

А.М.Жданов, А.Н.Александров, В.М.Фролов,
Е.В.Первова, А.Е.Тягунов, М.В.Мурман, В.С.Изранцев

ЗНАЧЕНИЕ ДЕТЕКЦИИ АМПЛИТУДЫ R-ВОЛНЫ В ОПТИМИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПОРОГА СТИМУЛЯЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ АМПЛИТУДЫ СТИМУЛИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА

*Институт хирургии имени А. В. Вишневского РАМН, Московский государственный
медико-стоматологический университет, Москва, Россия*

С целью оценки возможности использования отечественных эндокардиальных электродов ЭЛБИ 211-321 для электрокардиостимуляторов, имеющих функцию автоматического измерения порога стимуляции и регулирования амплитуды стимулирующего импульса по критерию детекции R-волны обследованы 28 пациентов.

Ключевые слова: электрокардиостимуляция, эндокардиальные электроды, порог стимуляции, детекция, R-волна, функция гистерезиса

To assess the potentialities of use of the Russia-invented pacing electrode ELBI 211-321 with the function of automated determination of the stimulation threshold and control of the stimulus amplitude using the criterion of R-wave detection, 28 patients were examined.

Key words: cardiac pacing, endocardial leads (electrodes), pacing threshold, detection, R-wave, hysteretic function

Развитие систем электрокардиостимуляции идет по разным направлениям, при этом одним из основных является уменьшение потребляемой электрокардиостимулятором (ЭКС) энергии. На это, в частности, направлена работа функций автоматического измерения порога стимуляции и автоматического регулирования амплитуды стимулирующего импульса, которые снижают уровень потребляемой энергии, продлевая срок службы ЭКС. Изучение работы отечественных электродов по параметру детекции R-волны, при включении данных функций поможет врачу в выборе оптимальной тактики в клинических случаях, связанных со сменой ЭКС, имплантацией новых антиаритмических устройств, а также при решении вопроса о применении данной функции при дальнейшем наблюдении пациентов.

Цель исследования - оценка возможности использования отечественных электродов ЭЛБИ 211-321 для ЭКС, имеющих функцию автоматического измерения порога стимуляции и регулирования амплитуды стимулирующего импульса по критерию детекции R-волны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С 2002 по 2005 год в исследование включены 72 пациента с постоянной формой фибрилляции предсердий (синдром тахикардии-брадикардии) возрасте от 54 до 78 лет, которым были имплантированы ЭКС Affinity SR производства фирмы St. Jude Medical Inc. Исследуемая группа состояла из 28 пациентов с электродами ЭЛБИ 211-321 производства НПФ «Элестим-кардио» (13 мужчин и 15 женщин). Контрольная группа включала 44 пациента (19 мужчин и 25 женщин), с электродами Membrane 1450 (St. Jude Medical). Исследование включало не менее чем трехкратное интраоперационное измерение амплитуды R-волны измерительным прибором ERA-200 (Biotronik) и спустя не более чем два часа после завершения операции с использованием предусмотренных при этом специальных тестов, выполняемых с помощью программатора APS 111 (модель 3500 St. Jude Medical). Динамическое наблюдение включало стандартные проверки и не

менее чем трехкратное тестирование R-волны в биполярном режиме (используется для детекции при включенной функции «AutoCapture»). Первые три месяца выполнения данных тестов производилось не менее чем трехкратное (не считая дня операции) спустя семь дней после оперативного вмешательства, 1 месяц и 3 месяца, соответственно. В дальнейшем интервал наблюдения был не менее 1 раза в три месяца на первом году наблюдения и 1 раза в шесть месяцев - на втором.

Также анализировались, в том числе и на адекватную детекцию амплитуды R-волны, все электрокардиограммы (ЭКГ) и данные холтеровского мониторирования (ХМ) ЭКГ полученные за период наблюдения. Тестирование амплитуды R-волны начиная с недельного срока после имплантации ЭКС производилось (при отсутствии противопоказаний) при активированной функции «AutoCapture»

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех наблюдаемых случаях было возможно измерение амплитуды R-волны на всем протяжении наблюдения. Значения данного параметра колебались от минимальных 2 мВ до максимальных 17 мВ. Среднее значение составило 9,4 мВ. Следует однако отметить, что вследствие наличия верхнего предела чувствительности в 12,5 мВ у ЭКС Affinity SR, точное измерение указанного параметра не всегда было возможно. В тех случаях когда амплитуда R-волны превышала имеющийся порог, точное значение данного параметра достоверно определить не представлялось возможным. Таких пациентов было 9 (37%), из них у 3 (12%) амплитуда R-волны превышала указанную границу на всех измерениях производимых нами в процессе исследования. Это свидетельствует как о эффективности работы системы стимуляции по данному параметру, так и о значимой заниженности полученного нами среднего значения по сравнению с реальными показателями. Этот момент имеет практическое значение, вследствие того что ряд моделей ЭКС не имеет

© А.М.Жданов, А.Н.Александров, В.М.Фролов, Е.В.Первова, А.Е.Тягунов, М.В.Мурман, В.С.Изранцев



Рис. 1. Работа ЭКС в режиме VVI с включенной функцией «AutoCapture»: а - ингибирование системы стимуляции спонтанными электрическими систолами, б - два псевдосливных комплекса QRS, в - два навязанных пейсмекером комплекса QRS, г - сливной комплекс QRS показывает эффективную работу активированной функции нанесения эффективного высокоамплитудного страховочного стимула через 100 мс после отсутствия ожидаемого ответа миокарда на базовый экономный стимул.



Рис. 2. Нормальная работа функции гистерезиса: интервал между стимулами составляет 857 мс, между спонтанными сокращениями - 920 мс (т.е. не более запрограммированного значения 1000 мс), между спонтанным и стимулом - 1000 мс.

подобного ограничения и измеряет амплитуду R-волны на значениях существенно превышающих 12,5 мВ.

Все данные показатели превышали критический порог (1 мВ), при котором создаются необходимые запасы для работы активированной функции «AutoCapture». На всех снятых нами ЭКГ а также представленных ЭКГ и данных ХМ ЭКГ из других учреждений, каких либо признаков позволяющих при детальном анализе предположить нарушение чувствительности системы стимуляции выявлено не было. Предположения о возможной неисправности в том числе и вследствие нарушения чувствительности системы стимуляции возникали при осмотре врачами кардиологами в поликлиниках дважды за период нашего исследования. В одном случае за нарушение детекции R-волны было принято псевдосливное сокращение (нанесение пейсмекером стимула на спонтанную электрическую систолу миокарда) - см. рис. 1. Это на самом деле не является нарушением системы стимуляции, а отражает нормальную работу ЭКС и в ряде случаев может быть лишь поводом к изменению программы его функционирования [1]. При этом рекомендуется активация функции гистерезиса. Нормальная работа данной функции, как раз и послужила поводом к внеочередной проверке системы стимуляции, у другого пациента. При анализе ЭКГ расстояние между двумя стимулами и между стимулом и спонтанной R-волной имело разную продолжительность (857 мс между артефактами стимула и 1000 мс между зубцом R и стимулом ЭКС) - см. рис. 2.

Подобная ситуация может возникнуть и при нарушении чувствительности по типу «oversensing», хотя для нее, как правило, не характерна столь равномерная и стабильная разница в интервалах. Чаще всего такая ЭКГ-картина обусловлена активированной функцией гистерезиса, как было и в данном случае, когда базовая частота составляла 70 имп/мин, а при срабатывании и гистерезиса - 60 имп/мин. Нормальные результаты тестов и исчезновение подобных электрокардиографических проявле-

ний после выключения данной функции окончательно сняли все сомнения. Получаемая при активации функции гистерезиса ситуация, при которой кардиостимулятор выдает стимулы с частотой 70 имп/мин, но только при снижении частоты собственного ритма менее 60 ударов в минуту, сама по себе снижает потребление энергии системой стимуляции. Не менее важным является, как правило, более высокая гемодинамическая эффективность спонтанных сокращений по сравнению с навязанными от ЭКС при подобном различии в частотах. [2].

Следует отметить что при включении функции «AutoCapture» у однокамерных ЭКС или у двухкамерных ЭКС, работающих в однокамерном режиме, программатор рекомендует активацию функции гистерезиса. Возможна

работа и без её включения, но значительный риск возникновения первой описанной нами ситуации ведет как к перерасходу энергии, так и к нарушению диагностической ценности графиков порогов стимуляции [5]. Существуют, однако, ситуации при которой могут возникнуть аналогичные проблемы даже при всех выполненных рекомендациях.

Связаны они с некоторыми особенностями работы алгоритма детекции эффективности стимула ЭКС функции «AutoCapture». Практически же важно то обстоятельство что применение предложенного нами несложного алгоритма программирования параметров стимуляторов позволяет избегать подобных проблем. Энергосберегающие функции типа «AutoCapture» в улучшенных модификациях, появившихся относительно недавно, («AutoCapture» St. Jude Medical, АКЗ Biotronik и т.п.) [4] способны отслеживать эффективность нанесенного стимула, применяя специальные алгоритмы, что позволяет повысить безопасность применяемых функций, в первую очередь, за счет нанесения дополнительного страховочного импульса при неэффективном стимуле, динамически измерять порог стимуляции подстраивая амплитуду стимулирующего импульса при его изменении. Работа этой функции способна при правильном применении значительно продлить срок службы ЭКС.

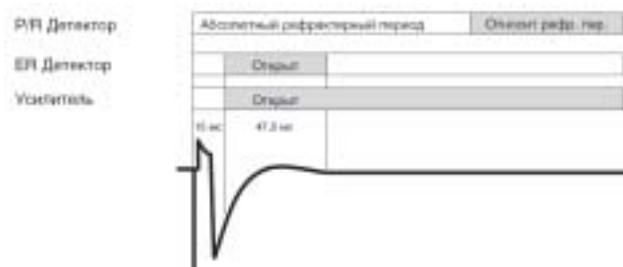


Рис. 3. Принципы работы электрокардиостимулятора при подтверждении эффективности стимула. (составная часть функции «AutoCapture»).

В случае функции «AutoCapture» примененной в нашем исследовании, возможность оценки эффективности нанесенного стимула реализована за счет детекции ER сигнала (Evoked Response - ожидаемый ответ). Смысл работы данной функции заключается в анализе потенциала действия кардиомиоцитов спустя 15 мс после нанесенного стимула, а данная зона, как известно, обычно закрыта от детекции рефрактерным или слепым периодом (рис. 3).

Появление окна где происходит оценка разности потенциалов и делает возможным определение эффективности стимулов, позволило обеспечить безопасность энергосберегающих функций в частности за счет нанесения дополнительного высокоамплитудного страховочного импульса. Следует отметить что функции энергосбережения в разных ЭКС, хотя и работают по принципиально сходным алгоритмам, все же имеют существенные различия. Так, например, если «AutoCapture» St. Jude Medical и АКЗ Biotronik отслеживают эффективность каждого стимула, то у некоторых ЭКС это делается лишь при измерении порога стимуляции (частота измерений по времени, как правило, регулируется врачом). Таким образом, функции «AutoCapture» и АКЗ обеспечивают кроме нанесения страховочного высокоамплитудного стимула при каждом неэффективном импульсе ЭКС, при необходимости, еще и измерение порога стимуляции вне установленного графика [5].

Следует особо отметить что работа подобных функций, как правило, возможна лишь при низкой поляризации электродов что чаще всего напрямую зависит от фрактальности последних. Хотя данная тема и очень важна для правильного представления при активаций функций подобного уровня, ограничимся литературной ссылкой [3], и указанием на то что хотя и отечественные электроды ЭЛБИ 211-321 и имеют достаточно низкий уровень поляризации, возможность включения функции «AutoCapture» у них по данному параметру, по сравнению, с электродами специально разработанными фирмой производителем для работы с данной функцией (Membrane 1450 St. Jude Medical) на 3-4 % ниже. Сравнить, к сожалению, приходилось только с зарубежными электродами, так как оценки возможности применения других отечественных электродов по данному критерию на настоящий момент в клинической практике не проводились.

Практически важным оказалось то обстоятельство, что амплитуда ER сигнала может превышать амплитуду R волны более чем в два раза. При этом программатор в автоматическом режиме рекомендует значение чувствительности к ER сигналу, превышающую амплитуду R волны. А учитывая нерегулярность спонтанного ритма при мерцательной аритмии, оказалось практически возмож-

ным появления спонтанной R волны в окне ER детектора с нанесением страховочного стимула на сливное или псевдосливное сокращение в ситуации когда значение чувствительности к ER сигналу выше амплитуды спонтанной R волны (рис. 4). Если же значение чувствительности ER детектора в ручном режиме скорректировать с тем чтобы его значение не превышало хотя бы 3/4 значения (в оптимальном случае 2-3 кратный запас) спонтанной R волны то нанесения страховочного стимула, и как следствие, ненужного перерасхода энергии удается избежать (рис. 5).

Таким образом предложенный нами алгоритм программирования заключается в следующем: при фибрилляции предсердий с частотами спонтанного ритма близкими к частоте стимуляции значение чувствительности к ER сигналу целесообразно выставлять ориентируясь как на амплитуду ER волны, так и на амплитуду спонтанной R волны, создавая необходимые запасы по обоим параметрам, несмотря на то что автоматический алгоритм ориентирован только на один из показателей. Конечно, данные рекомендации должны быть применены исходя из конкретной клинической ситуации, с учетом всех других данных. Так, например, постановка ЭКС с одновременным выполнением радиочастотной абляции пучка Гиса делает данные рекомендации не актуальными, вследствие снижения частоты или полного отсутствия спонтанного ритма.

ВЫВОДЫ

1. Детекция R волны электродами ЭЛБИ 211-321 во всех исследуемых случаях была достаточной для адекватной работы кардиостимуляторов как при включении функции «AutoCapture» так и без нее.
2. При частотах спонтанного ритма близких к базовой частоте стимуляции, а также при превышении величины выставленной чувствительности к ER сигналу амплитуды спонтанной R волны, в случаях когда ее возникновение приходится на окно ER детектора приводит к появлению дополнительного высокоамплитудного страховочного стимула.



Рис. 4. Электрокардиографический пример отсутствия детекции спонтанной R волны в окне детектора ER сигнала при неоптимизированной чувствительности, стрелкой отмечен страховочный импульс.

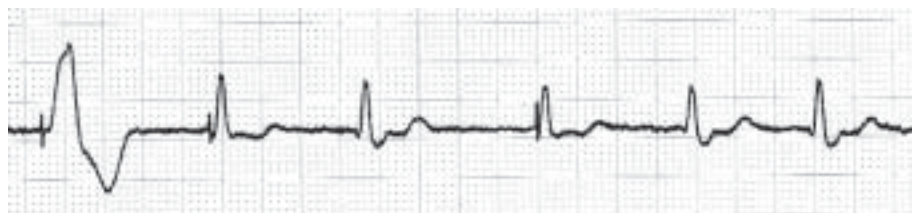


Рис. 5. Эффективная детекция спонтанной R волны в окне детектора ER сигнала при коррекции чувствительности с учетом амплитуды R волны.

3. Применение простого алгоритма снижения значения чувствительности к ER сигналу до величины менее 3/4 значения амплитуды спонтанной R волны, позволяет

избежать нанесения дополнительного высокоамплитудного страховочного стимула, а следовательно перерасхода энергии, и тем самым продлить срок службы ЭКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров С.С., Вотчал Ф.Б., Костылева О.В. Электрокардиограмма при искусственном водителе ритма сердца. М. Медицина, 1990, 240 с.
2. Бредикис Ю.Ю. Электрокардиостимуляция сердца // Хирургия, 1961, №1, с. 53-58.
3. Мюсинг Д., Хойзер Т., Хасанов И.Ш., Шальдах М. Электроды с фрактальной структурой поверхности: оптимизация свойств для электротерапии сердца // Progress in Biomedical Research, Т 5, № 1, с. 7-20.
4. Эспиноза Рейнозо Х.Х., Хернандес Гарсия Х.Р., Сас-

сара М. с соавт. Новый алгоритм контроля захвата, введенный в частотоадаптивный двухкамерный кардиостимулятор: первые клинические результаты // Progress in Biomedical Research, Т. 7, № 1, с. 61-71.

5. Свиридова А.А. Клиническое применение электрокардиостимуляторов с функцией автоматического определения порогов стимуляции и автоматическим регулированием амплитуды стимулирующего импульса, дисс. на соискание ученой степени канд. мед. наук. М. 2001.

ЗНАЧЕНИЕ ДЕТЕКЦИИ АМПЛИТУДЫ R-ВОЛНЫ В ОПТИМИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПОРОГА СТИМУЛЯЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ АМПЛИТУДЫ СТИМУЛИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА

А.М.Жданов, А.Н.Александров, В.М.Фролов, Е.В.Первова, А.Е.Тягунов, М.В.Мурман, В.С.Израицев

С целью оценки возможности использования отечественных электродов ЭЛБИ 211-321 для электрокардиостимуляторов (ЭКС), имеющих функцию автоматического измерения порога стимуляции и регулирования амплитуды стимулирующего импульса по критерию детекции R-волны в исследование включены 72 пациента с постоянной формой фибрилляции предсердий возрасте от 54 до 78 лет, которым были имплантированы ЭКС Affinity SR. Исследуемая группа состояла из 28 пациентов с электродами ЭЛБИ 211-321, контрольная группа включала 44 пациента с электродами Membrane 1450. Исследование включало измерение амплитуды R-волны не менее чем трехкратное интраоперационное и спустя не более чем два часа после завершения операции. Динамическое наблюдение включало стандартные проверки и не менее чем трехкратное тестирование R-волны в биполярном режиме. Также анализировались все электрокардиограммы и данные холтеровского мониторинга полученные за период наблюдения. Тестирование амплитуды R-волны начиная с недельного срока после имплантации ЭКС производилось при активированной функции «AutoCapture». Детекция R волны электродами ЭЛБИ 211-321 во всех исследуемых случаях была достаточной для адекватной работы ЭКС как при включении функции «AutoCapture» так и без нее. При частотах спонтанного ритма близких к базовой частоте стимуляции, а также при превышении величины выставленной чувствительности к ER сигналу амплитуды спонтанной R волны, ее возникновение в окне ER детектора приводит к появлению дополнительного высокоамплитудного страховочного стимула. Снижение чувствительности к ER сигналу до величины менее 3/4 амплитуды спонтанной R волны, позволяет избежать нанесения страховочного стимула.

SIGNIFICANCE OF R-WAVE AMPLITUDE DETECTION FOR OPTIMIZATION OF AUTOMATED MEASUREMENT OF STIMULATION THRESHOLD AND ADJUSTMENT OF STIMULUS AMPLITUDE

A.M. Zhdanov, A.N. Aleksandrov, V.M. Frolov, E.V. Pervova, A.E. Tyagunov, M.V. Murman, V.S. Izrantsev

To assess the potentialities of use of the Russia-invented pacing electrode ELBI 211-321 with a function of automated determination of stimulation threshold and adjustment of stimulus amplitude using the criterion of R-wave detection, 72 patients aged 54-78 years with chronic atrial fibrillation and implanted Affinity SR pacemaker were enrolled into the study. The study group consisted of 28 patients with implanted ELBI 211-321 electrodes, the control group consisted of 44 patients with Membrane 1450 electrodes. In the study, intra-operative (repeated no less than 3 times) and post-operative (no more than 2 hours after termination of operation) measurements of R-wave amplitude were performed. Follow-up included standard control procedures and R-wave testing in a bipolar regime for no less than 3 times. All electrocardiographic and Holter-monitoring data obtained over the follow-up period were also analyzed. The testing of R-wave amplitude beginning from 1 week post-implant has been performed under the conditions of activated AutoCapture function. The R-wave detection by ELBI 211-321 electrodes was in all cases sufficient for adequate pacemaker functioning both in activation of AutoCapture function and without it. When the intrinsic heart rate was close to pacing rate as well as when the pre-programmed level of the sensitivity to ER signal exceeded the amplitude of spontaneous R-wave, the development of spontaneous R-wave in the ER detector window led to appearance of an additional high-amplitude stimulus of safety. A decrease of the sensitivity to ER signal to the level of less than 3/4 of spontaneous R-wave amplitude permits one to avoid the stimulus of safety.