >0,999 | — | - | — | — | |
| | 3 мес. | — | — | — | — | — | - | — | |
| | 4 мес. | — | — | — | — | — | — | - | |
| MSSA → | 1 неделя | - | >0,999 | 0,301 | — | 0,611 | — | — | ← MSSE |
| | 2 неделя | >0,999 | - | 0,326 | — | >0,999 | — | — | |
| | 3 неделя | — | — | - | — | 0,641 | — | — | |
| | 4 неделя | — | — | — | - | — | — | — | |
| | 2 мес. | — | — | — | — | - | — | — | |
| | 3 мес. | 0,209 | 0,253 | — | — | — | - | — | |
| | 4 мес. | — | — | — | — | — | — | - | |
| <i>P. aeruginosa</i> → | 1 неделя | - | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 неделя | >0,999 | - | — | — | — | — | — | |
| | 3 неделя | 0,217 | 0,234 | - | — | — | — | — | |
| | 4 неделя | >0,999 | >0,999 | 0,637 | - | — | — | — | |
| | 2 мес. | 0,252 | 0,425 | 0,737 | >0,999 | - | — | — | |
| | 3 мес. | >0,999 | >0,999 | 0,389 | >0,999 | 0,645 | - | — | |
| | 4 мес. | 0,304 | 0,321 | >0,999 | 0,604 | 0,700 | 0,593 | - | |

Использован двусторонний критерий Фишера. В клетках таблицы указана асимптотическая значимость (p) на пересечениях строк и столбцов, соответствующих сравниваемым срокам. Для каждого возбудителя значения указаны в соответствующем треугольнике из ячеек, треугольники отделены друг от друга серыми клетками с одинарными символами «-». Статистически значимые различия (p < 0,05) выделены полужирным шрифтом и желтым цветом.

О.Г. Прудникова с соавт. [14]: согласно их данным, в 42,8 % доминировали облигатно-анаэробные грамположительные *Cutibacterium acnes* (ранее *Propionibacterium acnes*), в то время как доля *S. epidermidis* составила 25,7 %.

Несмотря на отличающиеся выборку и методологию исследований, в целом можно считать, что грамположительная флора, а именно род *Staphylococcus*, сохраняет превалирующие позиции в спектре идентифицированных микроорганизмов при рассматриваемой патологии.

Особый интерес имеют полученные данные об изменении профиля микробных агентов, выделяемых при ЛОД на разных сроках. Исследование показало статистически значимые различия частоты встречаемости *K. pneumoniae* к 4-му мес. в сравнении с 1-й и 2-й неделями лечения. Обращает на себя внимание отсутствие в изолятах *MRSE* и *MRSA* позже трех недель и двух месяцев наблюдений соответственно. Это может косвенно свидетельствовать об эффективности комплексной антибиотикотерапии и санационных операций с применением системы ЛОД в отношении данных микроорганизмов.

Для *MSSA* и *MSSE* наиболее поздние сроки встречаемости – это 3-й и 2-й мес. наблюдения соответственно, для *E. faecalis* – 2-й мес.

Как видно из представленных выше данных, в течение всего периода наблюдения происходил сдвиг от грамположительной к грамотрицательной флоре: на 1-й и 2-й неделях доминировала *E. faecalis*, на 3-й и 4-й – *P. aeruginosa* и *A. baumannii*, в течение 2-го мес. – частота идентификации *E. faecalis* и *P. aeruginosa* бактерий была одинаковой, далее выявлялись представители грамотрицательной флоры.

Отрицательные результаты микробиологических исследований в первые недели при наличии клинических признаков инфекционного процесса могут свидетельствовать о присутствии в операционной ране сформированных бактериальных биопленок, для которых характерен феномен культууроотрицательности, поскольку

подобные бактерии не содержатся в планктонных формах и, следовательно, не формируют колоний на агаре [24]. В дальнейшем культууроотрицательные результаты не встречаются, что, возможно, объясняется систематическим разрушением биопленок пульс-лаважными системами в ходе этапных санационных вмешательств со сменой повязок ЛОД-систем. В ряде случаев даже после обработки удаляемых имплантатов методом ультразвуковой кавитации были получены культууроотрицательные результаты.

Микробные ассоциации выявлены нами в 15,4 % случаев, что не превышает показатели других источников [8]. Практически в равной степени встречались микст-инфекции, включающие как грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, так и исключительно грамотрицательную флору, доля которых в нашем исследовании составила 7,3 и 6,6 % соответственно. Редким для ИАИ позвоночника оказалось обнаружение ассоциаций, представленных только грамположительными бактериями, отмеченное лишь в двух случаях за весь период наблюдения. Наиболее приверженными к сосуществованию с другими видами микробных агентов оказались *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* и *K. pneumoniae*, в то время как преимущественно мономикробными являлись изоляты *S. aureus* и *S. epidermidis*.

Случаи полимикробной инфекции наблюдались на всех сроках терапии, однако в течение 1-го месяца (1–4 недели) идентифицировались ассоциации, имеющие в своем составе только двух возбудителей, в то время как верификация микст-инфекций с тремя микроорганизмами учащается со 2-го мес. – с выраженным ростом числа подобных случаев к 4-му мес. Возможно, это свидетельствует о формировании своеобразной экосистемы микроорганизмов в ране, находящихся в относительном равновесии между собой.

Согласно полученным результатам, смена микроорганизмов в процессе лечения наблюдается у пациентов с ИАИ, локализуемой в области

позвоночника, на фоне многократных санирующих оперативных вмешательств с использованием ЛОД-систем. Так, пациентам с тремя сменами бактерий в подавляющем большинстве пришлось выполнить 5 ревизионных вмешательств, с пятью и более сменами – от 7 до 11 вмешательств. В тех случаях, где смена микроорганизмов не наблюдалась или была зафиксирована однократно, идентифицировались в основном полирезистентные грамотрицательные изоляты либо микст-инфекция, включающая в себя грамположительную и грамотрицательную микрофлору. В этих ситуациях до полного купирования инфекции и заживления раны потребовалось от 4 до 7 операций. Лишь у одного пациента, у которого на всем протяжении лечения идентифицирован только *MRSE*, выполнено 10 вмешательств по причине слабой регенеративной способности тканей.

Частота культууроотрицательной инфекции, составившая 12 %, сопоставима с данными других микробиологических отчетов [22], в которых она оценивается в диапазоне от 11,1 до 34,5 %, а по данным Lee et al. [21], достигает 40,6 %. Отрицательный результат бактериологических посевов при явных клинических признаках инфекции может объясняться, помимо технических причин (нарушение правил забора материала и его транспортировки в лабораторию, несоблюдение техники культивирования), существованием микробов в составе биопленок (биопленочные инфекции), достаточно редко выявляемых традиционными культуральными методами, чувствительность которых составляет около 20–52 % [24–26]. Кроме того, предшествующая санирующей операции антибиотикотерапия, способствующая эрадикации планктонных форм бактерий, также может служить причиной отрицательного посева [17].

Микробиологическая картина в каждой отдельной медицинской организации или подразделении, осуществляющем лечение инфекционно-воспалительных осложнений хирургии позвоночника, может

характеризоваться индивидуальностью в зависимости от флоры и сложившейся экосистемы. Постоянный микробиологический мониторинг возбудителей ИАИ позвоночника является важным для определения соответствующих вариантов лечения и прогнозирования их исходов [23].

Для получения более точных данных о микробиологической картине при инфекционных осложнениях в хирургии позвоночника целесообразно как внедрение молекулярных методов микробиологической диагностики, так и расширение числа обследованных пациентов.

Заключение

Микробиологический спектр возбудителей ИАИ в хирургии позвоночника – один из важнейших факторов, учет которого обязателен для эффективного

лечения, в том числе при использовании систем отрицательного давления. Мониторинг выделяемых у каждого конкретного пациента микроорганизмов, в том числе оценка их возможных ассоциаций, а также видового состава необходимы для выбора рациональной антибиотикотерапии, что особенно актуально для использования ЛОД-систем из-за продолжительности лечения. В перспективе это позволит лучше понять процессы, протекающие в зоне ортопедической инфекции позвоночника, а следовательно – улучшить результаты ее лечения.

Ограничения достоверности исследования

1. В рамках исследования не анализируются факторы развития инфекционных осложнений в хирургии позвоночника (характер патологии, продолжительность операции, абсолютный и относительный объем кровопотери,

открытая и малоинвазивная хирургия и т.д.), подробно освещенные в специальной литературе и протоколах контроля таких осложнений.

2. Исследование ретроспективной селективной группы не предполагало изучения микробиологического спектра возбудителей и эффективности использования других методов лечения ИАИ.

3. За рамками исследования сознательно оставлены вопросы анализа внутрибольничной флоры.

Авторы считают, что вопросы, отраженные в пунктах 2 и 3, должны быть предметом самостоятельных исследований и в рамках другого дизайна.

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

Литература/References

- Hegde V, Meredith DS, Kepler CK, Huang RC. Management of postoperative spinal infections. World J Orthop. 2012;3:182–189. DOI: 10.5312/wjov.v3.i11.182.
- Pull ter Gunne AF, Cohen DB. Incidence, prevalence, and analysis of factors for surgical site infection following adult spinal surgery. Spine. 2009;34:1422–1428. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a03013.
- Collins I, Wilson-MacDonald J, Chami G, Burgoyne W, Vineyakam P, Berendt T, Fairbank J. The diagnosis and management of infection following instrumented spinal fusion. Eur Spine J. 2008;17:445–450. DOI: 10.1007/s00586-007-0559-8.
- O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG. Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. J Neurosurg Spine. 2009;11:471–476. DOI: 10.3171/2009.5.SPINE08633.
- Tomov M, Mitsunaga L, Durbin-Johnson B, Nallur D, Roberto R. Reducing surgical site infection in spinal surgery with betadine irrigation and intrawound vancomycin powder. Spine. 2015;40:491–499. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000789.
- Яриков А.В., Фраерман А.П., Перльмуттер О.А., Денисов А.А., Масевнин С.В., Смирнов И.И., Лавренюк А.Н. Неспецифические гнойно-воспалительные поражения позвоночника: спондилит, эпидурит // Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2019. Т. 8. № 2. С. 175–185. [Yarikov AV, Fraerman AP, Perlmutter OA, Denisov AA, Masevnin SV, Smirnov IV, Lavrenyuk AN. Nonspecific pyoinflammatory lesions of the spine: spondylodiscitis, epiduritis. Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care". 2019;8(2):175–185]. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-2-175-185.
- Pennington Z, Sundar SJ, Lubelski D, Alvin MD, Benzel EC, Mroz TE. Cost and quality of life outcome analysis of postoperative infections after posterior lumbar decompression and fusion. J Clin Neurosci. 2019;68:105–110. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.07.025.
- Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А., Гульзатян А.А., Тахмязян К.К., Таюрский Д.А., Томина М.И. Применение вакуумных систем при ранней имплант-ассоциированной инфекции, развившейся после декомпрес-
- сивно-стабилизирующих операций при поясничном спинальном стенозе // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 3. С. 53–60. [Shapovalov VK, Basankin IV, Afaunov AA, Gulzatyay AA, Takhmazyan KK, Tayursky DA, Tomina MI. Use of vacuum systems for early implant-associated infection after decompression and stabilization surgery for lumbar spinal stenosis. Hir. Pozvonoc. 2021;18(3):53–60]. DOI: 10.14531/ss2021.3.53-60.
- Долотин Д.Н., Михайловский М.В., Суздалов В.А. Гнойные осложнения при использовании металлоимплантатов в хирургии позвоночника: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 2. С. 33–39. [Dolotin DN, Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Purulent complications in spine surgery with metal implants: literature review. Hir. Pozvonoc. 2015;12(2):33–39]. DOI: 10.14531/ss2015.2.33-39.
- Кимаикина О.В., Григоричева Л.Г., Кравчуков И.В., Платунов В.В., Кривошеин А.В., Золоткина А.Г. Особенности микробиологической диагностики при первичных и ревизионных оперативных вмешательствах на позвоночнике // Медицинский альманах. 2018. № 4(55). С. 37–42. [Kimaikina OV, Grigoricheva LG, Kravchukov IV, Platonov VV, Krivoshein AV, Zolovkina AG. Features of microbiological diagnostics at primary and revisionary spine surgery. Medical Almanac. 2018;(4):37–42]. DOI: 10.21145/2499-9954-2018-4-37-42.
- Клюшин Н.М., Люлин С.В., Шипицына И.В., Кочнев Е.Я. Анализ результатов бактериологического исследования ран пациентов с имплант-ассоциированной инфекцией позвоночника // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 3. С. 355–359. [Kliushin NM, Liulin SV, Shipitsyna IV, Kochnev EA. Analysis of the results of bacteriological study of wounds in patients with implant-associated spinal infection. Genij Ortopedii. 2019;25(3):355–359]. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-355-359.
- Смекаленков О.А., Пташников Д.А., Божкова С.А., Михайлов Д.А., Масевнин С.В., Заборовский Н.С., Лапаева О.А. Факторы риска развития глубокой инфекции области хирургического вмешательства после операций на позвоночнике // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 2. С. 219–225. [Smekalen-

- kov OA, Ptashnikov DA, Bozhkova SA, Mikhailov DA, Masevni SV, Zaborovskii NS, Lapaeva OA. Risk factors for deep infection in the surgical site after spinal operations. *Genij Ortopedii*, 2019;25(2):219–225. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-219-225.
13. **Смекаленков О.А., Пташников Д.А., Божкова С.А., Масевнин С.В., Заборовский Н.С., Михайлов Д.А.** Анализ ранних инфекционных осложнений у пациентов после хирургических вмешательств на позвоночнике // *Хирургия позвоночника*. 2017. Т. 14. № 2. С. 82–87. [Smekalenkov OA, Ptashnikov DA, Bozhkova SA, Masevni SV, Zaborovsky NS, Mikhailov DA. Analysis of early infectious complications in patients after spinal surgery. *Hir. Pozvonoc*. 2017;14(2):82–87. DOI: 10.14531/ss2017.2.82-87.
 14. **Прудникова О.Г., Науменко З.С., Мигалкин Н.С., Хомченков М.В., Годовых Н.В., Ступина Т.А., Сорокин Д.В.** Роль инфекционно-воспалительного фактора в дегенерации межпозвоночных дисков // *Хирургия позвоночника*. 2018. Т. 15. № 1. С. 91–100. [Prudnikova OG, Naumenko ZS, Migalkin NS, Khomchenkov MV, Godovykh NV, Stupina TA, Sorokin DV. The role of infection and inflammation in intervertebral disc degeneration. *Hir. Pozvonoc*. 2018;15(1):91–100. DOI: 10.14531/ss2018.1.91-100.
 15. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам // *Руководства по клинической лабораторной диагностике*. Утв. МЗ РФ в 2015 г. ID: КЛД15. [Determination of sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs: Guidelines for clinical laboratory diagnostics. Approved by Ministry of Health of the Russian Federation in 2015. ID: CLD15].
 16. **Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Новожилова Е.А.** Анализ шестилетнего мониторинга основных возбудителей перипротезной инфекции крупных суставов и их тенденция к резистентности // *Гений ортопедии*. 2022. Т. 28. № 2. С. 179–188. [Tsiskarashvili AV, Melikova RE, Novozhilova EA. Analysis of six-year monitoring of common pathogens causing periprosthetic joint infection of major joints and the tendency to resistance. *Genij Ortopedii*. 2022;28(2):179–188. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-179-188.
 17. **Tsai Y, Chang CH, Lin YC, Lee SH, Hsieh PH, Chang Y.** Different microbiological profiles between hip and knee prosthetic joint infection. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2019;27: 2309499019847768. DOI: 10.1177/2309499019847768.
 18. **Aleem IS, Tan LA, Nassr A, Riew KD.** Surgical site infection prevention following spine surgery. *Global Spine J*. 2020;10(1 Suppl):92S–98S. DOI: 10.1177/2192568219844228.
 19. **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.
 20. **Gande A, Rosinski A, Cunningham T, Bhatia N, Lee YP.** Selection pressures of vancomycin powder use in spine surgery: a meta-analysis. *Spine J*. 2019;19:1076–1084. DOI: 10.1016/j.spinee.2019.01.002.
 21. **Lee JC, Back MJ, Choi SW, Kwon SH, Kim KH, Park SY, Kim TH, Park S, Jang HD, Chun DI, Shin BJ.** Retrospective analysis of culture-negative versus culture-positive postoperative spinal infections. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97:e10643. DOI: 10.1097/MD.00000000000010643.
 22. **Abdul-Jabbar A, Berven SH, Hu SS, Chou D, Mummaneni PV, Takemoto S, Ames C, Deviren V, Tay B, Weinstein P, Burch S, Liu C.** Surgical site infections in spine surgery: identification of microbiologic and surgical characteristics in 239 cases. *Spine*. 2013;38:E1425–E1431. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a42a68.
 23. **Долотин Д.Н., Михайловский М.В.** Ранняя инфекция в хирургии идиопатического сколиоза // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 2. С. 24–27. [Dolotin DN, Mikhailovsky MV. Early infection in surgery of idiopathic scoliosis. *Hir. Pozvonoc*. 2016;13(2):24–27. DOI: 10.14531/ss2016.2.24-27.
 24. **Эрлих Г.Д., ДеМео Дж., Костертон Дж.У., Винклер Х., ред.** Культуроотрицательные биопленочные инфекции в ортопедической хирургии: пер. с англ. / под редакцией А.В. Цискарашвили, Н.В. Загороднего, Д.С. Горбатюка. М., 2021. [Ehrlich GD, DeMeo PJ, Costerton JW, Winkler H, eds. *Culture Negative Orthopedic Biofilm Infections*. (Springer Series on Biofilms, 7) Berlin, DE. Springer, 2012. Transl. from English edited by Tsiskarashvili AV, Zagorodnij NV, Gorbatyuk DS. Moscow, 2021].
 25. **Kobayashi K, Imagama S, Ito Z, Ando K, Yagi H, Hida T, Ito K, Ishikawa Y, Tsumishima M, Ishiguro N.** Is a drain tip culture required after spinal surgery? *Clin Spine Surg* 2017;30:356–359. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000326.
 26. **Tande AJ, Patel R.** Prosthetic joint infection. *Clin Microbiol Rev*. 2014;27:302–345. DOI: 10.1128/CMR.00111-13.

Адрес для переписки:

Горбатюк Дмитрий Сергеевич
127299, Россия, Москва, ул. Приорова, 10,
Национальный медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова,
Gorbatyukds@cito-priorov.ru

Address correspondence to:

Gorbatyuk Dmitry Sergeyevich
Priorov National Medical Research Center
for Traumatology and Orthopedics,
10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia,
Gorbatyukds@cito-priorov.ru

Статья поступила в редакцию 03.03.2022

Рецензирование пройдено 28.06.2022

Подписано в печать 01.07.2022

Received 03.03.2022

Review completed 28.06.2022

Passed for printing 01.07.2022

Арчил Важаевич Цискарашвили, канд. мед. наук, заведующий отделением последствий травм и костно-суставной инфекции, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-1721-282X, armed05@mail.ru;

Дмитрий Сергеевич Горбатюк, врач-травматолог-ортопед, младший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0001-8938-2321, Gorbatyukds@cito-priorov.ru; Рейханат Энверпашаевна Меликова, врач-травматолог-ортопед, аспирант отделения последствий травм и костно-суставной инфекции, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0002-5283-7078, regina-melikova@mail.ru;

Тамара Яковлевна Пхакадзе, д-р мед. наук, заведующая лабораторией микробиологии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-4900-3555, PkhakadzeTyA@cito-priorov.ru;

Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-2330-0172, KazminAI@cito-priorov.ru;

Марат Агасиевич Сулейманов, врач-травматолог-ортопед, аспирант отделения последствий травм и костно-суставной инфекции, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0002-1621-2927, marat.suleymanov.94@gmail.com.

Archil Vazhaevich Tsiskarashvili, MD, PhD, Head of the Department of Trauma Consequences and Orthopedic Infection, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-1721-282X, armed05@mail.ru;

Dmitry Sergeyevich Gorbatyuk, orthopedic surgeon, junior researcher, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0001-8938-2321, Gorbatyukds@cito-priorov.ru;

Reykhanat Enverpasbaevna Melikova, orthopedic surgeon, postgraduate student of the Department of Trauma Consequences and Orthopedic Infection, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0002-5283-7078, regina-melikova@mail.ru;

Tamara Yakovlevna Pkhakadze, DMSc, Head of the Microbiology laboratory, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-4900-3555, PkhakadzeTYa@cito-priorov.ru;

Arkadiy Ivanovich Kazmin, MD, PhD, orthopedic surgeon of the Department of spinal pathology, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-2330-0172, KazminAI@cito-priorov.ru;

Marat Agasievich Suleimanov, orthopedic surgeon, postgraduate student of the Department of Trauma Consequences and Orthopedic Infection, Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0002-1621-2927, marat.suleymanov.94@gmail.com.