

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ДИСФУНКЦИЙ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА

Кадыралиев С.О., Баранович В.Ю., Файбушевич А.Г., Максимкин Д.А.*

ФГАОУ «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва

DOI: 10.25881/20728255_2023_18_3_9

Резюме. Обоснование: Единственным эффективным методом лечения жизнеугрожающей брадиаритмии является имплантация постоянного электрокардиостимулятора. Имеются единичные проспективные работы о дисфункциях постоянного электрокардиостимулятора, которые показали значительно худшие клинические исходы, однако ретроспективных данных о дисфункциях постоянного электрокардиостимулятора в настоящее время крайне мало.

Цель: Проанализировать частоту и факторы риска развития дисфункций постоянного электрокардиостимулятора.

Материалы и методы: Ретроспективно изучены истории болезни и амбулаторные карты 948 пациентов с различными формами брадиаритмий, оперированных в клинике с 2006 по 2021 гг., с целью выявления дисфункций системы ЭКС, возникших как в раннем, так и позднем послеоперационном периодах. Все пациенты были оперированы в одном центре. Анализировались клиничко-демографические показатели пациентов, морфофункциональные параметры сердца по данным трансторакальной эхокардиографии, данные рентгенографии грудной клетки и холтеровского мониторирования ЭКГ, а также параметры кардиостимуляции. Методом факторного анализа были выявлены наиболее частые виды дисфункций, изучены причины их развития, а также взаимосвязь с сопутствующими заболеваниями и программированием параметров стимуляции.

Результаты: В результате ретроспективного исследования среди 78 пациентов с выявленными дисфункциями системы ЭКС у 7 (9%) пациентов зарегистрировано преждевременное истощение источника питания ЭКС, у 5 (6,4%) пациентов — синдром ЭКС, еще у 24 (30,8%) пациентов — дислокации эндокардиального электрода. У 20 (25,6%) пациентов зарегистрировано повышение порога стимуляции, у 8 (10,3%) пациентов — нарушение чувствительности а также у 4 (5,1%) пациентов отмечено снижение импеданса эндокардиального электрода, а у 10 (12,8%) пациентов — повышение импеданса. При проведении факторного анализа выявлено, что чаще всего с дисфункциями ассоциируются расширенные правые камеры сердца на фоне клапанных пороков и дилатационной кардиомиопатии, ремоделирование миокарда на фоне химио- и лучевой терапии, постинфарктного кардиосклероза в зоне имплантации электрода, а также несвоевременное и неадекватное программирование ЭКС. Кроме того, интересной находкой была полученная взаимосвязь между развитием дисфункций и повышением уровня мочевой кислоты, мочевины и креатинина крови, длительным и неконтролируемым приемом стероидных препаратов и бронходилататоров.

Заключение: выявление наиболее частых факторов риска дисфункций системы ЭКС путем всестороннего анализа клиничко-демографических и инструментальных данных, а также изучение механизмов их развития необходимо для персонализированного подхода к лечению больных брадиаритмиями в целях профилактики нарушений в работе системы ЭКС.

Ключевые слова: электрокардиостимулятор, имплантация электрокардиостимулятора, дисфункция системы электрокардиостимулятора; брадиаритмии, факторы риска.

Введение

Высокая устойчивость современных устройств к агрессивным влияниям внутренней биологической среды человека и сохранение при этом электрической целостности и химической стабильности, несмотря на многократное механическое напряжение в течение каж-

RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF PACEMAKER DYSFUNCTION

Kadyraliev S.O., Baranovich V.Yu., Faybushevich A.G., Maximkin D.A.

RUDN University, Moscow

Abstract. Rationale: The only effective method of treating life-threatening bradyarrhythmias is the implantation of a permanent pacemaker. There are isolated prospective studies in the literature on permanent pacemaker dysfunctions that have shown significantly worse clinical outcomes, but there is currently very little retrospective data on permanent pacemaker dysfunctions.

Objective: To analyze the frequency and risk factors for the development of permanent pacemaker dysfunction.

Methods: The medical histories and outpatient records of 948 patients with various forms of bradyarrhythmias operated in the clinic from 2006 to 2021 were retrospectively studied in order to identify dysfunction of the PM system that occurred both in the early and late postoperative period. All patients were operated in one center. The clinical and demographic indicators of patients, morphofunctional parameters of the heart according to transthoracic echocardiography, chest X-ray and Holter ECG monitoring data, as well as pacing parameters were analyzed. By the method of factor analysis, the most frequent types of dysfunctions were identified, the causes of their development were studied, as well as the relationship with concomitant diseases and programming of stimulation parameters.

Results: As a result of a retrospective study, among 78 patients with identified dysfunction of the PM system, 7 (9%) patients registered premature depletion of the PM power supply, 5 (6.4%) patients — PM syndrome, another 24 (30.8%) patients — dislocation of the endocardial electrode. In 20 (25.6%) patients, an increase in the stimulation threshold was registered, in 8 (10.3%) patients — a sensitivity disorder, as well as in 4 (5.1%) patients, a decrease in the impedance of the endocardial electrode was noted, and in 10 (12.8%) patients — an increase in the impedance. During the factor analysis, it was revealed that most often the enlarged right chambers of the heart are associated with dysfunctions against the background of valvular defects and dilated cardiomyopathy, myocardial remodeling against the background of chemotherapy and radiation therapy, post-infarction cardioclerosis in the implantation area of the electrode, as well as untimely and inadequate programming of the PM. In addition, an interesting finding was the relationship between the development of dysfunctions and an increase in the level of uric acid, urea and creatinine in the blood, prolonged and uncontrolled use of steroid drugs and bronchodilators.

Conclusion: identification of the most common risk factors for dysfunctions of the pacemaker system through a comprehensive analysis of clinical, demographic and instrumental data, as well as the study of the mechanisms of their development, is necessary for a personalized approach to the treatment of patients with bradyarrhythmia, in order to prevent violations in the pacemaker system.

Keywords: pacemaker, pacemaker implantation, dysfunction of the pacemaker system, bradyarrhythmias, risk factors.

дого года, обеспечивают адекватное функционирование системы электрокардиостимулятора (ЭКС), направленное на улучшение качества жизни больного. Тем не менее, несмотря на различные методы защиты от внешних воздействий, применяемые на производстве современных кардиостимуляторов, существует множество других при-

* e-mail: danmed@bk.ru

чин, которые приводят к возникновению дисфункций системы ЭКС и, соответственно, к неблагоприятным клиническим исходам [1; 2].

В реальной практике дисфункции ЭКС можно выявить у нескольких тысяч пациентов, тем не менее, их истинное количество остается неизвестным и выявляется благодаря высокой приверженности пациентов к лечению, что представляет собой определенную угрозу для жизни большинства таких пациентов [3; 4].

Под дисфункцией ЭКС, по данным разных исследователей, понимается отказ одного или нескольких компонентов имплантированной системы, миграция устройства, боль, требующие повторного вмешательства, либо незапланированная ревизия во время последующего наблюдения в связи с недостаточной чувствительностью или неправильной интерпретацией аритмии имплантируемым устройством [5]. При этом дисфункции системы ЭКС могут возникать, начиная от генератора импульсов и заканчивая границей электродмиокард, и приводить к таким симптомам, как головокружение, обморок и боль в груди, а в тяжелых случаях, к остановке сердца [6].

Увеличение числа имплантируемых ЭКС, возникающие в результате расширения показаний к имплантации и изменения профиля пациента, значительно влияют на увеличение частоты дисфункций систем ЭКС [7]. Особенно важны поздние дисфункции, проявляющиеся через несколько лет после имплантации. При этом чрезвычайно трудно установить механизм их возникновения, а также предсказать факторы риска, которые этому способствовали [8].

В литературе встречаются единичные работы, в которых содержится информация о дисфункциях, возникающих под влиянием внешних воздействий, а также ошибок программирования [9]. Кроме того, раннее выявление дисфункций, связанных с электродом, особенно важно у пациентов, зависимых от ЭКС, что позволяет своевременно планировать стратегию лечения и предотвратить фатальные осложнения [10].

Частота операций по замене ЭКС в связи с его дисфункцией, выполняемых в Дании, составляет 0,6%, что в 7 раз меньше, чем в России. При этом авторы делают основной акцент именно на осведомленность специалистов о возможностях имплантируемого устройства и владение навыками правильного программирования [11].

Большинство кардиологов поликлинических учреждений, где наблюдаются пациенты с имплантированными ЭКС, чаще всего, оценивают работу ЭКС на основании стандартной ЭКГ, не замечая при этом никаких нарушений в работе ЭКС. В то же время известно, что дисфункции системы ЭКС, могут быть диагностированы только тестированием ЭКС путем телеметрии, с возможностью коррекции порогов чувствительности, амплитуды стимуляции и импеданса [12].

Учитывая изложенное, основной целью представленного исследования является анализ многолетнего

клинического опыта лечения больных брадиаритмиями, выявление основных видов дисфункций системы ЭКС, факторов риска и механизмов их развития.

Материал и методы

Исследование выполнено на клинической базе кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института Российского университета дружбы народов в Центральной клинической больнице «РЖД-Медицина».

Ретроспективно изучены истории болезни и амбулаторные карты 948 пациентов с различными формами брадиаритмий, оперированных в клинике с 2006 по 2021 гг., с целью выявления дисфункций системы ЭКС, возникших как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде. Все пациенты были оперированы в одном центре. Анализировались клинико-демографические показатели пациентов, морфофункциональные параметры сердца по данным трансторакальной ЭхоКг, данные рентгенографии грудной клетки и холтеровского мониторирования ЭКГ, а также параметры кардиостимуляции, на основании которых у 78 (8,23%) пациентов были выявлены признаки дисфункции системы ЭКС на различных сроках наблюдения.

Следует отметить, что большинство пациентов имели тяжелый коморбидный фон: около 40% перенесли острый инфаркт миокарда, более половины страдали сахарным диабетом 2 типа, около 60% имели стенокардию напряжения II–III ФК. У 50% пациентов основное заболевание было осложнено развитием хронической сердечной недостаточности II–III функционального класса (Табл. 1).

Среди пациентов у 45% была атриовентрикулярная блокада II ст., примерно у 30% пациентов — синдромом слабости синусового узла. Остальные пациенты были с атриовентрикулярной блокадой III ст., либо с синоатриальной блокадой (Табл. 2).

Количество имплантированных отечественных и зарубежных ЭКС было в равных соотношениях и достоверно не различалось. Предсердные электроды у всех пациентов были имплантированы в ушко правого предсердия. Желудочковые электроды были имплантированы в среднюю треть межжелудочковой перегородки и верхушку правого желудочка в соотношении — 17,9 и 82,1%, соответственно (Табл. 3).

Всем пациентам были имплантированы биполярные электроды, при этом у 82,1% электродов был активный тип фиксации, а у 17,9% — пассивный.

При анализе данных трансторакальной ЭхоКГ отмечены высокие показатели конечного диастолического и систолического объема (КДО, КСО), конечного систолического и диастолического размера левого желудочка (КСР, КДР) (ЛЖ) и сниженные средние показатели ФВ ЛЖ. Следует отметить, толщина миокарда задней стенки ЛЖ и межжелудочковой перегородки соответствовали нормальным значениям (Табл. 4).

Табл. 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов с дисфункциями системы ЭКС

Показатель	(n = 78)
Пол:	
Мужской пол (n, %)	48 (61,5%)
Женский пол (n, %)	30 (38,5%)
Средний возраст, лет (M±σ)	67,64±10,9
Табакокурение (n, %)	27 (34,6%)
Гиперхолестеринемия (n, %)	44 (56,4%)
Артериальная гипертензия (n, %)	63 (80,8%)
Стенокардия напряжения II–III ФК (n, %)	48 (61,5%)
Постинфарктный кардиосклероз (n, %)	32 (41%)
ХСН I ФК (NYHA) (n, %)	30 (38,5%)
ХСН II ФК (NYHA) (n, %)	27 (34,6%)
ХСН III ФК (NYHA) (n, %)	21 (26,9%)
Сахарный диабет 2 типа (n, %)	26 (33,3%)
ИМТ 18,5–24,9 кг/м ² (n, %)	27 (34,6%)
ИМТ 25–29,9 кг/м ² (n, %)	16 (20,5%)
ИМТ 30–34,9 кг/м ² (n, %)	21 (26,9%)
ИМТ 35–39,9 кг/м ² (n, %)	8 (10,3%)
ИМТ ≥40,0 кг/м ² (n, %)	6 (7,7%)
Приобретенные пороки сердца:	
митрального клапана (n, %)	22 (28,2%)
аортального клапана (n, %)	7 (9%)
15 (19,2%)	
Кардиомиопатия (n, %)	7 (9%)
Нарушение мозгового кровообращения в анамнезе (n, %)	14 (17,9%)
Атеросклероз артерий нижних конечностей (n, %)	26 (33,3%)
Атеросклероз брахиоцефальных артерий (n, %)	24 (30,7%)
Нарушение функции почек (n, %)	22 (28,2%)
Хроническая подагра (n, %)	10 (12,8%)
Хроническая обструктивная болезнь легких (n, %)	28 (35,9%)
Системные заболевания соединительной ткани (n, %)	12 (15,4%)
Злокачественные новообразования (n, %)	11 (14,1%)
Операция на открытом сердце в анамнезе (n, %)	22 (28,2%)

Методом факторного анализа были выявлены наиболее частые виды дисфункций, изучены причины их развития, а также взаимосвязь с сопутствующими заболеваниями и программированием параметров стимуляции.

Результаты

В результате ретроспективного исследования среди 78 пациентов с выявленными дисфункциями системы ЭКС у 7 (9%) пациентов зарегистрировано преждевременное истощение источника питания ЭКС вследствие неадекватное программирование ЭКС (не использован режим «Autocapture») и дефект изоляции электродов, у 5 (6,4%) пациентов — синдром ЭКС, вследствие вентрикуло-атриального проведения и диссинхронии миокарда, еще у 24 (30,8%) пациентов зарегистрирована неэффективная стимуляция вследствие дислокации эндокардиального электрода.

Табл. 2. Показания к имплантации ЭКС

Нозологическая форма	(n = 78)
Атриовентрикулярная блокада III степени (n, %)	14 (17,9%)
Атриовентрикулярная блокада II степени, Мобитц 2 (n, %)	23 (29,5%)
Атриовентрикулярная блокада II степени, Мобитц 1 (n, %)	13 (16,7%)
СССУ. Синусовая брадикардия (n, %)	12 (15,4%)
СССУ. Синдром тахикардии-брадикардии (n, %)	11 (14,1%)
Синоатриальная блокада (exitblock) (n, %)	5 (6,4%)

Табл. 3. Характеристика имплантированных эндокардиальных электродов

Предсердные электроды (n — количество электродов)	
Отечественные (n, %)	41 (52,6%)
Зарубежные (n, %)	37 (47,4%)
Активная фиксация (n, %)	46 (58,9%)
Пассивная фиксация (n, %)	32 (41,1%)
Желудочковые электроды (n — количество электродов)	
Отечественные (n, %)	41 (52,6%)
Зарубежные (n, %)	37 (47,4%)
Активная фиксация (n, %)	64 (82,1%)
Пассивная фиксация (n, %)	14 (17,9%)
Верхушка правого желудочка (n, %)	64 (82,1%)
Средняя треть межжелудочковой перегородки (n, %)	14 (17,9%)

Табл. 4. Морфофункциональные показатели ЛЖ

Показатель	(n = 78)
Конечный диастолический размер ЛЖ, см	6,3±0,80
Конечный систолический размер ЛЖ, см	5,7±0,74
Конечный диастолический объем ЛЖ, мл	125,7±7,41
Конечный систолический объем ЛЖ, мл	71,2±7,24
ТЗСЛЖ, мм	1,3±0,07
ТМЖП, мм	1,4±0,09
Правый желудочек, см	3,5±0,5
ФВ ЛЖ, %	47,24±2,25

Примечания: ТЗСЛЖ — толщина задней стенки ЛЖ; ТМЖП — толщина межжелудочковой перегородки.

Табл. 5. Средние значения параметров кардиостимуляции в послеоперационном периоде и во время повторных визитов

Сроки наблюдения	Порог стимуляции (В) 95% ДИ	Амплитуды внутрисердечного сигнала (мВ) 95% ДИ	Импеданс (Ом) 95% ДИ
Послеоперационный период	1,75 (0,8–2,7)	7,7 (3,2–12,2)	751 (527–975)
Повторные визиты	7,55 (1,4–13,7)	14,25 (2,8–14,25)	1674 (103–3745)

У 20 (25,6%) пациентов практически в четыре раза возросли значения порога стимуляции в отдаленном периоде наблюдения по сравнению с данными, полученными при выписке пациента из стационара. Так, средние значения порога стимуляции составили 1,75 В при длительности импульса 0,5 мс (Табл. 5).

Амплитуда внутрисердечного сигнала в послеоперационном периоде составила в среднем 7,7 мВ и не превышала более 12,2 мВ, тогда как при повторном визите у 8 (10,3%) пациентов средние значения амплитуды внутрисердечного сигнала превышали указанную границу на различных этапах наблюдения. Так, через 12 и 18 месяцев наблюдения амплитуда внутрисердечного сигнала возросла практически в 2 раза.

Средние показатели импеданса электродов, измеренного при выписке пациента из стационара, находились в пределах от 527 до 975 Ом. При повторных визитах у 4 (5,1%) пациентов отмечено снижение импеданса до 103 Ом, а у 10 (12,8%) пациентов — повышение до 3745 Ом.

Таким образом, среди представленных дисфункций, наиболее частыми были: дислокация эндокардиального электрода (30,8%), повышение порога стимуляции (25,6%), изменение импеданса эндокардиального электрода (17,9%) и нарушение чувствительности (10,3%). Кроме того, у 9% пациентов наблюдалось преждевременное истощение источника питания ЭКС, а у 6,4% пациентов — синдром ЭКС (пейсмейкерный синдром).

Детальный анализ причин развития дисфункций представлен в табл. 6.

Выявлено, что чаще всего с дисфункциями ассоциируются расширенные правые камеры сердца на фоне клапанных пороков и дилатационной кардиомиопатии, ремоделирование миокарда на фоне химио- и луче-

Табл. 6. Основные причины дисфункций системы ЭКС

Причины дисфункций	Виды дисфункций	Коэффициент корреляции (r)	p – значение
Кардиальные факторы			
Прогрессирование клапанных пороков сердца	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции	0,77–0,84	0,001
Постинфарктный кардиосклероз	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции	0,71–0,89	0,001
Воспалительные заболевания миокарда и эндокарда	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции	0,81–0,87	0,018
Диссинхрония миокарда вследствие апикальной желудочковой стимуляции	нарушение чувствительности; синдром ЭКС	0,77–0,82	0,032
Кардиомиопатии	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции синдром ЭКС	0,74–0,98	0,001
Наличие венстрикуло-атриального проведения до имплантации ЭКС	нарушение чувствительности; синдром ЭКС	0,77–0,88	0,012
Операция на открытом сердце	нарушение чувствительности; дислокация электрода; повышение порога стимуляции	0,76–0,88	0,001
Внекардиальные факторы			
Декомпенсация сахарного диабета	повышение импеданса; повышение порога стимуляции	0,62–0,68	0,024
Химио- и лучевая терапия по поводу онкологических заболеваний	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,68–0,88	0,001
ИМТ ниже 25 кг/м ²	дислокация электрода	0,96	0,001
Длительный, а также неконтролируемый прием кортикостероидных препаратов и иммунодепрессантов, вследствие прогрессирования ХОБЛ и системных заболеваний соединительной ткани	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,82–0,94	0,001
Несвоевременное и неадекватное программирование ЭКС	нарушение чувствительности; повышение порога стимуляции; синдром ЭКС; преждевременное истощение источника питания	0,86–0,98	0,001
Дефект изоляции электрода	снижение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности; преждевременное истощение источника питания	0,88–0,94	0,001
Нарушение функции почек (пациенты на гемодиализе)	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,62–0,78	0,041
Кальцификация электродов, вследствие гиперурикемии	повышение импеданса; повышение порога стимуляции; нарушение чувствительности	0,58–0,64	0,032

вой терапии, постинфарктного кардиосклероза в зоне имплантации электрода, а также несвоевременное и неадекватное программирование ЭКС. Кроме того, интересной находкой была полученная взаимосвязь между развитием дисфункций и повышением уровня мочевой кислоты, мочевины и креатинина крови, длительным и неконтролируемым приемом стероидных препаратов и бронходилататоров.

Обсуждение

Нарушения ритма, которые возникают на фоне дисфункций системы ЭКС, негативно влияют не только на общее состояние больного, но и на его психическое, эмоциональное и физическое состояние, что, в целом, ухудшает качество жизни таких пациентов, несмотря на то, что основной задачей хирургического лечения брадиаритмий является, наоборот, улучшение качества жизни [13].

На этапе отбора пациентов для хирургического лечения брадиаритмий представляется чрезвычайно важным проведение всестороннего анализа факторов риска, которые могли бы способствовать развитию дисфункций системы ЭКС, как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде.

В США за период с 2002 по 2009 гг. было имплантировано 2,25 млн. ЭКС, при этом 8834 из них были экплантированы в связи с подтвержденной дисфункцией. Летальный исход, обусловленный дисфункцией ЭКС, был зарегистрирован у 30 пациентов. Факторами риска дисфункции ЭКС были неадекватное программирование параметров стимуляции, внешние воздействия в области ЭКС (физическое повреждение, травма грудной клетки), недостаточная герметизация электродов и корпус ЭКС, дефект изоляции электродов, а также некоторых дисфункций точно не установлен причины их развития [3].

В отечественной литературе основные работы по изучению дисфункций системы ЭКС принадлежат О.В. Кононенко и др., которые анализировали данные 180 пациентов с ЭКС в течение 12 мес. наблюдения и выявили различные отклонения от нормальной работы стимулятора у 124 пациентов, что составило 68,9% от общего числа обследованных. Всего было обнаружено 159 различных дисфункций, требующих обязательного перепрограммирования параметров стимуляции. Авторами отмечено, что на первом месте по частоте среди всех дисфункций постоянных ЭКС были нарушения детекции — 63,5% от общего количества дисфункций, далее по убывающей внесердечная стимуляция — 10,7%, синдром ЭКС — 7,5% и дисфункции сенсора частотной адаптации — 6,9%. При этом указывается, что 93,1% всех дисфункций выявлены в течение первых 2 месяца наблюдения. Непосредственно в период госпитализации было отмечено 34,6% нарушений в системе ЭКС от общего числа, тогда как при плановой проверке через 6 месяцев — 3,1% нарушений. Наиболее часто встречающиеся дисфункции развивались на фоне различных

факторов: интенсивная физическая нагрузка в стороне имплантации ЭКС в течение 1–2 месяцев после операции, изменение положение корпуса ЭКС в ложе, электроды без стероидной импрегнации, нарушение изоляции электродов, утечки электрического тока, монополярная стимуляция, низкий сигнал предсердной активности, недостатки первичного программирования, неоптимальная настройка параметр чувствительности, искусственная атрио-вентрикулярная блокада, вентрикуло-атриальное проведение после имплантации ЭКС, прогрессирование хронической сердечной недостаточности [14].

Z.H. Tseng и соавт. (2015) провели проспективное исследование среди пациентов с имплантированными сердечными устройствами для выявления случаев внезапной смерти в течение 35-месячного периода наблюдения. Так, из 517 общих случаев внезапной смерти 14 случаев зафиксированы у пациентов с имплантированными сердечными устройствами, при этом 7 ЭКС с признаками дисфункций непосредственно способствовали смерти больных (4 случая — аппаратная дисфункция, 1 — раннее истощение батареи с внезапным прекращением стимуляции и 2 случая — перелом электродов). Факторами риска развития дисфункции были неправильное программирование параметров стимуляции, недостаточное наблюдение медицинского персонала после имплантации ЭКС, терминальная стадия хронической почечной недостаточности, тяжелый ацидоз, тяжелое электролитное нарушение а также некоторых случаев дисфункций не смогли установить точную причину их развития [4].

Согласно результатам исследований С. Bartsch и соавт. (2003), которые ретроспективно анализировали причины смерти (вне стационара) 262 пациентов с имплантированными ЭКС, частота дисфункций составил 15% пациентов, самыми частыми дисфункциями были полный отказ в работе ЭКС, гипер- и гипочувствительность, а также высокие пороги стимуляции. Кроме того, у большинства пациентов были диагностированы дефекты электродов (нарушение изоляции, перелом, потеря соединения с аппаратом ЭКС). Самые частые факторы развития дисфункций были: дефект изоляции электродов, попадание жидкости в внутреннюю часть электродов, потеря контакта электрода и корпуса ЭКС и неправильное программирование [14].

Интересными представляются данные С. Bartsch и соавт. (2005), согласно которым среди 415 пациентов с постоянным ЭКС опасные для жизни дисфункции были обнаружены у 3,8%, потенциально опасные для жизни — у 3,7%, симптомные дисфункции — предсердные и желудочковые — у 13,3 и 3% больных, соответственно. Факторами риска дисфункции были: плохой контакт электродов и корпуса ЭКС, перелом, коррозии и дефект изоляции электродов, дефект коннекторной части корпуса ЭКС и предсердного электрода [15].

Имеются единичные сообщения, где указывается, что дисфункции системы ЭКС могут развиваться вследствие несоблюдения правил выполнения кардиоверсии, а также

электрокоагуляции во время хирургических операций. Кроме того, факторами риска могут выступать минерализация кончика электрода вследствие отложения кальция в виде кристаллов на фоне хронической почечной недостаточности, имплантация более двух электродов, оставленные и нефункциональные электроды, полиуретановая изоляция электродов, женский пол и молодой возраст [1; 6; 8; 10].

Специалисты, которые занимаются сердечными устройствами для стимуляции, должны быть в полной мере осведомлены об основных функциях ЭКС, режимах стимуляции, методиках программирования, а также уметь правильно интерпретировать данные ЭКГ у пациентов с ЭКС, что чрезвычайно важно в отношении своевременной диагностики дисфункций и ситуаций полного отказа устройств [16].

Заключение

Таким образом, выявление наиболее частых факторов риска дисфункций системы ЭКС путем всестороннего анализа клинико-демографических и инструментальных данных, а также изучение механизмов их развития, необходимо для персонифицированного подхода к лечению больных брадиаритмиями в целях профилактики нарушений в работе системы ЭКС.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Kleemann T, Becker T, Doenges K, et al. Annual rate of transvenous defibrillation lead defects in implantable cardioverter-defibrillators over a period of >10 years. *Circulation*. 2007; 115(19): 2474-2480. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.663807.
- Kallinen LM, Hauser RG, Lee KW, et al. Failure of impedance monitoring to prevent adverse clinical events caused by fracture of a recalled high-voltage implantable cardioverter-defibrillator lead. *Heart Rhythm*. 2008; 5(6): 775-779. doi: 10.1016/j.hrthm.2008.02.039.
- Maisel WH, Moynahan M, Zuckerman BD, et al. Pacemaker and ICD generator malfunctions: analysis of Food and Drug Administration annual reports. *JAMA*. 2006; 295(16): 1901-1906. doi: 10.1001/jama.295.16.1901.
- Tseng ZH, Hayward RM, Clark NM, et al. Sudden Death in Patients With Cardiac Implantable Electronic Devices. *JAMA Intern Med*. 2015; 175(8): 1342-1350. doi: 10.1001/jamainternmed.2015.2641.
- Bowman HC, Shannon KM, Biniwale R, Moore JP. Cardiac implantable device outcomes and lead survival in adult congenital heart disease. *Int J Cardiol*. 2021; 324: 52-59. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.09.027.
- White WB, Berberian JG. Pacemaker Malfunction-Review of Permanent Pacemakers and Malfunctions Encountered in the Emergency Department. *Emerg Med Clin North Am*. 2022; 40(4): 679-691. doi: 10.1016/j.emc.2022.06.007.
- Kempa M, Sławiński G, Lewicka E, Budrejko S, Raczak G. Czynniki ryzyka odektrodowego infekcyjnego zapalenia wsierdza — badanie retrospektywne [Risk factors for cardiac device-related infection during two-year follow-up: a retrospective analysis]. *Kardiologia Pol.* 2018; 6(4): 800-801. (In Polish). doi: 10.5603/KP.2018.0079.
- Domagała SJ, Domagała M, Chyla J, et al. Ten-year study of late electrotherapy complications. Single-centre analysis of indications and safety of transvenous leads extraction. *Kardiologia Pol.* 2018; 76(9): 1350-1359. doi: 10.5603/KP.a2018.0142.
- Kloppe A, Schiedat F, Mügge A, Mijic D. Sachgerechtes Vorgehen bei Herzschrittmacher- und ICD-Fehlfunktion [Appropriate procedure for pacemaker and ICD malfunction]. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2020; 31(1): 64-72. (In German). doi: 10.1007/s00399-020-00669-9.
- Pothineni NVK, Schaller RD. Gradual rise in lead impedance — A “rocky” course. *HeartRhythm Case Rep*. 2021; 7(12): 833-835. doi: 10.1016/j.hrcr.2021.09.008.
- Дубровский И.А. Сравнение причин замены отечественных и зарубежных электрокардиостимуляторов // Вестник Аритмологии. — 2010. — №62. — С.45-46. [Dubrovsky IA. Comparison of the reasons for the replacement of domestic and foreign pacemakers. *Vestn Arrhythmology*. 2010; 62: 45-46. (In Russ.)]
- Higuera J, Olmos C, Palacios-Rubio J, et al. TBC: A simple algorithm to rule out abnormalities in electrocardiograms of patients with pacemakers. *Cardiol J*. 2018; 27(2): 136-141. doi: 10.5603/CJ.a2018.0079.
- Вершинина Е.О., Репин А.Н., Попов С.В., Тюкалова Л.И. Качество жизни пациентов с электрокардиостимуляторами, имплантированными по поводу брадиаритмий // Вестник аритмологии. — 2010. — №60. — С.54-58. [Vershinina EO, Repin AN, Popov SV, Tyukalova LI. Quality of life of patients with pacemakers implanted for bradiarrhythmias. *Vestn Arrhythmology*. 2010; 60: 54-58. (In Russ.)]
- Кононенко О.В. Дисфункции постоянных электрокардиостимуляторов: диагностика и факторы риска: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Новосибирск; 2005. [Kononenko OV. Disfunkcii postoyannyh elektrokardiostimulyatorov: diagnostika i faktory riska. [Avtoreferat dissertation]. Novosibirsk; 2005. (In Russ.)]
- Bartsch C, Irnich W, Risse M, et al. Postmortem in situ diagnosis of pacemakers and electrodes to detect dysfunction. *Leg Med (Tokyo)*. 2003; 5(1): 397-400. doi: 10.1016/s1344-6223(02)00171-2.
- Bartsch C, Irnich W, Junge M, et al. Post-mortem evaluation of 415 pacemakers: in situ measurements and bench tests. *Europace*. 2005; 7(2): 175-180. doi: 10.1016/j.eupc.2004.12.010.