УДК 616.12
DOI 10.17802/2306-1278-2026-15-1-203-211

ONLINE

ПЕРФОРАЦИЯ МИОКАРДА ЭНДОКАРДИАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ АНТИАРИТМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А.А. Сарычев[1, 2], И.В. Абдульянов[2], М.Р. Зайнетдинов[3, 4]

[1] Федеральное государственное казенное учреждение здравоохранения «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации», Вишняковское шоссе, 101, Балашиха, Российская Федерация, 143914; [2] Казанская государственная медицинская академия – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Муштари, 11, Казань, Российская Федерация, 420012; [3] Государственное автономное учреждение здравоохранения «Межрегиональный клинико-диагностический центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Карбышева, 12А, Казань, Российская Федерация, 42010; [4] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Бутлерова, 49, Казань, Российская Федерация, 420012

Основные положения

• Статья содержит актуальные литературные данные о факторах риска, диагностике и лечении перфорации миокарда эндокардиальным электродом при имплантации электрокардиостимуляторов и кардиовертер-дефибрилляторов.

Резюме

Увеличение количества имплантаций антиаритмических электронных имплантируемых устройств приводит к росту абсолютного числа осложнений. Перфорация сердца является редким осложнением имплантации электрокардиостимуляторов и кардиовертера-дефибриллятора, которое может привести к летальному исходу. В настоящее время не существует однозначного мнения относительно тактики ведения пациентов с перфорацией эндокардиальным электродом. В настоящем обзоре мы суммируем актуальную информацию об основных методах диагностики и лечения перфорации миокарда. Также особое внимание уделено основным факторам, способствующим возникновению данного осложнения.

Ключевые слова Перфорация миокарда • Эндокардиальный электрод

Поступила в редакцию: *07.09.2025;* ***поступила после доработки:*** *30.10.2025;* ***принята к печати:*** *23.11.2025*

MYOCARDIAL PERFORATION BY ENDOCARDIAL LEAD OF IMPLANTABLE ANTIARRHYTHMIC ELECTRONIC DEVICES

A.A. Sarychev[1, 2], I.V. Abdulyanov[2, 3], M.R. Zainetdinov[3, 4]

[1] Federal State Public Healthcare Institution "Main Military Clinical Hospital of the National Guard of the Russian Federation, 101, Vishnyakovskoe Hwy., Balashikha, Russian Federation, 143914; [2] Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Russian Medical Academy of Continuous Professional Education" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 11, Mushtari St., Kazan, Russian Federation, 420012; [3] State Autonomous Institution of Health "Interregional Clinical and Diagnostic Center" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 12A, Karbysheva St., Kazan, Russian Federation, 420101; [4] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 49, Butlerova St., Kazan, Russian Federation, 420012

Highlights

• The article contains current literature data on risk factors, diagnosis and treatment of myocardial perforation by endocardial lead during implantation of pacemakers and cardioverter-defibrillators.

Для корреспонденции: *Александр Александрович Сарычев, alsarichev@yandex.ru; адрес: Вишняковское шоссе, 101, Балашиха, Российская Федерация, 143914*

Corresponding author: *Alexander A. Sarychev, alsarichev@yandex.ru; address: 101, Vishnyakovskoe Hwy., Balashikha, Russian Federation, 143914*

Abstract

The increasing number of implantations of antiarrhythmic electronic implantable devices to an increase in the absolute number of complications. Cardiac perforation is a rare complication of pacemaker and cardioverter-defibrillator implantation, which can lead to death. Currently, there is no unequivocal opinion on the management tactics for patients with endocardial lead perforation. In this review, we summarize the current information on the main methods of diagnosis and treatment of myocardial perforation. Also, special attention is paid to the main factors contributing to the occurrence of this complication.

Keywords Myocardial perforation • Endocardial lead

Received: *07.09.2025;* ***received in revised form:*** *30.10.2025;* ***accepted:*** *23.11.2026*

Список сокращений

ИМТ – индекс массы тела
КВД – кардиовертер-дефибриллятор
КТ-ОГК – компьютерная томография органов грудной клетки
ЭКС – электрокардиостимулятор
ЭхоКГ – эхокардиография
ЭЭ – эндокардиальный электрод

Введение

Ежегодно в Российской Федерации имплантируется около 45 тысяч электрокардиостимуляторов (ЭКС) и около 3 тысячи кардиовертер-дефибрилляторов (КВД), их количество постоянно растет [1]. Увеличение числа операций, безусловно, приводит к росту осложнений [2]. Почти 9% пациентов, которым имплантировали постоянные электронные устройства, имеют различные медицинские осложнения [3]. Кроме общехирургических осложнений в виде кровотечения и инфекции, при установке ЭКС и КВД возможны такие специфические осложнения как: дислокация, перфорация миокарда и перелом эндокардиального электрода (ЭЭ) [4, 5].

Перфорация миокарда ЭЭ – редкое и потенциально смертельное осложнение, которое может возникнуть на любом этапе лечения пациентов с электронными устройствами [6, 7]. В зависимости от времени возникновения перфорации ЭЭ делятся на острые (в течение 24 ч), подострые (< 1 месяц) и поздние (> 1 месяц) [8–10].

Частота перфораций ЭЭ ЭКС и КВД в среднем составляет менее 1% [11–13]. Мета-анализ Vamos M et al. 60 744 пациентов, перенесших имплантацию электронных устройств, показал среднюю частоту перфораций ЭЭ 0,82% (диапазон: 0–6,37%) [14]. Xu Zhou в своем исследовании приводит следующие данные – от 0,1% до 0,8% для электродов кардиостимулятора, от 0,6% до 5,2% для электродов КВД [15].

Moshe R.A. et al. в своей статье сообщают о частоте перфораций ЭЭ 0,3 – 1,2% для ЭКС, 0,6 – 4,2% для КВД. Они отмечают, что такой большой разброс в частоте может быть связан с разными подходами к определению перфорации ЭЭ, а также с различием в методах диагностики, используемых в различных исследованиях. Так в части исследований разделяют перфорацию ЭЭ и перикардиальный выпот, как отдельные осложнения [16].

Факторы, способствующие возникновению перфорации миокарда ЭЭ при имплантации электронных устройств

По данным литературы риск перфорации миокарда ЭЭ зависит от характеристик электрода, места имплантации и состояния организма пациента.

Vamos M. et al. в мета-анализе 28 клинических исследований, включающих 60 744 пациента, делают выводы, что использование активной фиксации ($p = 0,05$) повышает риск перфорации ЭЭ. При этом предсердные и желудочковые электроды не имеют различий вероятности возникновения данного осложнения. Также ими было отмечено, что применение двухкамерных антиаритмических электронных устройств по сравнению с однокамерными ($p < 0,01$) имеет более высокий риск перфорации ЭЭ [14].

С другой стороны, в ряде исследований не выявили достоверной связи перфорации и метода фиксации электрода. Так, в исследовании по Тайваньской национальной базе медицинского страхования не было выявлено достоверной взаимосвязи метода фиксации ЭЭ и частоты перфорации сердца [2]. Hirschl D.A. не выявил достоверной разницы в частоте перфорации между пассивными предсердными ЭЭ и активным ($p = ns$). Риск перфорации желудочковыми эндокардиальными электродами также не зависел от типа фиксации ($p = ns$) [17].

Ghani A. et al. пишут, что перфорация желудочковым ЭЭ КВД встречалась чаще, чем ЭКС ($p = 0,002$) [11]. Это может быть связано с большей жесткостью и массой дефибриллирующего электрода. Также Moshe R.A. и Xu Zhou в своих исследованиях сообщают, что частота перфораций ЭЭ КВД выше по сравнению с ЭКС [15,16].

В некоторых публикациях отмечают, что женский пол, возраст пациента старше 60 лет, индекс массы тела (ИМТ) менее 20, дистрофия миокарда (при толщине стенки менее 3 мм), состояние свертывающей системы крови, применение стероид-

ных противовоспалительных препаратов в предоперационном периоде могут способствовать возникновению перфорации миокарда ЭЭ [9,11,18]. Ретроспективное исследование частоты и предикторов перфорации сердца 4280 имплантаций ЭКС в клиники Мэйо показало, что наиболее сильным предиктором перфораций ЭЭ было использование стероидов в течение 7 дней до имплантации (p = 0,003). Более слабыми предикторами перфораций были ИМТ < 20, пожилой возраст (старше 75 лет) и более длительное время рентгеноскопии [19].

Cano O. et al. провели ретроспективное обсервационное исследование частоты и факторов риска перфорации ЭЭ с активной фиксацией, включавшее 2200 имплантаций ЭКС и ИКД. У пожилых пациентов была значительно выше вероятность перфорации сердца (1,7% для > 80 лет против 0,5% для < 80 лет, p = 0,02) и тампонады сердца (1,1 против 0,3%, p = 0,03). Апикальное расположение электрода правого желудочка чаще приводило к перфорации миокарда по сравнению с имплантацией в перегородку (1,1 против 0,2%, p = 0,009) [20]. Имплантация ЭЭ в область передней свободной стенки правого желудочка увеличивает риск осложнений, в том числе и перфораций миокарда, о чем сообщаю некоторые публикации [21-25].

Celikyurt U. et al. провели ретроспективное исследование факторов риска перфорации правого желудочка, включающее 1 691 пациента, которым были имплантированы ЭЭ с активной фиксацией. Анализ данных показал, что увеличение ширины (p = 0,001) и высоты (p = 0,039) петли электрода, а также сниженная фракция выброса левого желудочка (p = 0,032) были независимыми предикторами перфорации миокарда правого желудочка [26].

Таким образом, на основе приведенных выше литературных данных, можно выделить следующие факторы риска перфорации миокарда ЭЭ: прием стероидных гормонов, низкий ИМТ (менее 20), пожилой возраст (старше 75 лет), сниженная фракция выброса левого желудочка, активный метод фиксации, применение электрода для дефибрилляции, имплантация в верхушку или свободную стенку правого желудочка, увеличение петли электрода.

Диагностика перфорации миокарда ЭЭ

Клиническая картина перфорации очень разнообразна: от бессимптомных случаев до остановки сердца в результате тампонады. Наиболее частые симптомы – это боли в груди различной интенсивности, одышка в покое и/или при нагрузке и экстракардиальная стимуляция. Частота встречаемости симптомов перфорации ЭЭ представлена приведенной ниже *таблице*.

Симптомы перфорации миокарда эндокардиальным электродом
Symptoms of myocardial perforation by endocardial lead

Публикация / Reference	Количество наблюдений / Number of followed patient	Боль в груди / Chest pain	Одышка / Dyspnoea	Экстракардиальная стимуляция / Extracardiac stumulation	Тампонада / Tamponade	Другие симптомы / Other symptoms	Бессимптомные / Asymptomatic
Waddingham P.H., 2022 [10]	70	32 (46%)	9 (13%)	7 (10%)	10 (14%)	12 (17%) брадикардия / bradycardia, (3%) боль в животе / abdominal pain	10 (14%)
Elbatran A.I, 2021 [27]	46	20 (44%)	15 (33%)	–	11 (24%)	6 (13%). предобморочное состояние / presyncope	16 (35%)
Issa Z. F., 2021 [28]	54	17 (32%)	8 (15%)	7 (13%)	8 (15%)	11 (20%) брадикардия / bradycardia, 2 (4%) боль в животе / abdominal pain	23 (43%)
Doring M., 2020 [29]	56	19 (34%)	13 (23%)	7 (23%)	13 (23%)	3 (5%) сердцебиение / palpitations	8 (14%)
Xu Zhou, 2020 [15]	53	31 (59%)	6 (11%)	2 (4%)	–	3 (6%) синкопе / syncope	9 (21%)
Rajkumar C.A. 2017 [13]	18	13 (72%)	3 (17%)	2 (11%)	4 (22%)	3 (17%) сердцебиение / palpitations, 1 (6%) предобморочное состояние / presyncope	1 (6%)

Диагностика перфорации ЭЭ, как и любых других нарушений работы электродов, как правило начинается с анализа электрических параметров. Нарушения электрических параметров перфорирующего ЭЭ обладают высокой чувствительностью. В исследовании Doring M. у большинства пациентов с перфорацией ЭЭ (93%) наблюдались отклонения электрических параметров. Увеличение порога стимуляции или отсутствие стимуляции перфорирующего электрода наблюдалось у 45 пациентов (80%), у 40 пациентов (71%) наблюдалось значительное снижение значений чувствительности, а у 29 пациентов (52%) – увеличение импеданса электрода [29]. По данным исследования Elbatran A.I. et al. отклонения от нормы электрических параметров сердца были отмечены в 95% случаях перфорации ЭЭ [27].

Rajkumar C.A. et al. в своем исследовании всем пациентам с диагнозом перфорация миокарда ЭЭ проводили тестирования электронного устройства. Электрические параметры были аномальными у 16 из 18 пациентов (89%). Импеданс перфорирующего электрода в большинстве случаев (в 72%) не был значимо изменен и в среднем составил 517 ± 204 Ом. Также при тестировании устройства были выявлены низкая амплитуда зубца R (4 случая), недостаточная чувствительность (2 случая) и чрезмерная чувствительность (1 случай) [13].

Нарушения электрических параметров перфорирующего электрода имеют низкую специфичность, что не позволяет только на их основании верифицировать перфорацию миокарда [13, 18]. Порог кардиостимуляции, импеданс и другие электрические параметры ЭЭ в норме ни в коем случае не исключают перфорацию сердца [17, 18].

Для верификации диагноза перфорации миокарда ЭЭ в литературных данных предлагают использовать рентгенографию грудной клетки, трансторакальную эхокардиографию (ЭхоКГ) и компьютерную томографию органов грудной клетки (КТ-ОГК) [13, 21]. Крупных исследований, сравнивающих диагностические возможности представленных выше методов визуализации перфорации миокарда ЭЭ, не проводилось.

В исследования Elbatran A.I. выход кончика перфорирующего электрода за пределы сердца было диагностировано в 19 из 46 случаев (чувствительность составила 41%) по рентгенографии грудной клетки и в 6 из 46 по данным ЭхоКГ (чувствительность составила 13%) [27]. Rajkumar C. et al. сравнили основные методы визуализации перфорации ЭЭ миокарда у 18 пациентов. Так, чувствительность и специфичность трансторакальной ЭхоКГ составили 41,2% и 84,2%, а КТ-ОГК 100%, и 85,7%, соответственно, а чувствительность рентгенографии грудной клетки составила 27,7% [13].

В ретроспективном исследовании при Университете Сунь Ятсена (Гуанчжоу, Китай) с участием 52 пациентов с подозрением на перфорацию ЭЭ был проведен анализ данных рентгенографии грудной клетки, трансторакальной ЭКГ-КГ и ЭКГ-синхронизированной КТ сердца с контрастным усилением. Точность рентгенографии грудной клетки, трансторокальной ЭхоКГ и ЭКГ-синхронизированной КТ с контрастным усилением для диагностики перфорации ЭЭ 73,1%, 82,7% и 98,1% соответственно. ЭКГ-синхронизированная КТ сердца с контрастным усилением имела более высокий показатель площади под «кривой ошибок», чем рентгенография грудной клетки ($p < 0,001$) и трансторакальная электрокардиография ($p < 0,001$) [30].

Компьютерная томография обладает высокой чувствительностью и точностью при диагностике перфорации миокарда. С ее помощью можно наиболее точно оценить локализацию кончика ЭЭ. В исследовании Bhatia P. M et al. по данным КТ в зависимости от расстояния между эпикардом и кончиком электрода перфорации миокарда разделяются на малые (< 5 мм) и большие (≥ 5 мм) [31].

Лечение перфораций миокарда ЭЭ

Доказательные данные относительно лечения пациентов с перфорацией миокарда ЭЭ ограничены и представлены не рандомизированными исследованиями и сериями случаев. В литературных источниках выделяют 3 основных варианта лечения пациентов с перфорацией ЭЭ – консервативное ведение, трансвенозная экстракция и реимплантация ЭЭ и открытое хирургическое вмешательство (торакотомия или стернотомия). Все вышеописанные методы применяются совместно с дренированием полости перикарда при необходимости. Показания к дренированию полости перикарда перечислены в российских и зарубежных клинических рекомендациях по перикардитам.

Xu Zhou продемонстрировали одноцентровой опыт лечения 53 пациентов с перфорацией ЭЭ методом трансвенозной экстракции и реимплантации электрода. Во всех случаях ЭЭ были успешно удалены. 48 пациентам (90,6%) во время или в последующих процедурах был имплантирован новый электрод с активной фиксацией в другой области миокарда. Ни у одного пациента не было обнаружено признаков возникновения или увеличения уже имеющегося перикардиального выпота. В течение периода наблюдения (16 месяцев) не сообщалось о рецидивах симптомов, связанных с перфорацией электрода [15].

В работе Doring M. et al. была проанализирована трансвенозная экстракция и последующая реимплантация нового электрода у 56 пациентов с перфорацией миокарда ЭЭ. Операция прошла без осложнений у 54 пациентов (96%), у одного пациента развилась тампонада перикарда во время извлече-

ния электрода, в то время как у другого пациента произошла повторная перфорация правопредсердного электрода, и ему была проведена повторная ревизия без дальнейших осложнений в течение последующего наблюдения. Ни одному пациенту не потребовалось открытое хирургическое лечение, и не было летальных исходов во время процедуры ревизии электрода [29].

Похожие результаты были получены и в других исследованиях. Archontakis S. описал 10 случаев успешного лечения острой перфорации ЭЭ методом трансвенозной экстракции прямой тракцией с последующей реимплантацией электрода. [32]. Issa Z. F продемонстрировал 54 случая успешной трансвенозной экстракции подострой и поздней перфорации миокарда. У 54 пациентов перфорирующий электрод извлечен прямой тракцией, а в 4 случаях было применено лазерное извлечение. Ни одному из пациентов не потребовалось открытое хирургическое вмешательство [28].

Результаты трансвенозной экстракции ЭЭ у 70 пациентов с перфорацией миокарда были представлены P.H. Waddingham. Успех операции был достигнут в 69 из 70 (98,6%) случаев. Осложнения в результате вмешательства возникли у 5 пациентов (7,1%). Был зарегистрирован один (1,4%) летальный исход после вмешательства в течение 24 часов. Установка перикардиального дренажа по поводу тампонады сердца была произведена в 12 из 70 (17,1%) случаев, а открытое хирургическое пособие выполнено в 1 из 70 (1,4%) случаев. По мнению Waddingham P.H при перфорации сердца может применяться трансвенозная экстракция электрода без открытой хирургии, а консервативная стратегия может быть целесообразной, когда симптомы, связанные с перфорацией, разрешились без значительного перикардиального выпота или, когда перикардиальный выпот был дренирован без рецидива [10]. Аналогичное мнение, что извлечение перфорирующего электрода, который в остальном функционирует хорошо и не вызывает никаких симптомов, не представляется необходимым, придерживаются и другие исследователи. Особенно это касается случаев поздних перфораций [17, 33, 34].

Moshe Rav Acha et al в многоцентровом ретроспективном анализе пациентов с подозрением на перфорацию миокарда ЭЭ в период с 2007 по 2014 г. сравнили консервативный подход и раннюю реимплантацию перфорирующего электрода. В исследование были включены 48 случаев перфорации: 22 из них были вылечены консервативно и 26 хирургически. Срок наблюдения составил 18 ± 9 месяцев. Консервативное лечение было связано с увеличенной частотой осложнений по сравнению с реиплантацией ЭЭ (8/22 против 1/26; p = 0,007). Основным осложнением среди группы, получающей консервативную терапию, была тампонада сердца. Это исследование предполагает преимущество раннего хирургического вмешательства перед консервативным подходом после установления точного диагноза, основываясь на значительно более низкой частоте осложнений [16].

Некоторые исследователи выступают за первоначальный открытый хирургический подход, так как после ретракции кончика перфорирующего электрода может развиться острое опасное для жизни кровотечение в перикардиальное пространство [35, 36]. Однако, по нашему мнению, и данным исследований, перфорация ЭЭ редко приводит к рецидиву перикардиального выпота. В литературе описаны только отдельные случаи успешного применения открытой хирургии для лечения перфорации ЭЭ [8, 18, 36–38]. Необходимость в открытой хирургии возникает редко и связана с неостанавливающимся перикардиальным кровотечением, когда необходимо устранить дефекта миокарда, а также при повреждениях других внутренних органов и невозможностью трансвенозного извлечения ЭЭ. Хотя этот способ и эффективен, но сопряжен с большей травматизацией для пациента, требующей длительной реабилитации.

Альтернативой открытой хирургии является гибридный подход, который состоит из торакоскопической поддержки во время трансвенозной экстракции электрода. Торакоскопическая поддержка обеспечивает раннее предупреждение осложнений и создает возможность восстановления поврежденной стенки сердца без торакотомии или стернотомии. В этом отношении торакоскопическая поддержка может быть полезной при извлечении перфорирующего ЭЭ. Однако торакоскопия, безусловно, увеличит сложность и продолжительность процедуры и имеет свои осложнения. Кроме того, использование торакоскопии должно быть решено заранее, поскольку необходима раздельная интубация легких [39–41].

Таким образом трансвенозная экстракция и последующая реимплантация электрода перикарда может рассматриваться как метод выбора лечения перфораций ЭЭ.

Заключение

В настоящем обзоре обобщены современные данные о перфорации миокарда ЭЭ при имплантации антиаритмических электронных устройств. Прием стероидных гормонов, низкий ИМТ (менее 20), пожилой возраст (старше 75 лет), сниженная фракция выброса левого желудочка, активный метод фиксации, увеличение петли электрода, применение электрода для дефибрилляции, имплантация в верхушку или свободную стенку правого желудочка – факторы риска перфорации миокарда ЭЭ. При диагностике перфорации миокарда ЭЭ

КТ-ОГК является наиболее точным методом визуализации и может быть рекомендована в качестве золотого стандарта. Трансторакальная эхокардиография и рентгенография грудной клетки не должны использоваться для исключения диагноза перфорации сердца, если доступна компьютерная томография. Значительное количество исследований свидетельствуют о том, что в большинстве случаев лечения перфорации миокарда ЭЭ следует отдавать предпочтение трансвенозной экстракции перфорирующего электрода с последующей реимплантацией.

Конфликт интересов

А.А. Сарычев заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.В. Абульянов заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.Р. Зейнетдинов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Сарычев Александр Александрович, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению федерального государственного казенного учреждения здравоохранения «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации», Балашиха, Российская Федерация; аспирант кафедры кардиологии, рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии хирургического факультета Казанской государственной медицинской академии – филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-5385-796X

Абдульянов Ильдар Васылович, кандидат медицинских наук, доцент заведующий кафедры кардиологии, рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии хирургического факультета Казанской государственной медицинской академии – филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-2892-2827

Зайнетдинов Марат Рамильевич, ассистент кафедры сердечно-сосудистой и эндоваскулярной хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Российская Федерация; врач – сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии № 2 государственного автономного учреждения здравоохранения «Межрегиональный клинико-диагностический центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3021-3982

Author Information Form

Sarychev Aleksandr A., Doctor of X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment, Federal State Public Healthcare Institution “Main Military Clinical Hospital of the National Guard of the Russian Federation”, Balashikha, Russian Federation; Postgraduate student of the of the Department of Cardiology, X-ray Endovascular and Cardiovascular Surgery of the Surgical Faculty of the Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-5385-796X

Abdulyanov Il'dar V., Phd, Associate Professor, Head of the Department of Cardiology, X-ray Endovascular and Cardiovascular Surgery of the Surgical Faculty of the Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-2892-2827

Zaynetdinov Marat R., Assistant of the Department of Cardiovascular and Endovascular Surgery of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan Medical University” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russian Federation; Cardiovascular Surgeon of the Department of Cardiac Surgery No. 2 of the State Autonomous Institution of Health Interregional clinical diagnostic center”, Kazan, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3021-3982

Вклад авторов в статью

САА – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

АИВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЗМР – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

SAA – contribution to the concept and design of the study, data analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

AIV – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

ZMR – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокерия Л.А., Милиевская Е.Б., Прянишников В.В., Юрлов И.А., Кудзоева З.Ф. Сердечно-сосудистая хирургия - 2021. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. М.: НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России; 2022. 322 с.

2. Lin Y.S., Chen T.H., Hung S.P., Chen D.Y., Mao C.T., Tsai M.L., Chang S.T., Wang C.C., Wen M.S., Chen M.C. Impact of Pacemaker Lead Characteristics on Pacemaker Related Infection and Heart Perforation: A Nationwide Population-Based Cohort Study. PLoS One. 2015;10(6): e0128320. doi: 10.1371/journal.pone.0128320.

3. Kumar P., Skrabal J., Frasure S.E., Pourmand A. Pacemaker lead related myocardial perforation. Am J Emerg Med. 2022;53:281.e1-281.e3. doi: 10.1016/j.ajem.2021.08.081

4. Clémenty N., Fernandes J., Carion P.L., de Léotoing L., Lamarsalle L., Wilquin-Bequet F., Wolff C., Verhees K.J.P., Nicolle E., Deharo J.C. Pacemaker complications and costs: a nationwide economic study. J Med Econ. 2019;22(11):1171-1178. doi: 10.1080/13696998.2019.1652186.

5. Steinwender C., Lercher P., Schukro C., Blessberger H., Prenner G., Andreas M., Kraus J., Ammer M., Stühlinger M. State of the art: leadless ventricular pacing : A national expert consensus of the Austrian Society of Cardiology. J Interv Card Electrophysiol. 2020;57(1):27-37. doi: 10.1007/s10840-019-00680-2.

6. Hsu J.C., Varosy P.D., Bao H., Dewland T.A., Curtis J.P., Marcus G.M. Cardiac perforation from implantable cardioverter-defibrillator lead placement: insights from the national cardiovascular data registry. Circ Cardiovasc Qual Outcomes. 2013;6(5):582-90. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000299.

7. Demo H., Megaly M. Late perforation of a passively fixated pacemaker lead through the right ventricle. A report and review of literature. J Cardiol Cases. 2017;16(5):148-150. doi: 10.1016/j.jccase.2017.07.002.

8. Migliore F., Zorzi A., Bertaglia E., Leoni L., Siciliano M., De Lazzari M., Ignatiuk B., Veronese M., Verlato R., Tarantini G., Iliceto S., Corrado D. Incidence, management, and prevention of right ventricular perforation by pacemaker and implantable cardioverter defibrillator leads. Pacing Clin Electrophysiol. 2014;37(12):1602-9. doi: 10.1111/pace.12472.

9. Сапранков В.Л., Бендов Д.В., Ибрагимов А.Н., Гордеев М.Л. Хирургическое лечение отсроченных перфораций правых камер сердца при имплантации антиаритмических устройств. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2021;14(4):325-332.

10. Waddingham P.H., Elliott J., Bates A., Bilham J., Muthumala A., Honarbakhsh S., Ullah W., Hunter R.J., Lambiase P.D., Lane R.E., Chow A.W.C. Iatrogenic cardiac perforation due to pacemaker and defibrillator leads: a contemporary multicentre experience. Europace. 2022 22;24(11):1824-1833. doi: 10.1093/europace/euac105.

11. Ghani A., Delnoy P.P., Ramdat Misier A.R., Smit J.J., Adiyaman A., Ottervanger J.P., Elvan A. Incidence of lead dislodgement, malfunction and perforation during the first year following device implantation. Neth Heart J. 2014;22(6):286-91. doi: 10.1007/s12471-014-0556-6.

12. Kirkfeldt R.E., Johansen J.B., Nohr E.A., Jorgensen O.D., Nielsen J.C. Complications after cardiac implantable electronic device implantations: an analysis of a complete, nationwide cohort in Denmark. Eur Heart J. 2014;35(18):1186-94. doi: 10.1093/eurheartj/eht511.

13. Rajkumar C.A., Claridge S., Jackson T., Behar J., Johnson J., Sohal M., Amraoui S., Nair A., Preston R., Gill J., Rajani R., Rinaldi C.A. Diagnosis and management of iatrogenic cardiac perforation caused by pacemaker and defibrillator leads. Europace. 2017;19(6):1031-1037. doi: 10.1093/europace/euw074.

14. Vamos M., Erath J.W., Benz A.P., Bari Z., Duray G.Z., Hohnloser S.H. Incidence of Cardiac Perforation With Conventional and With Leadless Pacemaker Systems: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Cardiovasc Electrophysiol. 2017;28(3):336-346. doi: 10.1111/jce.13140.

15. Zhou X., Ze F., Li D., Wang L., Guo J., Li X. Outcomes of transvenous lead extraction in patients with lead perforation: A single-center experience. Clin Cardiol. 2020;43(4):386-393. doi: 10.1002/clc.23327.

16. Rav Acha M., Rafael A., Keaney J.J., Elitzur Y., Danon A., Shauer A., Taha L., Shechter Y., Bogot N.R., Luria D., Ilan M., Singh S.M., Mela T., Weisz G., Glikson M., Medina A. The management of cardiac implantable electronic device lead perforations: a multicentre study. Europace. 2019;21(6):937-943. doi: 10.1093/europace/euz120.

17. Hirschl D.A., Jain V.R., Spindola-Franco H., Gross J.N., Haramati L.B. Prevalence and characterization of asymptomatic pacemaker and ICD lead perforation on CT. Pacing Clin Electrophysiol. 2007;30(1):28-32. doi: 10.1111/j.1540-8159.2007.00575.x

18. Вереветинов А. Н., Тарасюк Е. С., Доровских И. Е., Вахненко Ю. В., Никитин В. Н., Уразова Г. Е., Бруева О. Н., Басанова И. В., Шкарбан С. В. Клинический случай поздней бессимптомной перфорации правого желудочка при имплантации постоянного электрокардиостимулятора. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2019;23(4):91-97. doi:10.21688/1681-3472-2019-4-91-97

19. Mahapatra S., Bybee K.A., Bunch T.J., Espinosa R.E., Sinak L.J., McGoon M.D., Hayes D.L. Incidence and predictors of cardiac perforation after permanent pacemaker placement. Heart Rhythm. 2005;2(9):907-11. doi: 10.1016/j.hrthm.2005.06.011.

20. Cano Ó., Andrés A., Alonso P., Osca J., Sancho-Tello M.J., Olagüe J., Martínez-Dolz L. Incidence and predictors of clinically relevant cardiac perforation associated with systematic implantation of active-fixation pacing and defibrillation leads: a single-centre experience with over 3800 implanted leads. Europace. 2017;19(1):96-102. doi: 10.1093/europace/euv410.

21. Akbarzadeh M.A., Mollazadeh R., Sefidbakht S., Shahrzad S., Bahrololoumi Bafruee N. Identification and management of right ventricular perforation using pacemaker and cardioverter-defibrillator leads: A case series and mini review. J Arrhythm. 2017;33(1):1-5. doi: 10.1016/j.joa.2016.05.005.

22. Jessel P.M., Yadava M., Nazer B., Dewland T.A., Miller J., Stecker E.C., Bhamidipati C.M., Song H.K., Henrikson C.A. Transvenous management of cardiac implantable electronic device late lead perforation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2020;31(2):521-528. doi: 10.1111/jce.14331.

23. Zhuang L., Mao Y., Wu L., Niu W., Chen K. Effects of right ventricular septum or His-bundle pacing versus right ventricular apical pacing on cardiac function: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. J Int Med Res. 2018;46(9):3848-3860. doi: 10.1177/0300060518781415.

24. Glikson M., Nielsen J.C., Kronborg M.B., Michowitz Y., Auricchio A., Barbash I.M., Barrabés J.A., Boriani G., Braunschweig F., Brignole M., Burri H., Coats A.J.S., Deharo J.C., Delgado V., Diller G.P., Israel C.W., Keren A., Knops R.E., Kotecha D., Leclercq C., Merkely B., Starck C., Thylén I., Tolosana J.M. Corrigendum to: 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC): With the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA). 2022;24(1): :699. doi: 10.1093/europace/euac023.

25. Burri H., Starck C., Auricchio A., Biffi M., Burri M., D'Avila A., Deharo J.C., Glikson M., Israel C., Lau C.P., Leclercq C., Love C.J., Nielsen J.C., Vernooy K.; Reviewers:; Dagres N., Boveda S., Butter C., Marijon E., Braunschweig F., Mairesse G.H., Gleva M., Defaye P., Zanon F., Lopez-Cabanillas N., Guerra J.M., Vassilikos V.P., Martins Oliveira M. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin-American Heart Rhythm Society (LAHRS). Europace. 2021;23(7):983-1008. doi: 10.1093/europace/euaa367.

26. Celikyurt U., Acar B., Yavuz S., Agacdiken A., Vural A.. Predictors of the right ventricular perforation caused by active-fixation pacing and defibrillator leads: A single-centre experience. J Cardiovasc Electrophysiol. 2024;35(3):399-405. doi: 10.1111/jce.16181.

27. Elbatran A.I., Akhtar Z., Bajpai A., Leung L.W..M, Li A., Pearse S., Zuberi Z., Kaba R., Saba M.M., Norman M., Grimster A., Gallagher M.M., Sohal M. Percutaneous management of lead-related cardiac perforation with limited use of computed tomography and cardiac surgery. Pacing Clin Electrophysiol. 2021;44(4):614-624. doi: 10.1111/pace.14204.

28. Issa Z.F., Issa T.Z. Feasibility and Safety of Percutaneous Lead Revision for Subacute and Delayed Cardiac Device Lead Perforation. JACC Clin Electrophysiol. 2021;7(1):26-35. doi: 10.1016/j.jacep.2020.07.024.

29. Döring M., Müssigbrodt A., Ebert M., Bode K., Lucas J., Dagres N., Hindricks G., Richter S. Transvenous revision of leads with cardiac perforation following device implantation-Safety, outcome, and complications. Pacing Clin Electrophysiol. 2020;43(11):1325-1332. doi: 10.1111/pace.14056.

30. Zhang X., Zheng C., Wang P., Wang D., Huang B., Li G., Hu H., Yang Z., Duan X., Zheng S., Liu P., Wang J., Shen J. Assessment of Cardiac Lead Perforation: Comparison Among Chest Radiography, Transthoracic Echocardiography and Electrocardiography-gated Contrast-enhanced Cardiac CT. Eur Radiol. 2019;29(2):963-974. doi: 10.1007/s00330-018-5633-6.

31. Bhatia P., Chiou T., Svennberg E., Khoche S., Jacobs K., Pollema T., Pretorius V., Birgersdotter-Green U. Clinical significance of incidentally detected lead perforations by computed tomography. Pacing Clin Electrophysiol. 2021;44(5):936-942. doi: 10.1111/pace.14229.

32. Archontakis S., Sideris K., Aggeli K., Gatzoulis K., Demosthenous M., Tolios P., Lozos V., Koumallos N., Limperiadis D., Tousoulis D., Kallikazaros I., Sideris S. Percutaneous lead extraction and repositioning: An effective and safe therapeutic strategy for early ventricular lead perforation with dislocation both inside and outside the pericardial sac following a cardiac device implantation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2019;30(3):299-307. doi: 10.1111/jce.13804.

33. Fiorillo G., Ghazihosseini S., Agizza S., Lanza F., Piccirillo S., Gargiulo G., Gargiulo P., Battista Pinna G., Pilato E., De Rosa C., Morisco C., Esposito G. Management of iatrogenic atrial perforation caused by pacemaker electrodes: a case report. J Med Case Rep. 2024;18(1):524. doi: 10.1186/s13256-024-04884-7.

34. Huang Y.Y., Chen P.Y., Lin Y.N., Lo C.. Uncommon Cardiac Perforation and Lead Displacement After Pacemaker Implantation: A Case Study and Diagnostic Insights. Am J Case Rep. 2024;25:e945008. doi: 10.12659/AJCR.945008.

35. Oda T., Kono T., Akaiwa K., Takahara Y., Yasuoka C., Nakamura K. Surgical Repair of Subacute Right Ventricular Perforation after Pacemaker Implantation. Case Rep Cardiol. 2017;2017:3242891. doi: 10.1155/2017/3242891.

36. Noguchi M., Nakai T., Kawano Y., Shibayama K., Obunai K., Tabata M., Watanabe H. Delayed right ventricular defibrillation lead perforation presenting as cardiac tamponade and treated surgically. Clin Case Rep. 2017 2;5(4):458-462. doi: 10.1002/ccr3.865.

37. Hamada Y., Sakaki M., Watanabe Y., Hata S., Kimura K., Sakagoshi N. Delayed Right Ventricular Pacemaker Lead Perforation 9 Years After Implantation. Am J Case Rep. 2023;24:e940291. doi: 10.12659/AJCR.940291.

38. Björkenheim A., Kalm T., Lidén M., Vidlund M. Right ventricular lead perforation with iatrogenic injury to an intercostal artery causing haemothorax after pacemaker implant. BMJ Case Rep. 2024;17(2):e258314. doi: 10.1136/bcr-2023-258314.

39. Van Gelder B.M., Verberkmoes N., Nathoe R., Bracke F.A. Late asymptomatic atrial lead perforation, a fortuitous finding during lead extraction using thoracoscopic surveillance: a case report and review of the literature. Europace. 2016;18(12):1773-1778. doi: 10.1093/europace/euw054.

40. Ayvazyan S.A., Gamzaev A.B., Palagina A.A., Gorshenin K.G., Buslaeva S.I., Seregin A.A., Konovalov N.S., Sapelnikov O.V. The Use of Transvenous Lead Extraction of Non-Infected Leads to Prevent Long-Term Lead-Related Complications. Sovrem Tekhnologii Med. 2021;13(1):66-69. doi: 10.17691/stm2021.13.1.08.

41. Maruya Y., Yamaura T., Mine H., Suzuki H. Successful pericardial repair and coverage for late pacemaker lead-related atrial perforation and pneumothorax: a case report. Gen Thorac Cardiovasc Surg Cases. 2023;2(1):102. doi: 10.1186/s44215-023-00117-3.

REFERENCES

1. Bokeriya L.A., Milievskaya E.B., Pryanishnikov V.V., Yurlov I.A., Kudzoeva Z.F. Cardiovascular Surgery – 2021. Diseases and congenital anomalies of the circulatory system. Moscow: NMICSSKH im. A.N. Bakuleva MZ RF; 2022. (In Russian)

2. Lin Y.S., Chen T.H., Hung S.P., Chen D.Y., Mao C.T., Tsai M.L., Chang S.T., Wang C.C., Wen M.S., Chen M.C. Impact of Pacemaker Lead Characteristics on Pacemaker Related Infection and Heart Perforation: A Nationwide Population-Based Cohort Study. PLoS One. 2015;10(6): e0128320. doi: 10.1371/journal.pone.0128320.

3. Kumar P., Skrabal J., Frasure S.E., Pourmand A. Pacemaker lead related myocardial perforation. Am J Emerg Med. 2022;53:281.e1-281.e3. doi: 10.1016/j.ajem.2021.08.081

4. Clémenty N., Fernandes J., Carion P.L., de Léotoing L., Lamarsalle L., Wilquin-Bequet F., Wolff C., Verhees K.J.P., Nicolle E., Deharo J.C. Pacemaker complications and costs: a nationwide economic study. J Med Econ. 2019;22(11):1171-1178. doi: 10.1080/13696998.2019.1652186.

5. Steinwender C., Lercher P., Schukro C., Blessberger H., Prenner G., Andreas M., Kraus J., Ammer M., Stühlinger M. State of the art: leadless ventricular pacing : A national expert consensus of the Austrian Society of Cardiology. J Interv Card Electrophysiol. 2020;57(1):27-37. doi: 10.1007/s10840-019-00680-2.

6. Hsu J.C., Varosy P.D., Bao H., Dewland T.A., Curtis J.P., Marcus G.M. Cardiac perforation from implantable cardioverter-defibrillator lead placement: insights from the national cardiovascular data registry. Circ Cardiovasc Qual Outcomes. 2013;6(5):582-90. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000299.

7. Demo H., Megaly M. Late perforation of a passively fixated pacemaker lead through the right ventricle. A report and review of literature. J Cardiol Cases. 2017;16(5):148-150. doi: 10.1016/j.jccase.2017.07.002.

8. Migliore F., Zorzi A., Bertaglia E., Leoni L., Siciliano M., De Lazzari M., Ignatiuk B., Veronese M., Verlato R., Tarantini G., Iliceto S., Corrado D. Incidence, management, and prevention of right ventricular perforation by pacemaker and implantable cardioverter defibrillator leads. Pacing Clin Electrophysiol. 2014;37(12):1602-9. doi: 10.1111/pace.12472.

9. Saprankov V.L., Bendov D.V., Ibragimov A.N., Gordeev M.L. Surgical management of delayed right heart perforation following antiarrhythmic device implantation. Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery. 2021;14(4):325-332. (In Russ.)

10. Waddingham P.H., Elliott J., Bates A., Bilham J., Muthumala A., Honarbakhsh S., Ullah W., Hunter R.J., Lambiase P.D., Lane R.E., Chow A.W.C. Iatrogenic cardiac perforation due to pacemaker and defibrillator leads: a contemporary multicentre experience. Europace. 2022 22;24(11):1824-1833. doi: 10.1093/europace/euac105.

11. Ghani A., Delnoy P.P., Ramdat Misier A.R., Smit J.J., Adiyaman A., Ottervanger J.P., Elvan A. Incidence of lead dislodgement, malfunction and perforation during the first year following device implantation. Neth Heart J. 2014;22(6):286-91. doi: 10.1007/s12471-014-0556-6.

12. Kirkfeldt R.E., Johansen J.B., Nohr E.A., Jorgensen O.D., Nielsen J.C. Complications after cardiac implantable electronic device implantations: an analysis of a complete, nationwide cohort in Denmark. Eur Heart J. 2014;35(18):1186-94. doi: 10.1093/eurheartj/eht511.

13. Rajkumar C.A., Claridge S., Jackson T., Behar J., Johnson J., Sohal M., Amraoui S., Nair A., Preston R., Gill J., Rajani R., Rinaldi C.A. Diagnosis and management of iatrogenic cardiac perforation caused by pacemaker and defibrillator leads. Europace. 2017;19(6):1031-1037. doi: 10.1093/europace/euw074.

14. Vamos M., Erath J.W., Benz A.P., Bari Z., Duray G.Z., Hohnloser S.H. Incidence of Cardiac Perforation With Conventional and With Leadless Pacemaker Systems: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Cardiovasc Electrophysiol. 2017;28(3):336-346. doi: 10.1111/jce.13140.

15. Zhou X., Ze F., Li D., Wang L., Guo J., Li X. Outcomes of transvenous lead extraction in patients with lead perforation: A single-center experience. Clin Cardiol. 2020;43(4):386-393. doi: 10.1002/clc.23327.

16. Rav Acha M., Rafael A., Keaney J.J., Elitzur Y., Danon A., Shauer A., Taha L., Shechter Y., Bogot N.R., Luria D., Ilan M., Singh S.M., Mela T., Weisz G., Glikson M., Medina A. The management of cardiac implantable electronic device lead perforations: a multicentre study. Europace. 2019;21(6):937-943. doi: 10.1093/europace/euz120.

17. Hirschl D.A., Jain V.R., Spindola-Franco H., Gross J.N., Haramati L.B. Prevalence and characterization of asymptomatic pacemaker and ICD lead perforation on CT. Pacing Clin Electrophysiol. 2007;30(1):28-32. doi: 10.1111/j.1540-8159.2007.00575.x

18. Verevetinov A.N., Tarasyuk E.S., Dorovskih I.E., Vakhnenko J.V., Nikitin V.N., Urazova G.E., Brueva O.N., Basanova I.V.,

Shkarban S.V. Clinical case of asymptomatic perforation of right ventricle during permanent pacemaker implantation. Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2019;23(4):91-97. doi:10.21688/1681-3472-2019-4-91-97. (In Russian)

19. Mahapatra S., Bybee K.A., Bunch T.J., Espinosa R.E., Sinak L.J., McGoon M.D., Hayes D.L. Incidence and predictors of cardiac perforation after permanent pacemaker placement. Heart Rhythm. 2005;2(9):907-11. doi: 10.1016/j.hrthm.2005.06.011.

20. Cano Ó., Andrés A., Alonso P., Osca J., Sancho-Tello M.J., Olagüe J., Martínez-Dolz L. Incidence and predictors of clinically relevant cardiac perforation associated with systematic implantation of active-fixation pacing and defibrillation leads: a single-centre experience with over 3800 implanted leads. Europace. 2017;19(1):96-102. doi: 10.1093/europace/euv410.

21. Akbarzadeh M.A., Mollazadeh R., Sefidbakht S., Shahrzad S., Bahrololoumi Bafruee N. Identification and management of right ventricular perforation using pacemaker and cardioverter-defibrillator leads: A case series and mini review. J Arrhythm. 2017;33(1):1-5. doi: 10.1016/j.joa.2016.05.005.

22. Jessel P.M., Yadava M., Nazer B., Dewland T.A., Miller J., Stecker E.C., Bhamidipati C.M., Song H.K., Henrikson C.A. Transvenous management of cardiac implantable electronic device late lead perforation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2020;31(2):521-528. doi: 10.1111/jce.14331.

23. Zhuang L., Mao Y., Wu L., Niu W., Chen K. Effects of right ventricular septum or His-bundle pacing versus right ventricular apical pacing on cardiac function: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. J Int Med Res. 2018;46(9):3848-3860. doi: 10.1177/0300060518781415.

24. Glikson M., Nielsen J.C., Kronborg M.B., Michowitz Y., Auricchio A., Barbash I.M., Barrabés J.A., Boriani G., Braunschweig F., Brignole M., Burri H., Coats A.J.S., Deharo J.C., Delgado V., Diller G.P., Israel C.W., Keren A., Knops R.E., Kotecha D., Leclercq C., Merkely B., Starck C., Thylén I., Tolosana J.M. Corrigendum to: 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC): With the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA). 2022;24(1): :699. doi: 10.1093/europace/euac023.

25. Burri H., Starck C., Auricchio A., Biffi M., Burri M., D'Avila A., Deharo J.C., Glikson M., Israel C., Lau C.P., Leclercq C., Love C.J., Nielsen J.C., Vernooy K.; Reviewers:; Dagres N., Boveda S., Butter C., Marijon E., Braunschweig F., Mairesse G.H., Gleva M., Defaye P., Zanon F., Lopez-Cabanillas N., Guerra J.M., Vassilikos V.P., Martins Oliveira M. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin-American Heart Rhythm Society (LAHRS). Europace. 2021;23(7):983-1008. doi: 10.1093/europace/euaa367.

26. Celikyurt U., Acar B., Yavuz S., Agacdiken A., Vural A.. Predictors of the right ventricular perforation caused by active-fixation pacing and defibrillator leads: A single-centre experience. J Cardiovasc Electrophysiol. 2024;35(3):399-405. doi: 10.1111/jce.16181.

27. Elbatran A.I., Akhtar Z., Bajpai A., Leung L.W..M, Li A., Pearse S., Zuberi Z., Kaba R., Saba M.M., Norman M., Grimster A., Gallagher M.M., Sohal M. Percutaneous management of lead-related cardiac perforation with limited use of computed tomography and cardiac surgery. Pacing Clin Electrophysiol. 2021;44(4):614-624. doi: 10.1111/pace.14204.

28. Issa Z.F., Issa T.Z. Feasibility and Safety of Percutaneous Lead Revision for Subacute and Delayed Cardiac Device Lead Perforation. JACC Clin Electrophysiol. 2021;7(1):26-35. doi: 10.1016/j.jacep.2020.07.024.

29. Döring M., Müssigbrodt A., Ebert M., Bode K., Lucas J., Dagres N., Hindricks G., Richter S. Transvenous revision of leads with cardiac perforation following device implantation-Safety, outcome, and complications. Pacing Clin Electrophysiol. 2020;43(11):1325-1332. doi: 10.1111/pace.14056.

30. Zhang X., Zheng C., Wang P., Wang D., Huang B., Li G., Hu H., Yang Z., Duan X., Zheng S., Liu P., Wang J., Shen J. Assessment of Cardiac Lead Perforation: Comparison Among Chest Radiography, Transthoracic Echocardiography and Electrocardiography-gated Contrast-enhanced Cardiac CT. Eur Radiol. 2019;29(2):963-974. doi: 10.1007/s00330-018-5633-6.

31. Bhatia P., Chiou T., Svennberg E., Khoche S., Jacobs K., Pollema T., Pretorius V., Birgersdotter-Green U. Clinical significance of incidentally detected lead perforations by computed tomography. Pacing Clin Electrophysiol. 2021;44(5):936-942. doi: 10.1111/pace.14229.

32. Archontakis S., Sideris K., Aggeli K., Gatzoulis K., Demosthenous M., Tolios P., Lozos V., Koumallos N., Limperiadis D., Tousoulis D., Kallikazaros I., Sideris S. Percutaneous lead extraction and repositioning: An effective and safe therapeutic strategy for early ventricular lead perforation with dislocation both inside and outside the pericardial sac following a cardiac device implantation. J Cardiovasc Electrophysiol. 2019;30(3):299-307. doi: 10.1111/jce.13804.

33. Fiorillo G., Ghazihosseini S., Agizza S., Lanza F., Piccirillo S., Gargiulo G., Gargiulo P., Battista Pinna G., Pilato E., De Rosa C., Morisco C., Esposito G. Management of iatrogenic atrial perforation caused by pacemaker electrodes: a case report. J Med Case Rep. 2024;18(1):524. doi: 10.1186/s13256-024-04884-7.

34. Huang Y.Y., Chen P.Y., Lin Y.N., Lo C.. Uncommon Cardiac Perforation and Lead Displacement After Pacemaker Implantation: A Case Study and Diagnostic Insights. Am J Case Rep. 2024;25:e945008. doi: 10.12659/AJCR.945008.

35. Oda T., Kono T., Akaiwa K., Takahara Y., Yasuoka C., Nakamura K. Surgical Repair of Subacute Right Ventricular Perforation after Pacemaker Implantation. Case Rep Cardiol. 2017;2017:3242891. doi: 10.1155/2017/3242891.

36. Noguchi M., Nakai T., Kawano Y., Shibayama K., Obunai K., Tabata M., Watanabe H. Delayed right ventricular defibrillation lead perforation presenting as cardiac tamponade and treated surgically. Clin Case Rep. 2017 2;5(4):458-462. doi: 10.1002/ccr3.865.

37. Hamada Y., Sakaki M., Watanabe Y., Hata S., Kimura K., Sakagoshi N. Delayed Right Ventricular Pacemaker Lead Perforation 9 Years After Implantation. Am J Case Rep. 2023;24:e940291. doi: 10.12659/AJCR.940291.

38. Björkenheim A., Kalm T., Lidén M., Vidlund M. Right ventricular lead perforation with iatrogenic injury to an intercostal artery causing haemothorax after pacemaker implant. BMJ Case Rep. 2024;17(2):e258314. doi: 10.1136/bcr-2023-258314.

39. Van Gelder B.M., Verberkmoes N., Nathoe R., Bracke F.A. Late asymptomatic atrial lead perforation, a fortuitous finding during lead extraction using thoracoscopic surveillance: a case report and review of the literature. Europace. 2016;18(12):1773-1778. doi: 10.1093/europace/euw054.

40. Ayvazyan S.A., Gamzaev A.B., Palagina A.A., Gorshenin K.G., Buslaeva S.I., Seregin A.A., Konovalov N.S., Sapelnikov O.V. The Use of Transvenous Lead Extraction of Non-Infected Leads to Prevent Long-Term Lead-Related Complications. Sovrem Tekhnologii Med. 2021;13(1):66-69. doi: 10.17691/stm2021.13.1.08.

41. Maruya Y., Yamaura T., Mine H., Suzuki H. Successful pericardial repair and coverage for late pacemaker lead-related atrial perforation and pneumothorax: a case report. Gen Thorac Cardiovasc Surg Cases. 2023;2(1):102. doi: 10.1186/s44215-023-00117-3.

Для цитирования: *Сарычев А.А., Абдульянов И.В., Зайнетдинов М.Р. Перфорация миокарда эндокардиальным электродом имплантируемых антиаритмических электронных устройств. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2026;15(1): 203-211. DOI: 10.17802/2306-1278-2026-15-1-203-211*

To cite: *Sarychev A.A., Abdulyanov I.V., Zainetdinov M.R. Myocardial perforation by endocardial lead of implantable antiarrhythmic electronic devices. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2026;15(1): 203-211. DOI: 10.17802/2306-1278-2026-15-1-203-211*