

М.В.Диденко, К.Н.Шорохов, Г.Г.Хубулава

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИИ

Санкт-Петербургская Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова

Рассматриваются современные представления о физиологической электрокардиостимуляции, анализируются результаты многоцентровых исследований, приводятся собственные данные по применению режимов, минимизирующих стимуляцию правого желудочка, бивентрикулярной стимуляции и стимуляции межжелудочковой перегородки.

Ключевые слова: физиологическая электрокардиостимуляция, бивентрикулярная стимуляция, атриовентрикулярная блокада, межжелудочковая перегородка, диссинхрония, хроническая сердечная недостаточность, фибрилляция предсердий.

The current concepts of physiological cardiac pacing are considered, the results of multi-center studies are analyzed, the results of the authors' studies on the use of the regimens minimizing the pacing of the right ventricle, on biventricular pacing, and pacing of inter-ventricular septum are given.

Key words: physiological cardiac pacing, biventricular pacing, atrio-ventricular block, inter-ventricular septum, dyssynchrony, chronic heart failure, atrial fibrillation.

Понятие «физиологическая электрокардиостимуляция (ЭКС)» претерпело значительные изменения за последние несколько лет. Если еще совсем недавно двухкамерная частотноадаптивная ЭКС в режиме DDDR с имплантацией электродов в ушко правого предсердия (ПП) и верхушку правого желудочка (ПЖ) могла считаться во всех случаях физиологичной, то сейчас это вопрос спорный.

Клинические исследования пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами для лечения синдрома слабости синусового узла (СССУ) или атриовентрикулярных (АВ) блокад различной степени, а также с имплантируемыми кардиовертерами-дефибрилляторами (ИКД), показали что нарушение синхронности электрической и механической систолы желудочков, вызванное ЭКС из верхушки ПЖ, в отдаленные сроки увеличивает риск развития сердечной недостаточности (СН) и смертности. При этом риск СН возрастает с увеличением доли желудочковой стимуляции и у пациентов с исходно нарушенной сократительной функцией левого желудочка (ЛЖ). Несмотря на то, что ЭКС в большинстве случаев является спасающей жизнь процедурой, в ряде случаев происходит усугубление течения СН. Поэтому для достижения максимальной физиологичности необходим индивидуальный подход для каждого конкретного пациента. Основываясь на этих данных, сегодня врач перед имплантацией устройства должен определить вид ЭКС (одно-, двух- или трехкамерная), область позиционирования электродов в сердце, а также возможность максимально снизить немотивированную стимуляцию желудочков.

Единственным методом лечения симптоматичной брадикардии и профилактики внезапной смерти вызванной асистолией, вследствие СССУ и АВ блокады, является ЭКС. Однако, несмотря на то, что ЭКС применяется в клинической практике уже около 50 лет, до конца не определены ни оптимальный режим стимуляции, ни область из которой следует её проводить.

Первые ЭКС были однокамерными и не обеспечивали предсердно-желудочковую синхронизации. Двухкамерная ЭКС в режиме DDD/R начала применяться около 20 лет назад для восстановления предсердно-желудочковой синхронности у пациентов с АВ блокадами и ознаменовала серьезный технический и клинический прогресс. Достаточно быстро двухкамерная ЭКС распространилась в клинической практике и стала называться «физиологичной». Однако, проведенные крупные рандомизированные клинические исследования (РКИ) у пациентов с СССУ и/или АВ блокадами показали, что сохранение предсердно-желудочковой синхронности с помощью ЭКС в режиме DDD/R не снижало летальность по сравнению с ЭКС в режиме VVI/R и только незначительно уменьшала вероятность прогрессирования СН в отдаленные сроки [1, 2, 3]. При этом в других РКИ было достоверно показано, что предсердная ЭКС (AAI/R) снижает риск фибрилляции предсердий (ФП) и СН, а также улучшает выживаемость по сравнению с ЭКС в режимах VVI/R и DDD/R у пациентов с СССУ [4, 5].

Отсутствие преимуществ, казалось бы, физиологичной двухкамерной ЭКС (DDD/R) перед нефизиологичной ЭКС желудочков VVI/R объясняется фактором, который присущ всем режимам стимуляции желудочков, а именно - асинхронным сокращением желудочков. Первые доказательства этой концепции были показаны в ходе ретроспективного анализа исследования «MOST» (Mode Selection Trial), в котором риск госпитализации по поводу СН и ФП был прямо пропорционален совокупной доле ЭКС желудочков, выраженной в процентах, и не зависел от режима ЭКС [6]. Наименьший риск отмечался у пациентов с DDD/R, но при этом очень малой долей ЭКС желудочков. То есть, у этих пациентов обеспечивалась не только предсердно-желудочковая, но и не нарушалась меж- и внутрижелудочковая синхронность.

Негативное влияние желудочкового асинхронизма, вызванного ЭКС из верхушки ПЖ, также было показа-

но в нескольких РКИ, изучавших ИКД. Так в исследовании «DAVID» [7] проверялась гипотеза, о том, что двухкамерная ЭКС в режиме DDD/R с минимальной частотой стимуляции (ЧС) 70 в 1 мин. будет улучшать результаты лечения СН, снижать количество госпитализаций по поводу СН и смертность в сравнении с подстраховочной ЭКС только желудочков в режиме VVI с минимальной ЧС 40 в 1 мин. Интересно, что это исследование было остановлено преждевременно, т.к. смертность и госпитализация были значительно выше в группе с DDD/R ЭКС. Дополнительный анализ результатов исследования «DAVID» продемонстрировал тот же вывод, что и «MOST» - наименьший риск прогрессирования (декомпенсации) СН или смерти был у пациентов с DDD/R ЭКС с низкой долей ЭКС желудочков [8]. Анализ исследования «MADIT II» продемонстрировал аналогичные прямо пропорциональные связи между долей ЭКС желудочков и СН, желудочковыми аритмиями и смертностью, которые не зависели от наличия ИКД и режима ЭКС [9].

Важно отметить, что асинхронное сокращение желудочков возникающее при ЭКС из верхушки ПЖ подобно патологическому асинхронизму при полной блокаде левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ) без изменения АВ синхронности [10]. При этом хорошо известно, что ПБЛНПГ и расширение комплекса QRS являются независимыми предикторами смертности у пациентов с систолической СН [11, 12].

Таким образом, становится неоспоримым практический смысл изучения желудочкового асинхронизма, в том числе при ЭС из верхушки ПЖ, и его патологического влияния на сократительную функцию миокарда, которой удивительным образом пренебрегали десятилетиями.

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ЭКС ИЗ ВЕРХУШКИ ПЖ

Асинхронная активация желудочков

Оптимальная насосная функция ЛЖ и энергетически эффективное сокращение требует нормальной последовательности электрической активации, которую обеспечивает специализированная проводящая система сердца. ЭКС из любой точки желудочков нарушает нормальную (при возбуждении через систему Гиса-Пуркинье) электрическую и механическую систолу, так как изменяется последовательность и замедляется скорость проведения электрического импульса через миокард.

Любая позиция электрода для ЭКС из области ПЖ, в том числе из его верхушка вызывают гемодинамические нарушения работы сердца [13, 14]. Важно осознать, что верхушка ПЖ стала наиболее частой областью для ЭКС желудочков, т.к. позиционировать продаваемые на рынке электроды в эту область достаточно легко, кроме того, обеспечивается хорошая стабильность положения и пороги стимуляции в ближайшие и отдаленные сроки после операции.

Ухудшение насосной функции ЛЖ

Еще в 1925 году была опубликована работа, в которой было впервые показано, что стимуляция желудочков у млекопитающих приводит к неблагоприятным гемодинамическим последствиям [15]. Подобные данные были получены в ряде других экспериментальных ра-

бот на животных и в течении последних лет продемонстрированы у людей в клинических исследованиях [14, 16, 17]. Наиболее вероятно, что основная причина этих нарушений насосной функции сердца это асинхронная активация желудочков [13]. Оказалось, что нарушение электрической активации ведет к драматичным нарушениям механической систолы, вследствие изменения не только последовательности, но и скорости возбуждения различных отделов желудочков. При этом, сокращение областей прилегающих непосредственно к электроду приводит к растяжению еще не возбужденных рядом лежащих регионов.

Дополнительное растяжение задерживает сокращение и увеличивает его силу в соответствии с механизмом Франка-Старлинга. Это приводит к тому, что более энергично сократившиеся области миокарда влияют на регионы активировавшиеся раньше, которые в этот момент подвергаются систолическому парадоксальному растяжению. Такое реципрокное растяжение кардиомиоцитов ЛЖ является причиной ослабленного и энергетически не эффективного сокращения [18]. Все это нарушает физиологию работы сердца, ухудшает перфузию миокарда и увеличивает потребление кислорода миокардом [19, 20, 21, 22]. У многих пациентов (до 65%) с постоянной ЭКС верхушки ПЖ, у которых не отмечается ангиографических признаков поражения коронарных артерий, могут регистрироваться дефекты перфузии и дискинезия стенок ЛЖ [23, 24]. В настоящее время имеются доказательства, что ЭКС из верхушки ПЖ может приводить к уменьшению времени диастолического наполнения и изгнания, снижению фракции выброса ЛЖ [16, 23, 24] и другим неблагоприятным гемодинамическим эффектам, что, в конечном счете, неблагоприятно влияет на общую насосную функцию сердца [25].

Ремоделирование желудочков и клеточные изменения

Первые признаки клеточной адаптации отмечаются уже через несколько часов ЭКС из верхушки ПЖ [16]. Возможно, что одной из причин этого феномена является структурное изменение калиевых и кальциевых каналов. При более продолжительной желудочковой ЭКС происходит дилатация и асимметричная гипертрофия ЛЖ [26, 27]. При этом более выраженная гипертрофия наблюдается в регионах с более поздней активацией, которые подвергались дополнительному растяжению перед сокращением, что говорит в пользу исключительной важности в процессе ремоделирования миокарда локальной механической нагрузки [26]. Гипертрофии миокарда также способствует увеличение уровня катехоламинов, возникающее вследствие повышения симпатической активности [21].

Активирующиеся позже регионы подвергаются максимальной гипертрофии и дегенерации, при которой происходит снижение чувствительности белков-рецепторов, участвующих в гомеостазе кальция и проведении импульса. При ЭКС из верхушки ПЖ описаны явления дистрофической кальцификации, дезорганизации митохондрий и перестройки клеточных миофибрилл [28]. Основные механизмы ремоделирования желудочков и снижения насосной функции сердца представлены на рис. 1 [29].



Рис. 1. Механизмы ремоделирования желудочков и снижения насосной функции сердца при стимуляции из верхушки правого желудочка (пояснения в тексте) [29].

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКС

Понимание патологического влияния на сердечную гемодинамику ЭКС из верхушки ПЖ подвигает нас на изучение и клиническое применение способов, уменьшающих эти эффекты. Наша цель - сведение к минимуму и как можно ближе к 0% ЭКС ПЖ, так как важен каждый процент снижения доли стимуляции [6]. На сегодняшний день каждый специалист по ЭКС может осуществлять физиологичную ЭКС тремя способами. Первый включает в себя выбор режима ЭКС и интервалов АВ задержки для минимизации бесполезной желудочковой ЭКС, особенно у пациентов с ненарушенным или транзиторно измененным АВ проведением. Второй способ заключается в позиционировании желудочкового электрода в альтернативные области ПЖ, например, в межжелудочковую перегородку (МЖП), особенно у пациентов, которым абсолютно показано проведение ЭКС желудочков в связи с нарушенным проведением по АВ узлу и/или ножкам пучка Гиса. И третий - проведение бивентрикулярной ЭКС у пациентов со сниженной насосной функцией миокарда.

Минимизация ЭКС ПЖ при помощи выбора режимов ЭКС и АВ задержек

Если АВ проведение не изменено или нарушается транзиторно нам необходимо продумать 4 обстоятельства: 1) профилактика симптоматичной брадикардии; 2) осуществление хронотропной поддержки (при необходимости); 3) сохранение предсердно-желудочковой синхронии; 4) сохранение нормальной последовательности активации желудочков.

Самым простым решением может стать использование однокамерного предсердного устройства или перепрограммирование двухкамерного в однокамерный предсердный режим AAI/R. С одной стороны, это позволит с успехом проводить лечение брадикардии у пациентов с СССУ без нарушений АВ проводимости, с другой - этот режим неприменим у пациентов с зарегистрированной транзиторной или постоянной АВ блокадой. Кроме того, известно, что в 50% случаев АВ блокада манифестирует синкопальным состоянием [5, 30]. А так как фунда-

ментальной целью ЭКС является профилактика симптомной брадикардии, то не каждый специалист решится пожертвовать безопасностью при наличии ЭКС желудочков в пользу относительно невысокого риска развития и/или прогрессирования СН или ФП.

Альтернативным подходом при DDD/R режиме ЭКС является использование длинной АВ задержки. Это во многих ситуациях приводит к тому же эффекту как и при AAI/R ЭКС и нивелирует риск потери ЭКС желудочков при возникновении АВ блокады [5, 31]. Еще одна возможность уменьшить ЭКС желудочков - это поиск собственного АВ проведения или АВ гистерезис.

В нашей клинике начиная с 2005 года при контрольном программировании у всех пациентов с двухкамерной DDD/R ЭКС и транзиторными нарушениями АВ проводимости устанавливается АВ задержка до 250 мс, режимы АВ гистерезиса, а также поиска собственного АВ проведения в приборах различных производителей. За 28 месяцев у 207 пациентов были выполнены вышеуказанные манипуляции, при этом в сроки от 3 до 22 месяцев удалось снизить долю ЭКС желудочков в среднем на 48,4%. При этом, ни у одного из пациентов не отмечалось каких либо неблагоприятных клинически значимых последствий увеличения АВ задержки.

Одним из новых и эффективных алгоритмов для уменьшения доли ЭКС желудочков является режим избирательной желудочковой ЭКС. Он уменьшает количественную долю ЭКС желудочков путем запрограммированного удлинения АВ задержки, если предшествующий кардицикл сопровождался спонтанной АВ проводимостью. Если стимулятор не обнаруживает собственного желудочкового события во время удлиненной АВ задержки, то он возвращается к нормальному времени АВ задержки [5]. Увеличение АВ задержки от постоянно запрограммированной может составлять в зависи-

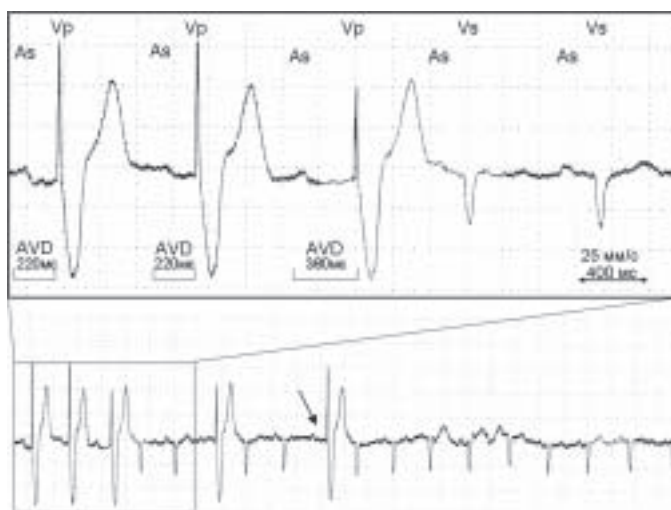


Рис. 2. Демонстрация работы алгоритма избирательной желудочковой стимуляции («refined ventricular pacing™», Vitatron, Голландия) во время суточного мониторинга у пациента с транзиторным нарушением АВ проводимости, где As - собственное (детектированное) предсердное событие; Vp - стимулированный желудочковый комплекс; Vs - собственное (детектированное) желудочковое событие; AVD - предсердно-желудочковая задержка.

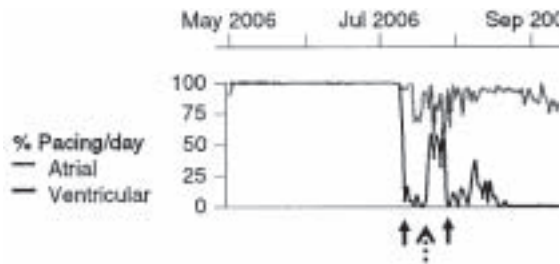


Рис. 3. Демонстрация работы режима «MVP™» (Medtronic, США). Представлен график доли стимуляции предсердий и желудочков (в процентах). Первая короткая стрелка обозначает имплантацию прибора и начало работы режима «MVP™». Длинная прерывистая стрелка - выключение режима на 10 дней. Далее опять короткая сплошная стрелка - повторное включение MVP. При выключении режима MVP доля стимуляции желудочков возросла примерно до 60% в сутки, а при включении значительно снизилась, а еще через месяц достигла практически 0%. Обозначения: % Pacing/day - доля стимуляции желудочков или предсердий за сутки выраженная в процентах; Atrial - предсердная; Ventricular - желудочковая.

мости от предпочтений врача 60, 80, 100 или 120 мс. Сканирование на наличие спонтанной АВ проводимости осуществляется после 30, 60 или 120 стимулированных желудочковых событий (в зависимости от запрограммированной величины).

После серии стимулированных желудочковых комплексов стимулятор автоматически продлевает АВ задержку для одного кардиоцикла на запрограммированную величину. Если во время продленной АВ задержки не детектируется ни одного желудочкового события, стимулятор возвращается к нормальной АВ задержке. Если во время сканирующей удлиненной АВ задержки детектируется спонтанное желудочковое событие, стимулятор продолжает работать с увеличенной АВ задержкой до следующего стимулированного желудочкового комплекса, что и обеспечивает нормальную последовательность активации желудочков при транзиторных нарушениях АВ проводимости (рис. 2).

Опыт нашей клиники в использовании алгоритма избирательной желудочковой ЭКС насчитывает 31 пациента, при этом удалось уменьшить долю стимуляции желудочков в среднем с

65,4±28,4% до 11,2±5,6%. К сожалению, увеличить АВ задержку до бесконечности невозможно, в связи с фундаментальными правилами и особенностями программирования временных интервалов при двухкамерной ЭКС (максимальная частота ЭКС, слепой период и др.), а также возможными нарушениями детекции ФП.

Одной из недавно появившихся возможностей для обеспечения максимально физиологичной ЭКС является режим управления желудочковой стимуляцией («MVP™») [32, 33]. Алгоритм работы режима заключается в автоматическом переключении кардиостимулятора из режима AAI/R в режим DDD/R и обратно в зависимости от наличия или отсутствия спонтанного АВ проведения. Таким образом, желудочковая ЭКС осуществляется только при необходимости, во время ухудшения АВ проведения. В тоже время, периодическое сканирование собственного АВ проведения в режиме DDD/R делает возможным автоматический переход обратно в режим AAI/R. Этот режим позволяет безопасно и эффективно снизить процент ЭКС желудочков до 0,5% у пациентов с СССУ и до 1,6% у больных с преходящей АВ блокадой [34, 35]. Мы использовали режим MVP у 4-х пациентов. При этом отметили значительное снижение доли ЭКС желудочков, у 3-х больных практически до 0% (рис. 3).

Следует помнить, что включенный режим MVP допускает возможность наличия очень большого АВ интервала и/или потери АВ синхронизации в одном кардиоцикле, что не является нарушением работы ЭКС, однако может быть чувствительно для пациента. Кроме того, не рекомендуется включать этот режим у пациентов с полной АВ блокадой.

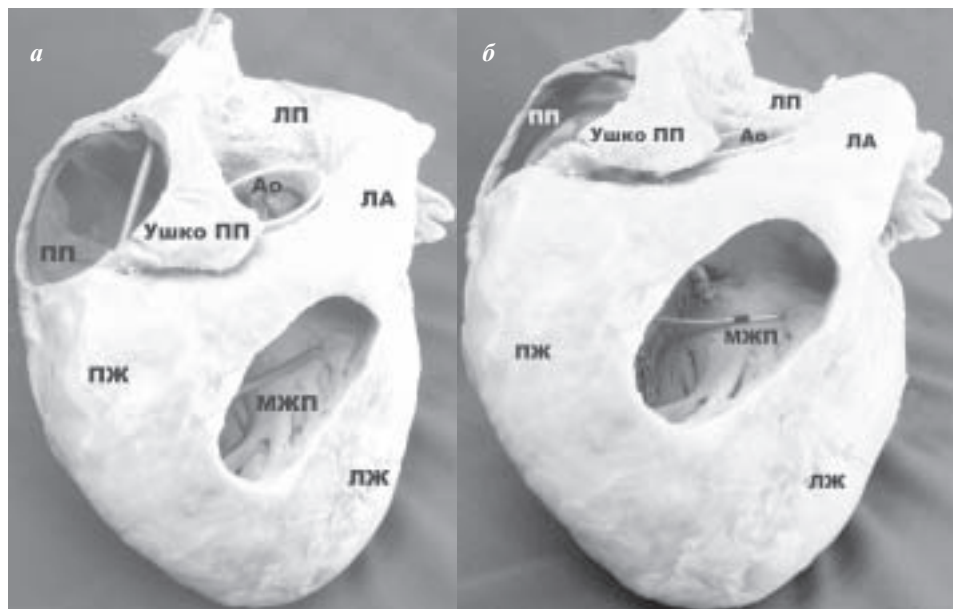


Рис. 4. Демонстрация системы для имплантации электродов в различные отделы сердца с помощью системы «Select Secure» (Medtronic, США) на анатомическом препарате (передняя стенка выходного отдела ПЖ и переднебоковая стенка ПП удалены): а - в полости ПЖ визуализируется специальный управляемый интродьюсер, внутри которого находится тонкий (4 F) биполярный электрод, позиционированный в верхних отделах МЖП в выходном тракте ПЖ; б - после того как электрод зафиксирован интродьюсер удаляется. Обозначения: ПП - правое предсердие; Ао - аорта, ЛП - левое предсердие; ЛА - легочная артерия; ПЖ - правый желудочек; МЖП - межжелудочковая перегородка; ЛЖ - левый желудочек.

Альтернативные области позиционирования электрода

Альтернативные области стимуляции ПЖ применяются у пациентов, которым абсолютно показана желудочковая ЭКС для предотвращения симптоматичной брадикардии. Отсутствие или ненадежное АВ проведение, а также наличие постоянной формы ФП требуют надежной ЭКС желудочков. Для улучшения насосной функции сердца в таких случаях используется стимуляция МЖП из ПЖ или стимуляция пучка Гиса. В последние годы позиционирование электродов в различные области ПЖ стало более реально в клинических условиях [36] благодаря появлению новых специальных устройств для имплантации электродов в различные отделы ПЖ (рис. 4а,б).

На изучение альтернативных вершущих областей в ПЖ было направлено достаточно много исследований, так как системы для ЭКС проще и чаще всего имплантируются трансвенозным доступом. К сожалению, было показано, что в полости ПЖ нет области, которая бы не ухудшала насосную функцию сердца [14]. Тем не менее, наиболее оптимальным является верхний отдел МЖП в области выходного тракта ПЖ. [14, 37]. Любопытно, что при первой имплантации ЭКС у человека электрод был позиционирован именно в МЖП [38].

Стимуляция МЖП обоснована для использования на практике. В ближайшие и отдаленные сроки она не хуже по стабильности и эффективности в сравнении с верхушкой ПЖ, кроме того, имеет низкий риск перфорации сердца, стимуляции диафрагмального нерва и позволяет достаточно легко удалять электрод при замене [19].

Наш опыт имплантации электрода в МЖП (рис. 5а,б) насчитывает 23 пациента. Мы не отметили достоверных различий в интраоперационных и послеоперационных электрофизиологических показателях в сравнении с классической имплантацией в верхушку ПЖ. Только одному (второму) пациенту была выполнена репозиция электрода в первые сутки после операции в свя-

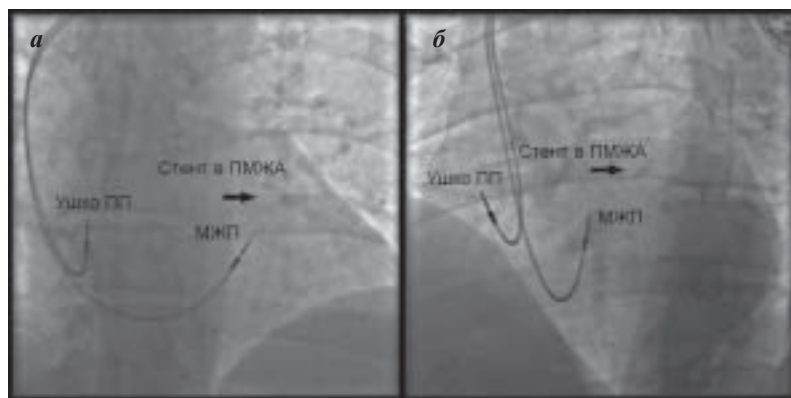


Рис. 5. Интраоперационные рентгенограммы пациента с имплантированными электродами в ушко ПП и МЖП в выходном отделе ПЖ в прямой (а) и левой боковой (б) проекциях. У этого же пациента ранее было выполнено стентирование передней межжелудочковой артерии. В левой боковой проекции хорошо видно что электрод направлен к межжелудочковой перегородке и соответственно к стенке в ПМЖА. Обозначения: ПП - правое предсердие; МЖП - межжелудочковая перегородка; ПМЖА - передняя межжелудочковая артерия.

зи с его дислокацией. В последующем мы пришли к выводу, что имплантация в эту область требует повышенных требований к интраоперационной проверке стабильности электрода и к опыту оператора. При ЭхоКГ с тканевой доплерографией отмечалось достоверно меньше явлений желудочковой асинхронии и нарушений внутрисердечной гемодинамики.

Техника имплантации электрода и выбор позиции в области МЖП требуют особого внимания. Так, например, ряд исследований показал обоснованность использования ширины комплекса QRS для оптимизации положения электрода и уменьшения пагубного влияния на функцию ЛЖ [39, 40]. Чем уже комплекс QRS, тем лучше для внутрисердечной гемодинамики. При этом показано, что узкий QRS обусловлен возбуждением собственной системы пучка Гиса при стимуляции МЖП [41].

ЭКС области пучка Гиса обеспечивает идентичную нормальной последовательность возбуждения желудочков и не расширяет комплекс QRS. У пациентов без значимых нарушений дистального проведения, после проксимальной катетерной аблации АВ соединения по поводу тахисистолической формы ФП, ЭКС в области пучка Гиса не нарушает последовательность активации ЛЖ и его насосную функцию [42, 43]. Однако техника и методология имплантации в эту область в настоящее время далека от идеала, что требует дальнейшего совершенствования и проведения крупных многоцентровых исследований. Определенной перспективностью обладает методика стимуляции изолированного участка правого предсердия в области компактной части АВ соединения [44].

Бивентрикулярная ЭКС первоначально использовалась для коррекции межжелудочковой и внутрижелудочковой асинхронии у пациентов с СН для улучшения сократительной функции миокарда. Хорошо известно, что при ЭКС из верхушки ПЖ последовательность возбуждения такая же, как и при ПБЛНППГ. Было показано, что ЭКС из верхушки ПЖ в значительной степени усугубляет насосную функцию сердца, и чем выше доля ЭКС тем сильнее страдает сократимость (рис. 6) [29]. Поэтому неудивительно, что у пациентов с СН и позиционированным ранее электродом в верхушке ПЖ имплантация электрода для стимуляции ЛЖ (усовершенствование до бивентрикулярной системы) приводит к улучшению сократительной функции миокарда и результатов лечения [45]. Исследование внутрисердечной гемодинамики показало, что лучшие показатели наблюдаются при бивентрикулярной ЭКС или ЭКС только ЛЖ, в сравнении со стимуляцией в любой области ПЖ, особенно у пациентов с нарушенной сократительной функцией миокарда [14]. В этом же исследовании было показано, что у пациентов с нарушенной сократительной функцией миокарда ЭКС из любой точки ПЖ приводит к ухудшению насосной функции миокарда, однако этого не отмечалось у пациентов без нарушений внутрисердечной гемодинамики.

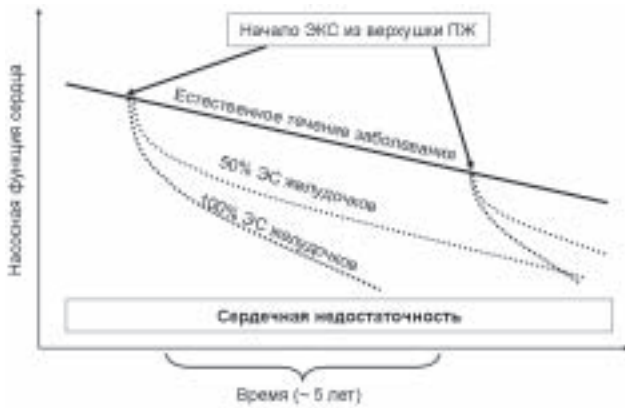


Рис. 6. График изменения насосной функции сердца у пациентов с СН при естественном течении заболевания и при ЭКС из верхушки ПЖ. Обозначения: СН - хроническая сердечная недостаточность; ЭКС - электрокардиостимуляция; ПЖ - правый желудочек.

У пациентов без нарушений функции проводящей системы сердца и сократимости миокарда ЭКС ЛЖ сопровождается меньшим количеством побочных эффектов, чем ЭКС из верхушки ПЖ [13, 46]. Важно отметить, что у пациентов с наличием и отсутствием ПБЛНПГ оптимальными для ЭКС, с точки зрения левожелудочковой гемодинамики, являются различные отделы ЛЖ. Так в исследованиях на животных [47] и у детей [48] продемонстрировано, что наилучшие параметры внутрисердечной гемодинамики наблюдаются при ЭС из верхушечных отделов перегородки ЛЖ или эпикардиальной поверхности верхушки ЛЖ. Левожелудочковая ЭКС может быть достойной заменой классической техники в педиатрической практике, так как электрод в верхушку ЛЖ можно имплантировать эпикардиально через миниторакотомию, а, как известно, эпикардиальный доступ у детей используется достаточно часто.

Несмотря на явные преимущества перед ЭКС из ПЖ бивентрикулярной ЭКС и ЭКС ЛЖ, в настоящее время рутинная имплантация таких типов ЭКС большинству пациентам нецелесообразна и непрактична. Это связано с более высоким временем операции и флюороскопии, сниженной продолжительностью работы батареи, более высокой ценой процедуры и частотой осложнений, таких как дислокация электрода, а также меньшей надежностью проведения ЭКС в отдаленные сроки.

ТАКТИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИИ

Полученные, в последние годы, данные о влиянии различных вариантов ЭКС на сердечную гемодинамику заставляют задуматься об одном из высказываний Гиппократа - «Прежде всего - не навреди». На сегодняшний день основными целями постоянной ЭКС должны являться не только профилактика симптомной брадикардии, но и максимальная физиологичность лечения для уменьшения вероятности пагубного

влияния ЭКС. Современная ЭКС требует обдуманного индивидуального подхода к выбору режима ЭКС и области позиционирования электродов для максимального уменьшения побочных эффектов.

В нашей клинике мы используем алгоритм подбора типа ЭКС и области имплантации электродов основанный на оценке внутрисердечного и АВ проведения, а также в зависимости от сократительной функции миокарда и тяжести СН (рис. 7). Например, если еще 5-7 лет назад пациентке 60 лет, с бради-тахи формой CCCY сопровождающейся симптомной брадикардией, а также редкими пароксизмами ФП, имеющей АВ блокаду I степени и транзиторную II степени, был бы рекомендован двухкамерный прибор DDDR с имплантацией электродов в верхушку ПЖ и ушко ПП, то сегодня самым физиологичным будет выбор прибора DDDRP, имеющего режимы минимизации ЭКС желудочков, и имплантация электродов в область пучка Бахмана (в межпредсердной перегородке) и МЖП для стимуляции желудочков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для того чтобы «не навредить» пациенту и осуществлять максимально возможную физиологическую ЭКС, необходимо:

- 1) обеспечивать АВ синхронность при нарушении АВ проводимости;
- 2) сохранять исходную активацию желудочков, у пациентов с ненарушенным или с транзиторными нарушениями АВ проводимости, максимально используя предсердные режимы ЭКС и алгоритмы минимизации ЭКС желудочков;
- 3) оптимизировать последовательность активации (если стимуляция желудочков необходима) путем выбора оп-



Рис. 7. Алгоритм подбора типа ЭКС и области имплантации электродов. У пациентов с нарушенным внутрисердечным проведением проверяется механическая желудочковая асинхрония по данным эхокардиографии. Обозначения: ЭКС - электрокардиостимуляция; ЭС - электро-стимуляция; ПЖ - правый желудочек; ЛЖ - левый желудочек; СРТ - сердечная ресинхронизирующая терапия; МЖП - межжелудочковая перегородка; СН - хроническая сердечная недостаточность; эндо - эндокардиальный; эпи - эпикардиальный.

тимальной области позиционирования электрода, из которых наиболее доступной является МЖП;
4) использовать бивентрикулярную ЭКС у больных со сниженной сократительной функцией миокарда и хро-

нической сердечной недостаточностью, особенно у пациентов с нарушением внутривентрикулярной проводимости (широкий QRS) или с установленным ранее электродом верхушке ПЖ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Connolly SJ, Kerr CR, Gent M, et al. Canadian Trial of Physiological Pacing Investigators Effects of physiological pacing versus ventricular pacing on the risk of stroke and death due to cardiovascular causes *N Engl J Med* 2000;342:1385-1391.
2. Lamas GA, Lee KL, Sweeney MO, et al. MOST Investigators Ventricular pacing or dual chamber pacing for sinus node dysfunction *N Engl J Med* 2002;346:1854-1862.
3. Toff WD, Camm AJ, Skehan JD, United Kingdom Pacing and Cardiovascular Events Trial (UKPACE) Investigators Single-chamber versus dual-chamber pacing for high-grade atrioventricular block *N Engl J Med* 2005;353:145-155.
4. Andersen HR, Nielsen JC, Rhomsen PEB, Mortensen PT, Vesterlund T, Pedersen AK. Long-term follow-up of patients from a randomized trial of atrial versus ventricular pacing for sick-sinus syndrome *Lancet* 1997;350:1210-1216.
5. Nielsen JC, Kristensen L, Andersen HR, Mortensen PT, Pedersen O, Pedersen AK. A randomized comparison of atrial and dual-chamber pacing in 177 consecutive patients with sick sinus syndrome echocardiographic and clinical outcome. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:614-623.
6. Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, et al. Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction *Circulation* 2003;23:2932-2937.
7. The DAVID Trial Investigators Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) trial. *JAMA* 2002;288:3115-3123.
8. Sharma AD, Rizo-Patron C, Hallstrom AP, et al. DAVID Investigators Percent right ventricular pacing predicts outcomes in the DAVID Trial *Heart Rhythm* 2005;2:830-834.
9. Steinberg JS, Fischer A, Wang P, et al. The clinical implications of cumulative right ventricular pacing in the Multicenter Automatic Defibrillator Trial II *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005;16:359-365.
10. Vassalo JA, Cassidy DM, Miller JM, Buxton AE, Marchlinski FE, Josephson ME. Left ventricular endocardial activation during right ventricular pacing: effect of underlying heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1986;7:1228-1233.
11. Baldasseroni S, Opasich C, Gorini M, et al. Italian Network on Congestive Heart Failure Investigators Left bundle branch block is associated with increased 1-year sudden and total mortality rate in 5,517 outpatients with congestive heart failure: a report from the Italian network on congestive heart failure. *Am Heart J* 2002;143:398-405.
12. Schneider JF, Thomas Jr HE, Kreger BE, et al. Newly acquired left bundle branch block: the Framingham study. *Ann Intern Med* 1979;90:303-310.
13. Prinzen FW, Peschar M. Relation between the pacing induced sequence of activation and left ventricular pump function in animals *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25:484-498.
14. Lieberman R, Padeletti L, Schreuder J, et al. Ventricular pacing lead location alters systemic hemodynamics and left ventricular function in patients with and without reduced ejection fraction *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1634-1641.
15. Wiggers C. The muscular reactions of the mammalian ventricles to artificial surface stimuli *Am J Physiol* 1925;73:346-378.
16. Nahlawi M, Waligora M, Spies SM, Bonow RO, Kadish AH, Goldberger J. Left ventricular function during and after right ventricular pacing *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1883-1888.
17. Tantengco MV, Thomas RL, Karpawich PP. Left ventricular dysfunction after long-term tight ventricular apical pacing in the young *J Am Coll Cardiol* 2001;37:2093-2100.
18. Baller D, Wolpers H-G, Zipfers J, Bretschneider H-J. Comparison of the effects of right atrial, right ventricular apex, and atrioventricular sequential pacing on myocardial oxygen consumption and cardiac efficiency: laboratory investigation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:394-403.
19. Prinzen FW, Augustijn CH, Arts T, Allessi MA, Reneman RS. Redistribution of myocardial fiber strain and blood flow by asynchronous activation *Am J Physiol* 1990;259:H300-H308.
20. Prinzen FW, Hunter WC, Wyman BT, et al. Mapping of regional myocardial strain and work during ventricular pacing: experimental study using magnetic resonance imaging tagging. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1735-1742.
21. Lee MA, Dae MW, Langberg JL, et al. Effects of long-term right ventricular pacing on left ventricular perfusion, innervation, function and histology *J Am Coll Cardiol* 1994;24:225-232.
22. Delhaas T, Arts T, Prinzen FW, Reneman RS. Regional fiber stress-fiber strain as estimate of regional oxygen demand in the canine heart *J Physiol (Lond)* 1994;477:481-496.
23. Tse H-F, Lau CP. Long-term effect of right ventricular pacing on myocardial perfusion and function *J Am Coll Cardiol* 1997;29:744-749.
24. Nielsen JC, Bottcher M, Nielsen TT, Pedersen AK, Andersen HR. Regional myocardial blood flow in patients with sick sinus syndrome randomized to long-term single chamber or dual chamber pacing—effect of pacing mode and rate *J Am Coll Cardiol* 2000;35:1453-1461.
25. Zile M, Blaustein A, Shimizu G, et al. Right ventricular pacing reduces the rate of left ventricular relaxation and filling *J Am Coll Cardiol* 1987;10:702-709.
26. Prinzen FW, Cheriex EC, Delhaas T, et al. Asymmet-

- ric thickness of the left ventricular wall resulting from asynchronous electric activation study in dogs with ventricular pacing and in patients with left bundle branch block. *Am Heart J* 1995;130:1045-1053.
27. Van Oosterhout MFM, Prinzen FW, Arts T, et al. Asynchronous electrical activation induces asymmetrical hypertrophy of the left ventricular wall *Circulation* 1998;98:588-595.
28. Spragg DD, Leclercq C, Loghmani M, et al. Regional alterations in protein expression in the dyssynchronous failing heart *Circulation* 2003;108:929-932.
29. Sweeney MO, Prinzen FW. A new paradigm for physiologic ventricular pacing *J Am Coll Cardiol* 2006;47:282-288.
30. Andersen HR, Nielsen JC, Thomsen PEB, et al. Atrioventricular conduction during long-term follow-up of patients with sick sinus syndrome *Circulation* 1998;98:1315-1321.
31. Nielsen JC, Pedersen AK, Mortensen PT, Andersen HR. Programming a fixed long atrioventricular delay is not effective in preventing ventricular pacing in patients with sick sinus syndrome *Europace* 1999;1:113-120.
32. Sweeney MO, Shea JB, Fox V, et al. Randomized trial of a new atrial-based minimal ventricular pacing mode in dual chamber implantable cardioverter-defibrillators MVP. *Heart Rhythm* 2004;1:160-167.
33. Savoure A, Frohlig G, Galley D, et al. A new dual-chamber pacing mode to minimize ventricular pacing *Pacing Clin Electrophysiol* 2005;28(Suppl 1):S43-S46.
34. Gillis AM, Pererfellner H, Israel CW, et al. Reduction of unnecessary ventricular pacing due to the Managed Ventricular Pacing (MVP) mode in pacemaker patients: benefit for both sinus node disease (SND) and AV block (AVB) indications. *Heart Rhythm*. 2005; Abstract AB21-1
35. Sweeney MO, Ellenbogen KA, Casavant D, et al. Multicenter, Prospective, Randomized Safety and Efficacy Study of a new atrial-based managed ventricular pacing Mode (MVP) in dual chamber ICDs. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005; 16: 811-17.
36. Yee R, Klein GJ, Krahn AC, Skanes AC. Selective site pacing: tools and training. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004;27:894-6.
37. De Cock CC, Giudici MC, Twisk J. Comparison of the haemodynamic effects of right ventricular outflow-tract pacing with right ventricular apex pacing a quantitative review. *Europace* 2003;5:275-278.
38. Furman S, Schwedel JB. An intracardiac pacemaker for Stokes-Adams Seizures. *N Engl J Med* 1959;261:943-8.
39. Tse HF, Yu C, Wong KK, et al. Functional abnormalities in patients with permanent right ventricular pacing: the effect of sites of electrical stimulation. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1451-1458.
40. Victor F, Mabo P, Mansour H, et al. A randomized comparison of permanent septal versus apical right ventricular pacing: short-term results. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:238-42.
41. Laske TG, Skadsberg ND, Hill AJ, Klein GJ, Izzo PA. Excitation of the intrinsic conduction system through his and interventricular septal pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006;29:397-405.
42. Occhetta E, Bortnik M, Magnani A, et al. Prevention of ventricular desynchronization by permanent para-Hisian pacing after atrioventricular node ablation in chronic atrial fibrillation: a crossover, blinded, randomized study versus apical right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1938-45.
43. Deshmukh P, Casavant DA, Romanyshyn M, Anderson K. Permanent, direct His-bundle pacing: a novel approach to cardiac pacing in patients with normal His-Purkinje activation. *Circulation* 2000;101: 869-77.
44. Lu F, Izzo PA, Benditt DG, et al. Isolated Atrial Segment Pacing: An Alternative to His Bundle Pacing After Atrioventricular Junctional Ablation (*J Am Coll Cardiol* 2007;49:1443-9.
45. Leon A, Greenberg M, Kanuru N, et al. Cardiac resynchronization in patients with congestive heart failure and chronic atrial fibrillation: effect of upgrading to biventricular pacing after chronic right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1258-1263.
46. Leclercq C, Walker S, Linde C, et al. Comparative effects of permanent biventricular and right-univentricular pacing in heart failure patients with chronic atrial fibrillation *Eur Heart J* 2002;23:1780-1787.
47. Peschar M, de Swart H, Michels KJ, Reneman RS, Prinzen FW. Left ventricular septal and apex pacing for optimal pump function in canine hearts *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1218-1226.
48. Vanagt WY, Verbeek XA, Delhaas T, Mertens L, Daelen WJ, Prinzen FW. The left ventricular apex is the optimal site for pediatric pacing: correlation with animal experience. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004;27:837-843.