



## Профилактика дисфункций электрокардиостимуляторов у больных с брадиаритмиями: результаты одноцентрового наблюдения

©С.О. Кадыралиев, А.Г. Файбушевич, Д.А. Максимкин\*

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

\* Д.А. Максимкин, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, danmed@bk.ru

Поступила в редакцию 10 октября 2023 г. Исправлена 22 октября 2023 г. Принята к печати 4 ноября 2023 г.

### Резюме

**Цель:** Оценка результатов хирургического лечения больных с брадиаритмиями, которые имели факторы риска развития дисфункций электрокардиостимуляторов (ЭКС) с применением усовершенствованных мер профилактики дисфункций.

**Материалы и методы:** Исследование состояло из двух этапов. На I этапе с целью выявления дисфункций системы ЭКС, развившихся как в раннем, так и позднем послеоперационном периоде, ретроспективно изучены истории болезни и амбулаторные карты 948 пациентов с различными формами брадиаритмий, которые были прооперированы в клинике с 2006 по 2021 г. На основании полученных данных о наиболее частых видах дисфункций системы ЭКС и возможных факторах риска их развития были усовершенствованы меры профилактики развития дисфункций для данной когорты больных, которые далее использовались на II (пилотном) этапе при отборе пациентов для хирургического вмешательства.

В ходе II этапа исследования прооперировано 188 больных за период 2019–2021 г., у 72 (38,3%) из них были выявлены факторы риска развития дисфункций на дооперационном этапе. Все пациенты оперированы с использованием предложенных и усовершенствованных мер профилактики дисфункций. Периоды наблюдения: госпитальный, через 6 и 12 мес.

**Результаты:** На I этапе у 78 (8,23%) пациентов выявлены признаки дисфункции системы ЭКС. 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 (пейсмекерный синдром).

При проведении корреляционного 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, а также повышение уровня мочевой кислоты, мочевины и креатинина крови, длительный и неконтролируемый прием стероидных препаратов и бронходилататоров.

На II этапе исследования дисфункций систем ЭКС, требующих изменения параметров кардиостимуляции, во время госпитализации в стационаре не наблюдалось. Через 6 мес. после операции у 1 (1,4%) пациента отмечено повышение импеданса до 2843 Ом, причиной которого стал неконтролируемый прием высоких доз кортикостероидов в связи с декомпенсацией ХОБЛ. После коррекции дозы кортикостероидов импеданс желудочкового электрода нормализовался. Через 12 мес. после операции у 2 (2,8%) пациентов наблюдалось снижение импеданса до 215 и 143 Ом соответственно. Причиной данных нарушений была дислокация желудочкового электрода. После коррекции положения электрода параметры кардиостимуляции восстановились до нормальных значений. Кардиальных осложнений на фоне возникших дисфункций не наблюдалось. Морфофункциональные параметры сердца также достоверно не различались при сравнении их с дооперационными.

**Заключение:** Хирургическое лечение больных с брадиаритмиями с факторами риска развития дисфункций ЭКС, которые были прооперированы с применением предложенных мер профилактики, показало высокую эффективность в снижении частоты возникновения дисфункций, а также кардиальных осложнений, связанных с неадекватной стимуляцией в отдаленном периоде наблюдения.

**Ключевые слова:** электрокардиостимулятор, имплантация электрокардиостимулятора, дисфункция системы электрокардиостимулятора, меры профилактики дисфункций, брадиаритмии

**Цитировать:** Кадыралиев С.О., Файбушевич А.Г., Максимкин Д.А. Профилактика дисфункций электрокардиостимуляторов у больных с брадиаритмиями: результаты одноцентрового наблюдения. *Инновационная медицина Кубани.* 2023;8(4):32–41. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-8-4-32-41>



# Prevention of Pacemaker Malfunctions in Patients With Bradyarrhythmia: Results of a Single-Center Follow-up

©Samatbek O. Kadyraliev, Alexander G. Faybushevich, Daniil A. Maximkin\*

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University, Moscow, Russian Federation

\* Daniil A. Maximkin, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University, ulitsa Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198, Russian Federation, danmed@bk.ru

Received: October 10, 2023. Received in revised form: October 22, 2023. Accepted: November 4, 2023.

## Abstract

**Objective:** To evaluate results of surgical treatment in patients with bradyarrhythmia and risk factors for pacemaker (PM) malfunctions using improved preventive measures.

**Materials and methods:** Our study consisted of two stages. At stage I, we retrospectively analyzed histories and outpatient medical records of 948 patients with various forms of bradyarrhythmias who underwent surgery in the clinic between 2006 and 2021 to identify PM malfunctions that occurred both in the early and late postoperative periods. Based on the data on the most common types of PM malfunctions and possible risk factors for their development, preventive measures were improved in this cohort of patients and were further used at stage II (pilot) to select patients for surgery.

During stage II (pilot), 188 patients were operated on between 2019 and 2021: risk factors for malfunctions were identified in 72 (38.3%) cases at the preoperative stage. All the patients underwent surgery with the proposed and improved preventive measures. Follow-up was during the hospital stay and in 6 and 12 months.

**Results:** At stage I (retrospective analysis), 78 (8.23%) patients had signs of PM malfunction. The most common malfunctions were endocardial electrode displacement (30.8%), increased stimulation threshold (25.6%), a change in the endocardial electrode impedance (17.9%), and impaired sensitivity (10.3%). In addition, premature battery depletion and PM syndrome were present in 9% and 6.4% of the patients, respectively.

The correlation analysis revealed that the most common findings associated with malfunctions were enlarged right chambers of the heart due to valvular defects and dilated cardiomyopathy, myocardial remodeling caused by chemotherapy and radiation therapy, postinfarction atherosclerosis in the electrode implantation area, untimely and inadequate PM programming, as well as increased levels of blood uric acid, urea, and creatinine, and prolonged and uncontrolled use of steroid drugs and bronchodilators.

At stage II, there were no PM malfunctions requiring changes in the pacing parameters during the hospitalization period. Six months postsurgery, 1 (1.4%) patient had an increase in impedance (to 2843 ohms) caused by the uncontrolled intake of high doses of corticosteroids due to decompensation of chronic obstructive pulmonary disease. After correction of the corticosteroids dose, the ventricular electrode impedance returned to the normal level. Twelve months postsurgery, 2 (2.8%) patients had a decrease in impedance to 215 and 143 ohms, respectively, caused by the ventricular electrode displacement. After correcting the electrode position, normal pacing parameters were restored. No cardiac complications due to malfunctions were observed. Morphofunctional parameters of the heart did not significantly differ when compared with preoperative ones.

**Conclusions:** Surgical treatment of patients with bradyarrhythmia and risk factors for PM malfunctions who underwent surgery with the proposed preventive measures demonstrated high efficiency in reducing the number of malfunctions and cardiac complications associated with inadequate stimulation in the long-term follow-up.

**Keywords:** pacemaker, pacemaker implantation, pacemaker malfunction, malfunction prevention, bradyarrhythmia

**Cite this article as:** Kadyraliev SO, Faybushevich AG, Maximkin DA. Prevention of pacemaker malfunctions in patients with bradyarrhythmia: results of a single-center follow-up. *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;8(4):32–41. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-8-4-32-41>

## Введение

Большинство пациентов, которым показана имплантация постоянного электрокардиостимулятора (ЭКС), находятся в возрастной группе старше 60 лет и страдают многочисленными сопутствующими заболеваниями, которые негативно влияют на прогноз основного заболевания [1, 2]. Наиболее частой причиной ухудшения проведения внутрисердечных импульсов с необходимостью последующей имплантации постоянного ЭКС является постинфарктный кардиосклероз [3, 4].

В России первичная имплантация ЭКС ежегодно выполняется у 50 тыс. больных. В то же время достоверных данных об общем количестве таких пациентов в доступной литературе нет. Имеются единичные указания, что количество таких пациентов приблизилось к 1 млн человек [5].

Большинство публикаций по теме отдаленных результатов лечения больных с брадиаритмиями посвя-

щено вопросам лечения осложнений, возникающих после имплантации постоянных кардиостимуляторов, тогда как проблема дисфункций, изучение факторов риска их развития, возможные меры профилактики остаются практически неизученными [6]. Отсутствие реальной информации о частоте дисфункций ЭКС на практике, а также причинах их возникновения представляет угрозу жизни для пациентов с брадиаритмиями, так как в данной ситуации невозможно предпринять никаких мер по их устранению [7].

Существует множество определений дисфункции системы ЭКС. Тем не менее большинство авторов сходятся во мнении, что это отказ какого-либо из компонентов имплантированной системы, требующий незапланированного повторного вмешательства либо перепрограммирования параметров [8].

Кроме того, важную роль в возникновении дисфункций ЭКС играет программирование параметров

стимуляции, соответствующих физиологическим потребностям пациента, что возможно только при регулярном наблюдении за пациентом. Это позволит принять своевременное решение либо о целесообразности замены устройства, либо о возможных способах коррекции благодаря адекватному программированию параметров стимуляции [9].

Современные имплантируемые устройства наделены многочисленными функциями, которые уже заведомо направлены на профилактику возможных дисфункций. Однако их освоение требует от хирурга и кардиолога дополнительного времени, вследствие чего большинство возможностей ЭКС не используются в клинической практике [10, 11].

### Цель

Выявление дисфункции системы ЭКС как в раннем, так и позднем послеоперационном периодах (на основе ретроспективного анализа), изучение причин их развития, а также совершенствование мер профилактики дисфункций и оценка их эффективности.

### Материалы и методы

Исследование выполнялось на кафедре госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, в Центральной клинической больнице «РЖД-Медицина».

Показания к имплантации ЭКС определялись согласно Российским клиническим рекомендациям по брадиаритмии и нарушениям проводимости [3].

У всех пациентов получено письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерии не включения пациентов в анализ: острые инфекционно-воспалительные заболевания сердца, первичный генез тахиаритмий (синдром удлиненного и укороченного интервала QT, катехоламинергическая желудочковая тахикардия, синдром Бругада, идиопатическая фибрилляция желудочков), недостаточность кровообращения IV функционального класса по NYHA, пациенты с постоянной формой фибрилляции предсердий, нуждающиеся в имплантации ЭКС с режимом стимуляции VVI и VVIR.

Исследование состояло из 2-х этапов. На I этапе с целью выявления дисфункций системы ЭКС, возникших в послеоперационном периоде, проведен ретроспективный анализ историй болезни и амбулаторных карт 948 пациентов с различными брадиаритмиями, оперированных в клинике с 2006 по 2021 г. Анализировались демографические показатели, данные анамнеза пациентов, морфофункциональные параметры сердца, результаты холтеровского мониторирования ЭКГ, а также параметры кардиостимуляции. В ходе проведенного анализа выявлено, что дисфункции

системы ЭКС наблюдались у 78 (8,23%) пациентов на разных этапах наблюдения.

Следует отметить, что большинство пациентов с выявленными дисфункциями имели тяжелый коморбидный фон – около 40% перенесли острый инфаркт миокарда, более половины страдали сахарным диабетом 2-го типа, а также недостаточностью кровообращения II–III функционального класса, как осложнение ишемической болезни сердца (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Клинико-демографическая характеристика**  
**пациентов с дисфункциями системы ЭКС**

**Table 1**  
**Clinical and demographic characteristics of patients with**  
**pacemaker malfunctions**

Показатели	(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 гипертония (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-го типа (n, %)	26 (33,3)
ИМТ 18,5–24,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	27 (34,6)
ИМТ 25–29,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	16 (20,5)
ИМТ 30–34,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	21 (26,9)
ИМТ 35–39,9 кг/м <sup>2</sup> (n, %)	8 (10,3)
ИМТ ≥ 40,0 кг/м <sup>2</sup> (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)

**Таблица 2**  
**Показания к имплантации ЭКС**  
**Table 2**

**Indications for pacemaker implantation**

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)

Показанием к имплантации ЭКС практически у половины пациентов с дисфункциями была атриовентрикулярная блокада II ст. (табл. 2).

Характеристика имплантированных систем ЭКС представлена в таблице 3.

Следует отметить, что желудочковые электроды были имплантированы преимущественно в верхушку правого желудочка, тогда как в среднюю треть межжелудочковой перегородки лишь у 17,9% пациентов. При этом 82,1% электродов имели активный тип фиксации.

При анализе данных трансторакальной эхокардиографии отмечались высокие показатели конечного диастолического и систолического объема, конечного систолического и диастолического размера левого желудочка (ЛЖ) и сниженные средние показатели фракции выброса (ФВ) ЛЖ (табл. 4).

Толщина миокарда задней стенки ЛЖ и межжелудочковой перегородки соответствовали нормальным значениям.

Методом бинарной логистической регрессии выявлены наиболее частые виды дисфункций, изучены причины их развития, а также взаимосвязь с сопутствующими заболеваниями и программированием параметров стимуляции. На основании полученных данных были сформулированы меры профилактики дисфункций системы ЭКС.

На II этапе (когортное исследование) за период 2019–2021 гг. оперировано 188 больных, среди них у 72 (38,3%) человек были выявлены факторы риска развития дисфункций на дооперационном этапе. Все пациенты прооперированы с использованием предложенных мер профилактики.

Всем больным до операции выполняли лабораторные исследования (общий анализ крови, коагулограмму, биохимический анализ крови, определение кон-

**Таблица 3**  
**Характеристика имплантированных эндокардиальных электродов (n = 78)**  
**Table 3**

**Characteristics of implanted endocardial electrodes (n = 78)**

Предсердные электроды (n – количество пациентов = 78)	
Отечественные (n, %)	41 (52,6)
Зарубежные (n, %)	37 (47,4)
Активная фиксация (n, %)	46 (58,9)
Пассивная фиксация (n, %)	32 (41,1)
Желудочковые электроды	
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)

**Таблица 4**  
**Морфофункциональные показатели ЛЖ**  
**Table 4**

**Morphofunctional parameters of the left ventricle**

Показатели	(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
ТЗС ЛЖ, мм	1,3 ± 0,07
ТМЖП, мм	1,4 ± 0,09
Правый желудочек, см	3,5 ± 0,5
ФВ ЛЖ, %	47,24 ± 2,25

*Прим:* ТЗС ЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки

*Note:* ТЗС ЛЖ – left ventricular posterior wall thickness, ТМЖП – interventricular septal thickness

центрации натрийуретического пептида), оценивали функцию почек по скорости клубочковой фильтрации, морфофункциональные параметры сердца. Среди инструментальных методов выполняли холтеровское мониторирование ЭКГ, рентгенографию органов грудной клетки, трансторакальную эхокардиографию, ультразвуковое исследование периферических артерий и вен. У пациентов с ишемической болезнью сердца – нагрузочные тесты и коронарографию (в случае положительного нагрузочного теста).

Имплантация ЭКС выполнялась либо через v. cephalica, либо через v. subclavia. При невозможности проведения электрода через v. subclavia предпочтение отдавалось доступу через наружную яремную вену. Имплантацию электрода в межжелудочковую перегородку выполняли с помощью изогнутого под боль-

шим радиусом стилета с дистальной кривизной кзади. Данная модификация стилета не затрудняла прохождение электрода через отверстие трехстворчатого клапана и позволяла позиционировать электрод в наиболее оптимальной области межжелудочковой перегородки.

После имплантации (госпитальный период): ЭКГ, тестирование параметров ЭКС с помощью программатора, рентгенография грудной клетки, холтеровское мониторирование ЭКГ (при выявлении признаков неэффективной стимуляции).

Повторные визиты: ЭКГ, оценка работы ЭКС с помощью программатора, рентгенография грудной клетки, трансторакальная эхокардиография, тест 6-минутной ходьбы, оценка уровня натрийуретического пептида, функции почек, лабораторный контроль (общий анализ крови, оценка показателей липидного и углеводного обмена), ультразвуковое исследование вен верхних конечностей.

### Критерии оценки результатов лечения

На этапе госпитализации – отсутствие необходимости перепрограммирования параметров стимуляции вследствие дисфункций систем ЭКС; повторные вмешательства в связи с дисфункцией системы ЭКС. При повторных визитах (через 6 и 12 мес.) – отсутствие кардиальных осложнений на фоне неэффективной стимуляции (кардиальная смерть, ухудшение функционального класса ХСН), а также отклонений в морфофункциональных параметрах сердца, отсутствие необходимости перепрограммирования параметров стимуляции.

Статистический анализ результатов проводился с использованием пакета программ Statistica 10.0 для MS Windows. Полученные результаты клинического исследования анализировали с помощью методов вариационной статистики с вычислением средней арифметической (M), среднего квадратического отклонения (δ), средней ошибки средней арифметической (m). Качественные признаки описывали простым указанием количества и доли в процентах для каждой категории. Проводили проверку нормальности распределения количественных признаков с использованием

критерия Шапиро-Уилка. В случае, когда закон распределения измеряемых величин можно было считать нормальным, был использован t-критерий Стьюдента. Для признаков, не отвечающих требованиям нормального распределения, использовали непараметрический тест Манна-Уитни (U-тест). Значения в таблице представлены в виде медианы и межквартильного интервала. Оценку эффективности проводимого лечения осуществляли согласно принципам доказательной медицины по показателям снижения относительного и абсолютного риска осложнений, отношения шансов.

### Результаты

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

У 20 (25,6%) больных практически в 4 раза возросли значения порога стимуляции в отдаленном периоде наблюдения по сравнению с данными, полученными по окончании стационарного лечения. Так, средние значения порога стимуляции составили 1,75 Вольт при длительности импульса 0,5 мс. Амплитуда внутрисердечного сигнала в послеоперационном периоде составила в среднем 7,7 мВ и не превышала более 12,2 мВ. При повторных визитах средние показатели амплитуды внутрисердечного сигнала составили 8,52 мВ. 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 (табл. 5).

Таким образом, наиболее часто наблюдались дислокация эндокардиального электрода (30,8%),

**Таблица 5**  
Средние значения параметров кардиостимуляции в послеоперационном периоде и во время повторных визитов (n = 78)

**Table 5**  
Average pacing parameters in the postoperative period and during repeated visits (n = 78)

Сроки наблюдения	Порог стимуляции (Вольт) 95% ДИ	Амплитуды внутрисердечного сигнала (мВ) 95% ДИ	Импеданс (Ом) 95% ДИ
Госпитальный период	1,75 (0,8–2,7)	7,7 (3,2–12,2)	751 (527–975)
Повторные визиты	7,55 (1,4–13,7)	8,52 (2,8–14,25)	1674 (103–3745)

**Таблица 6**  
**Основные причины дисфункций системы ЭКС**  
**Table 6**  
**Main causes of PM malfunctions**

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 вентрикуло-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 <sup>2</sup>	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

повышение порога стимуляции (25,6%), изменение импеданса эндокардиального электрода (17,9%) и нарушение чувствительности (10,3%). Кроме того, у 9% пациентов было обнаружено преждевременное истощение источника питания ЭКС, а у 6,4% пациентов – синдром ЭКС (пейсмейкерный синдром). Детальный анализ причин развития дисфункции представлен в таблице 6.

Нами выявлено, что чаще всего с дисфункциями ассоциируются расширенные правые камеры сердца на фоне клапанных пороков и дилатационной

кардиомиопатии, отрицательное 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 гиперурикемией, а также повышением уровня мочевины и креатинина крови, длительным и неконтролируемым приемом стероидных препаратов и бронходилататоров.

Таблица 7

**Меры профилактики дисфункций системы ЭКС у пациентов с факторами риска их развития**

Table 7

**Measures for prevention of PM malfunctions in patients with risk factors for their development**

<ul style="list-style-type: none"> <li>У пациентов с ХИБС – обязательное решение вопроса о необходимости реваскуляризации миокарда во избежание нарушения систолической функции миокарда. Целесообразно уменьшение частоты стимуляции для увеличения диастолической перфузии коронарных артерий. При наличии в анамнезе ПИКС – имплантация желудочкового электрода в межжелудочковую перегородку. Возможно увеличение базовой частоты стимуляции в целях профилактики усугубления клинических проявлений ХСН. Планирование более частых визитов, особенно для низкокомплаентных пациентов.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Кардиомиопатия. Желудочковый электрод имплантировать в верхушку правого желудочка, использовать электрод с активной фиксацией. Пациентам старше 65 лет и противопоказаниями к выполнению спиртовой абляции или миоэктомии обязательно программировать кардиостимулятор в режим DDD в сочетании с укороченным АВ-интервалом.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ХОБЛ. Обязательное выполнение спирометрии до имплантации ЭКС, а также оценка толщины миокарда методом эхокардиографии. Целесообразна имплантация желудочкового электрода в межжелудочковую перегородку. В послеоперационном периоде при каждом плановом повторном визите контроль импеданса электродов и порога стимуляции: часто бывает увеличение указанных параметров вследствие нарушения электролитного баланса, возникающего на фоне длительного приема бронходилататоров (<math>\beta_2</math>-агонисты и кортикостероиды). Обязательное выполнение трансторакальной эхокардиографии с целью исключения возможного выпота в перикардиальной и плевральной полости, что влияет на изменение импеданса электродов.</li> <li>Хроническая болезнь почек и подагра. Следить за водно-электролитным балансом, как в пред-, так и в послеоперационном периоде. Нормализовать уровень мочевой кислоты во избежание избыточной кальцификации электродов.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Злокачественные новообразования. Увеличить кратность проверки параметров стимуляции (до 1 раза в 3 мес.) и особенно во время прохождения курса химио- или лучевой терапии. При каждом повторном визите выполнять трансторакальную эхокардиографию с целью исключения выпота в плевральной или перикардиальной полостях и оценку морфофункциональных параметров (возможно ремоделирование миокарда с последующей дислокацией электродов). После курса лучевой терапии целесообразно выполнение МРТ сердца с контрастированием для оценки величины фиброза миокарда и последующего изменения параметров стимуляции в случае увеличения его объема.</li> </ul>

Основываясь на полученных данных в отношении пациентов с имеющимися факторами риска возникновения дисфункций системы ЭКС, нами были предложены и усовершенствованы меры их профилактики (табл. 7).

На II этапе в исследование вошли 72 из 188 оперированных больных, у которых были выявлены факторы риска развития дисфункций на дооперационном этапе (табл. 8).

Следует отметить, что данная когорта пациентов также имела отягощенный коморбидный фон.

Количество имплантированных отечественных и зарубежных кардиостимуляторов было в равных соотношениях. Всем больным имплантированы биполярные электроды, при этом 77,8% желудочковых электродов были с активным типом фиксации, 22,2% – с пассивным типом фиксации. Желудочковые электроды были имплантированы преимущественно в среднюю треть межжелудочковой перегородки (83,3%).

Отдаленные результаты лечения у всех пациентов, исследуемых на II этапе, удалось проследить через 6 и 12 мес.

В раннем послеоперационном периоде средние показатели порога стимуляции составили 1,29 В (0,85–1,73; 95% ДИ) при длительности импульса 0,5 мс. При повторных визитах достоверного увеличения среднего показателя порога стимуляции не выявлено (табл. 9).

Таблица 8

**Факторы риска развития дисфункций системы ЭКС у пациентов на II этапе исследования**

Table 8

**Risk factors for PM malfunctions at stage II of the study**

Факторы риска	n = 72 (100%)
Кардиальные факторы	
Приобретенные пороки сердца:	18 (25)
• митрального клапана (n, %)	5 (6,9)
• аортального клапана (n, %)	13 (18,1)
Постинфарктный кардиосклероз	30 (41,7)
Воспалительные заболевания миокарда и эндокарда	7 (8,9)
Кардиомиопатия	8 (11,1)
Операция на открытом сердце в анамнезе	18 (25)
Некардиальные факторы	
Декомпенсация сахарного диабета	24 (33,3)
Химио- и лучевая терапия по поводу онкологических заболеваний	10 (13,9)
ИМТ ниже 25 кг/м <sup>2</sup>	24 (33,3)
Длительный прием кортикостероидных препаратов и иммунодепрессантов вследствие прогрессирования ХОБЛ и системных заболеваний соединительной ткани	31 (43,1)
Нарушение функции почек (пациенты на гемодиализе)	16 (22,2)
Гиперурикемии вследствие подагры	9 (12,1)

Таблица 9

Средние значения параметров кардиостимуляции в послеоперационном периоде и во время повторных визитов (95% ДИ)

Table 9

Average pacing parameters in the postoperative period and during repeated visits (95% CI)

Сроки наблюдения	Порог стимуляции (Вольт)	Амплитуды внутрисердечного сигнала (мВ)	Импеданс (Ом)
Послеоперационный период	1,29 (0,85–1,73)	6,71 (6,17–7,25)	584 (425–743)
на 6-й мес.	1,55 (1,18–1,93)	8,85 (8,43–9,27)	1660 (478–2843)
на 12-й мес.	1,64 (1,12–2,17)	9,3 (8,84–9,77)	464 (143–785)

Амплитуда внутрисердечного сигнала в послеоперационном периоде составила 6,71 (6,17–7,25; 95% ДИ). При повторном визите на 6 мес. средние значения амплитуды внутрисердечного сигнала возросли до 8,85 мВ, а на 12 мес. до 9,3 мВ. При этом данные показатели находились в пределах допустимых норм для данного периода наблюдения (табл. 9).

На госпитальном этапе дисфункций систем ЭКС, требующих изменений параметров кардиостимуляции, не наблюдалось. Повторные вмешательства в связи с дисфункцией системы ЭКС также не выполнялись.

Через 6 мес. после операции у 1 (1,4%) пациента отмечено повышение импеданса до 2843 Ом, причиной которого явился неконтролируемый прием пациентом высоких доз кортикостероидов в связи с декомпенсацией ХОБЛ. После коррекции дозы кортикостероидов импеданс желудочкового электрода нормализовался. Таким образом, через 6 мес. наблюдения дисфункция системы ЭКС была выявлена у 1 (1,4%) пациента. Кардиальных осложнений (смерть, ухудшение функционального класса ХСН) на фоне возникшей дисфункции не зарегистрировано. Морфофункциональные параметры сердца достоверно не различались по сравнению их с дооперационными показателями. Перепрограммирования параметров стимуляции, кроме вышеуказанного одного пациента, не требовалось.

Спустя 12 мес. у 2 (2,8%) пациентов наблюдалось снижение импеданса до 215 и 143 Ом соответственно. Причиной данных нарушений была дислокация желудочкового электрода. После коррекции положения электрода параметры кардиостимуляции восстановились до нормальных значений. Таким образом, общая частота дисфункций, потребовавших повторных вмешательств на данном этапе наблюдения, составила 2,8%. Кардиальных осложнений на фоне возникших дисфункций не наблюдалось. Изменений морфофункциональных параметров сердца по сравнению с первичными данными не выявлено.

### Обсуждение

Внедрение новых функций в работу современных кардиостимуляторов и программаторов способствовало значительному снижению отдаленных осложнений

и повторных операций, что, в свою очередь, повлияло на увеличение количества операций у больных с брадиаритмиями [12, 13]. Кроме того, имеются единичные сообщения о том, что количество дисфункций системы ЭКС за последние годы значительно снизилось [8]. Тем не менее, согласно мнению многих исследователей, всегда сохраняется риск развития дисфункций системы ЭКС [1, 3, 4, 6, 7]. В то же время в клинической практике отсутствуют общепринятые протоколы профилактики подобных нарушений в работе ЭКС [5, 6].

Оценка частоты повторных операций, связанных с развитием дисфункций, также противоречивы. Так, в США за период с 2002 по 2009 г. среди имплантированных 2,25 млн кардиостимуляторов, эксплантация устройства выполнена 8 834 пациентам в связи с подтвержденной дисфункцией. При этом летальный исход, обусловленный дисфункцией кардиостимулятора, был зарегистрирован у 30 пациентов. Данное исследование четко демонстрирует, что частота дисфункций в реальной клинической практике остается чрезвычайно высокой, при этом выявить их удается лишь у пациентов с высокой приверженностью к лечению [14].

В Германии из 77 283 имплантированных кардиостимуляторов заменено 17 085 устройств и проведено 11 383 ревизионных операций с заменой источника питания либо полной эксплантацией системы. При этом следует отметить, что частота показаний к ревизионным вмешательствам из-за дисфункций увеличилась с 0,9% в 2015 г. до 2,8% в 2017 г. [15].

Н.С. Bowman и соавт. (2021) продемонстрировали данные 7-летнего исследования, в котором дисфункция системы ЭКС наблюдалась у 24% оперированных пациентов, при этом повторное вмешательство потребовалось 22% больных [8].

В представленной работе проведен анализ большого количества клинических наблюдений, дана детальная оценка демографических, анамнестических, инструментальных факторов, которые способствовали выявлению дисфункций системы ЭКС, возникших в различные сроки наблюдения. Кроме того, изучены причины их развития, способствовавшие разработке

и усовершенствованию мер профилактики дисфункций, особенно у пациентов с имеющимися факторами риска.

Предложенные меры профилактики в целом показали высокую эффективность – низкая частота дисфункций через 6 и 12 мес. наблюдения и полное их отсутствие в раннем послеоперационном периоде. Повторное вмешательство потребовалось лишь 2 (2,8%) больным через 12 мес. после операции в связи с зарегистрированной неэффективной стимуляцией и сниженным импедансом на фоне поздней дислокации желудочковых эндокардиальных электродов. При этом данные дисфункции не сопровождалась кардиальными осложнениями и изменением морфофункциональных параметров сердца. Причинами возникших дислокаций у одного пациента могла быть полученная тяжелая травма, у другого – профессиональная вредность, связанная с постоянной вибрацией.

### Заключение

Таким образом, хирургическое лечение больных с брадиаритмиями с факторами риска развития дисфункций ЭКС, прооперированных с применением предложенных мер профилактики, показало высокую эффективность в снижении частоты возникновения дисфункций, а также кардиальных осложнений, связанных с неадекватной стимуляцией в отдаленном периоде наблюдений.

### Вклад авторов

*Концепт и дизайн исследования:* Д.А. Максимкин  
*Получение, анализ и интерпретация данных:*  
 С.О. Кадыралиев, А.Г. Файбушевич  
*Написание статьи:* С.О. Кадыралиев  
*Корректировка статьи:* Все авторы  
*Утверждение окончательной версии для публикации:*  
 Все авторы

### Author contributions

*Concept and design:* Maximkin  
*Acquisition, analysis, or interpretation of data:* Kadyraliev, Faybushevich  
*Manuscript drafting:* Kadyraliev  
*Manuscript revising:* All authors  
*Final approval of the version to be published:* All authors

### Литература/References

1. Cingolani E, Goldhaber JJ, Marbán E. Next-generation pacemakers: from small devices to biological pacemakers. *Nat Rev Cardiol.* 2018;15(3):139–150. PMID: 29143810. PMID: PMC6261336. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.165>
2. Mulpuru SK, Madhavan M, McLeod CJ, Cha YM, Friedman PA. Cardiac pacemakers: function, troubleshooting, and management: part 1 of a 2-part series. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(2):189–210. PMID: 28081829. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.061>
3. Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А., Глезер М.Г. и др. Брадиаритмии и нарушения проводимости. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(4):203–245. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4448>

4. Revishvili AS, Artyukhina EA, Glezer MG, et al. 2020 Clinical practice guidelines for bradyarrhythmias and conduction disorders. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(4):203–245. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4448>
4. Fumagalli S, Potpara TS, Bjerregaard Larsen T, et al. Frailty syndrome: an emerging clinical problem in the everyday management of clinical arrhythmias. The results of the European Heart Rhythm Association survey. *Europace.* 2017;19(11):1896–1902. PMID: 29040554. <https://doi.org/10.1093/europace/eux288>
5. Сапельников О.В., Куликов А.А., Черкашин Д.И. и др. Удаление электродов имплантированных систем. Состояние проблемы. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2019;23(4):47–52. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-47-52>
5. Sapelnikov OV, Kulikov AA, Cherkashin DI, et al. Removal of electrodes of implanted systems. The state of the problem. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya.* 2019;23(4):47–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-47-52>
6. Domagała S, Domagała M, Chyla J, Wojciechowska C, Janion M, Polewczyk A. Complications of electrotherapy – the dark side of treatment with cardiac implantable electronic devices. *Postepy Kardiol Interwencyjnej.* 2018;14(1):15–25. PMID: 29743900. PMID: PMC5939541. <https://doi.org/10.5114/aic.2018.74351>
7. Gómez-Polo JC, Higuera Nafria J, Martínez-Losas P, Cañadas-Godoy V, Bover-Freire R, Pérez-Villacastín J. Poor knowledge of potentially lethal electrocardiographic patterns in asymptomatic patients among noncardiologist physicians, and underestimation of their seriousness. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2017;70(6):507–508. PMID: 28277265. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2016.09.021>
8. 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. PMID: 32941867. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.027>
9. Шаваров А.А., Джанджгава А.О., Ардашев А.В. Нарушения функционирования электрокардиостимуляторов и кардиовертеров-дефибрилляторов. В: Под ред. Проф. А.В. Ардашева. *Клиническая аритмология.* ИД «МЕДПРАКТИКА-М»; 2009:689–705.
9. Shavarov AA, Dzhandzhgava AO, Ardashev AV. Malfunction of pacemakers and defibrillators. In: Ardashev AV, ed. *Clinical Arrhythmology.* ID «MEDPRAKTIKA-M»; 2009:689–705. (In Russ.).
10. Montgomery JA, Ellis CR. Longevity of cardiovascular implantable electronic devices. *Card Electrophysiol Clin.* 2018;10(1):1–9. PMID: 29428130. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2017.11.001>
11. Martínez-Losas P, Higuera J, Gómez-Polo JC, et al. The influence of computerized interpretation of an electrocardiogram reading. *Am J Emerg Med.* 2016;34(10):2031–2032. PMID: 27489186. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.07.029>
12. Дубровский И.А. Эффективность применения отечественных и зарубежных электрокардиостимуляторов в клиниках России. *Вестник аритмологии.* 2013;(71):79–80.
12. Dubrovsky IA. Effectiveness of application of cardiac pacemakers manufactured in Russia and outside Russia in Russian hospitals. *Vestnik aritmologii.* 2013;(71):79–80. (In Russ.).
13. Ревিশвили А.Ш., Ломидзе Н.Н., Абдрахманов А.С. и др. Мобильный телемониторинг для ранней диагностики изменений состояния пациентов с применением технологии Home Monitoring. *Вестник аритмологии.* 2019;26(2):5–13. <https://doi.org/10.35336/VA-2019-2-5-13>
13. Revishvili AS, Lomidze NN, Abdrakhmanov AS, et al. Remote monitoring for early diagnostics of patient's state changes with home monitoring technology. *Vestnik aritmologii.* 2019;26(2):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.35336/VA-2019-2-5-13>

14. 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. PMID: 16639048. <https://doi.org/10.1001/jama.295.16.1901>

15. Markewitz A; Bundesfachgruppe Herzschrittmacher und Defibrillatoren. Annual report 2017 of the German pacemaker- and defibrillator register - Part 2: implantable cardioverter defibrillators (ICD). : Working group on Cardiac pacemaker and implantable cardioverter-defibrillators at the IQTIG - Institute of Quality Assurance and Transparency in Healthcare. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2019;30(4):389–403. Published correction appears in *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2020;31(1):100. (In German). PMID: 31705261. <https://doi.org/10.1007/s00399-019-00648-9>

### Сведения об авторах

**Кадыралиев Саматбек Орозбекович**, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-8674-3432>

**Файбушевич Александр Георгиевич**, к. м. н., доцент, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1933-6842>

**Максимкин Даниил Александрович**, к. м. н., доцент, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Медицинского института, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3593-436X>

### Конфликт интересов

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

### Author credentials

**Samatbek O. Kadyraliev**, Postgraduate Student, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8674-3432>

**Alexander G. Faybushevich**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1933-6842>

**Daniil A. Maximkin**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3593-436X>

**Conflict of interest:** none declared.