

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto633202>

# Применение системы лечения отрицательным давлением у пациентов с ранней глубокой имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника

А.В. Цискарашвили, Р.Э. Меликова, Д.С. Горбатюк, М.А. Сулейманов

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Имплантируемые металлоконструкции широко используются в современной вертебрологии для оперативного лечения широкого спектра заболеваний: патологии дегенеративного генеза, новообразований, деформаций позвоночника, а также травм. Возрастающее число таких операций влечёт за собой рост количества осложнений, в том числе имплантат-ассоциированной инфекции (ИАИ), составляющей, по данным различных источников, до 20% случаев. Лечение таких осложнений представляет собой значительную нагрузку на систему здравоохранения, поскольку пациенты нуждаются в неоднократных ревизионных вмешательствах, антибактериальной терапии и иных лечебных мерах, требующих комплексного междисциплинарного подхода. До сих пор не разработан единый общепринятый алгоритм лечения глубокой ИАИ области позвоночника, однако всё более широкое распространение получает использование систем лечения отрицательным давлением (вакуум-терапия, ЛОД-терапия). Несмотря на отражённые в литературе хорошие результаты применения метода, доказательная база по вопросу лечения глубокой ИАИ остаётся скудной.

**Цель.** Оценить результаты лечения пациентов с ранней глубокой имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника с применением вакуум-терапии.

**Материалы и методы.** Проведён обсервационно-ретроспективный анализ лечения 28 пациентов с ранней глубокой имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника методом хирургической санации дебридмента в сочетании с лечением отрицательным давлением (вакуум-терапия) за период 2019–2023 гг. Число женщин составило 16 (57,1%), мужчин — 12 (42,9%). Средний возраст — 43,6 года. Полученные данные представлены в виде средних значений и стандартного отклонения. Лабораторные показатели крови обработаны с помощью критерия Уилкоксона. Значимыми считались значения при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** У всех пациентов в процессе лечения достигнута ремиссия инфекции. Из них металлоконструкция сохранена у 18 (64,3%), частично удалена — у 1 (3,6%), полностью удалена — у 8 (28,6%), заменена — у 1 (3,6%). Для клинического излечения в среднем потребовалось  $5,7 \pm 2,83$  ЛОД-перевязки. В 27 (96,4%) случаях рана зажила наложением вторичных швов, в 1 (3,6%) — потребовала выполнения пластики. Средний срок антибиотикотерапии составил  $38,2 \pm 18,1$  дня, число койко-дней —  $42,1 \pm 23,31$ . Рецидив был отмечен у 1 (3,6%) пациента с сохранённой металлоконструкцией через один месяц после выписки. Положительный рост микрофлоры получен у 26 (92,9%) пациентов, отрицательный — у 2 (7,1%). Из них в 19 (67,9%) случаях в ходе лечения происходила смена микроорганизмов.

**Заключение.** ЛОД-терапия представляет собой эффективный и безопасный метод лечения, обеспечивающий стойкие хорошие клинические результаты.

**Ключевые слова:** имплантат-ассоциированная инфекция позвоночника; инфекция области вмешательства; глубокая ранняя имплантат-ассоциированная инфекция позвоночника; ЛОД-система; вакуумная терапия; лечение отрицательным давлением; транспедикулярная фиксация.

## Как цитировать:

Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Горбатюк Д.С., Сулейманов М.А. Применение системы лечения отрицательным давлением у пациентов с ранней глубокой имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 4. С. 481–494. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto633202>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto633202>

# Use of negative pressure wound therapy in patients with early deep implant-associated spine infection

Archil V. Tsiskarashvili, Regina E. Melikova, Dmitry S. Gorbatyuk, Marat A. Suleymanov

Priorov Central Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Implantable metal fixators are widely used in modern spine surgery for surgical treatment of a wide spectrum of pathologies: degenerative pathology, neoplasms, spinal deformities, traumas. The increasing number of operations entails an increase in the number of complications, including implant-associated infection (IAI). The rate of IAI, according to the literature, accounts for up to 20% of cases. The treatment of such complications represents a significant burden on the healthcare system, since patients require multiple revision interventions, antibacterial therapy and other treatment measures requiring a comprehensive interdisciplinary approach. A single, generally accepted algorithm for treatment of deep spinal IAI has not yet been developed, but the use of negative pressure treatment systems (vacuum therapy) is becoming increasingly widespread. Despite the good results of the method reflected in the literature, the evidence base for treating deep IAI remains limited.

**AIM:** To evaluate the results of negative pressure wound therapy (NPWT) treatment of early deep implant-associated spine infection.

**MATERIALS AND METHODS:** An observational retrospective study included 28 patients with early deep implant-associated spine infection treated with surgical debridement combined with NPWT method in 2019–2023, among them 16 (57.1%) female and 12 (42.9%) male. Obtained data are presented as mean and standard deviation. Comparison of laboratory blood parameters at different time points was made using Wilcoxon W-test. Differences were considered significant at  $p < 0.05$ .

**RESULTS:** In all patients, the remission of infection was achieved. The fixator was retained in 18 (64.3% of total) cases, partially removed in 1 case (3.6%), completely removed in 8 cases (28.6%), and replaced in 1 case (3.6%). On average  $5.7 \pm 2.83$  NPWT dressings were required to achieve the clinical cure. In 27 cases (96.4% of total) the wound was closed with the help of secondary sutures, in 1 case (3.6%) plastic surgery was provided. The average duration of antibiotic therapy was  $38.2 \pm 18.1$  days, the number of hospital days was  $42.1 \pm 23.31$ . Relapse was noted in 1 (3.6%) patient with preserved metal structure one month after discharge. During microbiological tests, positive results (growth of microflora) were recorded in 26 (92.9% of total) patients, negative — in 2 cases (7.1%). Among these, in 19 (67.9%) cases, a change of leading pathogen occurred during treatment period.

**CONCLUSION:** NPWT is an effective and safe method that can be characterized by good clinical results.

**Keywords:** implant-associated spinal infection; surgical site infection; deep early implant-associated spinal infection; NPWT system; vacuum therapy; negative pressure therapy; transpedicular fixation.

## To cite this article:

Tsiskarashvili AV, Melikova RE, Gorbatyuk DS, Suleymanov MA. Use of negative pressure wound therapy in patients with early deep implant-associated spine infection. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(4):481–494. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto633202>

Received: 04.06.2024

Accepted: 14.06.2024

Published online: 28.10.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Не вызывает сомнений важность имплантируемых металлоконструкций, благодаря которым количество оперативных вмешательств на позвоночнике увеличивается с каждым годом [1]. Сегодня они используются при лечении широкого спектра вертебрологических заболеваний, в том числе патологии дегенеративного генеза, новообразований, деформаций позвоночника, а также травм [2, 3]. Так, число операций всех видов на позвоночнике в период 1999–2013 гг. возросло с 78 до 120 на 100 тыс. населения (на 53,8%) [4], а в абсолютных значениях (по данным Департамента здравоохранения г. Москвы, 2007–2017 гг.) — с 4252 до 8032 ежегодно (увеличение на 88,9%) [1]. Однако рост числа вмешательств влечёт за собой и рост количества соответствующих осложнений, в том числе имплантат-ассоциированной инфекции (ИАИ) [5, 6]. По данным различных источников [3, 4, 7–9], частота развития данного осложнения достигает 20%, кроме того, его клиническое значение дополнительно увеличивают высокая частота инвалидизации и высокая смертность пациентов при неудачном исходе лечения [10].

Лечение ИАИ, в том числе вертебрологического характера, представляет собой значительную нагрузку на звенья системы здравоохранения [11]: таким пациентам требуются неоднократные ревизионные вмешательства [6, 7], продолжительная антибактериальная терапия [12, 13], в ряде случаев — применение других дорогостоящих препаратов, инструментария, расходных материалов [14]. Согласно результатам медико-экономического анализа, каждый случай лечения ИАИ области позвоночника связан с 14 дополнительными послеоперационными койко-днями и 3–4-кратным ростом затрат в сравнении с первичным хирургическим лечением, осложнением которого впоследствии стала ИАИ [2]. В США на протяжении 5 лет средняя стоимость лечения таких пациентов фиксировалась в диапазоне \$64,356–88,353 при средней стоимости случая без ИАИ \$47,366 [15]. Ежегодная стоимость лечения данного осложнения в рамках всей системы здравоохранения США достигает \$1,8 млрд [16].

Наличие имплантированных медицинских изделий (к которым относятся и металлоконструкции, применяемые в вертебрологии) наряду с другими факторами — сахарным диабетом, ожирением, гипертонической болезнью, иммунодефицитными состояниями, вирусными заболеваниями (ВИЧ, гепатиты В и С), курением [1], злокачественными новообразованиями и предшествующей химиотерапией [12] — увеличивает риск развития инфекционных осложнений [4, 17]. Металлофиксатор является подходящим субстратом для колонизации микроорганизмами (включая и условно-патогенные) и последующего формирования микробных биоплёнок [16, 18]. Согласно имеющимся данным, частота развития инфекции области вмешательства (ИОХВ) после микрохирургической дискэктомии без установки металлофиксатора

составляет 0,6–5,0%, а с установкой металлоконструкции — до 8,7% [1]. Схожие результаты частоты возникновения ИАИ при использовании внутренних вертебрологических устройств описаны в работе А. Yudistira и соавт. [4], G. Pappalardo и соавт. сообщают о 18% [19]. В.А. Каранадзе и соавт. заявляют о значимом ( $p < 0,05$ ) увеличении риска развития ИОХВ при наличии установленной металлоконструкции [1].

К другим факторам риска спинальной ИАИ относятся вид травмы, экстренность [1] и длительность операции, объём интраоперационной кровопотери [17], многоуровневый характер фиксации позвоночника [16], локализация очага [12] и выбор оперативного доступа. В частности, как рискованные оцениваются оперативные вмешательства на поясничном отделе позвоночника и вмешательства с использованием дорсального доступа [2, 20].

Согласно общепринятой классификации, ИАИ подразделяют на поверхностную (с вовлечением кожи и подкожной жировой клетчатки) и глубокую (с вовлечением более глубоких тканей ниже апоневроза) [9]. По срокам развития выделяют раннюю (менее 3 месяцев) и позднюю (более 3 месяцев) инфекцию [2, 15].

Для ранней ИАИ характерны такие клинические проявления, как гипертермия, болевой синдром острого характера, локальные гиперемия и гипертермия, замедленное заживление раны, наличие отделяемого гнойного характера, в ряде случаев — остро развивающийся неврологический дефицит.

Диагностика ранней ИАИ в настоящее время не представляет значительных сложностей и основывается на данных физикального осмотра, лабораторных исследований (в том числе микробиологических), компьютерной, магнитно-резонансной томографии, в ряде случаев — ультразвуковых исследований [6]. В отличие от неё, диагностика поздней ИАИ затруднена из-за «стёртой» клинической картины, включающей хронический болевой синдром, признаки и проявления нестабильности металлоконструкции, неврологический дефицит. Вклад в клиническую картину вносит и деструкция костной ткани различного объёма и локализации. Таким образом, для постановки окончательного диагноза необходимы результаты как микробиологического, так и гистологического исследования полученных интраоперационно биоптатов [3].

Лечение ИАИ требует комплексного подхода с применением различных методов — системной антибиотикотерапии, хирургической санации инфекционного очага, удаления металлоконструкции (в случае вертебрологической локализации ИАИ последнее необходимо соотносить с риском развития нестабильности позвоночного столба) [5, 19]. Более благоприятными результатами, как правило, характеризуется лечение ранней ИАИ позвоночника [15]. Следует отметить, что до сих пор не разработан единый алгоритм лечения глубокой ИАИ; обычно рекомендуется выполнение нескольких санационных операций

с назначением пролонгированной этиотропной антибиотикотерапии в послеоперационном периоде. Вместе с тем многие авторы считают целесообразным использование систем лечения отрицательным давлением (вакуум-терапия, англ. Negative pressure wound therapy, NPWT), precisely-отточной системы [11] либо же их комбинации [21]. Ввиду отсутствия единого (общепринятого) протокола лечения обычно выбор конкретного метода обусловлен предпочтениями и практическим опытом хирурга (травматолога-ортопеда), а также оснащённостью медицинской организации или её профильного отделения [6].

Наряду с имеющимися данными о положительных результатах применения проточно-промывных систем следует учитывать и высокий риск развития катетер-ассоциированной инфекции, вследствие чего такие системы сегодня широко не используются [15, 22].

Применение ЛОД-системы для лечения ИАИ области позвоночника началось после появления данных о преимуществах её использования при аналогичной патологии другой локализации [7, 8]. В настоящее время не существует единого мнения относительно точного механизма влияния ЛОД-системы на заживление раны [5]. Постоянное отрицательное давление препятствует адгезии микроорганизмов к поверхности металлоконструкции (равно как и к костной ткани), повышает перфузию тканей и стимулирует ангиогенез, а также способствует очищению послеоперационной раны от экссудата [2], уменьшению местного отёка [13, 23], сокращению размеров полости раны, стимулированию фибринолиза и формированию грануляционной ткани [6, 24], создавая тем самым благоприятные условия для вторичного заживления раны [19] или трансплантации кожного лоскута [21]. Благодаря своим свойствам ЛОД-терапия за последние годы очень быстро приобрела популярность в лечении ИАИ позвоночника. Так, исследования показали, что её применение при инфекционных осложнениях после операций на позвоночнике сокращает размеры и сроки заживления раны, число повторных оперативных вмешательств [13] и стационарное пребывание пациента и обеспечивает хорошие клинические результаты [21].

Вместе с тем отсутствие единого подхода к лечению и скудность доказательной базы об использовании ЛОД-терапии при ИАИ области позвоночника, несмотря на активно проводимые исследования в данном направлении [2], свидетельствуют о нерешённости данной проблемы и её актуальности.

**Цель исследования** — оценка результатов лечения пациентов с ранней глубокой ИАИ позвоночника с применением ЛОД-терапии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведена наблюдательная ретроспективная серия клинических наблюдений.

## Критерии соответствия

*Критерии включения* в исследование:

- первичное хирургическое лечение позвоночника с установкой транспедикулярной металлоконструкции;
- наличие инфекционного (гнойно-воспалительного) осложнения в форме глубокой ИАИ позвоночника, развившегося в течение 3 месяцев после первичного вмешательства;
- проведённое лечение указанной ИАИ методом отрицательного давления (ЛОД);
- срок отдалённого наблюдения — не менее 12 месяцев с момента выписки.

*Критерии невключения:*

- проведение первичного вертебрологического вмешательства без установки транспедикулярной металлоконструкции;
- развитие осложнений неинфекционной природы (в любые сроки наблюдения) и/или ИАИ в сроки более 3 месяцев (поздней ИАИ) после первичной операции;
- поверхностный характер ИАИ;
- использование проточно-отточной системы в качестве основного метода лечения;
- сроки отдалённого наблюдения менее 12 месяцев с момента выписки.

*Критерии исключения:*

- смена метода лечения с ЛОД на промывную систему.

## Описание исследования

В исследование включены 28 пациентов, из них 16 женщин (57,1%) и 12 мужчин (42,9%). Средний возраст составил 43,6 года (min — 17, max — 88 лет). Все пациенты имели глубокую раннюю ИАИ (развившуюся в сроки до 3 месяцев с момента первичного вмешательства). Госпитализация (перевод) в профильное отделение в течение 1 недели выполнена 5 пациентам (17,9% от общего числа), в сроки от 1 до 2 недель — 3 пациентам (10,7%), от 2 недель до 1 месяца и от 1 до 3 месяцев — по 10 пациентов (35,7%) соответственно. В табл. 1 представлено распределение пациентов по срокам развития ИАИ после выполнения первичного вмешательства.

Первичная вертебрологическая операция выполнена у 7 (25,0% от общего количества) пациентов по поводу дегенеративно-дистрофической патологии позвоночника, у 12 (42,9%) — по поводу деформаций позвоночника, у 7 (25,0%) — закрытого неосложнённого перелома тел позвонков, у 2 (7,1%) — спондилита тел позвонков. Распределение патологических очагов или вершин деформации было следующим: шейный отдел (С1-С7) — 5 (17,8%) пациентов, грудной (Th1-Th12) — 8 (28,6%), груднопоясничный переход (Th12-L1) — 1 (3,6%), поясничный — 8 (28,6%), пояснично-крестцовый (L5-S1) — 3 (10,7%), крестцовый — 4 (14,3%). Все первичные вмешательства (100,0%) осуществлялись из дорсального доступа.

**Таблица 1.** Распределение пациентов по срокам развития имплантат-ассоциированной инфекции позвоночника после выполнения первичной операции с транспедикулярной фиксацией

Срок развития ИАИ	Абс. число пациентов	%
До 7 дней	17	60,7
От 7 дней до 2 недель	6	21,4
От 2 недель до 1 месяца	5	17,9

Примечание. ИАИ — имплантат-ассоциированная инфекция.

Note. ИАИ — implant-associated spine infection.

**Таблица 2.** Факторы риска и сопутствующие заболевания у пациентов, вошедших в исследование (n=28)

Фактор риска/заболевание	Абс. число пациентов	%
Гипертоническая болезнь	11	39,3
Возраст старше 60 лет	9	32,1
Курение	9	32,1
Хронические очаги инфекции	6	21,4
Сахарный диабет	5	17,9
Ишемическая болезнь сердца	4	14,3
Гепатит С	3	10,7
Ревматоидный артрит	1	3,6
Нарушение белкового обмена	1	3,6
Ожирение	1	3,6
ДЦП с нижней параплегией	1	3,6

**Таблица 3.** Клинические проявления у пациентов с ранней глубокой имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника (n=28)

**Table 3.** Clinical manifestations in patients with early deep implant-associated spinal infection (n=28)

Клинические симптомы	Абс. число пациентов	%
Гиперемия/гипертермия	21	75,0
Расхождение краёв раны	21	75,0
Отёк	14	50,0
Боль	10	35,7
Гнойное отделяемое	6	21,4
Неврологический дефицит	6	21,6
Лихорадка	6	21,4
Инфицированная гематома/ абсцесс	4	14,3
Некроз краёв раны	1	3,6

Средняя продолжительность первичной операции составила 4 ч 20 мин (min — 30 мин, max — 8 ч 45 мин), средний объём потери крови — 737,5 мл (min — 50 мл, max — 1800 мл). Хирургические вмешательства на позвоночнике, предшествующие первичной операции, проводились 3 пациентам (10,7% от общего числа), повторные (после первичной операции, но до начала ЛОД-терапии) — 7 пациентам (25,0%).

Сопутствующие заболевания, являющиеся факторами риска, имелись у 19 (67,9%) пациентов; данные заболевания систематизированы в табл. 2.

В предоперационном периоде всем пациентам проводилось клинико-лабораторное и рентгенологическое обследование. Клинические симптомы и проявления, соответствовавшие ИАИ, систематизированы в табл. 3.

В целях определения границ поражения костной ткани и лучшей визуализации области стояния металлоконструкции выполняли компьютерную томографию, для выявления глубины поражения и затёков/карманов раны — магнитно-резонансную томографию. При наличии отделяемого из раны или свища проводилось его микробиологическое исследование с идентификацией микроорганизма и определением его антибиотикочувствительности. Забор материала осуществляли до начала операции, во время каждой санирующей операции (со сменой губки ЛОД-системы) из нескольких участков и в послеоперационном периоде (не менее 3 раз). С целью дополнительной верификации наличия острого инфекционно-воспалительного процесса выполняли гистологическое исследование интраоперационного биоптата.

При наличии свища после предварительного взятия материала для микробиологического исследования и трёхкратной обработки операционного поля раствором антисептика производилась интраоперационная фистулография методом введения в свищевой ход через внутривенный катетер 1% раствора бриллиантового зелёного. Проводимое комплексное лечение ИАИ позвоночника во всех случаях включало санацию очага и всех прилегающих к нему тканевых полостей (при их наличии), удаление фибринового налёта, некрэктомию с вовлечением костных и мягкотканых структур, удаление грануляционной ткани вокруг фиксирующих металлофиксаторов, последующий дебридмент — не менее 4 литров (DAIR — Debridement, antibiotics and implant retention), под давлением операционной раны раствором антисептика методом пульсирующей струи (пульс-лаважа) и установкой ЛОД-системы (производители — Smith & Nephew, Renasys Go и Renasys Ez). Пенополиуретановую губку, вырезанную по размеру раневой полости, устанавливали в рану с её заполнением и герметизировали накожной плёнкой. В последней создавалось окно для установки порта, к которому подключали ёмкость для сбора раневого экссудата. Дренирование велось при постоянном

давлении от 90 до 120 мм рт. ст. Повторная хирургическая санация с заменой ЛОД-повязки производилась с интервалом в 3–5 дней до момента стойкого купирования инфекционно-воспалительного процесса (определяемого по совокупности как клинических, так и лабораторных данных). При этом стоит отметить, что по мере очищения раны и заполнения её грануляционной тканью наряду с применением ЛОД-системы производили постепенное ушивание раны с целью поэтапного сокращения её длины и объёма. Поверх ушитой раны дополнительно устанавливалась полосо-видная полиуретановая губка ЛОД-системы с продолжением лечения сроком от 3 до 5 дней.

В отношении металлоконструкции в условиях ранней глубокой инфекции была выбрана тактика максимально длительного её сохранения, по возможности — до наступления периода формирования прочного костного блока. Удаление имплантата производилось нами вынужденно в случае отсутствия эффекта от проводимого лечения, нестабильности самой конструкции и прогрессирующего ухудшения общего состояния пациента, обусловленного поддержанием инфекционного процесса, сопряжённого с высоким риском летального исхода.

В послеоперационном периоде всем пациентам проводилась системная этиотропная антибактериальная терапия (с учётом полученных лабораторных данных о возбудителе) и эмпирическая терапия препаратами широкого спектра действия (на этапе до получения лабораторных данных о патогене). Антибиотикотерапия длилась до полного клинического купирования ИАИ: получения трёхкратных отрицательных результатов бактериальных посевов, нормализации показателей крови (лейкоциты (WBC), С-реактивный белок (СРБ), СОЭ и фибриноген (Fb)), полного заживления раны и улучшения общего состояния пациента.

### Статистический анализ

Статистическая обработка полученных результатов проведена с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26. Данные представлены в виде среднего значения со стандартным отклонением ( $\mu \pm sd$ ). Статистическая значимость различий в лабораторных показателях крови, используемых для оценки интенсивности воспалительного процесса, в разные сроки наблюдения оценивали при помощи критерия Уилкоксона. Значимыми считались значения при  $p < 0,05$ .

### Этическая экспертиза

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Министерства здравоохранения РФ. У пациентов получено информированное согласие на проведение исследования и публикацию данных без идентификации личности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях ( $n=28$ ) путём хирургической санации очага с применением ЛОД была достигнута ремиссия инфекции.

Сохранить транспедикулярную металлоконструкцию удалось в 18 (64,3%) случаях. Полное её удаление выполнено 8 (28,6%) пациентам. У 1 (3,6%) человека с пояснично-тазовой фиксации во время третьей санирующей операции и замены ЛОД-повязки была обнаружена нестабильность поперечного коннектора в области поясничного отдела позвоночника, в связи с чем было принято решение о его удалении с сохранением прочих элементов металлоконструкции (частичный демонтаж). В дальнейшем для полного купирования инфекции у рассматриваемого пациента потребовалось ещё 6 смен вакуумных повязок, при этом признаков нестабильности остальных сохранённых компонентов металлоконструкции до конца периода наблюдения не отмечалось. Ещё 1 (3,6%) пациенту, которому были проведены дорсальная транспедикулярная фиксация Th1–Th7 позвонков, межтеловой спондилодез Th3–Th5 кейджем с аутокостью и задний спондилодез аутокостью, в связи с продолжающейся инфекцией, несмотря на своевременность дебридмента и 6 смен ЛОД-повязок, и отсутствием сформированного костного блока грудных позвонков потребовался перемонтаж металлоконструкции (рефиксация новой системой, включавшей также кейдж, с полным удалением ранее установленной металлоконструкции). Стойкая ремиссия инфекционного процесса была достигнута после применения 7 дополнительных перевязок ЛОД-системой.

Количество смен вакуумных повязок в процессе лечения варьировало от 1 до 20. Для пациентов с сохранённой металлоконструкцией этот интервал составил 1–11 замен (в среднем 5,5), с удалённой — 5–13 (в среднем 6,6). В целом (без разделения на группы) до момента стойкого купирования инфекции потребовалось в среднем  $5,7 \pm 2,83$  повязки на одного пациента.

Во всех случаях достигнуто полное заживление послеоперационной раны вторичным натяжением (технически у 27 (96,4%) — при помощи вторичных швов, у 1 (3,6%) — при помощи трансплантации мягкотканного лоскута). У одного пациента с трансплантацией мягкотканного лоскута выполнение 4 последовательных некрэтомий привело к формированию значительного раневого кожно-мышечного дефекта по задней поверхности области шеи, вследствие чего потребовалось выполнение пластики раны ротационным торакодорсальным кожно-мышечно-фасциальным лоскутом на питательной сосудистой ножке, взятым из области широчайшей мышцы спины.

Описательная статистика и асимптотическая значимость различий основных лабораторных показателей воспаления в сравнении с дооперационным значением представлены в табл. 4.

Таблица 4. Статистические данные лабораторных показателей крови при поступлении и после проведённого лечения

Table 4. Statistical data of laboratory blood parameters at admission and during treatment

Число смен вакуумных повязок	Показатели крови							
	Лейкоциты		С-реактивный белок		СОЗ		Фибриноген	
	М±σ	KY	М±σ	KY	М±σ	KY	М±σ	KY
0 (при поступлении)	11,19±4,32	–	119,79±96,92	–	56,00±9,21	–	5,85±1,65	–
1	8,24±3,11	<b>&lt;0,001</b>	37,50±47,83	<b>0,017</b>	40,60±15,76	<b>0,021</b>	4,62±0,82	<b>0,005</b>
2	7,84±3,15	<b>0,017</b>	47,13±32,99	<b>0,028</b>	40,32±14,80	<b>&lt;0,001</b>	5,39±1,66	0,31
3	7,68±3,02	0,182	30,00±38,06	<b>0,008</b>	43,31±16,28	<b>0,002</b>	6,66±1,83	0,5
4	8,36±3,77	0,182	33,86±43,61	<b>0,018</b>	38,90±17,93	<b>0,011</b>	4,97±1,31	<b>0,018</b>
5	8,20±2,87	0,08	77,40±70,32	0,144	41,60±18,19	0,08	7,93±2,19	0,285
6	7,75±3,29	0,104	34,75±6,60	0,144	45,11±22,54	0,109	5,69±1,44	–

Примечание. KY — критерий Уилкоксона. Указана статистическая значимость для различий параметров между определённым моментом времени и значением до начала лечения имплантат-ассоциированной инфекции. Полужирным шрифтом указаны значения  $p < 0,05$ .

Note. KY — Wilcoxon test. Statistical significance for differences of parameters between certain time points are indicated. Values in bold indicate  $p < 0.05$ .

У 27 (96,4%) пациентов рецидив инфекционного осложнения в течение 1 года с момента выписки не отмечался. Только одной пациентке с успешно сохранённой металлоконструкцией потребовалась повторная госпитализация через 1 месяц после выписки по причине развития реинфекции, клинически проявившейся открытием свища в области послеоперационного рубца и рентгенологическими признаками нестабильности имплантата. Хирургическая санация с удалением металлоконструкции позволила эффективно купировать инфекционно-воспалительный процесс, при этом не возникло признаков неврологического дефицита или иных симптомов патологии позвоночника.

Рост микрофлоры выявлен у 26 (92,9%) пациентов. У 2 (7,1%) человек, несмотря на наличие клинических признаков воспаления, результаты бактериологического исследования были отрицательными. Мономикробная этиология инфекции отмечена у 23 (82,1%) пациентов, полимикробная — у 5 (17,9%). Всего в ходе исследования верифицировано 69 различных видов микроорганизмов, из которых 36 (52,2%) были грамположительными, 32 (46,4%) — грамотрицательными, а в одном случае (1,4%) был обнаружен грибок (*Candida spp.*). Детальный видовой состав идентифицированных возбудителей представлен в табл. 5.

В ходе лечения и выполнения этапного дебридмента и замен ЛОД-повязок обращало на себя внимание явление смены ведущих микроорганизмов, отмеченное у 19 (67,9%) пациентов. При этом количество таких смен в расчёте на одного пациента широко варьировало — от 1 до 8 (в среднем 2,4). В 4 (14,2%) наблюдениях мономикробная культура сменилась на двух- и трёхкомпонентную полимикробную культуру — 3 и 1 случай соответственно. Обратные изменения зафиксированы у 2 (7,1%) пациентов; у такого же количества ведущих возбудитель сменился

непосредственно внутри микробных ассоциаций. Из 9 обнаруженных за весь период наблюдения полимикробных сообществ только в двух выявлены исключительно грамположительные микроорганизмы, прочие были представлены как грамположительной, так и грамотрицательной микрофлорой.

Клинико-лабораторные признаки излечения пациентов с момента начала применения вакуумной терапии до полного заживления раны регистрировались в сроки от 7 до 112 дней, в среднем 42,1±23,31 дня. Средняя длительность антибактериальной терапии (все курсы суммарно) составила 38,2±18,1 дня.

Каких-либо осложнений у пациентов, связанных с применением вакуумной терапии, в нашем исследовании не зарегистрировано.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках данного исследования наиболее часто первичная операция выполнялась по поводу сколиотической деформации позвоночника, на втором месте по частоте находится дегенеративно-дистрофическая патология. Описываемое в литературе распределение несколько отличается [4]. Ранняя инфекция в большинстве случаев (60,7%) развивается в первую неделю после первичной операции на позвоночнике с фиксацией металлоконструкцией. Реже ИАИ области позвоночника развивается в сроки до 2 недель (21,4%) и в течение 1 месяца (17,9%) (табл. 1). При этом, согласно имеющимся сведениям, только 17,9% пациентов с появлением первых клинических признаков воспаления своевременно (в течение 7 дней) переводятся или обращаются в профильное отделение. В 71,4% случаев обращение в специализированное учреждение происходило в сроки от 1 до 3 месяцев, что связано с попытками лечащих врачей, проводивших первичную

**Таблица 5.** Видовой состав микроорганизмов у пациентов с глубокой ранней имплантат-ассоциированной инфекцией позвоночника  
**Table 5.** Pathogen species in patients with deep early implant-associated spinal infection

Вид микроорганизма	Абс. число пациентов		%		
<i>Staphylococcus aureus</i>	MSSA	7	3	10,1	4,3
	MRSA		4		5,8
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	MSSE	9	1	13	1,4
	MRSE		8		11,6
<i>Enterococcus faecalis</i>		6			8,7
<i>Staphylococcus haemolyticus</i> (MR)		3			4,3
<i>Staphylococcus hominis</i> (MR)		5			7,2
<i>Staphylococcus warneri</i> (MR)		2			2,9
<i>Staphylococcus lentus</i> (MR)		1			1,4
<i>Corynebacterium</i> spp.		1			1,4
<i>Clostridium perfringens</i>		1			1,4
<i>Acinetobacter baumannii</i>		8			11,6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		6			8,7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		7			10,1
<i>Escherichia coli</i>		3			4,3
<i>Proteus mirabilis</i>		3			4,3
<i>Enterobacter cloacae</i>	complex	3	2	4,3	2,9
	disolvens		1		1,4
<i>Aeromonas hydrophila</i>		1			1,4
<i>Burkholderia cepacia</i>		1			1,4
<i>Pantoea dispersa</i>		1			1,4
<i>Candida</i> spp.		1			1,4
<b>Всего</b>		<b>69</b>			<b>100</b>

операцию, самостоятельно купировать инфекционное осложнение путём этапных некрэктоми, открытого ведения раны, приточно-оточного дренирования в комплексе с этиотропной антибактериальной терапией либо же лечения, основанного на системном применении антибиотиков без хирургической санации. Клиническая картина ранней ИАИ позвоночника во всех случаях была явной, и её диагностика не вызвала каких-либо затруднений, но наиболее частым клиническим проявлением инфекции в нашем исследовании являлось расхождение краёв раны с гиперемией и гипертермией кожных покровов вокруг (75,0%) (табл. 3).

Полученные результаты в целом подтверждаются данными других источников, в которых сообщается, что возникновение ранней ИАИ позвоночника характеризуется яркой клинической картиной [3] и приходится преимущественно на период от нескольких дней до 3 недель с момента выполнения первичной операции с фиксацией позвоночника металлоконструкцией [6, 25].

Среди факторов риска, обусловленных состоянием пациента, в рамках нашего исследования чаще всего встречались сердечно-сосудистые заболевания (39,3%), курение

(32,1%), возраст старше 60 лет (32,1%) и наличие хронических очагов инфекции в организме (21,4%) (табл. 2).

Как отмечалось ранее, риск развития инфекционного осложнения позвоночника считается высоким при выполнении хирургического вмешательства на грудном и поясничном отделах и при дорсальном оперативном доступе [2, 20]. Поскольку среди 28 пациентов, вошедших в данное исследование, не было ни одного с применённым вентральным оперативным доступом, мы также связываем выбор дорсального доступа с увеличением риска развития ИАИ в данной анатомической области. Вместе с тем в нашем исследовании в сходной степени преобладали лица с первичной операцией, выполненной на грудном (25%) и поясничном (28,6%) отделах позвоночника, однако вопрос об их возможном влиянии на возникновение (развитие) ИАИ остаётся открытым по причине сравнительно небольшого размера выборки пациентов.

Применённый метод хирургической санации в сочетании с ЛОД у пациентов с ранней глубокой ИАИ позвоночника позволил добиться 100% положительных результатов и в 96,4% способствовал окончательному заживлению раны без применения пластических операций.

Сохранить металлоконструкцию удалось в 67,9% случаев (включая пациента, у которого она была частично демонтирована), и только в 3,6% случаев инфекция рецидивировала в течение 1 месяца после выписки. Необходимо отметить, что рецидив произошёл у пациентки со сниженным иммунным статусом, с наличием факторов риска (гепатит С и возраст 60 лет) и несвоевременным (через 2 месяца после нагноения) изначальным обращением за специализированной помощью. Удаление металлоконструкции с однократным применением ЛОД-повязки обеспечило стойкое купирование воспаления. Поддержание инфекционного процесса, несмотря на 6 этапных замен ЛОД-повязок, отмечено у 1 пациента с сохранением недавно установленной металлоконструкции, ввиду чего требовалось её удаление, которое неминуемо привело бы к потере стабильности грудного отдела позвоночника и усугублению неврологического статуса пациента. Во избежание риска развития данного осложнения после радикальной хирургической санации пациенту выполнена замена транспедикулярной системы вместе с кейджем на новые. Такой подход к лечению ранней глубокой ИАИ позвоночника позволил добиться ремиссии. В 8 (28,6%) наблюдениях, несмотря на многократные этапные некрэктомии и смены вакуумных повязок, сохранить металлоконструкцию не представлялось возможным, и, чтобы достигнуть положительного исхода, металлоконструкция была удалена. Следование рассмотренному протоколу лечения обеспечило стойкое купирование инфекции без последующей её реактивации в отдалённом периоде.

Таким образом, при ИАИ позвоночника возможны три варианта лечения на основе хирургической санации с ЛОД (в качестве ключевых неотъемлемых компонентов): с сохранением металлоконструкции, радикальная с удалением фиксатора и радикальная с заменой/перемонтажом металлоконструкции.

Несмотря на постоянное стремление нивелировать влияние факторов риска пациента и совершенствование методик хирургического вмешательства, по сей день остаётся спорным вопрос о выборе конкретного метода лечения именно при глубоких ИАИ позвоночника в условиях наличия металлоконструкции, так как среди практикующих врачей нет единого мнения по этому поводу [11]. Имеющиеся сегодня рекомендации по устранению инфекции основаны большей частью на ретроспективном анализе и исследованиях небольших групп пациентов [23]. Оптимальным вариантом лечения представляется радикальная санация с удалением металлоконструкции, которая позволит убрать постоянный источник инфекционного агента (в том числе путём удаления покрывающих металлофиксатор микробных биоплёнок [26]) и тем самым обеспечить стойкое купирование инфекции и снижение риска рецидива в периоде отдалённого наблюдения. Однако данная практика в качестве предпочтительного первоначального выбора метода лечения глубокой ИАИ позвоночника не столь распространена среди хирургов [4],

так как не все считают приемлемыми риски, возникающие при удалении металлоконструкции в целях предотвращения рецидива инфекционного процесса [13]. Данный тезис подтверждают результаты работы [11] по итогам лечения 267 пациентов, проходивших непрерывное дренирование операционной раны по поводу ИОХВ позвоночника; на момент завершения исследования у 231 (86,5%) из них металлоконструкция была сохранена, и только у 37 (13,5%) вынужденно удалена. Удаление металлоконструкции чаще практикуется в ситуациях развития поздней хронической (более 3 месяцев) инфекции [23], когда уже имеются рентгенологические признаки формирования костного блока позвоночника и риск развития нестабильности позвоночника минимален. Так, согласно литературным данным, при позднем начале ИОХВ на позвоночнике металлоконструкция подвергается удалению в 65,6–84% случаев [2, 14]. При ранней глубокой ИАИ сохранение металлофиксатора является приоритетным [4], поскольку преждевременное его удаление сопряжено с потерей стабильности позвоночника, рисками развития или усиления неврологического дефицита, прогрессирования деформации, формирования ложного сустава [11], способных привести к инвалидизации пациента и ухудшению его состояния вплоть до летального исхода [10] либо же потребовать в дальнейшем неоднократных ревизионных оперативных вмешательств [13]. Исключением считаются случаи ранней инфекции, когда сохранение металлоконструкции не позволяет купировать инфекцию [4], и случаи обширных резекций, когда удаление фиксатора невозможно и требуется его полный или частичный перемонтаж.

Как свидетельствуют данные анамнеза пациентов, для успешного лечения ранней глубокой ИАИ позвоночника и сохранения металлоконструкции комбинации только хирургической санации и дебридмента недостаточно. Необходимы многократные этапные некрэктомии с использованием оборудования и методик, обеспечивающих постоянное дренирование патологического очага, примером чего является ЛОД-система. Этапные санации и смену повязок требуется выполнять до полного заживления раны и наступления клинико-лабораторной ремиссии инфекции. Для достижения ремиссии у пациентов в рамках данного исследования потребовалось в среднем  $5,7 \pm 2,83$  смены ЛОД-повязок, при этом уже после первой замены в анализах крови наблюдалось значимое снижение уровней маркеров воспаления (табл. 4). Полученный нами результат несколько больше в сравнении с полученным в других источниках, согласно которым до окончательного заживления раны при ранней глубокой ИАИ позвоночника требуется в среднем от 2,7 до 4,7 замены ЛОД-повязок [23]. Так, J. Wang и соавт. регистрировали ремиссию инфекции в среднем после 2,8 замены [27]. В.К. Шаповалов и соавт. добились положительного исхода лечения глубокой ранней ИАИ поясничного отдела позвоночника после  $4,1 \pm 1,73$  смены раневых компонентов ЛОД-системы (максимальное значение — 8 смен) [6], такой же результат

был получен М. Rickert и соавт. [25]. В отдельных работах этот показатель ещё меньше — от 0,7 [8] до 2,2 [28] замены. Такое высокое среднее значение использования ЛОД в нашем исследовании мы объясняем в первую очередь превалированием антибиотикорезистентной микрофлоры (табл. 5), которая, ко всему прочему, постоянно видоизменялась. Сдвиг чаще всего происходил от грамположительной к грамотрицательной флоре, и, как отмечалось в нашей предыдущей работе, на 1-й и 2-й неделях лечения доминировали в основном MRSE и *E. faecalis*, на 3-й и 4-й — *P. aeruginosa* и *A. baumannii*, в течение 2-го месяца в одинаковой степени идентифицировались *E. faecalis* и *P. aeruginosa*, далее обнаруживались представители мультирезистентной грамотрицательной микрофлоры [24]. Смена ведущих микроорганизмов приводила к неэффективности ранее назначенных этиотропных антибиотиков, поэтому забор материала из нескольких интраоперационных участков, постоянный мониторинг видового состава бактерий и своевременная коррекция антибактериальной терапии крайне важны для успеха лечения пациентов с ИАИ позвоночника.

Вторым фактором, повлиявшим на увеличение числа смен ЛОД-повязок, является постепенное этапное ушивание раны на фоне продолжающейся терапии отрицательным давлением и однократное применение системы поверх полностью ушитой раны. Подобная тактика выработана на основе практического опыта использования метода ЛОД, согласно которому удаление ЛОД-системы и одномоментное закрытие раны при глубокой ИАИ позвоночника в подавляющем большинстве случаев сопровождаются реактивацией инфекции в раннем послеоперационном периоде. Попытки сохранения металлоконструкции в совокупности с полимикробным антибиотикорезистентным характером инфекции, наличием одного или нескольких факторов риска развития ИАИ, сниженными репаративными способностями организма также соотносились с максимальным количеством смен повязок вакуумной терапии, что не противоречит данным других источников литературы [4, 6].

Средняя продолжительность ЛОД в нашем исследовании составила  $42,1 \pm 23,31$  дня (диапазон 7–112 дней), что практически в 2 раза меньше по сравнению с результатами, полученными S. Kurga и соавт., — 77 дней при диапазоне 7–235 дней [8], и в 1,5 раза больше сроков, о которых сообщалось в исследовании В.К. Шаповалова и соавт., —  $29,1 \pm 10,06$  дня при диапазоне 14–55 дней [6]. Необходимо уточнить, что большее число койко-дней в нашем исследовании отмечено у пациентов, у которых металлоконструкция была впоследствии удалена, по сравнению с лицами с сохранённым металлофиксатором. Это объясняется выполнением большего количества попыток сохранения имплантата, сложностями купирования инфекционного процесса, в течение которого пациентам требовалось продолжение стационарного лечения, вследствие чего они дольше оставались под наблюдением.

Полученные нами результаты лечения в целом согласуются с данными других авторов. Согласно этим данным, применение ЛОД у пациентов с ИОХВ области позвоночника характеризуется 80–100% положительных исходов лечения. Так, в одном исследовании сообщается о частоте успешного лечения ранней ИАИ позвоночника в 98,36% случаев, при этом среди данных пациентов металлоконструкцию удалось сохранить в 83,46% [2]. Необходимо отметить, что на достижение столь высокого показателя повлияло включение в исследование лиц с ранней поверхностной инфекцией позвоночника. М. Rickert и соавт. при применении ЛОД с субфасциальным расположением губки достигли 100% положительных исходов без удаления позвоночной металлоконструкции [25]. Аналогичный результат был получен в исследовании J. Wang и соавт. [27]. В рамках другой работы с помощью ЛОД сохранить металлофиксатор удалось в 75,5% случаев [11]. В одной из публикаций этот показатель составил 64%; авторы акцентируют внимание на том, что выполнение трёх и более перевязок вакуумной терапии снижает риск развития рецидива инфекции: двукратная замена ЛОД-повязки способствовала реинфекции в 13,5% наблюдений, а при трёхкратной замене частота рецидива составила 0%. Вместе с тем частота продолжения течения ИАИ (без полного купирования) в условиях лечения отрицательным давлением с сохранением металлоконструкции в данной работе достигла 7,5% [13] против 3,6% в нашем исследовании — расхождение данных может быть обусловлено разной численностью исследуемых выборок.

Интерес для сравнения представляет и работа К. Khanna и соавт., в которой приводятся сведения, что этапные хирургические санации без использования ЛОД-системы снижают вероятность сохранения металлоконструкции позвоночника: после первого вмешательства — 62,7%, после второго — 25,9%, после третьего — 16,7%, после четвёртого — 0% [29]. В другой статье Д.Н. Долотин, ссылаясь на результаты исследования С. Но и соавт., сообщает о высокой частоте реинфекции (до 50%) при сохранении металлоконструкции при использовании метода DAIR (Debridement, antibiotics and implant retention) [9, 30]. В рамках ретроспективного когортного исследования также показано, что санации очага с системной антибактериальной терапией недостаточно для купирования инфекционного процесса с сохранением металлоконструкции в 35% случаев при раннем начале ИАИ позвоночника и в 54% — при позднем начале [31].

## Ограничения исследования

Ограничением данной работы является размер изучаемой выборки, что сохраняет актуальность дальнейших исследований с увеличением числа пациентов. Несмотря на это, уже на данном этапе исследования способ лечения, основанный на хирургической санации в комбинации с ЛОД, продемонстрировал свою эффективность и безопасность при лечении ранней глубокой ИАИ позвоночника,

позволив в более чем половине случаев сохранить металлоконструкцию и в 100% добиться стойкой ремиссии инфекционно-воспалительного процесса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ЛОД-терапии наряду с хирургической санацией у пациентов с ранним глубоким инфекционным осложнением позвоночника обеспечивает высокий процент положительных клинических исходов лечения. Отрицательное давление способствует очищению раны, заполнению её грануляционной тканью, за счёт которой уменьшается объём раневой полости и сближаются края раны, — всё это создаёт условия для успешного сохранения спинальной металлоконструкции более чем в половине случаев. Стоит учитывать, что для сохранения металлоконструкции при раннем возникновении инфекции необходимы многократные санирующие вмешательства со сменой ЛОД-повязок, число которых в зависимости от коморбидности пациента, регенераторных способностей организма, резистентности идентифицируемой микрофлоры и частоты её смены (равно как и других факторов) варьирует в широком диапазоне, но в среднем составляет  $5,7 \pm 2,83$  смены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каранадзе В.А., Гринь А.А., Кордонский А.Ю. Факторы риска развития инфекции области хирургического вмешательства при лечении пациентов с травмами и заболеваниями грудного и поясничного отделов позвоночника: результаты ретроспективного исследования // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17, № 3. С. 100–107. doi: 10.14531/ss2020.3.100-107
2. Шаповалов В.К., Грицаев И.Е., Таюрский Д.А. Опыт лечения имплант-ассоциированных раневых осложнений после операций на позвоночнике // Инновационная медицина Кубани. 2022. № 3. С. 64–70. doi: 10.35401/2541-9897-2022-25-3-64-70
3. Bürger J., Palmowski Y., Pumberger M. Comprehensive treatment algorithm of postoperative spinal implant infection // J Spine Surg. 2020. Vol. 6, № 4. P. 793–799. doi: 10.21037/jss-20-497
4. Yudistira A., Asmiragani S., Imran A.W., Sugiarto M.A. Surgical Site Infection Management following Spinal Instrumentation Surgery: Implant Removal vs. Implant Retention: an Updated Systematic Review // Acta Inform Med. 2022. Vol. 30, № 2. P. 115–120. doi: 10.5455/aim.2022.30.115-120
5. Kumar N., Hui S.J., Ali S., et al. Vacuum assisted closure and local drug delivery systems in spinal infections: A review of current evidence // N Am Spine Soc J. 2023. Vol. 16. P. 100266. doi: 10.1016/j.xnsj.2023.100266
6. Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А., и др. Применение вакуумных систем при ранней имплант-ассоциированной инфекции, развившейся после декомпрессивно-стабилизирующих операций при поясничном спинальном стенозе // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18, № 3. С. 53–60. doi: 10.14531/ss2021.3.53-60
7. Chen Z., Sun J., Yao Z., Song C., Liu W. Can prophylactic negative pressure wound therapy improve clinical outcomes in spinal fusion

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFO

**Author contribution.** All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

**Funding source.** The authors state that there is no external funding when conducting the research and preparing the publication.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

surgery? A meta-analysis // Eur Spine J. 2022. Vol. 31, № 6. P. 1546–1552. doi: 10.1007/s00586-022-07178-y

8. Kurra S., Rashid A., Yirenkyi H., Castle P., Lavelle W.F. Outcomes of Negative Pressure Wound Therapies in the Management of Spine Surgical Site Wound Infections // Int J Spine Surg. 2020. Vol. 14, № 5. P. 772–777. doi: 10.14444/7110

9. Долотин Д.Н., Михайловский М.В., Суздалов В.А. Гнойные осложнения в хирургии позвоночника с использованием металлоимплантатов: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12, № 2. С. 33–39. doi: 10.14531/ss2015.2.33-39

10. Shaw J.D., Bailey T.L., Ong J., et al. Development and validation of a large animal ovine model for implant-associated spine infection using biofilm based inocula // Biofilm. 2023. Vol. 6. P. 100138. doi: 10.1016/j.biofilm.2023.100138

11. Khan S.A., Choudry U., Salim A., et al. Current Management Trends for Surgical Site Infection After Posterior Lumbar Spinal Instrumentation: A Systematic Review // World Neurosurg. 2022. Vol. 164. P. 374–380. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.138

12. Dyck B.A., Bailey C.S., Steyn C., et al. Use of incisional vacuum-assisted closure in the prevention of postoperative infection in high-risk patients who underwent spine surgery: a proof-of-concept study // J Neurosurg Spine. 2019. Vol. 31, № 3. P. 430–439. doi: 10.3171/2019.2.SPINE18947

13. Patel V., Mueller B., Mehbod A.A., et al. Removal of Spinal Instrumentation Is Not Required to Successfully Treat Postoperative Wound Infections in Most Cases // Cureus. 2024. Vol. 16, № 3. P. e56380. doi: 10.7759/cureus.56380

14. Wei J., Brown C., Moore T., et al. Implant-associated Infection After Pediatric Spine Deformity Surgery: Is Removal of Hardware

Indicated? // *Pediatr Infect Dis J*. 2024. Vol. 43, № 4. P. 333–338. doi: 10.1097/INF.0000000000004218

15. Кочнев Е.Я., Мещерягина И.А., Бурцев А.В., Ермаков А.М. Проблема лечения имплант-ассоциированной инфекции позвоночника (обзор литературы) // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2020. № 4(56). С. 28–41. doi: 10.21685/2072-3032-2020-4-3

16. Gupta S., Maitra S., Farooqi A.S., et al. Impact of implant metal type and vancomycin prophylaxis on postoperative spine infection: an in-vivo study // *Spine Deform*. 2023. Vol. 11, № 4. P. 815–823. doi: 10.1007/s43390-023-00674-1

17. Смекаленков О.А., Пташников Д.А., Божкова С.А., и др. Анализ ранних инфекционных осложнений у пациентов после хирургических вмешательств на позвоночнике // *Хирургия позвоночника*. 2017. Т. 14, № 2. С. 82–87. doi: 10.14531/ss2017.2.82-87

18. Prinz V., Vajkoczy P. Surgical revision strategies for postoperative spinal implant infections (PSII) // *J Spine Surg*. 2020. Vol. 6, № 4. P. 777–784. doi: 10.21037/jss-20-514

19. Pappalardo G., Schneider S., Kotsias A., et al. Negative pressure wound therapy in the management of postoperative spinal wound infections: a systematic review // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2024. Vol. 34, № 5. P. 2303–2313. doi: 10.1007/s00590-024-03983-x

20. Кочнев Е.Я., Мухтяев С.В., Мещерягина И.А., Гребенюк Л.А. Клинический случай многоэтапного хирургического лечения пациентки с вертебральной имплант-ассоциированной инфекцией // *Политравма*. 2020. № 1. С. 67–73. doi: 10.24411/1819-1495-2020-10009

21. Chen K., Lin J.T., Sun S.B., et al. Vacuum-assisted closure combined with a closed suction irrigation system for treating postoperative wound infections following posterior spinal internal fixation // *J Orthop Surg Res*. 2018. Vol. 13, № 1. P. 321. doi: 10.1186/s13018-018-1024-6

22. Xiao-Feng L., Jian-Guang X., Bing-Fang Z., et al. Continuous irrigation and drainage for early postoperative deep wound infection after posterior instrumented spinal fusion // *J Spinal DisordTech*. 2014. Vol. 27, № 8. P. E315–317. doi: 10.1097/BSD.000000000000122

23. Rickert M., Schleicher P., Fleege C., et al. Management of postoperative wound infections following spine surgery: first results

of a multicenter study // *Orthopade*. 2016. Vol. 45, № 9. P. 780–788. doi: 10.1007/s00132-016-3314-1

24. Цискарашвили А.В., Горбатюк Д.С., Меликова Р.Э., и др. 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: 10.14531/ss2022.3.77-87

25. Rickert M., Rauschmann M., Latif-Richter N., et al. Management of Deep Spinal Wound Infections Following Instrumentation Surgery with Subfascial Negative Pressure Wound Therapy // *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2023. Vol. 84, № 1. P. 30–36. doi: 10.1055/s-0040-1720999

26. Agarwal A., Kelkar A., Agarwal A.G., et al. Implant Retention or Removal for Management of Surgical Site Infection After Spinal Surgery // *Global Spine J*. 2020. Vol. 10, № 5. P. 640–646. doi: 10.1177/2192568219869330

27. Wang J., Yang Y., Xing W., et al. Safety and efficacy of negative pressure wound therapy in treating deep surgical site infection after lumbar surgery // *Int Orthop*. 2022. Vol. 46, № 11. P. 2629–2635. doi: 10.1007/s00264-022-05531-w

28. Ploumis A., Mehdod A.A., Dressel T.D., et al. Therapy of spinal wound infections using vacuum-assisted wound closure: risk factors leading to resistance to treatment // *J Spinal Disord Tech*. 2008. Vol. 21. P. 320–3. doi: 10.1097/BSD.0b013e318141f99d

29. Khanna K., Janghala A., Sing D., et al. An Analysis of Implant Retention and Antibiotic Suppression in Instrumented Spine Infections: A Preliminary Data Set of 67 Patients // *Int J Spine Surg*. 2018. Vol. 12, № 4. P. 490–497. doi: 10.14444/5060

30. Ho C., Sucato D.J., Richards B.S. Risk factors for the development of delayed infections following posterior spinal fusion and instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis patients // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 2272–2277. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b1c0b

31. Kowalski T.J., Berbari E.F., Huddleston P.M., et al. The management and outcome of spinal implant infections: contemporary retrospective cohort study // *Clin Infect Dis*. 2007. Vol. 44. P. 913–20. doi: 10.1086/512194

## REFERENCES

- Karanadze VA, Grin AA, Kordonsky AYu. Risk factors for the development of infection in the field of surgical intervention in the treatment of patients with injuries and diseases of the thoracic and lumbar spine: the results of a retrospective study. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2020;17(3):100–107. (In Russ.) doi: 10.14531/ss2020.3.100-107
- Shapovalov VK, Gritsaev IE, Tayursky DA. Experience in the treatment of implant-associated wound complications after spinal surgery. *Innovacionnaya medicina Kubani*. 2022;(3):64–70. (In Russ.) doi: 10.35401/2541-9897-2022-25-3-64-70
- Bürger J, Palmowski Y, Pumberger M. Comprehensive treatment algorithm of postoperative spinal implant infection. *J Spine Surg*. 2020;6(4):793–799. doi: 10.21037/jss-20-497
- Yudistira A, Asmiragani S, Imran AW, Sugiarto MA. Surgical Site Infection Management following Spinal Instrumentation Surgery: Implant Removal vs. Implant Retention: an Updated Systematical Review. *Acta Inform Med*. 2022;30(2):115–120. doi: 10.5455/aim.2022.30.115-120
- Kumar N, Hui SJ, Ali S, et al. Vacuum assisted closure and local drug delivery systems in spinal infections: A review of current evidence. *N Am Spine Soc J*. 2023;16:100266. doi: 10.1016/j.xnsj.2023.100266
- Shapovalov VK, Basankin IV, Afaunov AA, et al. The use of vacuum systems in early implant-associated infection that developed after decompression-stabilizing operations for lumbar spinal stenosis. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2021;18(3):53–60. (In Russ.) doi: 10.14531/ss2021.3.53-60
- Chen Z, Sun J, Yao Z, Song C, Liu W. Can prophylactic negative pressure wound therapy improve clinical outcomes in spinal fusion surgery? A meta-analysis. *Eur Spine J*. 2022;31(6):1546–1552. doi: 10.1007/s00586-022-07178-y
- Kurra S, Rashid A, Yirenkyi H, Castle P, Lavelle WF. Outcomes of Negative Pressure Wound Therapies in the Management of Spine Surgical Site Wound Infections. *Int J Spine Surg*. 2020;14(5):772–777. doi: 10.14444/7110
- Dolotin DN, Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Purulent complications in spinal surgery using metal implants: literature

review. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2015;12(2):33–39. (In Russ.) doi: 10.14531/ss2015.2.33-39

10. Shaw JD, Bailey TL, Ong J, et al. Development and validation of a large animal ovine model for implant-associated spine infection using biofilm based inocula. *Biofilm*. 2023;6:100138. doi: 10.1016/j.biofilm.2023.100138

11. Khan SA, Choudry U, Salim A, et al. Current Management Trends for Surgical Site Infection After Posterior Lumbar Spinal Instrumentation: A Systematic Review. *World Neurosurg*. 2022;164:374–380. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.138

12. Dyck BA, Bailey CS, Steyn C, et al. Use of incisional vacuum-assisted closure in the prevention of postoperative infection in high-risk patients who underwent spine surgery: a proof-of-concept study. *J Neurosurg Spine*. 2019;31(3):430–439. doi: 10.3171/2019.2.SPINE18947

13. Patel V, Mueller B, Mehbod AA, et al. Removal of Spinal Instrumentation Is Not Required to Successfully Treat Postoperative Wound Infections in Most Cases. *Cureus*. 2024;16(3):e56380. doi: 10.7759/cureus.56380

14. Wei J, Brown C, Moore T, et al. Implant-associated Infection After Pediatric Spine Deformity Surgery: Is Removal of Hardware Indicated? *Pediatr Infect Dis J*. 2024;43(4):333–338. doi: 10.1097/INF.0000000000004218

15. Kochnev EYa, Meshcheryagina IA, Burtsev AV, Ermakov AM. The problem of treatment of implant-associated spinal infection (literature review). *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki*. 2020;(4):28–41. (In Russ.) doi: 10.21685/2072-3032-2020-4-3

16. Gupta S, Maitra S, Farooqi AS, et al. Impact of implant metal type and vancomycin prophylaxis on postoperative spine infection: an in-vivo study. *Spine Deform*. 2023;11(4):815–823. doi: 10.1007/s43390-023-00674-1

17. Smekalenkov OA, Ptashnikov DA, Bozhkova SA, et al. Analysis of early infectious complications in patients after spinal surgery. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2017;14(2):82–87. (In Russ.) doi: 10.14531/ss2017.2.82-87

18. Prinz V, Vajkoczy P. Surgical revision strategies for postoperative spinal implant infections (PSII). *J Spine Surg*. 2020;6(4):777–784. doi: 10.21037/jss-20-514

19. Pappalardo G, Schneider S, Kotsias A, et al. Negative pressure wound therapy in the management of postoperative spinal wound infections: a systematic review. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2024;34(5):2303–2313. doi: 10.1007/s00590-024-03983-x

20. Kochnev EYa, Mukhtyaev SV, Meshcheryagina IA, Grebenyuk LA. A clinical case of multi-stage surgical treatment of a patient with a

vertebral implant-associated infection. *Polytrauma*. 2020;(1):67–73. (In Russ.) doi: 10.24411/1819-1495-2020-10009

21. Chen K, Lin JT, Sun SB, et al. Vacuum-assisted closure combined with a closed suction irrigation system for treating postoperative wound infections following posterior spinal internal fixation. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):321. doi: 10.1186/s13018-018-1024-6

22. Xiao-Feng L, Jian-Guang X, Bing-Fang Z, et al. Continuous irrigation and drainage for early postoperative deep wound infection after posterior instrumented spinal fusion. *J Spinal DisordTech*. 2014;27(8):E315–317. doi: 10.1097/BSD.000000000000122

23. Rickert M, Schleicher P, Fleege C, et al. Management of postoperative wound infections following spine surgery: first results of a multicenter study. *Orthopade*. 2016;45(09):780–788. doi: 10.1007/s00132-016-3314-1

24. Tsiskarashvili AV, Gorbatyuk DS, Melikova RE, et al. Microbiological spectrum of pathogens of implant-associated infection in the treatment of complications of transpedicular fixation of the spine by negative pressure. *Hirurgiya pozvonochnika*. 2022;19(3):77–87. (In Russ.) doi: 10.14531/ss2022.3.77-87

25. Rickert M, Rauschmann M, Latif-Richter N, et al. Management of Deep Spinal Wound Infections Following Instrumentation Surgery with Subfascial Negative Pressure Wound Therapy. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2023;84(1):30–36. doi: 10.1055/s-0040-1720999

26. Agarwal A, Kelkar A, Agarwal AG, et al. Implant Retention or Removal for Management of Surgical Site Infection After Spinal Surgery. *Global Spine J*. 2020;10(5):640–646. doi: 10.1177/2192568219869330

27. Wang J, Yang Y, Xing W, et al. Safety and efficacy of negative pressure wound therapy in treating deep surgical site infection after lumbar surgery. *Int Orthop*. 2022;46(11):2629–2635. doi: 10.1007/s00264-022-05531-w

28. Ploumis A, Mehbod AA, Dressel TD, et al. Therapy of spinal wound infections using vacuum-assisted wound closure: risk factors leading to resistance to treatment. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21:320–3. doi: 10.1097/BSD.0b013e318141f99d

29. Khanna K, Janghala A, Sing D, et al. An Analysis of Implant Retention and Antibiotic Suppression in Instrumented Spine Infections: A Preliminary Data Set of 67 Patients. *Int J Spine Surg*. 2018;12(4):490–497. doi: 10.14444/5060

30. Ho C, Sucato DJ, Richards BS. Risk factors for the development of delayed infections following posterior spinal fusion and instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis patients. *Spine*. 2007;32:2272–2277. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b1c0b

31. Kowalski TJ, Berbari EF, Huddleston PM, et al. The management and outcome of spinal implant infections: contemporary retrospective cohort study. *Clin Infect Dis*. 2007;44:913–20. doi: 10.1086/512194

## ОБ АВТОРАХ

\* Цискарашвили Арчил Важаевич, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: 0000-0003-1721-282X;  
eLibrary SPIN: 2312-1002;  
e-mail: armed05@mail.ru

## AUTHORS' INFO

\* Archil V. Tsiskarashvili, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
address: 10 Priorova str., 127299 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0003-1721-282X;  
eLibrary SPIN: 2312-1002;  
e-mail: armed05@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Меликова Регина Энверпашаевна**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-5283-7078;  
eLibrary SPIN: 8288-0256;  
e-mail: regina-melikova@mail.ru

**Горбатьюк Дмитрий Сергеевич**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-8938-2321;  
eLibrary SPIN: 7686-2123;  
e-mail: gorbatyukds@cito-priorov.ru

**Сулейманов Марат Агасиевич**;  
ORCID: 0000-0002-1621-2927;  
e-mail: drmarat03@yandex.ru

**Regina E. Melikova**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-5283-7078;  
eLibrary SPIN: 8288-0256;  
e-mail: regina-melikova@mail.ru

**Dmitry S. Gorbatyuk**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0001-8938-2321;  
eLibrary SPIN: 7686-2123;  
e-mail: gorbatyukds@cito-priorov.ru

**Marat A. Suleymanov**, MD;  
ORCID: 0000-0002-1621-2927;  
e-mail: drmarat03@yandex.ru