

DOI: 10.15825/1995-1191-2026-1-109-120

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ КАБЕЛЬ-АССОЦИИРОВАННЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКОЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Р.Ю. Бангаров², Т.А. Халилулин^{1, 3}, В.М. Захаревич^{1, 3}, Ш.Р. Галеев², Г.В. Набиев²

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

² Филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Волжский, Волгоградская область, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Российская Федерация

Цель: оценить клиническую эффективность разработанного комплексного подхода к диагностике и хирургическому лечению кабель-ассоциированных инфекционных осложнений у пациентов с длительной механической поддержкой кровообращения. **Материалы и методы.** Одноцентровое ретроспективное наблюдательное исследование выполнено в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России. В анализ включены 56 пациентов с имплантированными устройствами длительной механической поддержки левого желудочка: АВК-Н (2012–2018) – 17; Стрим Кардио (2022–2025) – 32; HeartMate 3 (2022–2025) – 7 человек. **Результаты.** Кабель-ассоциированные инфекции (КАИ) зарегистрированы у 18 из 56 пациентов (32,1%) с длительно функционирующими устройствами механической поддержки левого желудочка. В группе без применения алгоритма лечения и диагностики КАИ выявлены у 8 из 17 пациентов (47,1%), в группе с применением алгоритма – у 10 из 39 пациентов (25,6%). Эпизоды КАИ развивались преимущественно в сроки до шести месяцев с момента имплантации устройств. Разработанный алгоритм диагностики и лечения КАИ позволил снизить число рецидивов в случаях распространенных форм инфекции (с 2,25 до 1,17 на пациента; $p = 0,050$), уменьшить длительность госпитализации как при локальных, так и при подкожных формах ($p = 0,022$, $p = 0,014$ соответственно). **Заключение.** Применение разработанного алгоритма диагностики и лечения КАИ у пациентов с длительной механической поддержкой кровообращения позволило систематизировать этапность ведения данной категории больных, повысить эффективность локального контроля инфекционного процесса, сократить длительность госпитального лечения, снизить частоту инфекционных осложнений.

Ключевые слова: трансплантация сердца, длительная механическая поддержка кровообращения, кабель-ассоциированные инфекции.

Для корреспонденции: Бангаров Ризван Юннадиевич. Адрес: 404120, Волгоградская область, Волжский, ул. Генерала Карбышева, д. 86.
Тел. (999) 625-87-50. E-mail: rizvan.bangarov@yandex.ru

Corresponding author: Rizvan Bangarov. Address: 86, Generala Karbysheva str., Volzhsky, 404120, Russian Federation.
Phone: (999) 625-87-50. E-mail: rizvan.bangarov@yandex.ru

A COMPREHENSIVE DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC STRATEGY FOR DRIVELINE INFECTIONS IN LONG-TERM MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT

R.Yu. Bangarov², T.A. Khalilulin^{1, 3}, V.M. Zakharevich^{1, 3}, Sh.R. Galeev², G.V. Nabiev²

¹ Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russian Federation

² Volzhsky Branch of Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Volzhsky, Russian Federation

³ Sechenov University, Moscow, Russian Federation

Objective: to evaluate the clinical efficacy of a comprehensive approach to the diagnosis and surgical treatment of driveline infections (DLIs) in patients with long-term mechanical circulatory support (MCS). **Materials and methods.** A single-center retrospective observational study was conducted at Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs. The analysis included 56 patients with implanted devices for long-term MCS of the left ventricle: AVK-N (2012–2018) – 17; Stream Cardio (2022–2025) – 32; HeartMate 3 (2022–2025) – 7 people. **Results.** DLIs were identified in 18 of 56 patients (32.1%) with long-term left ventricular MCS. In the group managed without the diagnostic and therapeutic DLI algorithm, infections occurred in 8 of 17 patients (47.1%), whereas in the group managed with the algorithm, DLIs were detected in 10 of 39 patients (25.6%). Most DLI episodes developed within the first six months after device implantation. Implementation of the diagnostic and treatment algorithm resulted in a reduction in relapse frequency in patients with extensive forms of DLI (from 2.25 to 1.17 episodes per patient; $p = 0.050$) and a significant decrease in the duration of hospitalization for both local and subcutaneous forms ($p = 0.022$ and $p = 0.014$, respectively). **Conclusion.** The use of the developed algorithm for the diagnosis and treatment of DLIs in patients receiving long-term MCS enabled a systematic approach to patient management, improved the effectiveness of local infection control, reduced hospital length of stay, and decreased the frequency of infectious complications.

Keywords: heart transplantation, long-term mechanical circulatory support, driveline-associated infections.

ВВЕДЕНИЕ

Длительная механическая поддержка кровообращения (ДМПК) в последние десятилетия стала неотъемлемой частью лечения терминальной сердечной недостаточности, обеспечивая как «мост» к трансплантации сердца, так и в качестве окончательного варианта лечения [1–3]. Совершенствование систем и переход к технологиям непрерывного потока привели к значительному увеличению продолжительности и качества жизни реципиентов [1, 2]. Однако наряду с этим частота инфекционных осложнений, прежде всего кабель-ассоциированных инфекций, остается одной из ведущих причин повторных госпитализаций, септических осложнений и летальных исходов у пациентов с длительно функционирующими устройствами [4–8].

Согласно данным международных регистров, частота инфекций в зоне выхода кабеля варьирует от 15 до 40% в зависимости от типа устройства и времени, прошедшего с момента имплантации [1–3, 8–11]. Несмотря на разработку современных антибактериальных покрытий и усовершенствованных технологий перевязочного материала, проблема КАИ требует комплексного подхода, включающего раннюю диагностику, хирургическую санацию и локальный контроль инфекции [1–3, 5, 8, 12]. Особое внимание

уделяется биопленочным механизмам персистенции патогенов, в первую очередь *Staphylococcus aureus* и *S. epidermidis*, что затрудняет эрадикацию и способствует рецидивированию КАИ [6, 7, 13].

Исследования последних лет подтверждают, что инфекционные осложнения являются ведущей причиной пролонгации госпитального лечения и ухудшения отдаленных результатов у реципиентов ДМПК [4, 7, 14]. В свою очередь, патофизиологические особенности инфекционных осложнений, ассоциированных с чрескожным кабелем устройств длительной механической поддержки кровообращения, определяют необходимость комплексных хирургических методов лечения и разработки стандартизированных протоколов [2, 9, 15].

На сегодняшний день в мировой клинической практике не существует единого протокола или стандарта лечения инфекционных осложнений у пациентов с длительной механической поддержкой левого желудочка. Подходы к терапии варьируют в зависимости от локализации инфекции, возбудителя, конструкции устройства и опыта конкретного центра, что подчеркивает необходимость формирования четкого, поэтапного и клинически адаптированного подхода к их диагностике и лечению.

В настоящей работе представлены результаты оценки клинической эффективности разработан-

ного на основании клинического опыта и анализа результатов лечения в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» алгоритма диагностики и лечения КАИ у пациентов с ДМПК, в сопоставлении с традиционными подходами, которые применялись ранее. В рамках исследования проводилась оценка частоты возникновения, клинико-анатомических особенностей и исходов КАИ в зависимости от применяемого подхода, а также сравнительный анализ структуры возбудителей, сроков возникновения инфекций и длительности госпитализаций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе ФГБУ «НМИЦ трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России. В анализ включены 56 пациентов – 53 мужчины (94,6%), 3 женщины (5,4%) в возрасте от 27 до 74 ($56,6 \pm 11,5$) лет с имплантированными устройствами ДМПК: АВК-Н (Россия) – 17 наблюдений, Стрим Кардио (Био Софт, Россия) – 32, HeartMate 3 (Abbott, США) – 7 пациентов с 2012-го по 2025 г. Этиологически терминальная ХСН была обусловлена дилатационной кардиомиопатией у 26 (46,4%) и ишемической кардиомиопатией у 30 (53,6%) пациентов. По функциональному классу NYHA преобладали больные III ФК – 40 (71%), тогда как IV ФК отмечен у 16 (29%) пациентов. Распределение по профилям INTERMACS было следующим: профиль 1 – 5 (8,9%), профиль 2 – 14 (25,0%), профиль 3 – 13 (23,2%), профиль 4 – 17 (30,4%) и профиль 5 – 7 (12,5%).

В зависимости от применяемой тактики ведения кабель-ассоциированных инфекций пациенты были разделены на две группы. В группе без применения

алгоритма лечения и диагностики КАИ выявлены у 8 из 17 пациентов (47,1%), в группе с применением алгоритма – у 10 из 39 пациентов (25,6%).

Первая группа представлена пациентами, у которых применялся традиционный подход к профилактике и лечению кабель-ассоциированных инфекций ($n = 8$). Такой алгоритм сводился к рутинным перевязкам и местной обработке антисептиками. Диагностика инфекции опиралась преимущественно на клинические проявления (покраснение, отек, отделяемое). Микробиологические посевы и инструментальные исследования выполнялись при явных показаниях, а эмпирическая системная антибиотикотерапия назначалась и затем корректировалась по результатам посевов. При прогрессировании процесса применялись вскрытие, обширное дренирование и открытое ведение раны с последующим плановым закрытием по заживлению. Плановая локальная ревизия и удаление фетровой оплетки вдоль кабеля, а также унифицированное применение ВАК-терапии не применялись.

Во вторую группу включены 10 пациентов с КАИ, у которых лечение инфекционных осложнений проводилось в соответствии с новым алгоритмом, разработанным в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России.

КАИ в обеих когортах классифицировались по клинико-анатомической распространенности воспалительного процесса с выделением трех основных групп, что позволило унифицировать описание случаев и провести сравнительный анализ. Схематически стадии прогрессирования кабель-ассоциированной инфекции при ДМПК представлены на рис. 1.

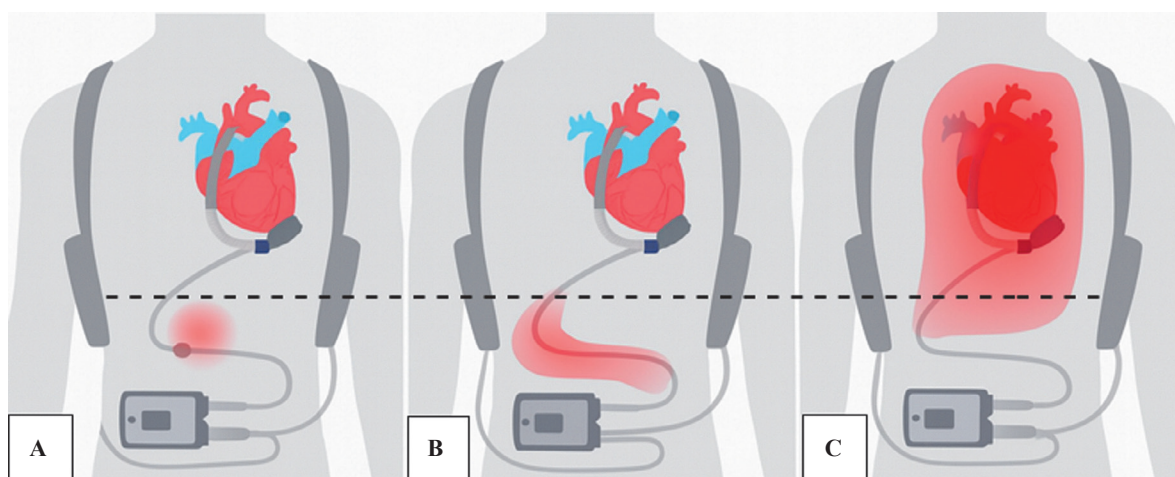


Рис. 1. Стадии прогрессирования кабель-ассоциированной инфекции при ДМПК (А – локальная; В – подкожное распространение; С – глубокая с вовлечением перикарда). Пунктирной линией обозначена «критическая точка» распространения инфекционного процесса

Fig. 1. Stages of progression of driveline infection in long-term mechanical circulatory support (A – local infection; B – subcutaneous spread; C – deep infection with pericardial involvement). The dotted line indicates the «critical point» beyond which further spread of the infectious process occurs

- **Группа А** – локальное воспаление, ограниченное зоной выхода кабеля, без признаков распространения вглубь подкожно-жировой клетчатки и вовлечения окружающих тканей.
- **Группа В** – воспаление с распространением в подкожно-жировую клетчатку и продвижением вдоль кабеля до его поворота в подкожной жировой клетчатке на уровне правого подреберья (так называемой критической точки).
- **Группа С** – инфекция с вовлечением полости перикарда и/или ложа насоса, сопровождающаяся высоким риском медиастинита и системной воспалительной реакции.

Для статистического анализа данные первоначально обрабатывались и заносились в таблицы с использованием MS Office Excel 2021; статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 3.1.10 (разработчик ООО «Статтех», Россия). Для сравнения количественных показателей использовались непараметрические методы: результаты представлены в виде медианы и межквартильного интервала ($Me [Q1; Q3]$) и сопоставлялись между группами с помощью U-критерия Манна–Уитни, критерия χ^2 Пирсона. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных и относительных величин ($n, \%$) и анализировались с применением точного критерия Фишера. Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный алгоритм лечения и диагностики КАИ

На основании клинического опыта и анализа результатов лечения в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России был разработан поэтапный алгоритм диагностических и лечебных мероприятий при КАИ у пациентов с имплантированными устройствами ДМПК (рис. 2).

1. При появлении боли, гиперемии, отделяемого или лихорадки проводится тщательная клиническая оценка зоны выхода кабеля. Оцениваются размеры и интенсивность эритемы, инфильтрация, флюктуация, характер отделяемого (включая запах и объем), состояние окружающих тканей, натяжение и фиксация кабеля. Быстрое нарастание эритемы, появление гнойного отделяемого с запахом, лихорадка выше $38,5^\circ\text{C}$ или признаки системной реакции служат показаниями к госпитализации и немедленному переходу к следующему этапу обследования.
2. При подозрении на инфекцию выполняется ультразвуковое исследование (УЗИ) мягких тканей вдоль кабельного канала с целью определения глубины и распространенности воспаления, вы-

явления жидкостных включений или полостей (рис. 3).

При подозрении на распространение инфекции по кабельному каналу проводится компьютерная томография (КТ) органов грудной клетки без контрастного усиления для оценки состояния перикарда и грудной стенки (рис. 4).

Выявление по ходу кабеля или вблизи перикарда жидкостных или газовых включений расценивается как показание к неотложной хирургической санации и рассмотрению вопроса об urgentной трансплантации.

3. Микробиологическая диагностика. При наличии признаков воспаления (гиперемия, инфильтрация, серозно-гнойное отделяемое, болезненность, кровоточивость) немедленно выполняется забор локального отделяемого на посев, а также мазок с поверхности кожи и входного отверстия и оплетки кабеля управления. В обязательном порядке до начала антибиотикотерапии берется кровь на гемокультуру, общий анализ крови и биохимический анализ, включая уровни С-реактивного белка и прокальцитонина.

Эмпирическая и затем целевая антибактериальная терапия.

До получения результатов посевов пациенту назначается эмпирическая антибактериальная терапия, включающая препараты широкого спектра действия с учетом предполагаемого возбудителя (наиболее часто – стафилококки, включая MRSA). После идентификации микрофлоры антибактериальная терапия корректируется согласно чувствительности, а курс подбирается индивидуально в зависимости от тяжести состояния и распространенности инфекции. Далее следуют лечебные мероприятия в зависимости от выраженности и распространенности инфекционного процесса.

4. Локальная антисептическая обработка. При любых признаках воспаления проводится ежедневная антисептическая обработка зоны выхода кабеля растворами повидон-йода 10% или хлоргексидина биглюконата 0,05–0,5%. В случае экссудации допускается использование тампонов, смоченных антисептиками, или местных ванночек. При стабильном состоянии перед выпиской из стационара пациентов обучают самостоятельному уходу: перевязки выполняются в домашних условиях один раз в 3–4 дня в соответствии с индивидуальным планом ухода, согласованным с лечащим врачом.
5. Хирургическая ревизия и удаление внешней изоляционной фетровой оболочки кабеля в зоне инфекции как оригинальный метод. В случае стойкого воспаления, образования карманов или туннелей показано хирургическое вскрытие зоны инфекции с ее полной санацией, некрэктомией.

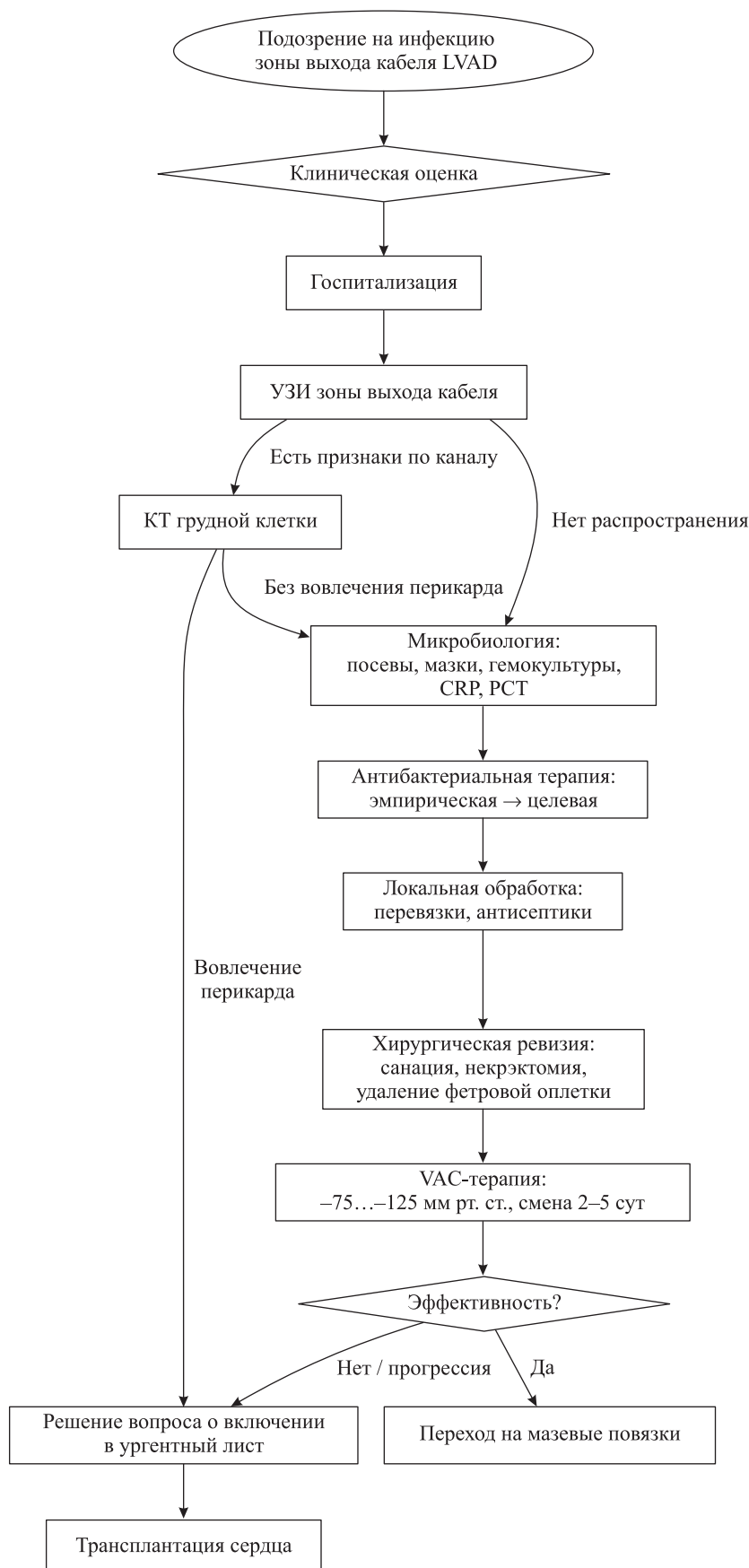


Рис. 2. Алгоритм диагностических и лечебных мероприятий при кабель-ассоциированной инфекции у пациентов с имплантированным устройством ДМПК

Fig. 2. Algorithm of diagnostic and therapeutic measures for driveline infection in patients with implanted long-term MCS devices

Конструктивно у всех применяемых устройств ДМПК вся часть кабеля, находящаяся в толще подкожно-жировой клетчатки, имеет фетровую оплетку, часть кабеля, расположенная снаружи, – только силиконовую оболочку. Одним из уникальных приемов, внедренных в нашей клинике, стало локальное удаление внешней фетровой оболочки кабеля в зоне активного инфицирования. Этот прием применяется при распространении процесса в толщу канала, где одновременно с хирургической санацией раны удаляется сложно подвергаемая антисептической обработке фетровая оболочка, обнажая расположенный под ней силиконовый слой, который может быть легко обработан. Снятие фетровой оплетки позволяет:

- 1) снизить бактериальную нагрузку;

- 2) предотвратить капиллярное распространение инфекции по оплетке;
- 3) обеспечить надежную обработку кабеля антисептиками.

Процесс снятия фетровой оплетки кабеля наглядно продемонстрирован на рис. 5.

Данный подход позволяет добиться устойчивого контроля над инфекцией без необходимости удаления всего устройства и отложить или избежать трансплантации в стабильных случаях. Методика была применена у 6 пациентов с распространением процесса в толщу тканей как минимум на 5 см. Это позволило практически ограничить распространение процесса этапом хирургической обработки и первичного вскрытия канала на ту же глубину.

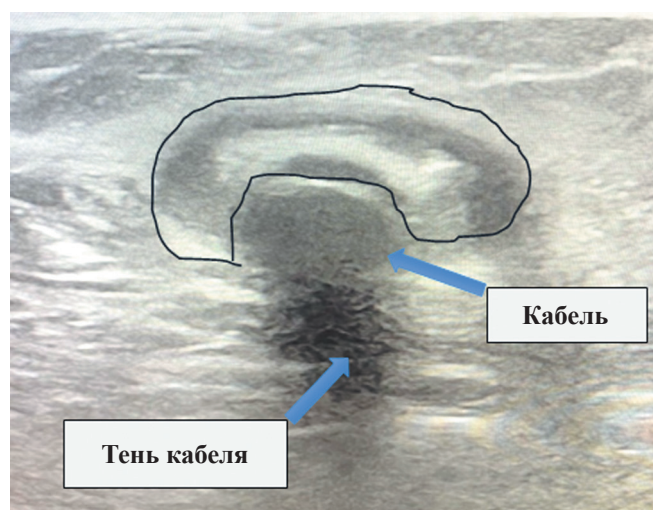


Рис. 3. УЗИ-картина локального воспаления в толще подкожной жировой клетчатки по ходу кабеля управления системы ДМПК. Область выделения – округлое анэхогенное образование с неровными нечеткими контурами с гиперэхогенными включениями, с толщиной слоя до ~4–5 см с признаками воспаления и жидкостным содержанием

Fig. 3. Ultrasound image demonstrating localized inflammation in the subcutaneous adipose tissue along the driveline of a long-term MCS system. The highlighted area shows a rounded anechoic formation with irregular, indistinct margins and hyperechoic inclusions, with a tissue thickness of up to 4–5 cm, consistent with inflammatory changes and fluid accumulation

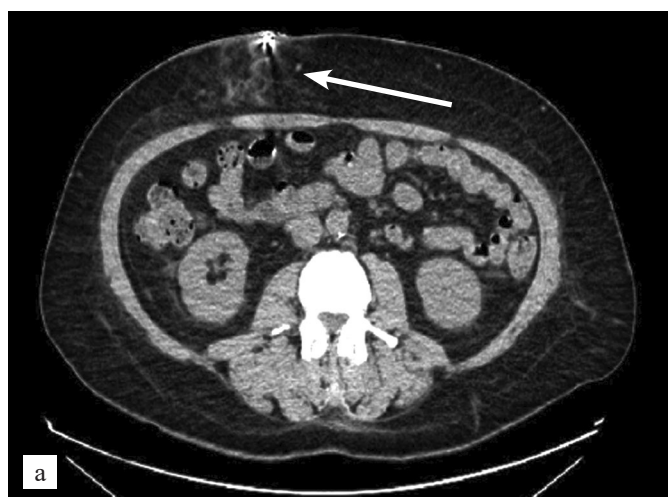


Рис. 4. КТ-картина распространения инфекции в толще подкожной жировой клетчатки по ходу кабеля управления системы ДМПК: а – стрелкой указана область инфильтрации подкожно-жировой клетчатки вокруг кабеля устройства ДМПК; б – стрелкой указана область скопления газа в толще подкожно-жировой клетчатки вокруг кабеля устройства ДМПК

Fig. 4. CT image showing the spread of infection in the subcutaneous adipose tissue along the driveline of a long-term MCS system: а – the arrow indicates an area of infiltration in the subcutaneous adipose tissue surrounding the driveline; б – the arrow indicates gas accumulation within the subcutaneous adipose tissue around the driveline

6. Вакуум-ассистированная терапия (ВАК) после хирургической санации. После вскрытия и ревизии канала с удалением фетрового слоя до здоровых

тканей накладывается ВАК-система для контроля инфекции и стимуляции грануляций (рис. 6). В начальный период предпочтительно непрерыв-

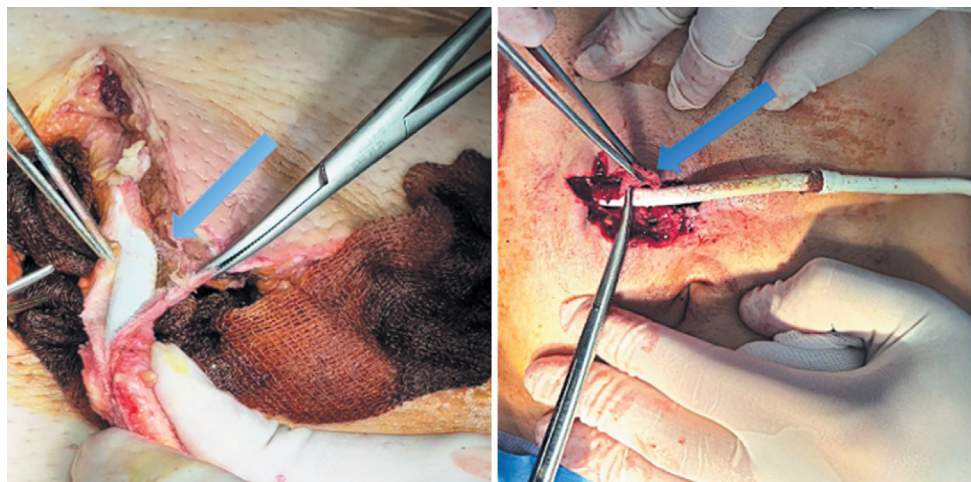


Рис. 5. Удаление внешней фетровой оболочки кабеля в зоне активного инфицирования. Синими стрелками указана фетровая оплетка кабеля, под которой находится силиконовая оболочка

Fig. 5. Surgical removal of the outer felt sheath from the driveline in the area of active infection. Blue arrows indicate the felt covering of the driveline, beneath which lies the silicone layer

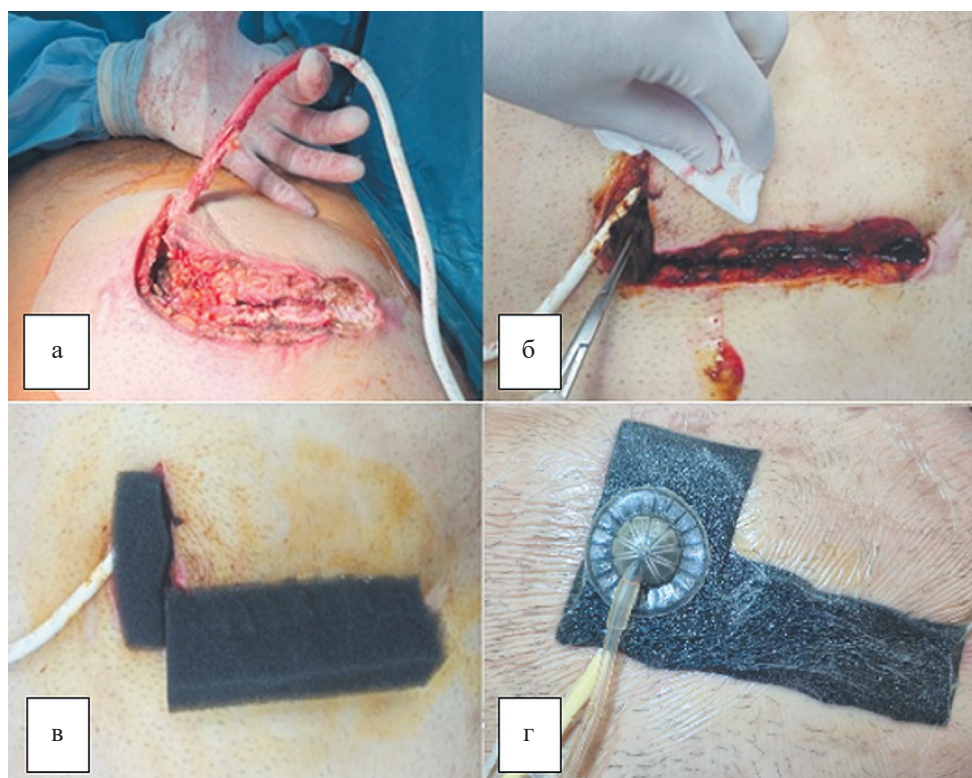


Рис. 6. Этапы хирургического лечения КАИ при распространении процесса в подкожно-жировую клетчатку и продвижением вдоль кабеля: а – вскрытие канала с некрэктомией, санацией и снятием фетровой оплетки кабеля; б – обработка ложа кабеля растворами антисептиков; в – укладка губки ВАК-системы в ложе кабеля; г – вид функционирующей ВАК-системы

Fig. 6. Stages of surgical treatment of DLI spreading through the subcutaneous adipose tissue along the driveline: а – opening of the driveline tunnel with necrosectomy, debridement, and removal of the felt sheath; б – antiseptic treatment of the driveline bed; в – placement of the negative-pressure wound therapy (VAC) sponge in the driveline bed; г – view of the functioning VAC system

ное разрежение порядка – 100–125 мм рт. ст. (при боли/кровоточивости – 75–100 мм рт. ст.), далее по переносимости допускается переменный режим; повязки меняют чаще при активной инфекции (каждые 48–72 ч) и реже на этапе стабилизации (каждые 3–5 суток). При выраженном экссудате/био пленке возможно орошение 0,9% NaCl либо антисептическими растворами по локальным стандартам с экспозицией и циклической аспирацией. Эффективность оценивают по клиническому улучшению (уменьшение эритемы/экссудации, появление зрелых грануляций, контракция краев), лабораторной динамике (снижение CRP/РСТ, нормализация лейкоцитов, отрицательные или скудные повторы посевов, отрицательные гемокультуры) и инструментальным признакам (исчезновение полостей/жидкости/газа по УЗИ вдоль кабеля). Переход от ВАК-систем к мазевым повязкам показан при минимальном экссудате, отсутствии гноя/флюктуации и запаха, заполнении грануляциями ≥ 80 –90% дна с глубиной $< 0,5$ –1 см и отсутствии карманов, а также при отрицательных или скудных посевах без резистентных штаммов и устойчивой положительной клинико-лабораторной динамике.

7. При распространении инфекции по ходу кабельного канала в сторону грудной стенки или перикарда пациент включается в ургентный лист ожидания трансплантации сердца. Критической считается зона поворота кабеля в области правой реберной дуги – достижение воспалением этой области расценивается как угроза медиастинального распространения и служит показанием к трансплантации (рис. 1). Такой подход позволяет предотвратить развитие глубокой инфекции, минимизировать риск аррозии сосудистых анастомозов и улучшить исходы трансплантации.

Сравнительная оценка эффективности лечения кабель-ассоциированных инфекций у пациентов с длительной механической поддержкой кровообращения

По результатам ретроспективного анализа установлено, что в когорте без алгоритма лечения (2010–2018 гг.) кабель-ассоциированные инфекции были зарегистрированы у 8 пациентов (47,1% от всех имплантаций). Первоначально у всех больных воспалительный процесс соответствовал группе А (локальное поражение), однако у четырех пациентов наблюдалось прогрессирование до группы В, а у одного – развитие глубокой инфекции с вовлечением ложа насоса и перикардальной полости (группа С), что потребовало экстренной трансплантации сердца. Следует отметить, что в этой когорте единственным

противопоказанием к трансплантации сердца у 6 пациентов являлась высокая легочная гипертензия, а у остальных устройства имплантировались как мост к трансплантации.

В группе с применением алгоритма (2022–2025 гг.) общий уровень кабель-ассоциированных инфекций составил 25,6% (10 из 39 пациентов). Все эти случаи изначально относились к категории А (локальное воспаление в зоне выхода кабеля), однако у части пациентов в дальнейшем отмечалось прогрессирование процесса с распространением инфекции вдоль кабеля в подкожной клетчатке до уровня его поворота в правом подреберье, что соответствовало переходу в категорию В. У трех из них процесс достиг так называемой критической точки, что потребовало экстренного включения в лист ожидания на трансплантацию сердца. В одном из этих наблюдений ситуация усугублялась рефрактерной правожелудочковой недостаточностью, а у всех трех пациентовотягощающим фактором был тяжелый сахарный диабет, способствовавший неблагоприятному течению инфекции.

Клинические особенности группы с применением алгоритма лечения КАИ объясняются профилем исходных противопоказаний к трансплантации сердца. Среди всех пациентов в исследуемой группе у 25 (64,1%) основной причиной отказа от трансплантации была выраженная легочная гипертензия, у 3 – онкологическое заболевание, у 3 – мультифокальный атеросклероз, а у 8 – тяжелый сахарный диабет.

В когорте, где применялся алгоритм лечения КАИ, изначально наблюдалось 10 случаев инфекции группы А. В шести наблюдениях имело место распространение до группы В (также на фоне сахарного диабета), однако ни в одном случае процесс не перешел за «критическую точку». Применение обязательной визуализации, целенаправленной антибактериальной терапии, локального удаления фетровой оплетки и ВАК-терапии позволило купировать воспаление на стадии В, предотвратив дальнейшее распространение и необходимость экстренной трансплантации.

Анализ сроков возникновения и длительности госпитального лечения кабель-ассоциированных инфекций

Распределение сроков возникновения КАИ в когортах без алгоритма и с применением алгоритма представлено на рис. 7. Несмотря на различия между группами, общая картина показывает, что в 77,8% случаев КАИ (14 из 18) развивались в первые 180 суток ($p = 0,62$). В группе без алгоритма сроки возникновения кабель-ассоциированных инфекций варьировали от 18 до 360 суток после имплантации устройства. Сверхранние случаи (< 30 суток) отмечены у 1 пациента (12,5%).

В интервале 31–90 суток КАИ были зарегистрированы у 3 пациентов (37,5%), в промежутке 91–180 суток – также у 3 пациентов (37,5%), а в период 181–360 суток – у 1 пациента (12,5%). В большинстве случаев (87,5%) КАИ возникали в течение первого полугодия после имплантации, что указывает на выраженную уязвимость этой группы в раннем послеоперационном периоде. Наличие сверхранних инфекций и высокий удельный вес осложнений в интервале до 180 суток могут быть связаны с особенностями конструкции устройства, техники его имплантации и ограниченными возможностями профилактики в исследуемый период.

В группе пациентов с применением алгоритма сроки возникновения КАИ варьировали от 31 до 360 суток после операции. Сверхранние случаи (<30 суток) в исследуемой выборке отсутствовали. В интервале 31–90 суток КАИ были зарегистрированы у 3 пациентов (30%), в промежутке 91–180 суток – у 4 пациентов (40%), а в период 181–360 суток – у 3 пациентов (30%). Таким образом, совокупно

70% всех эпизодов приходились на первые 6 месяцев после имплантации, что, вероятно, отражает сохранение высокого риска КАИ в ранние сроки функционирования устройства.

Отсутствие сверхранних инфекций и визуально более равномерное распределение случаев в пределах первого года наблюдения, вероятно, связано с улучшением техники имплантации, а также с внедрением модифицированного алгоритма профилактики и лечения КАИ.

Сравнительный анализ длительности госпитального лечения пациентов с кабель-ассоциированными инфекциями в обеих когортах и группах распространенности воспалительного процесса выполнен с расчетом средних значений и стандартных отклонений для каждой подгруппы. Результаты анализа отражены в табл. 1.

В группе А средняя продолжительность стационарного лечения в когорте без алгоритма составила $26,4 \pm 8,1$ дня ($n = 8$), в когорте с алгоритмом – $20,9 \pm 6,5$ дня ($n = 10$). Выявлено достоверное сокращение

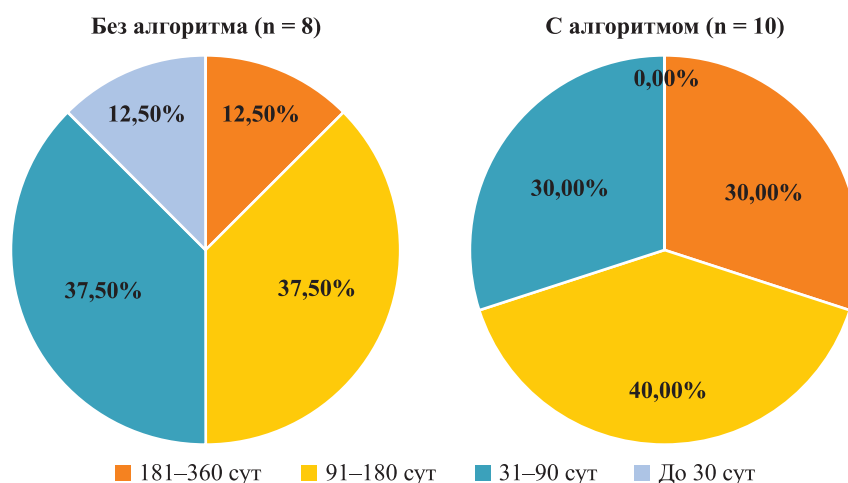


Рис. 7. Распределение сроков возникновения кабель-ассоциированных инфекций в когортах с применением разработанного алгоритма лечения и диагностики КАИ и без его применения (в % от числа пациентов с КАИ)

Fig. 7. Distribution of the timing of DLIs in patient cohorts managed with and without the developed diagnostic and treatment algorithm, expressed as a percentage of patients with DLIs

Таблица 1

Средняя длительность госпитализаций в первый год наблюдения
Average length of hospital stay during the first year of follow-up

Подгруппа	Без алгоритма (среднее $\pm$ n)	С алгоритмом (среднее $\pm$ n)	U-критерий Манна–Уитни (p)
А (исходно)	$26,4 \pm 8,1$ (n = 8)	$20,9 \pm 6,5$ (n = 10)	0,022
В (перешедшие из А)	$59,1 \pm 9,6$ (n = 4)	$46,5 \pm 10,9$ (n = 6)	0,014
С (перешедшие из В)	72 (n = 1)	–	–

Примечание. Подгруппа А представлена всеми пациентами, включенными в исследование на исходном этапе (8 без алгоритма, 10 с алгоритмом). Подгруппы В и С отражают динамику течения заболевания и формировались из пациентов, первоначально относившихся к подгруппе А.

Note. Subgroup A includes all patients enrolled in the study at baseline (8 without algorithm, 10 with algorithm). Subgroups B and C reflect the dynamics of the disease and were formed from patients who were initially assigned to subgroup A.

сроков госпитализации при использовании модифицированного алгоритма ($p = 0,022$). На данном этапе инфекционный процесс еще носит ограниченный характер, и ведущую роль играет своевременная диагностика, адекватная антибактериальная терапия и динамическое наблюдение. Стандартизация этих этапов в рамках алгоритма позволила добиться значимого уменьшения сроков лечения и предотвращения прогрессирования процесса.

В группе В длительность госпитализации также оказалась существенно ниже на фоне применения алгоритма: $59,1 \pm 9,6$ дня ($n = 4$) в когорте без алгоритма против $46,5 \pm 10,9$ дня ($n = 6$) при его использовании; различия статистически значимы ($p = 0,014$). Следует подчеркнуть, что в группе В, где воспаление распространяется по ходу кабеля в подкожно-жировой клетчатке и приближается к «критической точке», алгоритм предусматривал раннюю трансплантацию сердца при распространении инфекционного процесса до этой границы. В рамках настоящего наблюдения трем пациентам была выполнена трансплантация именно превентивно – до перехода процесса через «критическую точку». Такая тактика позволяет предотвращать углубление инфекции к перикарду/ложу насоса и тем самым уменьшает потребность в многоэтапных санациях и продолжительных госпитализациях.

В группе С в когорте без алгоритма зарегистрирован один пациент с длительностью госпитализации по поводу КАИ 72 дня, что иллюстрирует крайне тяжелое течение инфекции и необходимость расширенных хирургических мероприятий. Данный пациент впоследствии был трансплантирован ввиду высокого риска смерти, обусловленного угрозой медиастинального распространения инфекции и системных осложнений; продолжение механической поддержки кровообращения в такой клинической ситуации расценивалось как неприемлемый риск. В когорте с алгоритмом пациентов группы С не наблюдалось, вследствие того что на этапе группы В реализовывалась стратегия ранней трансплантации при достижении «критической точки», что прерывает естественную эскалацию процесса и тем самым предотвращает переход к глубокой форме инфекции.

Во всех сопоставимых подгруппах применение модифицированного алгоритма сопровождалось сокращением сроков стационарного лечения; в группах А и В различия достигли статистической значимости. При переходе процесса из фазы А в фазу В закономерно увеличивалась длительность госпитализации, однако в группе с применением алгоритма этот показатель был достоверно ниже, чем у пациентов без алгоритма. Ключевыми механизмами эффекта являются стандартизованная ранняя верификация распространенности процесса, своевременная хирургическая санация с локальным снятием фетровой оплетки и ВАК-терапией, а также повторная стратификация пациента в лист ожидания на ТС при достижении «критической точки» в случаях отрицательной динамики распространения инфекционного процесса. Это обеспечивает как предотвращение прогрессирования инфекции до глубокой формы (группа С), так и снижение суммарной ресурсозатратности лечения.

Анализ частоты рецидивов кабель-ассоциированных инфекций

Несмотря на выраженное сокращение сроков стационарного лечения при использовании алгоритма лечения КАИ, частота рецидивов инфекции не снижается столь же резко. Это объясняется, в частности, структурой исследуемой когорты: как отмечалось выше, в подгруппе с алгоритмом значительную долю составили пациенты с тяжелым сахарным диабетом, что само по себе является независимым фактором риска инфекционных осложнений. В результате даже при уменьшении длительности госпитализации за счет стандартизованных диагностических и лечебных мероприятий сохраняется определенная склонность к повторным эпизодам в группе А, а в группе В наблюдается лишь частичное снижение их числа. Эти наблюдения потребовали отдельного анализа частоты рецидивов в сравниваемых когортах, представленных в табл. 2.

В проведенном анализе частоты рецидивов кабель-ассоциированных инфекций в течение первого года наблюдения было установлено, что в группе А среднее число рецидивов на пациента составило

Таблица 2

Сравнительный анализ доли пациентов с рецидивами по группам и когортам в первый год наблюдения

Comparative analysis of the proportion of patients experiencing relapses by group and cohort during the first year of follow-up

Группа	Когорта	n	1 рецидив	2 рецидива	≥ 3 рецидива	p, U-теста Манна–Уитни
А	Без алгоритма	8	0 (0,0%)	5 (62,5%)	3 (37,5%)	p = 0,331
	С алгоритмом	10	3 (30,0%)	4 (40,0%)	3 (30,0%)	
В	Без алгоритма	4	0 (0,0%)	3 (75,0%)	1 (25,0%)	p = 0,05
	С алгоритмом	6	3 (50,0%)	2 (33,3%)	0 (0,0%)	

2,38 ± 0,52 в когорте без алгоритма и 2,00 ± 0,82 в когорте с алгоритмом. Медианное значение в обеих подгруппах оказалось одинаковым (2), статистически значимых различий между ними не выявлено ($p = 0,331$). В то же время в обеих когортах присутствовали пациенты с множественными рецидивами (три и более эпизодов: 3 из 8 против 3 из 10), что отражает наличие группы больных с устойчивым рецидивирующим течением инфекции, вероятно, связанным с выраженными сопутствующими заболеваниями, включая сахарный диабет.

В группе В применение алгоритма сопровождалось снижением числа рецидивов: 2,25 ± 0,50 против 1,17 ± 0,75 (медиана 2 против 1 соответственно). Различия находились на границе статистической значимости ($p = 0,05$). Структура распределения подтверждает клиническую значимость эффекта: в подгруппе с алгоритмом выявлен случай полного отсутствия рецидивов и не отмечено пациентов с ≥3 эпизодами, тогда как при традиционной тактике такие случаи регистрировались.

В группе С в когорте без алгоритма отмечен единственный пациент, рецидивов у которого не отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты подтвердили, что кабель-ассоциированные инфекции являются одной из наиболее частых и клинически значимых проблем у пациентов с длительной механической поддержкой кровообращения. Частота их развития в представленном исследовании составила 32,1%, что сопоставимо с данными отечественных и международных регистров, где этот показатель варьирует от 15 до 40% [7–9, 11, 15].

Наиболее уязвимым периодом для развития инфекционного процесса оказались первые шесть месяцев после имплантации устройства, когда формируется канал выхода кабеля и происходит адаптация мягких тканей к инородной поверхности. Локальные формы инфекции встречались чаще, чем распространенные, однако именно распространенные случаи определяли тяжесть течения и необходимость повторных хирургических вмешательств.

Одним из ключевых факторов, повлиявших на результаты лечения, стало внедрение алгоритма диагностики и лечения КАИ. Применение комплексной схемы, включающей инструментальные методы (УЗИ и КТ), микробиологическую верификацию, антибактериальную терапию, а также стандартизированные хирургические этапы санации, позволило значительно улучшить контроль над инфекционным процессом.

Важным элементом алгоритма явилось удаление фетровой оболочки кабеля при ее вовлечении в воспалительный процесс. Эта мера обеспечивала удаление биопленки, и создавалась предпосылка для пол-

ноценной санации раны. Применение ВАК-терапии способствовало ускорению очищения раны и переходу воспалительного процесса в фазу репарации, что подтверждалось сокращением сроков заживления и длительности госпитализации.

Практическое значение разработанного алгоритма заключается в сокращении длительности лечения при локальном воспалении, ограниченном зоной выхода кабеля; уменьшении рецидивов и исключении случаев глубокой формы распространения инфекционного процесса с вовлечением полости перикарда и/или ложа насоса, в том числе благодаря ранней трансплантации сердца, при воспалении с распространением в подкожно-жировую клетчатку и продвижением вдоль кабеля до его поворота в подкожной жировой клетчатке на уровне правого подреберья.

ВЫВОДЫ

Разработанный алгоритм диагностики и хирургического лечения кабель-ассоциированных инфекций обеспечивает снижение частоты рецидивов, сокращает длительность госпитального лечения и уменьшает потребность в повторных санациях. Комплексный подход к диагностике и лечению кабель-ассоциированных инфекционных осложнений повышает эффективность локального контроля инфекции и может рассматриваться как оптимальная стратегия ведения пациентов с длительной механической поддержкой кровообращения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Mehra MR, Goldstein DJ, Cleveland JC, Cowger JA, Hall S, Salerno CT et al. Five-year outcomes in patients with fully magnetically levitated vs axial-flow left ventricular assist devices in the MOMENTUM 3 randomized trial. *JAMA*. 2022; 328 (12): 1233–1242. doi: 10.1001/jama.2022.16197.
2. Бангаров РЮ, Халилулин ТА, Захаревич ВМ, Галеев ШР, Набиев ГВ. Длительная механическая поддержка кровообращения: исторический путь, современные достижения и перспективы. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2025; 27 (2): 89–99. Bangarov RYu, Khalilulin TA, Zakharevich VM, Galeev ShR, Nabiev GV. Long-term mechanical circulatory support: historical development, current achievements and prospects. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2025; 27 (2): 89–99. [In Russ, English abstract].
3. Иткин ГП, Шохина ЕГ, Шемакин СЮ, Попцов ВН, Шумаков ДВ, Готье СВ. Особенности длительной механической поддержки кровообращения с помощью насосов непрерывного потока. *Вестник*

- трансплантологии и искусственных органов. 2012; 14 (2): 110–115. Itkin GP, Shokhina EG, Shemakin SYu, Poptsov VN, Shumakov DV, Gautier SV. Specifics of long-term mechanical circulatory support using continuous-flow pumps. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2012; 14 (2): 110–115. [In Russ, English abstract].
4. Eichenberger EM, Phadke V, Busch LM, Pouch SM. Infections in patients with mechanical circulatory support. *Infect Dis Clin North Am*. 2024; 38 (4): 693–712.
 5. Patel CB, Blue L, Cagliostro B, Bailey SH, Entwistle JW, John R et al. Left ventricular assist systems and infection-related outcomes: a comprehensive analysis of the MOMENTUM 3 trial. *J Heart Lung Transplant*. 2020; 39 (8): 774–781.
 6. Zinoviev R, Lippincott CK, Keller SC, Giotra NA. In full flow: left ventricular assist device infections in the modern era. *Open Forum Infect Dis*. 2020; 7 (5): ofaa124. doi: 10.1093/ofid/ofaa124
 7. Zhou S, Yang G, Hou H, Zhang M, Grady KL, Chenoweth CE; Michigan Congestive Heart Failure Investigators. Infections following left ventricular assist device implantation and 1-year health-related quality of life. *J Heart Lung Transplant*. 2023; 42 (9): 1307–1315.
 8. Kusne S, Mooney M, Danziger-Isakov L, Kaan A, Lund LH, Lyster H et al. An ISHLT consensus document for prevention and management strategies for mechanical circulatory support infection. *J Heart Lung Transplant*. 2017; 36 (10): 1137–1153. doi: 10.1016/j.healun.2017.06.007.
 9. Aslam S, Cowger J, Shah P, Stosor V, Copeland H, Reed A et al. The ISHLT 2024 infection definitions for durable and acute mechanical circulatory support devices. *J Heart Lung Transplant*. 2024; 43 (7): 1039–1050.
 10. Saeed D, Feldman D, El Banayosy A, Birks E, Blume E, Cowger J et al. The 2023 ISHLT guidelines for mechanical circulatory support: a 10-year update. *J Heart Lung Transplant*. 2023; 42 (7): e1–e222.
 11. Gustafsson F, Ben Avraham B, Chioncel O, Hasin T, Grupper A, Shaul A et al. HFA of the ESC position paper on the management of LVAD-supported patients for the non-LVAD specialist healthcare provider (Part 3). *ESC Heart Fail*. 2021; 8 (6): 4425–4443.
 12. Toba FA, Akashi H, Arrecubieta C, Lowy FD. Role of biofilm in *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* ventricular assist device driveline infections. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011; 141 (5): 1259–1264.
 13. Wasilewski G, Wiśniowska-Śmialek S, Górkiwicz-Kot I, Milaniak I, Kaleta M, Hymczak H et al. Driveline infection in LVAD patients implanted as destination therapy. *Transplant Proc*. 2024; 56 (4): 860–863.
 14. Koval CE, Stosor V. AST ID Community of Practice. Ventricular assist device-related infections and solid organ transplantation: guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice. *Clin Transplant*. 2019; 33 (9): e13552.
 15. Kormos RL, Antonides CF, Goldstein DJ, Cowger JA, Starling RC, Kirklin JK et al. Updated definitions of adverse events for trials and registries of mechanical circulatory support: a consensus statement of the MCS Academic Research Consortium. *J Heart Lung Transplant*. 2020; 39 (8): 735–750.

Статья поступила в редакцию 15.10.2025 г.
The article was submitted to the journal on 15.10.2025