

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Е.В.Первова^{1,2}, Т.С.Смирнова¹, М.В.Мурман¹, К.В.Котов¹, И.В.Самойленко¹

НЕПРЕДСКАЗУЕМОЕ ПЕРЕПРОГРАММИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА ОДНОГО РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ПРОГРАММАТОРОМ ДРУГОГО РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

¹ГБУЗ ГKB № 4 ДЗ Москвы, ²ФГБУ «СЗФМИЦ им. В.А.Алмазова» МЗ РФ

Представлено клиническое наблюдение непредсказуемого программирования параметров стимуляции постоянного электрокардиостимулятора «Юниор SC» (ЗАО «Кардиоэлектроника», Климовск) программатором другого производителя кардиостимуляционных систем (ЗАО НПФ «Элестим-Кардио», Москва).

Ключевые слова: электрокардиостимулятор, ложное программирование устройства, непредсказуемое перепрограммирование (феномен «cross-programming»), надежность, безопасность.

A clinical case report is given of an unpredicted programming of pacing parameters of a permanent pacemaker Junior SC (Kardioelektronika LLC, Klimovsk, Russia) using a programmer by another manufacturer of cardiac pacemakers (Elestim-Kardio LLC, Moscow, Russia).

Key words: cardiac pacemaker, false device programming, unpredicted re-programming (cross-programming phenomenon), reliability, safety.

Развитие медицинских технологий в области хирургического лечения аритмий на протяжении последних десятилетий привело к совершенствованию систем кардиостимуляции и программируемых их устройств («программаторов»), что способствует увеличению надежности и безопасности применения имплантированных антиаритмических устройств [1-3]. «Программирование» подразумевает процесс неинвазивного считывания показателей работы имплантированного антиаритмического устройства и неинвазивного изменения параметров его работы. Программирование осуществляется путем непрямого контакта магнитного профиля наружной системы (программатор) с электронной схемой имплантированного в тело пациента антиаритмического устройства (например, имплантированного электрокардиостимулятора (ЭКС)). Программатор принимает сигналы от «передатчика» ЭКС на «приемник» программатора. В приемнике происходит декодирование сигналов. Программатор формирует кодированные последовательности телеметрических (или магнитных) импульсов, которые обеспечивают выполнение соответствующих команд.

Процесс выполнения любых манипуляций между программатором и ЭКС маркируется каким-либо визуальным эффектом (обеспечивается звуковая или визуальная индикация на цифровом дисплее или лампочкой, расположенной на панели программатора). При применении параллельно программированию ЭКС регистрации поверхностной электрокардиограммы (ЭКГ) данные процессы находят отражение и на ней. Тем самым врач, выполняющий программирование системы стимуляции, понимает, что передаваемая им команда была выполнена устройством. Для обеспечения безопасности и надежности устройств, приемник кардиостимулятора предназначен для при-

ема только своего собственного специфического языка. Программатор иной фирмы не должен выполнять не только считывание информации со стимулятора конкурента, но и не должен вносить какие-либо изменения в настройки его работы [4, 5]. Тем самым предотвращаются различные формы ложного программирования системы стимуляции.

В настоящее время каждый производитель имеет собственный программатор, с обновляемым программным обеспечением, что рассматривается одним из главных путей защиты пациента. Программаторы различных производителей не взаимозаменяемы. Мировые фирмы, производители кардиостимуляционной техники, строго следят за соблюдением данных требований, тем самым заботясь о надежности и безопасности своих устройств. Современные программаторы имеют функцию телеметрии, и эта функция используется, как для передачи информации в память ЭКС, так и для получения обратной информации от ЭКС при отслеживании его состояния и функционирования.

Феномен «непредсказуемое программирование» («cross-programming») относится к проявлениям «ложного программирования» [4]. Явление редкое, представлено как непредсказуемое перепрограммирование имплантированного кардиостимулятора или кардиовертера-дефибриллятора одного производителя программатором другого производителя. «Диспрограммирование» («dysprogramming») - разновидность «ложного» программирования из-за аномального источника помех, например, при применении электрокаутера), вызывает нарушение работы или аномальное поведение ЭКС, которые могут приводить к неадекватному для пациента изменению параметров стимулов, частоты стимуляции и проч., что может быть жизнеугрожающим [6, 7], особенно при программировании

© Коллектив авторов 2018

Цитировать как: Первова Е.В., Смирнова Т.С., Мурман М.В., Котов К.В., Самойленко И.В. Непредсказуемое перепрограммирование электрокардиостимулятора одного российского производителя программатором другого российского производителя // Вестник аритмологии, 2018, №93, с. 43-48; DOI: 10.25760/VA-2018-93-43-48.

подпороговых значений параметров стимуляции пейсмейкер-зависимым пациентам.

В литературе указывается на необходимость применения программатора родного производителя при опросе и программировании параметров устройств для предупреждения непредсказуемого программирования [4]. Увеличение сложности кодирования и применение сложных электронных схем в импортных кардиостимуляционных системах привело к сокращению масштабов «перекрестного» программирования [8]. В настоящее время считается, что современные технологии делают cross-programming практически невозможным.

Многолетний опыт ежегодной имплантации около 1500 ЭКС и постоперационного сопровождения пациентов с имплантированными устройствами в условиях ГКБ № 4 ДЗ Москвы (бывший Московский Городской Центр Кардиостимуляции) показывает сохранение явления «cross-programming» отечественных производителей кардиостимуляционной техники. Ежегодно мы наблюдаем отдельные случаи непреднамеренного программирования имплантированного ЭКС одного отечественного производителя, программатором другого отечественного производителя. После этого ЭКС продолжает работать на перепрограммированных параметрах, что подтверждается данными используемых программаторов с телеметрией, данными тестов, выполненных с использованием специальных тестеров, и под контролем поверхностной ЭКГ. Как правило, причиной программирования ЭКС пациента программатором иного производителя являются: отсутствие сопроводительной медицинской документации и иных источников информации об имплантированном пациенту устройстве, необходимость срочного программирования ЭКС пациентов, поступающих по экстренным показаниям (отсутствие стимулов ЭКС, неэффективные стимулы у стимулятор-зависимых пациентов и пр.).

Авторы хотят привлечь внимание коллег к сохраняющимся в отечественных системах ЭКС проявлениям ложного программирования. Представленный случай выбран нами исходя из наличия наибольшего числа собранных визуальных доказательств, что авторы рассматривают важным для предотвращения упреков в предвзятости и непрофессионализме.

Пациентка 87 лет. Обратилась в центральное приемное отделение ГКБ № 4 ДЗ Москвы после резкого ухудшения самочувствия, сопровождавшегося урежением ритма сердца до 30 уд/мин. Из представленных сопроводительных документов следовало,

что пациентке был имплантирован однокамерный ЭКС-530 отечественного производителя ЗАО НПФ «Элестим-Кардио». На поверхностной ЭКГ (рис. 1а) регистрировалось чередование искусственных желудочковых комплексов (эффективные желудочковые стимулы) с артефактами стимулов, не вызывающих возбуждения миокарда правого желудочка. Частота сердечных сокращений (ЧСС) колебалась от 70 уд/мин (стимуляционного) до 35 уд/мин (собственного). Базовый ритм расценен как фибрилляция предсердий. На ЭКГ амплитуда эффективных и неэффективных спайков стимулов сопоставима между собой. Межстимульный интервал составлял 840 мс, что соответствовало 70 имп/мин базовой частоты стимуляции. При прикладывании магнита (рис. 1б) к ложу ЭКС в левой подключичной области регистрировалось учащение стимуляционного ритма до 100 имп/мин (межстимульный интервал 600 мс), что говорило об отсутствии признаков истощения батареи ЭКС.

Пациентка была транспортирована в специализированное отделение для проведения полноценного программирования системы стимуляции с целью выявления причины неэффективной стимуляции и, при возможности, для перепрограммирования системы стимуляции с целью восстановления эффективности желудочковых стимулов. На поверхностной ЭКГ (рис. 2а) продолжали регистрироваться неэффективные стимулы, которые были синхронизированы с предыдущими собственными желудочковыми событиями через длину базового интервала стимуляции (840 мс). Учитывая наличие желудочковой стимуляции, неполной блокадой правой ножки пучка Гиса и отсутствие клиники, изменения конечной части собственных QRS (отрицательные T зубцы глубиной до 7 мм в отведениях VI-V6, до 2 мм в отведениях II, III, aVF) расценены как неспецифичные.

Учитывая первичную информацию об имплантированном пациентке ЭКС-530, программирова-

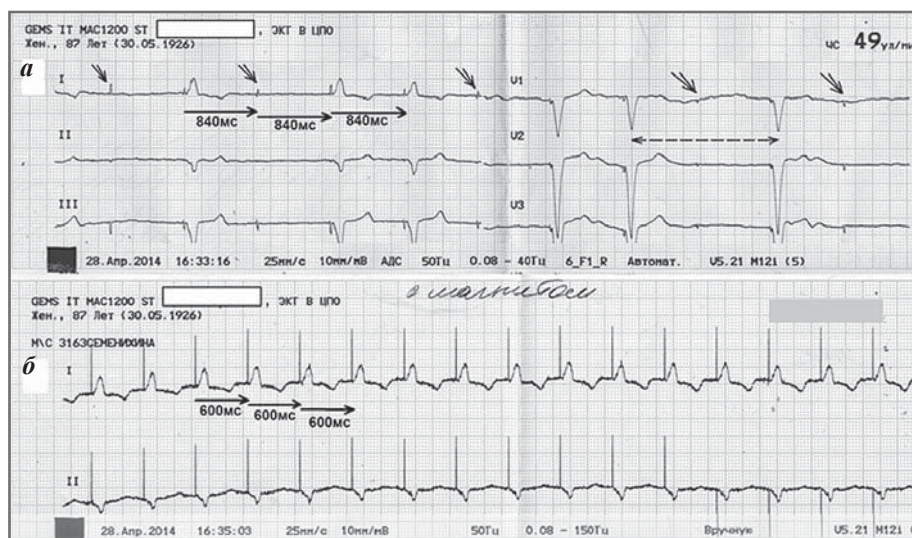


Рис. 1. ЭКГ при поступлении: а - желудочковая стимуляция (интервал стимуляции 840 мс), переходящая неэффективная стимуляция (наклонные стрелки), б - желудочковая стимуляция магнитного теста (интервал стимуляции 600 мс).

ние проводилось с помощью программатора «ПРОГРЭКС-040» согласно программе для ЭКС-530. Учитывая неэффективность стимулов, было принято решение первым этапом запрограммировать максимальные значения амплитуды (A) (для ЭКС-530 составляет 10 В) и длительности импульса (ДИ) (для ЭКС-530 составляет 1,0 мс). На рис. 2б, в представлена маркировка проведения программы из программатора в ЭКС на фоне реализации «магнитного теста».

После выполнения данных манипуляций восстановления эффективности желудочковых стимулов достигнуто не было. В связи с этим пациентка была госпитализирована в стационар. В процессе оформления документации выяснилось, что первично имевшаяся в распоряжении врачей информация об имплантации пациентке ЭКС-530 не верна. Оказалось, что ближайшая к текущей госпитализации кардиохирургическая помощь пациентке состояла в смене имплантированного ранее ЭКС-530 на ЭКС «Юниор SC». Таким образом, в момент текущего программирования в теле пациентки находился ЭКС «Юниор SC». В связи со вновь открывшимися обстоятельствами, в отделении было выполнено повторное программирование ЭКС пациентки программатором «ЮНИ-2». В процессе программирования определены модель, серийный номер и производитель ЭКС, что нашло отражение в распечатке параметров (ЭКС «Юниор SC» №12689, ЗАО «КАРДИКС»). Индикатор состояния батареи ЭКС на экране программатора показывал значение «ОК» на зеленом

фоне, что позволило исключить предположение об истощении батареи ЭКС (маркировка «нормального состояния батареи»). Считывание информации с ЭКС показало (рис. 3), что режим стимуляции маркировался VVI с базовой частотой 70 имп./мин, $A = 6,2$ В, ДИ = 0,976 мс, Чувствительность - 3,0 мВ, рефрактерный период - 260 мс; полярность стимула - монополярная, чувствительности - биполярная. Сопротивление электрода в моно- и биполярной конфигурации >3000 Ом.

Учитывая сохраняющуюся неэффективность желудочковой стимуляции после перепрограммирования параметров A и ДИ на максимально возможные значения, а так же данные сопротивления электрода, пациентка с низкой частотой ритма сердца была транспортирована в операционную. По время хирургической ревизии системы стимуляции выявлена дислокация желудочкового электрода. Выполнена коррекция его положения. оставлен ЭКС прежний. В послеоперационном периоде при контрольных тестированиях с применением совместимого программатора, под контролем поверхностной ЭКГ работа системы стимуляции признана адекватной запрограммированному режиму VVI (отсутствие нарушений как стимулирующей, так и воспринимающей функций ЭКС).

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем случае первичное программирование системы ЭКС пациентки на этапе пребывания в ЦПО проводилось с помощью программатора «ПРОГРЭКС-

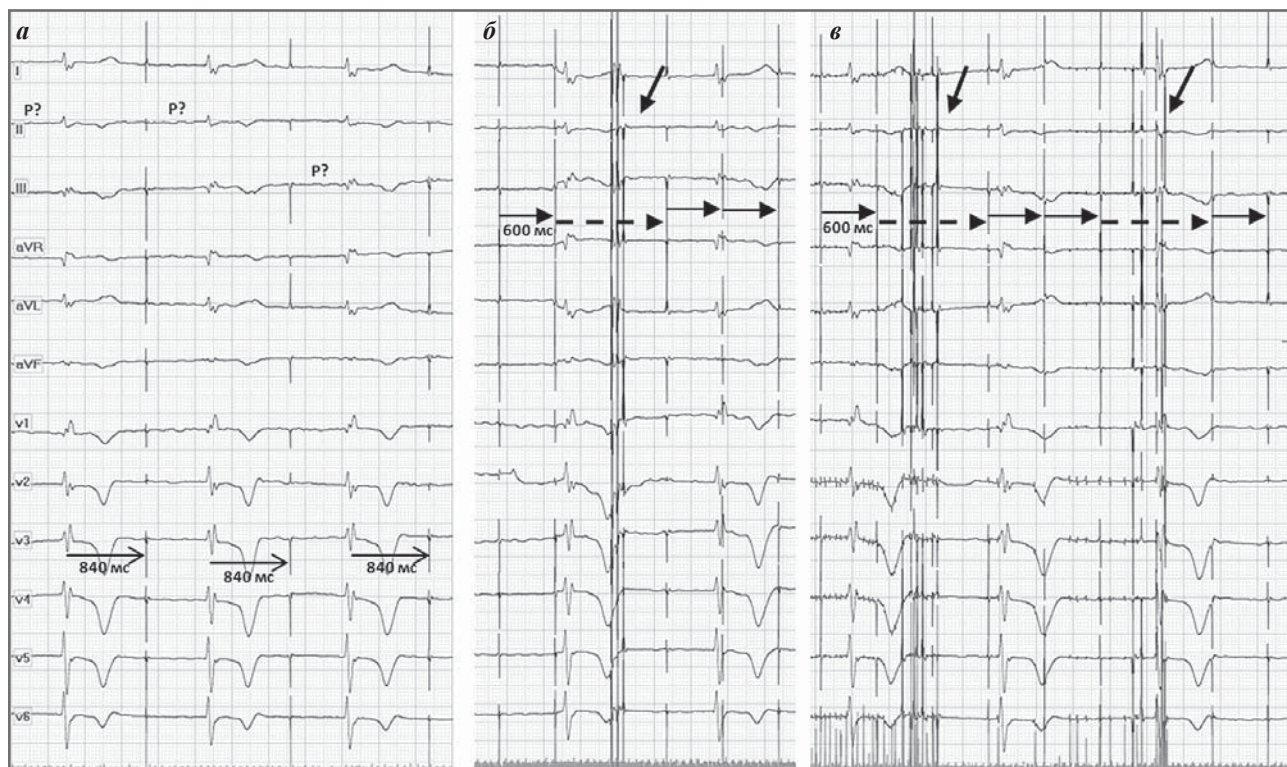


Рис. 2. ЭКГ пациентки: а - собственный ритм с ЧСС 54 уд/мин, неэффективные желудочковые стимулы, синхронизированные с собственными QRS через длину интервала стимуляции 840 мс; б, в - моменты подтверждения (наклонные стрелки) прохождения программы при программировании ЭКС-530 программатором «ПРОГРЭКС-040» на фоне неэффективной желудочковой стимуляции с частотой магнитного ритма (интервал стимуляции 600 мс).

040», производителем которого является ЗАО НПФ «Элестим-Кардио» (Москва). Данный программатор был выбран врачом, т.к. по информации из предоставленной медицинской выписки предыдущей госпитализации, состоявшейся за 5 месяцев до текущего обращения, пациентке был имплантирован ЭКС-530 того же производителя. Во время данного программирования в память ЭКС были введены максимальные для кардиостимуляторов производителя ЗАО НПФ «Элестим-Кардио» значения А и ДИ стимулов ($A=10$ В и $ДИ = 1,0$ мс). Процесс подтверждения прохождения программы (период технического интервала программирования, содержащего высокочастотные артефакты передачи) представлен на рис. 2б,в.

Согласно руководящему документу, описывающему правила эксплуатации ЭКС-530 [9], для подтверждения прохождения программы, особенно при программировании таких параметров, как амплитуда, длительность импульса, чувствительность, рефрактерный период, предусмотрен специальный тест: «...при прохождении программы первый интервал стимуляции удлиняется на 125 мс, а следующий за ним интервал укорачивается на ту же величину. При этом в сумме они соответствуют двум интервалам стимуляции магнитного теста...». ЭКГ позволяет контролировать не только прохождение программы программатора, но и оценить изменение отображения стимулов. Так при сравнении спайков/артефактов стимулов на рис. 2б,в со стимулами на исходной ЭКГ рис. 1а и рис. 2а видно визуальное увеличение амплитуды артефактов стимулов, что так же косвенно подтверждает проведение программы в память ЭКС (запрограммированы $A = 10$ В и $ДИ = 1,0$ мс).

Повторное программирование системы стимуляции выполнено через непродолжительное время после транспортировки пациентки из ЦПО в отделение. Учитывая уточненные данные о модели имплантированного пациентке устройства («Юниор SC», ЗАО «Кардиоэлектроника», Климовск), повторное программирование выполнялось с помощью программатора «ЮНИ-2» (производитель ЗАО «КАРДИКС»). Данный программатор рекомендован производителем ЗАО «Кардиоэлектроника» для программирования ЭКС «Юниор SC». Программатор «ЮНИ-2» имеет функцию телеметрии, возможность считывания статистической информации из ЭКС, определения сопротивления эндокардиальных электродов. Информация представляется на жидкокристаллическом дисплее программатора, а также распечатывается через встроенный принтер (при необходимости).

Распечатанный нами документ (рис. 3) содержит данные о запрограммированных на предыдущем этапе параметрах, в т. ч. и стимулов. Значения $A = 6,2$ В, $ДИ = 0,976$ мс стимулов являются максимально возможными для программирования в ЭКС «Юниор SC» [10]. Таким образом, программирование максимальных значений А и ДИ стимулов, выполненное с помощью программатора «ПРОГРЭКС-040» производителя ЗАО НПФ «Элестим-Кардио», в память ЭКС «Юниор SC» производителя ЗАО «Кардиоэлектроника» трансформировалось в максималь-

ные для данной модели ЭКС значения А и ДИ. Что подтверждает факт программирования параметров стимуляции ЭКС одного производителя программатором другого производителя.

Представленное на распечатке из памяти ЭКС «Юниор SC» (рис. 3) название ЗАО «КАРДИКС» не советует названию реального производителя данной системы ЭКС (ЗАО «Кардиоэлектроника»). Вероятно, это связано со спецификой кооперации возможностей отечественных производителей (производственных мощностей одного производителя и разрабатываемых для него другим производителем продуктов программного обеспечения ЭКС, программатора), что отличает их от зарубежных монополистов.

Активный поиск в сети Интернет показал крайне небольшое количество публикаций на тему непредсказуемого программирования кардиостимулятора одного производителя программатором другого производителя, причем все они были написаны в 80-90-х годах XX века. В доступной для рассмотрения статье Н.Аida с соавт. (1989 г.) [11] представили результаты небольшого исследования, проведенного на 6 программаторах и 8 видах мультипрограммируемых кардиостимуляторов того периода, показавшие возможность программирования информации ЭКС одного производителя

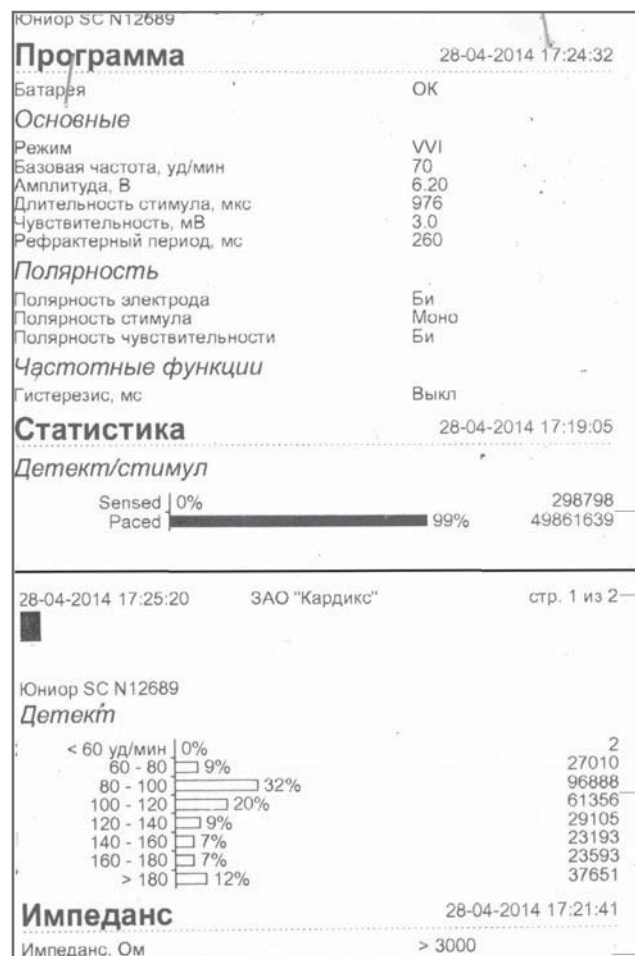


Рис. 3. Распечатка данных ЭКС пациентки, полученная программатором «ЮНИ-2» после предыдущего программирования максимальных значений амплитуды и длительности стимулов программатором «ПРОГРЭКС-040».

программатором другого производителя, проявлявшееся нестабильностью кардиостимуляционной цепи. В статье К.Н.Нуго с соавт. (1995 г.) [5] и M.N.Schoenfeld с соавт. (1999 г.) [8] указывают на причастность к развитию cross-programming особенностей специфических схем модуляции и кодирования кардиостимуляционных систем. Указывается, что непредсказуемое перепрограммирование может произойти и когда программатор (особенно с системами, использующими магнитный геркон) удовлетворяет коду безопасности другого изготовителя кардиостимуляторов. В статьях приводятся ссылки на несколько более ранних работ, описывающих cross-programming, не доступных анализу. Так же указывается на имевшие место в тот временной период предложения по разработке «универсального» программатора для взаимодействия с устройствами различных производителей, которые не были приняты самими производителями.

Авторы всех работ делают однозначный вывод о необходимости доведения до сведения врачей важности использования только совместимых программаторов и кардиостимуляторов. В настоящее время зарубежные производители имплантируемой кардиостимуляционной техники в «Руководстве по применению» каждой конкретной модели имплантируемого ЭКС представляют различные формы предупреждения о необходимости программирования ЭКС, например: только «...соответствующим программатором производителя наряду с текущей версией программного обеспечения...» [12, 13], «... Не используйте программаторы других производителей...» [14] или «...Программаторы других производителей не совместимы с устройствами корпорации Medtronic, но не повреждают устройства Medtronic...» [15]. Российские производители, как ЗАО «Кардиоэлектроника» / ЗАО «КАРДИКС», так и ЗАО НПФ «Элестим-Кардио», ограничиваются указанием конкретной модели программатора, которым может быть выполнено программирование конкретной модели ЭКС.

Учитывая активное за пределами РФ развитие технологий, большую конкуренцию между производителями однотипной кардиостимуляционной продукции, свободу публикаций, и активность государственных организаций, контролирующих качество допускаемой на рынок страны продукции, импортным производителям удалось решить проблему «cross-programming» (о чем говорит отсутствие публикаций в медицинской литературе на протяжении более 10 лет). В России на протяжении многих лет мы имеем нескольких монополистов производителей электронных антиаритмических устройств. До периода «импортозамещения», несмотря на заимствованные зарубежные технологии, российские производители с трудом конкурировали с импортными производителями, как в реализации предназначения кардиостимуляционной техники, так и в надежности устройств. Современное положение по импортозамещению привело к увеличению доли продукции отечественных производителей по отношению к зарубежным аналогам. Однако, это не привело к повышению качества и надежности самих устройств. К сожалению, рутинное выполнение врачами програм-

мирования кардиостимуляционных систем, особенно в условиях большого потока пациентов и нехватки свободного времени, а так же отсутствие заинтересованности фирм производителей кардиостимуляционной техники в получении информации об имеющихся проблемах в отечественной кардиостимуляционной технике, приводит к тому, что врачи предпочитают не афишировать имеющиеся в практике случаи некорректной / проблемной работы систем.

В течение последних лет имеется динамика увеличения информированности пациентов об имплантированной им системе стимуляции и увеличение числа обращений пациентов, знающих о своем ЭКС и имеющих «на руках» медицинские документы, содержащие информацию по ЭКС. Поэтому врач, которому приходится выполнять программирование системы стимуляции, как правило, имеет первичную информацию и для программирования ЭКС пациента выбирает программатор производителя ЭКС. В случаях отсутствия первичной информации врачу с «поисковой целью» приходится применять зачастую программаторы всех производителей, ожидая получить ответ имплантированного ЭКС на подаваемый ему сигнал от наружного программатора. Таким образом, ответ ЭКС позволяет врачу определиться и с производителем ЭКС пациента, и с моделью ЭКС и прочими параметрами, к которым открывается доступ при налаживании телеметрической связи между имплантированным ЭКС и программатором. В нашем случае первичная медицинская документация была предоставлена пациентом врачу в виде выписного эпикриза предыдущей госпитализации. Однако в ней была допущенная ошибка идентификации имплантированного ЭКС, а идентификационная «Карта пациента с ЭКС» отсутствовала.

Как показано в нашем примере, на этапе программирования и получения информации от ЭКС и возникают ситуации, описываемые в зарубежной литературе, как «cross-programming». Имплантированный нашей пациентке ЭКС «Юниор SC» отечественного производителя ЗАО «Кардиоэлектроника» (Климовск) и примененный для его программирования программатор другого отечественного производителя ЗАО НПФ «Элестим-Кардио» продолжают использоваться в России и в настоящее время. Учитывая отсутствие публикаций о проблемах «ложного» программирования отечественных систем стимуляции, достоверно нельзя судить является ли описанный нами клинический случай историческим примером, или продолжает встречаться. Однако, исходя из заявляемого производителем 9 летнего среднего срока службы ЭКС «Юниор SC» (при условии 100% стимуляции с частотой 70 имп/мин, на «стандартных» значениях А (3,65 В), ДИ (0,5 мс) стимулов, сопротивлении электрода 500 Ом) [10], вероятность столкнуться со схожей нашей ситуацией в течение следующих нескольких лет достаточно высока. Данные устройства постепенно будут выводиться из оборота из-за истощения батареи ЭКС, но производство следующих моделей ЭКС данного производителя базируется на предыдущих в технологической линейке моделях ЭКС, независимо от изменения форм собственности производителя.

Таким образом, при выборе программатора для программирования отечественного ЭКС необходимо быть внимательным и настойчивым в получении дополнительной информации о системе ЭКС конкретного пациента. Это позволит использовать рекомендуемый производителем ЭКС программатор, предотвратит непредсказуемое перепрограммирование ЭКС и потен-

циальные неблагоприятные клинические последствия данного действия.

Конфликт интересов не заявляется.

Авторы выражают благодарность за критическую оценку и помощь в подготовке материала И.А.Дубровскому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский И.А. Эффективность применения отечественных и зарубежных электрокардиостимуляторов в клиниках России // Вестник аритмологии, 2013, № 71, С. 79-80.
2. Slotwiner D., Varma N., Akar J.G. et al. Совместное экспертное заключение Американского Общества Сердечного Ритма (HRS) по удаленной телеметрии и мониторингу сердечно-сосудистых имплантируемых электронных устройств // Вестник аритмологии. 2015. № 82.С. 43-72.
3. Ревизишли А.Ш., Ломидзе Н.Н., Сунгатов Р.Ш и др. Удаленная диагностика и интеграция медицинских данных для повышения эффективности электрокардиотерапии // Вестник аритмологии. 2016. № 85. С.5-18.
4. Schoenfeld M H, Blitzer M L. Follow-up Assessments of the Pacemaker Patient. In : Ellenbogen K A, ed. Cardiac pacing and ICDs. 4th ed. Blackwell publishing, Inc.; 2005. p.500-543.
5. Hugo K M. External Programming. In: Webster J G. Design of cardiac pacemakers. Piscataway, NJ: IEEE Press; 1995. p.277-290.
6. Hayes D L, Asirvatham S J. Dictionary of Cardiac Pacing, Defibrillation, Resynchronization, and Arrhythmias. Cardiotext Publishing, 2007; 320 p.
7. Fieldman A, Dobrow R J. Phantom pacemaker programming. Pacing Clin Electrophysiol 1978; 1: 166-171. DOI: 10.1111/j.1540-8159.1978.tb03460.x
8. Schoenfeld M H. Pacemaker Programmers: An Updated Synopsis. Cardiac Electrophysiology Review 1999; 3(1): 20-23. DOI: 10.1023/A:1009915012140
9. Руководство по применению имплантируемых электрокардиостимуляторов ЭКС-511 и ЭКС-530. ЗАО НПФ «Элестим-Кардио». М.: Губернская медицина, 1999; 32 с.
10. Паспорт и руководство по эксплуатации Юниор DR, Юниор SR, Юниор DC, Юниор SC. Электрокардиостимулятор имплантируемый. ЗАО «Кардиоэлектроника». ЗАО «Кардиоэлектроника», 2012; 74 с.
11. Aida H, Shimizu T, Sakamoto S et al. A study of cross-programming phenomenon in multiprogrammable pacemakers. Jpn J Artif Organs 1989; 18(2): 845-848. DOI: <http://doi.org/10.11392/jsao1972.18.845>
12. Zephyr DR Model 5826, DR Model 5820, XL SR Model 5626, SR Model 5620. Pulse Generators with VIP (Ventricular Intrinsic Preference) and A Cap Confirm. User`s Manual. USA: St J Medical, 2006; 36 p.
13. Esprit SR. Rate responsive single-chamber pacemaker. Implant manual. Italy: Sorin Biomedica CRM, 2009; 178 p.
14. Axios. Family of Implantable Pulse Generators. Technical Manual Biotronik. Berlin, Germany: Biotronik, Inc., 2003; 112 p.
15. SENSIA® SESR01 Single chamber rate responsive pacemaker (AAIR/VVIR, AAI/VVI). Implant Manual. Minneapolis, USA: Medtronic, Inc., 2005; 30 p.