

А.Е.Тягунов¹, Е.В.Первова², А.Н.Александров³, К.А.Рогов²,
А.Д.Злотникова², А.М.Жданов², А.В.Сажин¹

НАРУШЕНИЕ РАБОТЫ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА ВО ВРЕМЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

¹ГОУ ВПО РГМУ Росздрава, ²ГКБ №4, Московский городской центр кардиостимуляции,
³ФГУ «Институт хирургии им. А.В.Вишневского» Росмедтехнологий

С целью оценки частоты возникновения и характера нарушений в работе имплантированных электрокардиостимуляторов в ходе некардиологических хирургических операций с использованием электрохирургических манипуляций в монополярном режиме обследовано 99 пациентов в возрасте от 52 до 89 лет.

Ключевые слова: постоянный электрокардиостимулятор, режимы электрокардиостимуляции, электрокардиограмма, холтеровское мониторирование, монополярная электрокоагуляция.

To assess prevalence and pattern of impairments of implanted cardiac pacemakers during non-cardiologic surgical operations with the use of electro-surgical procedures in unipolar regime, 99 patients aged 52-89 years were examined.

Key words: permanent pacemaker, pacing modes, electrocardiogram, Holter monitoring, monopole electric coagulation.

Имплантация постоянного электрокардиостимулятора (ЭКС) в настоящее время остается основным методом лечения хронических брадиаритмий. За прошедшее десятилетие количество ежегодных имплантаций ЭКС в России фактически удвоилось (в 1996 г. имплантировано 7964, к 2005 - 15149 ЭКС) [2, 3]. По прогнозам, эта цифра, как и общее количество пациентов с ЭКС, будет расти, но уже сейчас хирурги сталкиваются с проблемой оперативного лечения таких больных. В ряде случаев именно наличие искусственного водителя ритма сердца заставляет хирургов и анестезиологов отказаться от необходимой пациенту операции, особенно, если предполагается использование электрохирургических манипуляций в монополярном режиме. Основная причина опасений врачей - риск развития нарушений в работе ЭКС. В медицинской литературе имеются сообщения о нарушениях в работе ЭКС во время хирургических операций [8, 11, 14, 15, 16, 17, 22]. Однако редко детализируется их характер, частота возникновения, опасность, меры профилактики и лечения возможных осложнений.

Целью данного исследования явилась оценка частоты возникновения и характера нарушений в работе имплантированных электрокардиостимуляторов в ходе хирургических операций с использованием электрохирургических манипуляций в монополярном режиме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В клинике общей хирургии педиатрического факультета РГМУ совместно с Московским городским центром кардиостимуляции на базе ГКБ №4 г. Москвы в период с 2001 по 2007 гг. выполнено 104 оперативных вмешательств 99 пациентам в возрасте от 52 до 89 лет. У большинства пациентов имела место сопутствующая патология: артериальная гипертензия, стенокардия, сахарный диабет, недостаточность кровообращения, требовавшие в большинстве случаев хотя бы непродолжительной предоперационной подготовки. У 12 пациентов длительность ее составила 2 недели.

Для оценки сердечной деятельности во время операции всем больным проводили запись электрокардиограммы (ЭКГ) по кардиомонитору. 18 больным выполняли регистрацию внутрисердечной электрограммы по каналу программатора и оценивали показатели работы ЭКС во время электрокоагуляционного (ЭК) воздействия в монополярном режиме. Для ретроспективной оценки работы сердца и ЭКС непосредственно до операции, во время операции и в раннем послеоперационном периоде 24 пациентам проведено мониторирование ЭКГ методом Холтера (ХМ ЭКГ). Для оценки возможного повреждающего действия ЭК на сердечную ткань в зоне фиксации эндокардиального электрода 21 больным проведено исследование уровня кардиотропных ферментов и оценка динамики ЭКГ изменений на 1 и 3 сутки после операции. Во время операции во всех случаях использовали монополярный режим ЭК с мощностью воздействия до 100 Вт.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У большинства пациентов на всех этапах операции мы регистрировали нормальную работу ЭКС. В зависимости от установленной программы у ряда моделей ЭКС имелись некоторые особенности их функционирования. Например, при установленной функции «гистерезис по частоте» (режим удлинения базового интервала стимуляции для поиска собственных сердечных сокращений) имела место запрограммированная по длительности задержка очередного стимула ЭКС, что создавало впечатление о нарушениях в работе ЭКС. При активации так называемого «режима сна» (данная функция предусматривает автоматическое уменьшение базовой частоты стимуляции до установленной частоты во время сна или физического покоя) в ЭКС St. Jude Medical, Medtronic и пр. частота стимуляции составляла 50 ударов в минуту.

С помощью системы ХМЭКГ (Astrocard® - Holtersystem-2F for Windows) [5], имеющей выделенный

канал анализа стимулятора (Стм. на рис. 1, 3, 4, 5, 7), и программирующего кардиостимулятор устройства Merlin™ PCS во время коагуляции у 12 больных (12,1%) нами были зафиксированы следующие взаимодействия коагуляции с кардиостимулятором.

У 9 больных (9,1%) воздействие ЭК на работу ЭКС сопровождалось эпизодическим отсутствием стимулов ЭКС в момент электрокоагуляции (рис. 1). На рисунке представлена картина длительного коагуляционного воздействия (Мм) на работу ЭКС в режиме VVI. Нанесение ЭК привело к нарушению работы ЭКС более чем в течение одного кардиостимуляционного цикла (исходная длительность кардиостимуляционного цикла равна 1000 мс или 60 имп/мин (интервал StV1-StV2)). Первые два желудочковых стимула (StV1, StV2) эффективные, вызывающие ответ миокарда желудочков, что проявляется регистрацией широких искусственных желудочковых комплексов. После StV2 на протяжении 4585 мс нет ни одного желудочкового стимула, а возникающие через 1828 мс и 1633 мс желудочковые комплексы R1 и R2 являются собственными желудочковыми сокращениями с частотой ритма 35 уд/мин (интервалы отмечены пунктирными стрелками). В течение этого периода на канале ЭКС регистрируются низко- и высокоамплитудные «псевдостимулы», являющиеся разнокалиберными шумовыми помехами от ЭК. Помехи от ЭК воспринимаются ЭКС как сокращения миокарда желудочков, поэтому стимуляции не происходит. Данное утверждение находит свое подтверждение при анализе внутрисердечной электрограммы (ВЭГМ), зарегистрированной с помощью программатора при развитии аналогичных нарушений под воздействием коагуляции (рис. 2).

ВЭГМ представляет собой запись электрограммы стимулируемых каналов ЭКС, а так же запись так называемого «канала маркеров» (Markers) [7].

ВЭГМ представляет собой запись электрограммы стимулируемых каналов ЭКС, а так же запись так называемого «канала маркеров» (Markers) [7].

На «канале маркеров» в виде буквенных обозначений регистрируются предсердные/желудочковые собствен-

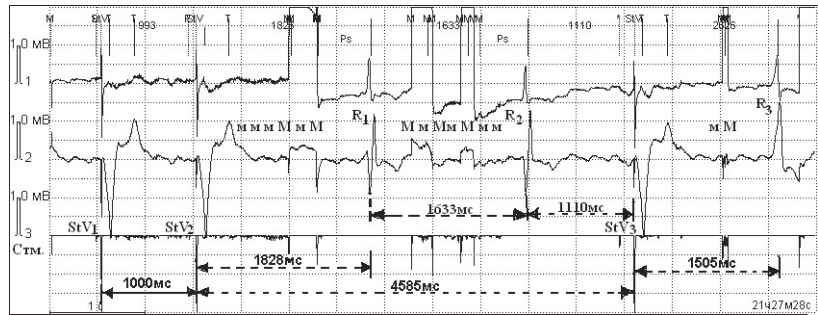


Рис. 1. Изолированная стимуляция желудочков (режим VVI) с базовой частотой стимуляции 60 имп/мин (1000 мс). Интервал гистерезиса - не активирован. StV - монополярный желудочковый стимул с монополярной чувствительностью. Паузы до 1828 мс, 1110 мс, 4585 мс и 1505 мс с регистрацией замещающего «собственного» ритма с частотой 36 уд/мин (1633 мс). Коагуляционные помехи обозначены - М, м. Стм. - канал ЭКС. Скорость записи 25 мм/сек, усиление 1 мВ = 10 мм (объяснение в тексте)

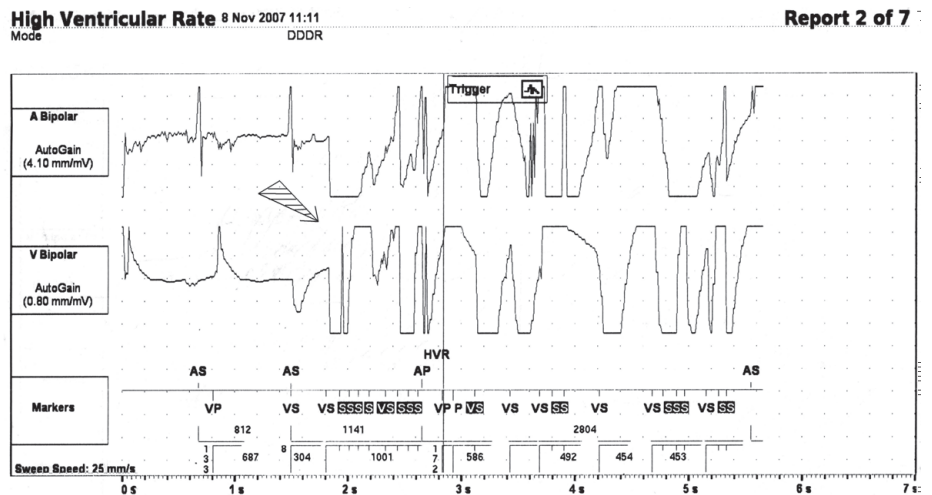


Рис. 2. Внутрисердечная электрограмма. Режим стимуляции - DDDR. Маркеры: AS - собственное предсердное сокращение, VS (S) - собственное желудочковое сокращение, VS - собственное желудочковое сокращение зарегистрированное в течение рефрактерного периода канала, VP - желудочковый стимул. HVR - детекция высокой частоты желудочкового ритма. Начало коагуляции отмечено стрелкой. Скорость записи 25 мм/сек.

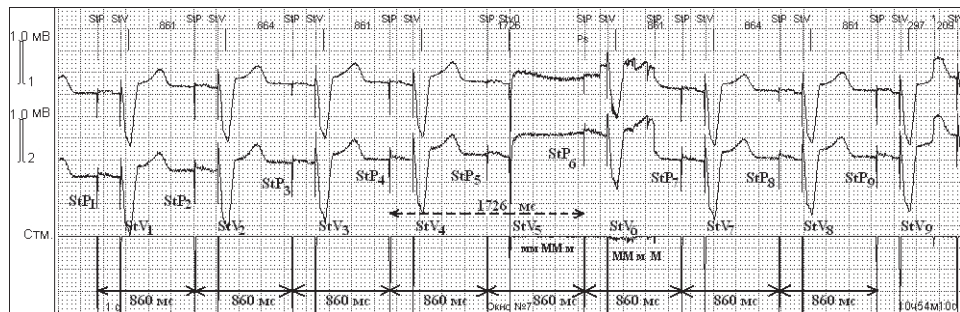


Рис. 3. Двухкамерный режим стимуляции (DDD) с базовой частотой стимуляции 70 имп/мин (860 мс). Интервал гистерезиса - не активирован. Стимулы монополярные: StP - предсердный, StV - желудочковый. В момент воздействия монополярной коагуляции нарушение стимулирующей функции ЭКС по желудочковому каналу, без нарушения функции синхронизации. Пауза до 1726 мс за счет выпадения желудочкового комплекса. Коагуляционные помехи обозначены - М, м. Стм. - канал ЭКС. Скорость записи 25 мм/сек, усиление 1 мВ = 10 мм (объяснение в тексте)

ные сокращения сердца (P(AS)/R(VS)) и соответствующие стимулы предсердного/желудочкового каналов стимуляции (A (AP) / V (VP)). Горизонтальные линии отражают длительность рефрактерных периодов каждого канала ЭКС. Числа в миллисекундах (мсек) - длительность интервалов. Во время ЭК анализ записи ВГЭМ на каналах, отражающих электрографическую картину работы ЭКС, затруднен из-за выраженных помех. Однако по каналу Markers работу ЭКС анализировать можно.

При воздействии ЭК (рис. 2) на канале Markers происходит детекция коагуляционных помех в качестве собственных желудочковых событий (VS(S)) (маркеров предсердной активности практически нет). Это приводит к перезапуску рефрактерного периода ЭКС и нанесения стимулов по желудочковому каналу не происходит. При наличии ритма сердца больного ниже запрограммированного базового интервала стимуляции может сопровождаться картиной, представленной на рис. 1.

У 2 больных (2%) во время нанесения ЭК зарегистрированы единичные неэффективные стимулы ЭКС (рис. 3, 4). На рис. 3 - двухкамерный режим стимуляции (DDD). StP1-StP9 - эффективные предсердные стимулы. StV1-StV9 - эффективные желудочковые сти-

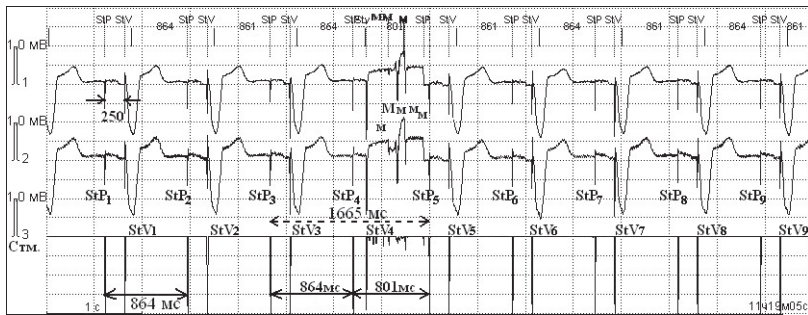


Рис. 4. Двухкамерный режим стимуляции (DDD) с базовой частотой стимуляции 70 имп/мин (864 мс). Интервал гистерезиса - не активирован. Стимулы монополярные: StP - предсердный, StV - желудочковый. В момент воздействия монополярной коагуляции нарушение стимулирующей функции ЭКС по желудочковому каналу с нарушением функции синхронизации по предсердному каналу. Пауза до 1665 мс за счет выпадения желудочкового комплекса. Коагуляционные помехи обозначены - М, м. Стм. - канал ЭКС. Скорость записи 25 мм/сек, усиление 1 мВ = 10 мм (объяснение в тексте)

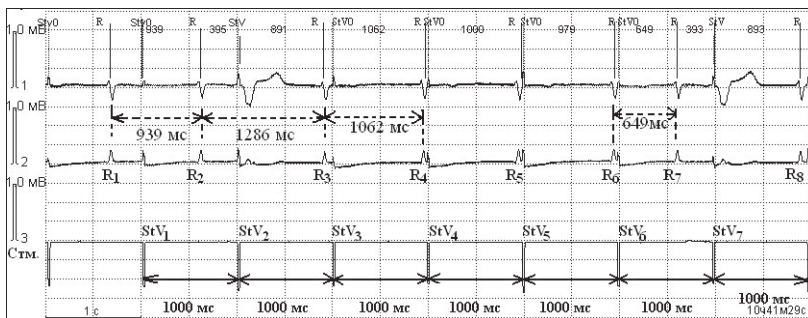


Рис. 5. Изолированная стимуляция желудочков (режим VVI) с базовой частотой стимуляции 60 имп/мин (1000 мс). Кратковременный переход в асинхронный режим стимуляции. Конкуренция навязанного и спонтанного ритмов (объяснение в тексте). Стм. - канал ЭКС. Скорость записи 25 мм/сек, усиление 1 мВ = 15 мм (объяснение в тексте)

мулы. Интервал StP-StV - AV задержка длительностью 250 мс. Базовый интервал стимуляции, определяемый по длине интервалов StP-StP, равен 860 мс (70 уд/мин). Предсердный StP5 эффективный, однако следующий за ним на расстоянии длины AV задержки желудочковый StV5 не вызывает возбуждения миокарда (пауза длительностью 1726 мс). На канале ЭКС данного участка ЭКГ, видны шумовые помехи от ЭК, предсердный и желудочковый стимулы ЭКС. Следующие предсердные и желудочковые стимулы были эффективные и возникли через запрограммированные периоды стимуляции.

На рис. 4 базовый интервал стимуляции StP-StP равен в среднем 860 мс (70 уд/мин). Предсердный StP4 вызывает ответ миокарда, однако желудочковый стимул StV4 регистрируется на расстоянии меньшем, чем запрограммированная длина AV задержки (250 мс). При этом StV4 не приводит к возбуждению миокарда желудочков. В этот момент было нанесено кратковременное коагуляционное воздействие - шумовые помехи ЭК хорошо видны на канале ЭКС. Кроме того, под воздействием ЭК следующий за StP4 интервал стимуляции StP4-StP5 оказался меньше запрограммированной длительности базового интервала стимуляции. Таким образом, ЭК воздействие привело не только к неэффективной стимуляции по желудочковому

каналу, но и к кратковременному нарушению синхронизации по предсердному каналу. При анализе ХМ ЭКГ выявленные в момент ЭК нарушения (рис. 3 и 4) повторно не регистрировались. Выполненная в послеоперационном периоде контрольная проверка системы ЭКС не выявила изменений ни амплитудно-временных параметров стимуляции, ни запрограммированных ранее функций ЭКС, что подтверждает связь данных нарушений с ЭК.

У одного больного (1%) под воздействием ЭК нами зарегистрирован кратковременный переход ЭКС из исходно запрограммированного режима VVI в асинхронный режим стимуляции (рис. 5). На рисунке режим VVI с базовым интервалом стимуляции 1000 мс (60 имп/мин). На канале ХМ ЭКГ, отражающем стимуляцию ЭКС, регистрируются последовательные стимулы StV1-StV7 через интервал базовой стимуляции, при этом наблюдается нарушение синхронизации ЭКС с собственными желудочковыми сокращениями сердца (R1-R8). Пунктирные стрелки - интервалы RR собственного ритма сердца, длительность которых составляет от 649 до 1286 мс. Стимулы StV1, StV3, StV4, StV5, StV6 попадают в различные участки периода рефрактерности миокарда желудочков, поэтому они не вызывают ответа сердечной мышцы. Эффективными желудочковыми стимулами являются лишь StV2 и StV7

(после них зарегистрированы широкие искусственные желудочковые комплексы). ЭКГ-картина, развившаяся в данном случае в результате ЭК воздействия, характерна для асинхронного режима стимуляции (V00).

У 1 больного с двухкамерной стимуляцией во время ЭК на канале Markers программатора была выявлена детекция коагуляционных помех по предсердному каналу (рис. 6). Т.к. частота следования этих ложно предсердных событий превышала значение так называемой «частоты регистрации предсердной тахикардии», запрограммированное у данного больного на 175 уд/мин, стимулятор принял коагуляционное воздействие за наджелудочковую тахикардию. Это привело к автоматическому переключению базового режима стимуляции DDD(R) на режим DDI (R) или VDI(R) (активация алгоритма Auto Mode Switch происходит автоматически при распознавании кардиостимулятором наджелудочковой тахикардии). В результате этого произошло уменьшение частоты ритма сердца, следовавшего в Р-синхронизированном режиме, с частоты около 120 уд/мин (левая часть рисунка) до 80 уд/мин (правая часть рисунка).

Все зарегистрированные в нашем исследовании нарушения в работе ЭКС носили временный характер и исчезали после прекращения ЭК. Во время операций у нас не возникло ситуаций, которые потребовали бы реанимационных мероприятий и вмешательств в систему ЭКС из-за нарушений в ее работе. Послеоперационная летальность составила 4,0% и не была связана с нарушениями в работе ЭКС. Коагуляционные воздействия с разными амплитудно-временными параметрами не привели к нарушению или некорректной работе использованного в исследовании регистратора ХМЭКГ Astrocard® - Holtersystem-2F for Windows.

Кроме описанных выше состояний, во время операций нами были зафиксированы паузы в работе ЭКС, не связанные с ЭК. Речь идет о миопотенциальном ингибировании, которое не является истинным нарушением стимуляции, т.к. связано с гиперчувствительностью ЭКС к внешним воздействиям. В данном случае источником внешних помех явились мышцы ложа ЭКС (электрические потенциалы поперечно-полосатой мускулатуры). Благодаря использованию в исследовании регистраторов ХМЭКГ, позволяющих регистрировать нефилтрованную ЭКГ, мы зафиксировали при этом шумовые сигналы, которые проецировались на канал стимулятора ХМЭКГ в виде небольшой шероховатости записи (рис. 7). Этот признак, а так же отсутствие в момент данной регистрации записей о нанесении коагуляционного воздействия в специальном дневнике, который велся во время операции помощником

хирургической бригады, и позволяют говорить об ингибировании работы ЭКС за счет миопотенциального влияния мышц ложа ЭКС.

В левой половине рисунка представлена эффективная стимуляция желудочков с базовым интервалом стимуляции, равным 850 мс (70 имп/мин.). Между стимулами StV5 и StV6 - пауза продолжительностью 3515 мс. Причиной асистолии явились помехи (Мм), ингибирующие работу ЭКС, воспринимаемые кардиостимулятором как желудочковые сокращения. Такие эпизоды выявлены нами при ЭКГ мониторинговании в течение предоперационного периода и во время операций только у больных с монополярной конфигурацией чувствительности ЭКС.

Особенностью современных физиологических режимов стимуляции ЭКС является их способность воспринимать электрические сигналы сердца, и если частота сердечных сокращений становится больше запрограммированной, то ЭКС перестает генерировать импульсы, переходя в режим «ожидания». Внешние электромагнитные сигналы ЭК, особенно в монополярном режиме, могут восприниматься и в ряде случаев ошибочно детектироваться ЭКС как частая деятельность сердца, что приводит к ингибированию стимуляции до момента прекращения ЭК [6, 20, 21, 22]. Перепрограммирование чувствительности ЭКС с моно- на биполярную, а также увеличение ее абсолютной величины позволяет уменьшить степень восприятия электрических сигналов ЭКС. Нами было установлено, что в биполярном режиме чувствительности ЭКС наименее подвержен внешним электрическим воздействиям. Нарушение зарегистрировано у 8 (8,1%) пациентов в монополярном режиме, в биполярном - только у 1 (1%) пациента. К сожалению, некоторые модели отечественных ЭКС, использующиеся до настоящего времени, функционируют только в монополярном режиме. Продолжительность и частота возникновения данного нарушения связана с длительностью ЭК. Максимальная зафиксированная пауза в работе аппарата

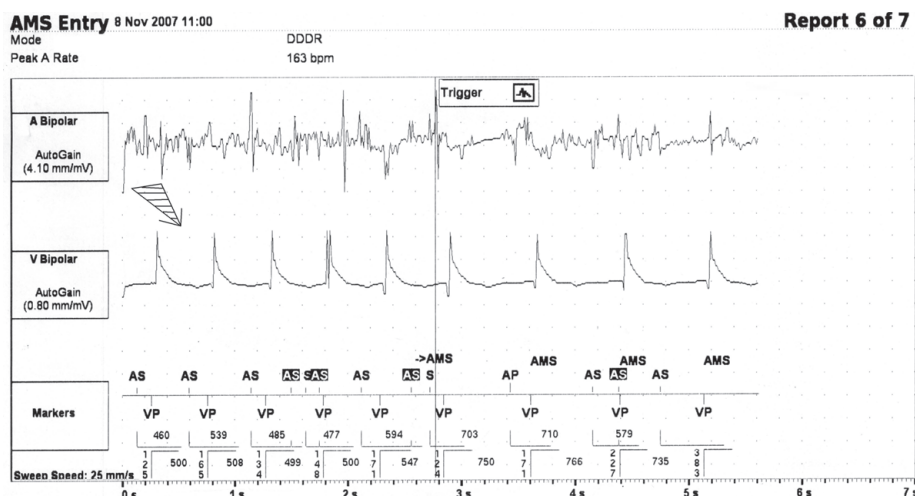


Рис. 6. Внутривенная электрограмма. Режим стимуляции - DDDR. Маркеры: AS (S) - собственное предсердное сокращение, AS - собственное предсердное сокращение зарегистрированное в течение рефрактерного периода канала, AP - предсердный стимул, VP - желудочковый стимул. Начало коагуляции отмечено стрелкой. AMS - автоматическая функция Auto Mode Switch. Скорость записи 25 мм/сек.

при данном типе нарушений, зарегистрированная в нашем исследовании, составила около 4,5 сек (рис. 1). Однако клинически она не проявилась из-за наличия восстановившегося собственного сердечного ритма с частотой 36 уд/мин. Данное нарушение, по нашему мнению, имеет наибольшую клиническую значимость, особенно, у стимуляторозависимых больных - пациентов с минимальной собственной ЧСС.

Причина развития неэффективной стимуляции в момент монополярной коагуляции не ясна [12]. В литературе сообщается о «токах утечки» [18], возникающих между активным электродом электрокоагулятора и электродом ЭКС, под воздействием которых происходит нагрев эндокардиального электрода и оказывается термическое воздействие на ткани, контактирующие с электродом ЭКС, т.е. на эндокард желудочков или предсердий [20]. Производители ЭКС (Элигим-Кардио) указывают даже на риск повреждения ткани сердца в этой зоне при ЭК [6]. Для оценки возможности повреждающего действия ЭК на сердечную ткань в зоне фиксации эндокардиального электрода при использовании стандартных коагуляционных режимов мы провели 21 больному исследование уровня кардиотропных ферментов и динамики ЭКГ на 1 и 3 сутки после операции. Только у одного пациента на 1-е сутки после операции нами выявлено повышение КФК (без динамики МБ фракции). В остальных случаях показатели не превышали нормы. Изменений на ЭКГ, в том числе и при отключении ЭКС, не зафиксировано. Таким образом, анализ динамики кардиальных ферментов не позволил установить факт прямого воздействия стандартных режимов ЭК на ткань сердца в зоне контакта с электродом ЭКС, что согласуется с данными других исследователей [13].

При патологоанатомическом исследовании миокарда в зоне фиксации эндокардиального электрода у 2 пациентов, умерших от острого нарушения мезентериального кровообращения в первые сутки после операции, как при макроскопическом, так и при гистологическом исследовании не выявлено признаков термического поражения (рис. 8-10 - см. на цветной вкладке).

Нарушение, зафиксированное у 2 пациентов, по продолжительности возникновения не представляет

опасности ни в одной из групп пациентов. Тем не менее, в момент регистрации данного нарушения нельзя исключить температурное воздействие на сердечную ткань в зоне электрода ЭКС [6]. Поэтому дальнейшее использование ЭК при регистрации неэффективных стимулов должно быть прекращено.

При переходе ЭКС из физиологического в асинхронный режим стимуляции (рис. 5) кардиостимулятор перестает воспринимать внешние электрические сигналы, что в нашем случае проявилось конкуренцией навязанного и спонтанного ритмов сердца. Данное нарушение невыгодно гемодинамически, а при попадании стимула ЭКС в так называемую «узкую фазу сердечного цикла» опасно развитием фатальных желудочковых нарушений сердечного ритма [20]. Данная функция, заложенная в алгоритм работы ЭКС, потенциально опасна у стимуляторонезависимых больных, т.к. у них риск конкуренции собственного сердечного ритма и ритма от ЭКС максимален [6].

Автоматическое включение функции AMS (рис. 6) под воздействием ЭК, воспринятой стимулятором как наджелудочковая тахикардия, привело к снижению ЧСС у одного больного. В результате осуществления данной функции мы наблюдали переход ЭКС из Р-синхронизированного режима стимуляции DDD в менее физиологический DDI режим с уменьшением частоты стимуляции со 120 до 80 уд/мин. Учитывая кратковременность переключения режимов стимуляции, гемодинамические показатели не выходили за рамки нормальной сердечной деятельности. Поэтому выключение функции AMS в предоперационном периоде мы считаем нецелесообразным. Более того у пациентов с наджелудочковыми пароксизмальными нарушениями сердечного ритма эта функция во время операции позволяет оптимизировать ЧСС при их возникновении.

В отличие от полученных нами прессорных результатов влияния ЭК на работу ЭКС, феномен миопотенциального ингибирования на кардиостимуляцию хорошо изучен аритмологами, но как нарушение в системе ЭКС, встречающееся во время оперативных вмешательств, не описан. Принцип развития данной картины аналогичен описанным нами механизмам влияния ЭК на стимуляцию, представленным на рис. 1. Но в случае миопотенциального ингибирования кардиостимулятор принимает

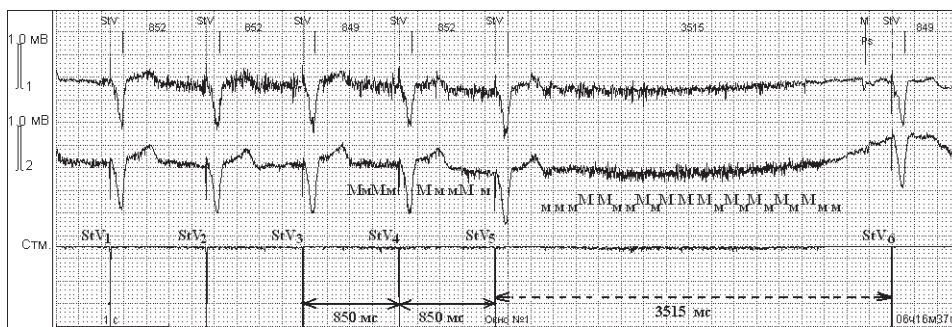


Рис. 7. Изолированная стимуляция желудочков (режим VVI) с базовой частотой стимуляции 70 имп/мин (850 мс). Интервал гистерезиса - не активирован. StV - монополярный желудочковый стимул с монополярной чувствительностью. Помехи от сокращений мышц ложа ЭКС обозначены - Мм. Пауза до 3515 мс за счет ингибирования стимуляции ЭКС. Стм. - канал ЭКС. Скорость записи 25 мм/сек, усиление 1 мВ = 10 мм (объяснение в тексте).

за собственные сокращения сердца не коагуляционные помехи, а электрические потенциалы групп мышц при определенных видах движения или изменениях мышечного тонуса [4]. Данное проявление гиперчувствительности необходимо выявлять при оценке работы ЭКС в предоперационном периоде, а при его регистрации нужно перепрограммировать чувствительность стимулируемой камеры ЭКС с низкого значения (напри-

мер, 2 мВ) на еще более низкое (например, 6 мВ) или в биполярную конфигурацию чувствительности [20].

Изменение частоты сердечного ритма на фоне кардиостимуляции во время оперативного вмешательства неподготовленного специалиста может спровоцировать к неоправданному назначению лекарственных препаратов, учащающих сердечный ритм (что может сопровождаться другими нежелательными гемодинамическими эффектами), изменению лечебной тактики или даже к отказу от оперативного вмешательства. Поэтому хирург и анестезиолог должны знать основные параметры, запрограммированные конкретному больному, и быть готовыми к возможным изменениям электрокардиографической картины [10]. На большинство вопросов о модели, особенностях программы и параметрах стимуляции позволяет ответить предоперационная проверка ЭКС. Кроме того, в ее ходе проводится оценка собственного ритма сердца, возможное наличие изменений чувствительности ЭКС к внешним воздействиям. При необходимости выполняется коррекция параметров стимуляции.

Задачи обследования системы стимуляции перед оперативным вмешательством

1. Оценка основных параметров стимуляции: режима (AAI, VVI, DDD и т.д.), амплитуды, длительности импульса, порога стимуляции, полярности стимулирующего импульса и воспринимаемого сигнала, частоты магнитного теста, состояния батареи и электродов.
2. Коррекция программы ЭКС с целью выключения функций, которые могут вносить изменения в штатный режим стимуляции во время определенных этапов операции: выключение функции сенсора, автоматического определения порога стимуляции, функции сна, гистерезиса по частоте.
3. Коррекция программы, направленная на предупреждение возникновения нарушений в системе стимуляции: перепрограммирование предсердной/желудочковой чувствительности с моно- на биполярную (большинство моделей). При невозможности - программирование в режим низкой чувствительности, а у стимуляторозависимых пациентов - режима стимуляции на асинхронный.
4. Включение индивидуальных защитных функций - например, для предупреждения проведения СВТ на желудочки - включение AMS.
5. При выявлении нарушений - решение вопроса о необходимости хирургической ревизии и коррекции системы стимуляции.

На основании наших данных и данных литературы, мы попытались систематизировать нарушения в работе ЭКС, которые могут возникать при взаимодействии ЭК с кардиостимулятором во время хирургических вмешательств.

I. Нарушения, не связанные с электрокоагуляционным воздействием:

Миопотенциальное ингибирование.

II. Нарушения, связанные с электрокоагуляционным воздействием:

1. Ингибирование стимула ЭКС [6, 20-22];
2. Возникновение кратковременных эпизодов неэффективной стимуляции [12];

3. Временный переход в другой режим стимуляции (VVI-V00, DDD-DDI) с возможным изменением частоты стимуляции [6, 20];

4. Повреждение электронной схемы ЭКС [15, 19];

5. Самопроизвольное перепрограммирование ЭКС [8, 20];

6. Повреждение ткани сердца в зоне контакта с электродом ЭКС [6].

Клинические проявления нарушений во время ЭК будут существенно отличаться у пациентов с преобладающей достаточной частотой собственных сердечных сокращений и у больных с критической брадикардией. В большинстве случаев нарушения представляют опасность в группе больных с редким сердечным ритмом (менее 30 уд/мин). Однако и стимуляторонезависимых больных полностью нельзя исключить из группы риска из-за возможного возникновения конкуренции ритмов у этих больных при переходе ЭКС в асинхронный режим стимуляции с развитием фатальных аритмий (необходимо отметить, что вероятность возникновения данного нарушения скорее гипотетическая исходя из программирования в настоящее время невысоких значений амплитуды и длительности стимула). На наш взгляд, для прогнозирования тяжести и характера клинических проявлений нарушений в работе ЭКС во время операций необходима предоперационная оценка стимуляторозависимости пациентов.

Хотим подчеркнуть, что только в случае полного отказа ЭКС у стимуляторозависимых больных требуется экстренная специализированная кардиохирургическая помощь. Поэтому только эту группу больных мы рекомендуем оперировать в специализированных лечебных учреждениях. Остальные пациенты, даже при возникновении во время операции нарушений в работе ЭКС, в специализированной аритмологической помощи не нуждаются и при квалифицированном анестезиологическом обеспечении могут быть оперированы в общехирургических отделениях.

Предоперационную проверку плановых больных целесообразно проводить в лечебных учреждениях, имплантировавших ЭКС. При невозможности проверки системы стимуляции, госпитализация экстренных больных с ЭКС целесообразна в лечебные учреждения, располагающие специализированной аритмологической службой. При поступлении экстренных больных с ЭКС в лечебные учреждения, не располагающие такой службой, во время операции целесообразно ограничение использования монополярной коагуляции или использование ЭК в биполярном режиме с учетом наших рекомендаций.

Интересным, на наш взгляд, является вопрос выбора частоты стимуляции на время операции. Если, например, во время операций большого объема, сопровождающихся кровопотерей, у пациентов без ЭКС ЧСС нередко превышает 100-120 ударов в минуту, то у больного с ЭКС в этой ситуации базовая частота стимуляции, равная 50-60 имп/мин, вероятно, не обеспечивает полноценного кровообращения. Этот вопрос, особенно при операциях большого объема (экстремальных ситуациях), по нашему мнению, требует отдельного изучения.

Хотим обратить внимание, что в ряде случаев выполнение операции у больного с имплантированным антиаритмическим устройством может представлять опасность для операционной бригады. Это касается пациентов с имплантированными кардиовертерами-дефибрилляторами, т.к. в этих устройствах имеется вероятность развития ситуации, представленной на рис. 2. Детекция ЭКС коагуляционных помех по желудочковому каналу в виде ложной желудочковой тахикардии с большой частотой желудочкового ритма [20] может привести к автоматическому нанесению разряда с запрограммированной мощностью (как правило, более 20 Дж) на миокард больного. Поэтому на момент операции, во время которой предусмотрено использование монополярной электрокоагуляции, больным с кардиовертерами-дефибрилляторами требуется временное программное отключение функции купирования желудочковых тахикардий.

ВЫВОДЫ

1. Наличие ЭКС не является противопоказанием к выполнению операций с использованием электрокоагуляции в монополярном режиме. Однако у 12,1% больных развиваются нарушения в системе ЭКС в виде ингибции стимула, неэффективной стимуляции, временного изменения режима стимуляции.
2. Стимуляторозависимым больным целесообразно выполнять операции с ЭК в условиях специализированного стационара из-за минимального риска повреждения ЭКС. Все остальные больные могут быть оперированы в общехирургических стационарах после предварительной проверки системы стимуляции и коррекции параметров стимуляции.
3. Наиболее часто под воздействием монополярной электрокоагуляции развивается ингибция стимула ЭКС, возникновение которой зависит от конфигурации полярности чувствительности кардиостимулятора. Для уменьшения риска развития данного нарушения целесообразно использовать биполярный режим чувствительности электрокардиостимулятора. Данное нарушение представляет опасность в группе стимуляторозависимых больных
4. Кратковременные эпизоды неэффективной стимуляции в момент электрокоагуляции не опасны, как нарушения ритма. Однако они могут свидетельствовать о температурном воздействии на ткань сердца в зоне контакта с электродом электрокардиостимулятора. Регистрация данного нарушения требует прекращения использования во время операции монополярной электрокоагуляции.
5. Переход ЭКС в асинхронный режим стимуляции у стимуляторозависимых больных может рассматриваться не угрожаемой ситуацией из-за незначительной вероятности попадания стимула ЭКС в уязвимый период сокращения миокарда. Однако у стимуляторозависимых больных риск развития фатальных аритмий при развитии конкуренции собственного и навязанного сердечных ритмов неизбежно возрастает.
6. Во всех случаях возникновения нарушений в работе ЭКС целесообразно кратковременное прекращение электрокоагуляции, а в случае регистрации неэффективных стимулов - отказ от применения ЭК.
7. Продолжительность однократного электрокоагуляционного воздействия во время операций любому больному, имеющему кардиостимулятор, не должна превышать 3 секунд.
8. ЭКГ особенности в работе электрокардиостимулятора могут регистрироваться независимо от электрокоагуляции, установленных базовых частот стимуляции, функций гистерезиса и прочих настроек (в том числе за счет миопотенциального ингибирования). Поэтому при предоперационном обследовании больного целесообразно выполнение контрольной проверки системы ЭКС и, при необходимости, проведение специальных тестов, направленных на выявление данных особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаев В.А. Электрокардиография при электрокардиостимуляции сердца // Функциональная диагностика в кардиологии. В 2-х т. / под ред. Л.А. Бокерия, Е.З. Голуховой, А.В. Иваницкого. - М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2002. - Т.1. - С.311-333.
2. Бокерия Л.А., Ревитшвили А.Ш., Ступаков И.Н., Самородская И.В. Организация медицинской помощи больным с нарушениями ритма сердца // Качественная Клиническая Практика. - 2003. - № 1. - С. 75-82.
3. Бокерия Л.А., Ревитшвили А.Ш., Дубровский И.А. Состояние электрокоагуляции в России в 2006 году. - Электрон. док. - Available from URL: http://www.electrophysiology.ru/library/article.php?new_article_id=23, свободный. - Заглавие с экрана. - Яз. англ. (18.01.2008).
4. Григоров С.С., Вотчал Ф.Б., Костылева О.В. Электрокардиограмма при искусственном водителе ритма сердца. - М.: Медицина, 1990. - 240 с.
5. Комплекс суточного мониторирования ЭКГ автоматизированный «Astrocard® - холтеровский анализ» (Astrocard® - Holversystem-2F for Windows). Паспорт. - Москва: ЗАО «Медитек». - 1996. - 39 с.
6. Костылева О.В., Вотчал Ф.Б., Моргунов В.С. Руководство по применению имплантируемых электрокардиостимуляторов ЭКС-511 и ЭКС-530. - Тверь: «Губернская медицина», 1999. - 32 с.
7. Руководство. Программатор APS_μ модель 3250 с версией программного обеспечения 3264а. База APS_μ модель 3251 с версией программного обеспечения 3265. Sylmar, USA: St.Jude Medical; 1999. Apraxia; p. 148 (в перев.)
8. Bourke M.E. The patient with a pacemaker or related device. // Can J Anaesth. 1996; 43 (5 Pt 2): R24-41.
9. Caramella J.P., Mentre B., Jattiot F. et al. Reprogramming of a pacemaker induced by electrocautery. // Ann Fr Anesth Reanim. 1987; 6(3): 214-216.
10. Caramella J.P., Aliot E., Claude E. et al. Anesthesia and cardiac pacing. // Ann Fr Anesth Reanim. 1988; 7(4): 309-319.
11. Caramella J.P., Dodinot B. Cardiac pacemaker deprogramming by electrocautery. An update. // Ann Fr Anesth

- Reanim. 1989; 8(3): 290-292.
12. Chauvin M., Crenner F., Brechenmacher C. et al. In vitro study of the effects of high frequency electrical current on cardiac pacemakers. // *Ann Fr Anesth Reanim.* 1990; 83 (7): 997-1002.
 13. Chauvin M., Crenner F., Brechenmacher C. Effects of electrocautery on the threshold values of permanent pacing. An experimental study. // *Arch Mal Coeur Vaiss.* 1992; 85(9): 1323-1327.
 14. Chauvin M., Crenner F., Brechenmacher C. Interaction between permanent cardiac pacing and electrocautery. The significance of electrode position. // *PACE.* 1992; 15: 2028 - 2033.
 15. Delhumeau A., Ronceray S., Moreau X. Final arrest of a pacemaker after use of electrocautery. // *Ann Fr Anesth Reanim.* 1988; 7(2): 162-164.
 16. Dreifus L.S., Fisch C., Griffin J.C. et al. Guidelines for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices. // *J.Amer. Coll. Cardiol.* 1991; 18: 1 - 13.
 17. Godin J.F., Petitot J.C. STIMAREC report. Pacemaker failures due to electrocautery and external electric shock. // *Pacing Clin Electrophysiol.* 1989; 12(6): 1011.
 18. Mangar D., Atlas G.M., Kane P.B. Electrocautery-induced pacemaker malfunction during surgery. // *Can J Anaesth.* 1991; 38(5): 616-618.
 19. Peters R.W., Gold M.R. Reversible prolonged pacemaker failure due to electrocautery. // *J Interv. Card. Electrophysiol.* 1998; 2(4): 343-344.
 20. Salukhe T. V., Dob D., Sutton R. et al. Pacemakers and defibrillators: anaesthetic implications. // *British Journal of Anaesthesia.* 2004; 93 (1): 95-104.
 21. Shibata Hil-oshi, Yano M., Okahisa T. et al. Effects of High-frequency Current on Pacemakers during Endoscopic Gastric Surgery: Experimental Study. // *Digestive Endoscopy* 1999; 11: 150 - 157.
 22. Wilson S., Neustein S.N., Camunas J. et al. Rapid ventricular pacing due to electrocautery: a case report and review. // *Mt Sinai J Med.* 2006; 73(6): 880-883.

НАРУШЕНИЕ РАБОТЫ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА ВО ВРЕМЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

А.Е.Тягунов, Е.В.Первова, А.Н.Александров, К.А.Рогов, А.Д.Злотникова, А.М.Жданов, А.В.Сажин

С целью оценки частоты возникновения и характера нарушений в работе имплантированных электрокардиостимуляторов (ЭКС) в ходе хирургических операций с использованием электрохирургических манипуляций в монополярном режиме обследовано 99 пациентов в возрасте от 52 до 89 лет выполнено 104 оперативных вмешательства. Во время операций во всех случаях использовали монополярный режим электрокоагуляции (ЭК) с мощностью воздействия до 100 Вт, влияние которой на работу ЭКС выявлено у 12 больных. У 9 больных воздействие ЭК на работу ЭКС сопровождалось эпизодическим отсутствием стимулов ЭКС в момент ЭК. У 2 больных во время нанесения ЭК зарегистрированы единичные неэффективные стимулы ЭКС. У одного больного под воздействием ЭК нами зарегистрирован кратковременный переход ЭКС из исходно запрограммированного режима VVI в асинхронный режим стимуляции. У 1 больного с двухкамерной стимуляцией во время ЭК на канале Markers программатора была выявлена детекция коагуляционных помех по предсердному каналу. Т.к. частота следования этих ложно предсердных событий превышала значение так называемой «частоты регистрации предсердной тахикардии», запрограммированное у данного больного на 175 уд/мин, стимулятор принял коагуляционное воздействие за наджелудочковую тахикардию. Это привело к автоматическому переключению базового режима стимуляции DDD(R) на режим DDI (R) или VDI (R). Все зарегистрированные в нашем исследовании нарушения в работе ЭКС носили временный характер и исчезали после прекращения ЭК. Во время операций отмечались паузы в работе ЭКС, связанные не с ЭК, а с миопотенциальным ингибированием.

Таким образом, наличие ЭКС не является противопоказанием к выполнению операций с использованием ЭК в монополярном режиме, хотя у 12,1% больных развиваются нарушения в системе ЭКС в виде ингибции стимула, неэффективной стимуляции, временного изменения режима стимуляции. Стимуляторозависимым больным целесообразно выполнять операции с ЭК в условиях специализированного стационара из-за минимального риска повреждения ЭКС. Все остальные больные могут быть оперированы в общехирургических стационарах после предварительной проверки системы стимуляции и коррекции параметров стимуляции. Для предотвращения ингибции стимулов ЭКС целесообразно использовать биполярный режим чувствительности ЭКС. Кратковременные эпизоды неэффективной стимуляции в момент электрокоагуляции не опасны, как нарушения ритма. Однако они могут свидетельствовать о температурном воздействии на ткань сердца в зоне контакта с электродом ЭКС. Регистрация данного нарушения требует прекращения использования во время операции монополярной ЭК. Переход ЭКС в асинхронный режим стимуляции у стимуляторозависимых больных может рассматриваться не угрожаемой ситуацией из-за незначительной вероятности попадания стимула ЭКС в уязвимый период сокращения миокарда. Однако у стимуляторонезависимых больных риск развития фатальных аритмий при развитии конкуренции собственного и навязанного сердечных ритмов неизбежно возрастает. Во всех случаях возникновения нарушений в работе ЭКС целесообразно кратковременное прекращение ЭК, а в случае регистрации неэффективных стимулов - отказ от применения ЭК. Продолжительность однократного ЭК воздействия во время операций любому больному, имеющему ЭКС, не должна превышать 3 секунд. При предоперационном обследовании больного целесообразно выполнение контрольной проверки системы ЭКС и, при необходимости, проведение специальных тестов, направленных на выявление особенностей его функционирования.

IMPAIRMENT OF CARDIAC PACEMAKERS DURING SURGICAL PROCEDURES

A.E. Tyagunov, E.V. Pervova, A.N. Aleksandrov, K.A. Rogov, A.D. Zlotnikova, A.M. Zhdanov, A.V. Sazhin

To assess prevalence and pattern of impairments of implanted cardiac pacemakers during surgical operations with the use of electrosurgical procedures in unipolar regime, 99 patients aged 52-89 years to whom 104 surgical procedures had been performed were included into the study. During the surgery, a unipolar regime of electric coagulation with the power of up to 100 W was used in all cases, with alterations of pacemaker functions revealed in 12 patients. In 9 patients, the effect of electric coagulation on the pacemaker function resulted in episodic absence of paced stimuli at the moment of electric coagulation. In two patients, single ineffective paced stimuli were recorded during electric coagulation. In another patient, in the course of electric coagulation, a short term transition of the pacing mode VVI to the asynchronous pacing mode was observed. In one patient with the dual-chamber pacing, during the electric coagulation, the "Markers" channel of the programmer detected coagulation pollution of the atrial channel. Since the frequency of the above "false atrial" events was higher than so called "frequency of atrial tachycardia recording" programmed for the patient as 175 bpm, the pacemaker considered the application of electric coagulation as a supraventricular tachyarrhythmia and switched automatically the initial pacing mode DDD(R) to modes DDI(R) or VDI(R). All pacemaker function alterations revealed in the course of the study were temporary and disappeared upon the electric coagulation cessation. During the surgical procedure, the pauses in pacemaker functioning connected with myopotential inhibition but not with electric coagulation were detected.

Thus, the presence of an implanted pacemaker cannot be considered a contraindication to surgical interventions with electric coagulation in unipolar regime, although 12.1% of patients experience an impairment of pacemaker functions, such as the inhibition of stimulus, ineffective pacing, and transient changes in pacing mode. In pacemaker-dependent patients, it is expedient to perform surgical procedures accompanied by the electric coagulation in specialized hospitals taking the minimal risk of the pacemaker impairment into the account. All other patients may undergo surgical interventions in general surgical hospitals after the pacemaker system diagnostic procedures have been made and parameters of pacing have been corrected. To prevent inhibition of paced stimuli, the bipolar regime of the pacemaker sensitivity could be used. Short-term episodes of ineffective pacing during electric coagulation are not dangerous as arrhythmias. However, they could be a reflection of thermal effect on the myocardium in the area of contact with the pacing electrode. The above alteration means that the use of unipolar electric coagulation should be avoided. The transition of pacing mode into an asynchronous one in pacemaker-dependent patients cannot be considered a threatened problem due to a low probability of the paced stimulus occurrence in the vulnerable period of myocardial contraction. However, in pacemaker-dependent patients, risk of fatal arrhythmia in the case of interference of genuine and paced rhythms increases inevitably. In all cases of the pacemaker function impairments, electric coagulation should be interrupted for a short period of time and avoided in the case of the ineffective stimuli recording. The duration of a single application of the electric coagulation in pacemaker patients should not exceed 3 s. During the pre-operative assessment of patients, the control check of pacing system should be done and, if necessary, specialized tests should be performed to reveal peculiar features of its functioning.