

М.В.Диденко, А.Л.Бобров, А.В.Цыганов, Г.Г.Хубулава, Л.Л. Бобров

НОВЫЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОЗИЦИИ ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА

Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург

С целью оценки возможности определения оптимальной позиции правожелудочкового электрода в ходе имплантации двухкамерного электрокардиостимулятора и устройства для сердечной ресинхронизирующей терапии обследованы и прооперированы 18 больных (в возрасте от 42 до 70 лет).

Ключевые слова: электрокардиостимуляция, атриовентрикулярная блокада, диссинхрония, сердечная ресинхронизирующая терапия, эхокардиография, тканевая доплерография, сердечный выброс

To assess possibility of identification of an optimal location of right ventricular electrode during the implantation of dual-chamber pacemaker and device for cardiac resynchronization therapy, 18 patients aged 42 70 years were examined.

Key words: cardiac pacing, atrioventricular block, dyssynchrony, cardiac resynchronization therapy, echocardiography, tissue Doppler, cardiac output.

Одной из проблем современной электрокардиостимуляции (ЭКС) является выбор позиции правожелудочкового электрода (ПЖЭ) [1-6]. Общепринятые методы оценки оптимальной позиции ПЖЭ позволяют изучить реакцию гемодинамики на желудочковую ЭКС лишь в послеоперационном периоде [7, 8]. Ряд авторов предлагают проводить интраоперационную диагностику оптимального положения внутрисердечного электрода. Методики основаны на оценке длительности комплекса QRS [9, 10], величинах фракции выброса, ударного объема, dp/dt левого желудочка и сердечного выброса при различных позициях электрода в ходе оперативного вмешательства [11-13]. Предлагаемый подход, по нашему мнению, имеет определенные недостатки связанные с неодинаковостью и несопоставимостью оценки гемодинамических данных в состоянии покоя в разные моменты времени на фоне вероятного изменения вегетативного тонуса. Методик, позволяющих оценить гемодинамический ответ и миокардиальный резерв непосредственно во время имплантации, не существует.

Цель исследования - оценить возможности определения оптимальной позиции правожелудочкового электрода в ходе имплантации двухкамерного электрокардиостимулятора и устройства для сердечной ресинхронизирующей терапии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 18 больных (в возрасте от 42 до 70 лет). Десяти больным с тотальной и субтотальной атриовентрикулярной блокадой выполнена имплантация двухкамерного ЭКС С60 DR (Vitatron, Голландия). Во всех случаях использовались биполярные электроды с активной фиксацией Crystalline ActFix 7F (Vitatron, Голландия). Восемью пациентам с хронической сердечной недостаточностью (4 с ишемической кардиомиопатией и 4 с дилатационной кардиомиопатией) имплантированы устройства для СРТ InSync III (Medtronic, США). В этих случаях для ЭКС правого желудочка (ПЖ) использовался биполярный электрод с активной фиксацией CursiveFix Novus 7F (Medtronic, США).

При имплантации двухкамерного ЭКС первым этапом фиксировался предсердный электрод в ушке правого предсердия, а вторым определялась оптимальная позиция ПЖЭ. При имплантации устройства для СРТ в начале выполнялась постоянная фиксация предсердного и левожелудочкового электрода, а затем определение наилучшей позиции ПЖЭ. Для определения оптимальной позиции ПЖЭ сравнивались 2 области: верхушка ПЖ и парагиссиальная область. Очередность временной фиксации в разных точках ПЖ определялась случайным порядком. Позиция ПЖЭ подтверждалась данными флюороскопии в трех проекциях и по поверхностной ЭКГ (положительная морфология комплекса QRS в отведениях II, III, aVF, и отрицательная - в I отведении).

Оценка сердечного выброса (СВ) осуществлялась параллельно двумя методами: постоянно-волновой доплерокардиографией (ПВД) и инвазивным методом с помощью непрерывного анализа формы пульсовой волны (ФПВ). При помощи двухмерной

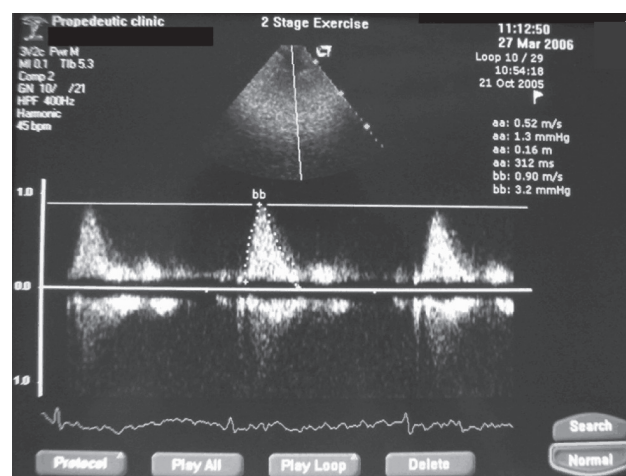


Рис. 1. Методика расчета сердечного выброса при помощи эхокардиографии; определение площади под кривой аортального потока, ударного объема и сердечного выброса.

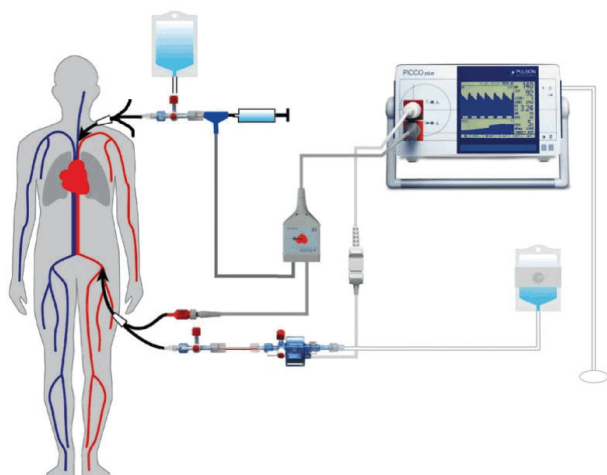


Рис 2. Методика расчета СВ при помощи гемодинамического монитора PiCCOplus: а - схема подключения монитора PiCCOplus для непрерывного мониторинга ФПВ; б - экран монитора PiCCOplus с расчетными параметрами центральной гемодинамики.

эхокардиографии аппаратом Acuson Cypress (Siemens, Germany) проводилось сканирование восходящей аорты из супрастернальной позиции. Оценивался диаметр восходящей аорты. Для исключения дыхательных колебаний аорты больного просили задержать дыхание на половине вдоха. Допплеровский луч располагался посередине восходящей аорты, осуществлялась запись ПВД. В качестве расчетного принимался пик с наибольшей амплитудой сигнала (рис. 1). Производился ручной подсчет площади кривой аортального выброса, ударного объема и СВ.

Динамическое непрерывное определение СВ по ФПВ проводилось с помощью гемодинамического монитора PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Germany). Первым этапом выполнялась калибровка монитора и определение СВ методом транспульмональной термодилуции. В центральный венозный катетер вводилось 15-20 мл 0,9% раствора NaCl охлажденного до +6 °С; при прохождении холодного индикатора через правое предсердие, правый желудочек, сосуды легких, левое предсердие, левый желудочек и аорту последовательно из-

менялась температура крови; скорость ее изменения фиксировалась термодилуционным катетером 5F Pulsio cath (Pulsion Medical Systems, Germany), установленным в бедренной артерии, и отображалась в виде термодилуционной кривой; на основании этой кривой рассчитывались волнометрические показатели, и производилась калибровка СВ для дальнейшего непрерывного мониторинга путем анализа ФПВ. Затем расчет СВ осуществлялся автоматически аппаратным способом путем усреднения параметров ударного объема за последние 20 секунд записи (рис. 2).

После имплантации электрода в искомой позиции ПЖ и его фиксации определялась минимально-эффективная частота ЭКС (на 10 имп/мин более спонтанной частоты синусового ритма, в среднем от 60 до 90 имп/мин). Регистрация СВ (подсчитанному по ПВД и с помощью монитора PiCCOplus) проводилась после 30 секунд непрерывной ЭКС. Затем частота ЭКС последовательно увеличивалась на 10 имп/мин, при этом запись ПВД и ФПВ повторялась. ЭКС прекращалась по достижении субмаксимальной ЧСС (130-160 уд/мин). По данным ПВД проводился расчет СВ. Величина СВ, полученная

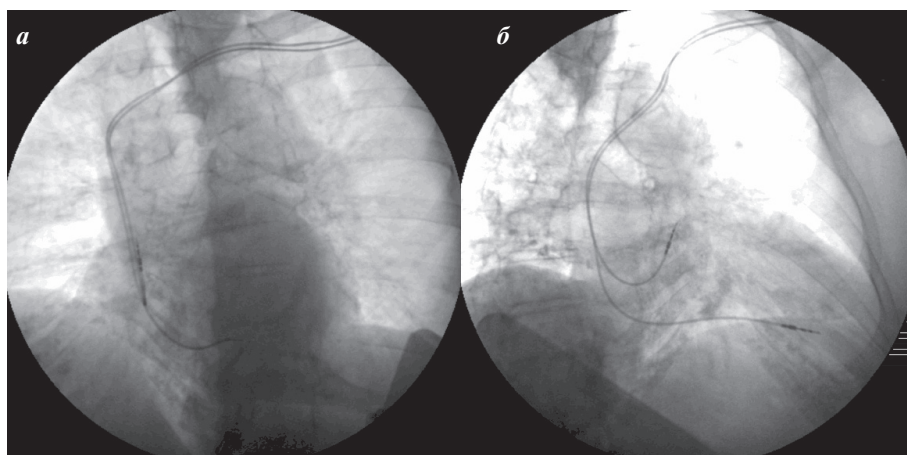


Рис. 3. Интраоперационная рентгенограмма пациентки II. с имплантированным предсердным электродом в ушко правого предсердия и желудочковым электродом в верхушку ПЖ в правой (а) и левой (б) косых проекциях.

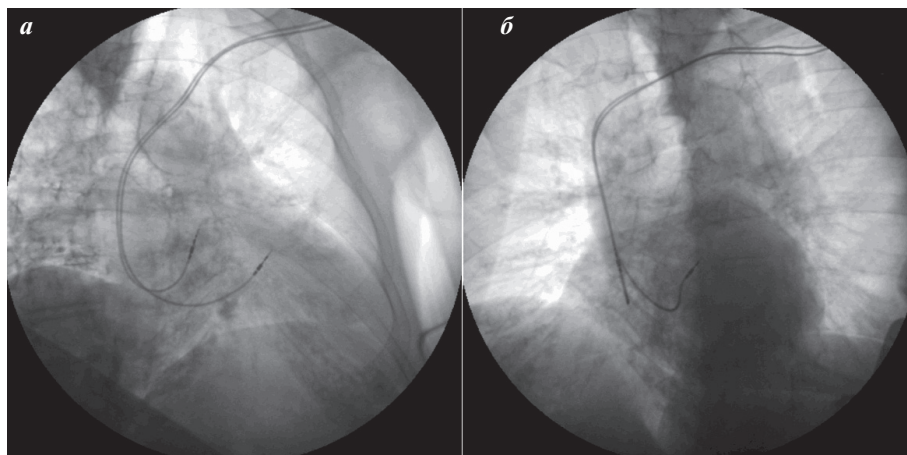


Рис. 4. Интраоперационная рентгенограмма пациентки II. с имплантированным предсердным электродом в ушко правого предсердия и желудочковым электродом в парасинальную область в правой (а) и левой (б) косых проекциях.

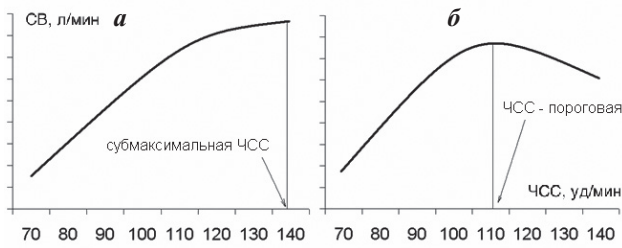


Рис 5. Пример динамики СВ у обследуемого с нормальной функцией миокарда (а) и у пациента с миокардиальной дисфункцией (б). У обследуемого с нормальной функцией миокарда максимальные значения СВ регистрируются в точке, соответствующей субмаксимальной ЧСС. У пациента с миокардиальной дисфункцией наибольший уровень СВ выявляется при ЧСС 110 уд/мин.

методами ПВД и инвазивным методом усреднялась для каждой частоты ЭКС. Затем производилось построение кривых динамики СВ (ось Y) в зависимости от частоты стимуляции (ось X). Степень максимального прироста СВ рассчитывалась в процентах от исходного значения. При двухфазном характере динамики кривой СВ оценивалась ЧСС, соответствующая максимальному значению СВ (пороговая ЧСС). Значения показателей определялись для каждой точки ЭКС. Очередная серия ЭКС проводилась после 5-ти минутного перерыва.

Каждому пациенту выполнялись следующие серии ЭКС: однокамерная предсердная ЭКС, двухкамерная (трёхкамерная при имплантации устройств для СРТ) ЭКС при положении ПЖЭ в верхушке ПЖ (рис. 3) и парагиссальной области (рис. 4). Последовательность различных вариантов двух- или трёхкамерной ЭКС была случайной для каждого пациента. При проведении двух- и трёхкамерной ЭКС атриовентрикулярная задержка составляла 120 мс. Межжелудочковая задержка при имплантации устройств для СРТ составляла 0 мс. Область ЭКС, в которой степень прироста усредненного СВ была максимальной, расценивалась как оптимальная позиция с наибольшим миокардиальным резервом. В случае получения одинаковых значений показателя прироста СВ в разных точках ЭКС проводилось сравнение пороговой ЧСС. Наибольшее значение пороговой ЧСС указывало на наилучший гемодинамический ответ (рис. 5).

Данное исследование было одобрено локальным этическим комитетом Военно-медицинской академии.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Первоначально проведено сопоставление данных динамики СВ, полученными двумя разными методами (доплерографией и инвазивным анализом ФПВ). В анализ включались парные значения СВ, полученные при одновременном исследовании гемодинамики в различных точках ЭКС при разной ЧСС. Всего в анализ включено 250 пар значений СВ. Оказалось, что показатели СВ в ходе ЭКС полученные разными методами умеренно связаны друг с другом ($r = 0,51$). Полученная связь статистически значима ($p < 0,05$).

Анализ интраоперационных данных при имплантации двухкамерного ЭКС показал, что наилучшие результаты в этой группе были при ЭКС парагиссальной области (рис. 6). Двухкамерная ЭКС (правое предсердие и верхушка ПЖ) сопровождалась средним приростом СВ на $34,1 \pm 7,2\%$ при средней пороговой ЧСС $142,5 \pm 7,1$ уд/мин. При двухкамерной ЭКС из парагиссальной области ПЖ средний прирост СВ составил $42,1 \pm 7,5\%$ при пороговой ЧСС $151,3 \pm 6,4$ уд/мин. Восемь пациентам этой группы была выполнена окончательная фиксация ПЖЭ в парагиссальную область.

В двух случаях наилучшие показатели миокардиального резерва наблюдались при позиционировании ПЖЭ в области верхушки ПЖ. В обоих случаях у больных имел место выраженный постинфарктный кардиосклероз межжелудочковой перегородки; окончательная фиксация электрода выполнена в область верхушки

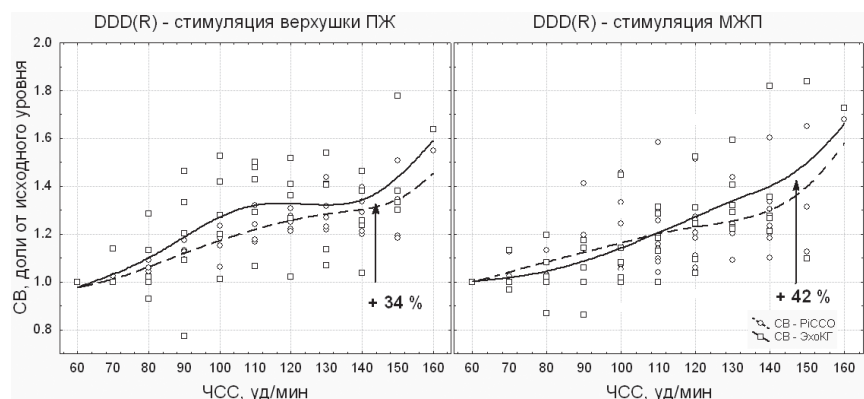


Рис. 6. Динамика относительного прироста СВ (%) при двухкамерной электрокардиостимуляции с увеличивающейся частотой с расположением правожелудочкового электрода в области верхушки ПЖ и парагиссальной области.

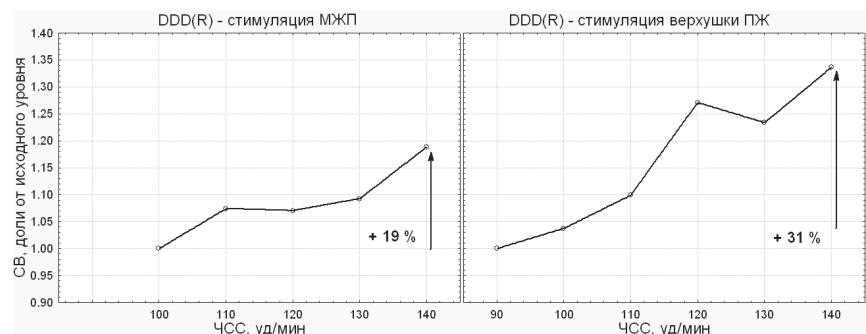


Рис 7. Динамика относительного прироста СВ (%) у пациента К. при двухкамерной электрокардиостимуляции с расположением правожелудочкового электрода в парагиссальной области и верхушке ПЖ.

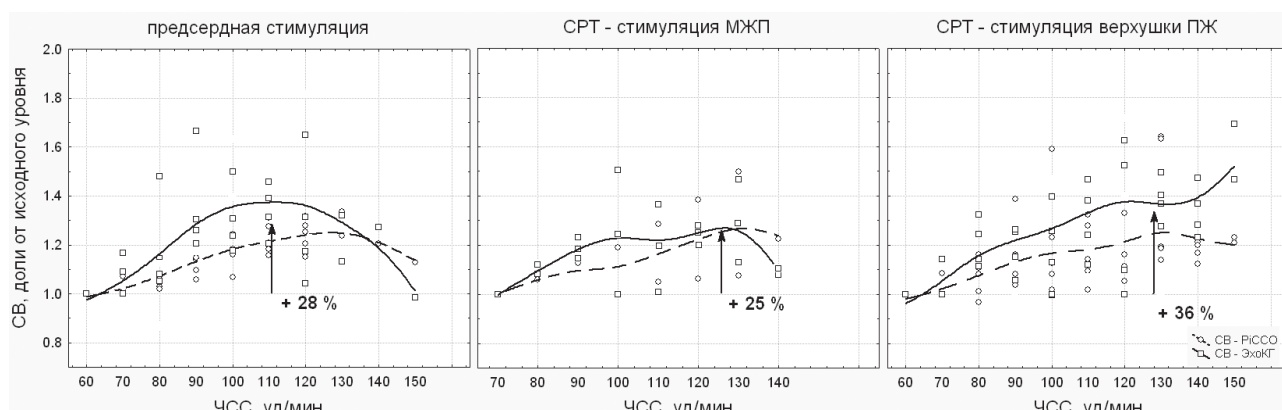


Рис. 8. Динамика относительного прироста СВ (%) при электрокардиостимуляции с увеличивающейся частотой только предсердий и при предсердно-бивентрикулярной электрокардиостимуляции с расположением правожелудочкового электрода в парагиссальной области и верхушке ПЖ.

ПЖ. На рис. 7 представлена динамика СВ у одного из пациентов. ЭКС межжелудочковой перегородки давала прирост СВ на 19%, а стимуляция верхушки ПЖ на 31% при пороговой ЧСС 140 уд/мин в обоих случаях.

Среди больных, которым была выполнена имплантация устройства для СРТ, только у семи была выявлена «типичная» реакция на ЭКС из различных точек ПЖ (рис. 8). Однокамерная предсердная ЭКС приводила к росту СВ в среднем на $28,0 \pm 8,9\%$ при пороговой ЧСС $110,0 \pm 7,6$ уд/мин. Трёхкамерная ЭКС при парагиссальной позиции ПЖЭ приводила к среднему росту СВ на $25,1 \pm 7,3\%$ при средней пороговой ЧСС $125,0 \pm 7,6$ уд/мин. ЭКС при позиции ПЖЭ в верхушке ПЖ сопровождалась увеличением СВ на $36,3 \pm 8,0\%$ при пороговой ЧСС $127,5 \pm 11,6$ уд/мин. Всем пациентам этой группы окончательная фиксация ПЖЭ была произведена в области верхушки ПЖ.

Один пациент после эксплантации левожелудочкового обхода и линейной пластики левого желудочка, не вошедший в предыдущую группу, показал следующие особенности в ходе интраоперационного исследования (рис. 9). Трёхкамерная ЭКС с парагиссальной позицией ПЖЭ приводила к росту СВ на 37% при пороговой ЧСС 150 уд/мин, а стимуляция из верхушки ПЖ к росту СВ всего на 6% при пороге ЧСС - 120 уд/мин. В данном случае ПЖЭ был окончательно фиксирован в парагиссальной области.

Электрофизиологические показатели во всех случаях были в пределах допустимых значений. Сред-

ненные значения для парагиссальной области: сопротивление - 640 ± 146 Ом; амплитуда R-волны - $8,4 \pm 3,1$ мВ; порог ЭКС - $0,8 \pm 0,24$ В. Средненные значения для верхушки ПЖ: сопротивление - 563 ± 162 Ом; амплитуда R-волны - $11,7 \pm 2,8$ мВ; порог ЭКС - $0,7 \pm 0,3$ В.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Существующие в настоящее время методы определения оптимальной позиции ПЖЭ не позволяют в должной мере оценить гемодинамический ответ на проведение ЭКС. Стандартный протокол имплантации предусматривает лишь рентгенанатомический контроль положения электрода и электрокардиографическую оценку [9-11]. В тоже время гемодинамический ответ на постоянную ЭКС только изучается [7].

Многочисленные исследования до сих пор не показали оптимальную позицию ЭКС ПЖ, также как и метод определения этой оптимальной позиции. В последнее время появились работы, оценивающие гемодинамическую реакцию на ЭКС. Особое внимание уделяется подбору оптимальной, с точки зрения гемодинамики, позиции ПЖЭ. В тоже время эти работы посвящены оценке сократимости миокарда лишь в состоянии покоя. Остаются неизученными функциональные возможности миокарда в ответ на ЭКС из различных точек ПЖ [7, 8].

В нашей работе описывается первый опыт интраоперационной оценки оптимальной позиции ПЖЭ на

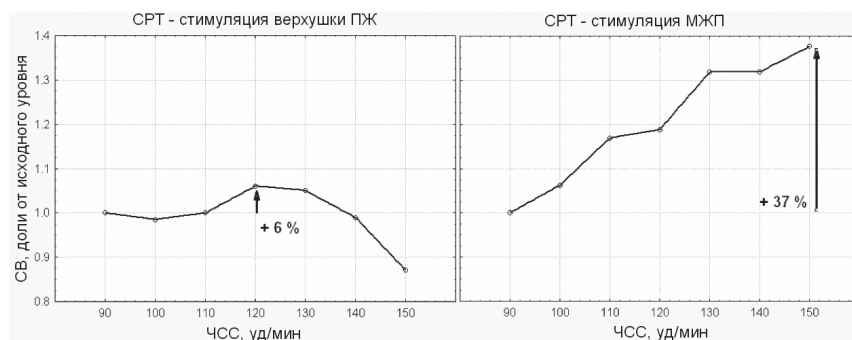


Рис. 9. Динамика относительного прироста СВ (%) у пациента С. при предсердно-бивентрикулярной электрокардиостимуляции с расположением правожелудочкового электрода в верхушке ПЖ и парагиссальной области.

основе оценки миокардиального резерва. Новый подход предусматривает изучение динамики СВ в ответ на учащающую ЭКС, как вариант моделирования физиологической тахикардии при физической нагрузке. Максимальный прирост СВ в ответ на ЭКС указывает на наилучшие физиологические характеристики возможного места ЭКС. Апробированы 2 способа определения СВ: доплерография и непрерывный инвазивный мониторинг ФПВ. В исследовании показана лишь умеренная связь данных, полученных

разными методиками. Это можно объяснить несколькими причинами. Как показывают данные научных исследований, стресс-доплерография не является высоко воспроизводимым методом исследования. Методика обработки полученных доплерографических данных требует автоматизации и усреднения, что может быть реализовано лишь на более совершенной аппаратуре. Небольшой интраоперационный опыт подсчета СВ показал, что данные, полученные при помощи инвазивного мониторинга ФПВ являются более стабильными, имеющими меньшую погрешность. В тоже время применение непрерывного инвазивного мониторинга ФПВ для расчета СВ не может быть рекомендовано для широкого применения ввиду его инвазивности.

Применение методики в ряде случаев позволяет выбрать наиболее физиологичное место для будущей ЭКС. Примеры «типичной» гемодинамической реак-

ции на ЭКС подтверждают некоторые литературные данные об оптимальной позиции ПЖЭ при различных видах ЭКС. В тоже время случаи «атипичного» ответа указывают на необходимость индивидуализации подхода к ЭКС.

ВЫВОДЫ

1. Интраоперационный метод контроля гемодинамики в ходе имплантации электрокардиостимулятора позволяет определить оптимальную позицию правожелудочкового электрода с наилучшим гемодинамическим ответом во время нагрузки.
2. Применение нового метода позволяет индивидуализировать область имплантации правожелудочкового электрода, улучшить результаты лечения у пациентов с большой долей электрокардиостимуляции желудочков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buckingham T.A. Right ventricular outflow tract pacing // Pacing Clin. Electrophysiol. - 1997. - Vol. 20. - P. 1237-1242.
2. Mond H.G., Gammage M.D. Selective site pacing: The future of cardiac pacing? // Pacing Clin. Electrophysiol. - 2004. - Vol. 27. - P. 835-836.
3. Nielsen J.C., Kristensen L., Andersen H.R et al. 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. - Vol. 42. - P. 614-623.
4. Wilkoff B.L., Cook J.R., Epstein A.E. et al. Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: The Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. // JAMA - 2002. - Vol. 288. - P. 3115-3123.
5. Thambo J.B., Bordachar P., Garrigue S. et al. Detrimental ventricular remodeling in patients with congenital complete heart block and chronic right ventricular apical pacing // Circulation - 2004. - Vol. 110. - P. 3766-3772.
6. Lee M.A., Dae M.W., Langberg J.J. et al. Effects of long-term right ventricular apical pacing on left ventricular perfusion, innervation, function and histology // J. Am. Coll. Cardiol. - 1994. - Vol. 24. - P. 225-232.
7. Derval N., Steendijk P., Lorne J. Gula et al. Optimizing Hemodynamics in Heart Failure Patients by Systematic Screening of Left Ventricular Pacing Sites: The Lateral Left Ventricular Wall and the Coronary Sinus Are Rarely the Best Sites // J. Am. Coll. Cardiol. - 2009. - Vol. 55. - P. 735-1097.
8. Nielsen J.C., Bottcher M., Nielsen T.T. et al. Regional myocardial blood flow in patients with sick sinus syndrome randomized to long-term single chamber atrial or dual chamber pacing-effect of pacing mode and rate // J. Am. Coll. Cardiol. - 2000. - Vol. 35. P. 1453-1461.
9. Dixit S., Gerstenfeld E.P., Callans D.J., Marchlinski F.E. Electrocardiographic patterns of superior right ventricular outflow tract tachycardias: Distinguishing septal and free-wall sites of origin // J. Cardiovasc. Electrophysiol. - 2003. - Vol. 14. - P. 1-7.
10. McGavigan A.D., Roberts-Thomson K.C. et al. Right ventricular outflow tract pacing: Radiographic and electrocardiographic correlates of lead position // Pacing Clin. Electrophysiol. - 2006. - Vol. 29. P. 1063-1068.
11. Rosso R., Medi C., Teh A.W. et al. Right ventricular septal pacing: a comparative study of outflow tract and mid ventricular sites // PACE - 2010. - Vol. 33. - P. 1169-1173.

НОВЫЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОЗИЦИИ ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРА

М.В.Диденко, А.Л.Бобров, А.В.Цыганов, Г.Г.Хубулава, Л.Л. Бобров

С целью оценки возможности определения оптимальной позиции правожелудочкового электрода (ПЖЭ) в ходе имплантации двухкамерного электрокардиостимулятора (ЭКС) и устройства для сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) обследованы 18 больных (в возрасте от 42 до 70 лет). Десяти больным с тотальной и субтотальной атриовентрикулярной блокадой выполнена имплантация двухкамерного ЭКС. Восемью пациентам с хронической сердечной недостаточностью (4 с ишемической кардиомиопатией и 4 с дилатационной кардиомиопатией) имплантированы устройства для СРТ. Для определения оптимальной позиции ПЖЭ сравнивались 2 области: верхушка ПЖ и парагиссальная область. Оценка сердечного выброса (СВ) осуществлялась параллельно двумя методами: постоянно-волновой доплерокардиографией (ПВД) аппаратом Acuson Cypress (Siemens, Germany) и инвазивным методом с помощью непрерывного анализа формы пульсовой волны (ФПВ) с помощью гемодинамического монитора PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Germany). После имплантации ПЖЭ и его фиксации определялась минимально-эффективная частота ЭКС, регистрация СВ проводилась после 30 секунд непрерывной ЭКС. Затем частота ЭКС последовательно увеличивалась на 10 имп/мин, при этом запись ПВД и ФПВ повторялась. ЭКС прекращалась по достижении субмаксимальной ЧСС (130-160 уд/мин). Каждому паци-

енту выполнялись следующие однокамерная предсердная ЭКС и двухкамерная (трёхкамерная при имплантации устройств для СРТ) ЭКС при положении ПЖЭ в верхушке ПЖ и парагиссальной области.

Анализ интраоперационных данных при имплантации двухкамерного ЭКС показал, что наилучшие результаты в этой группе были при ЭКС парагиссальной области. Двухкамерная ЭКС (правое предсердие и верхушка ПЖ) сопровождалась средним приростом СВ на $34,1 \pm 7,2\%$ при средней пороговой ЧСС $142,5 \pm 7,1$ уд/мин. При двухкамерной ЭКС из парагиссальной области ПЖ средний прирост СВ составил $42,1 \pm 7,5\%$ при пороговой ЧСС $151,3 \pm 6,4$ уд/мин. Восемью пациентам этой группы была выполнена окончательная фиксация ПЖЭ в парагиссальную область. В двух случаях у больных с выраженным постинфарктным кардиосклерозом межжелудочковой перегородки наилучшие показатели наблюдались при позиционировании ПЖЭ в области верхушки ПЖ. Среди больных, которым была выполнена имплантация устройства для СРТ, только у семи после имплантации устройства для СРТ трёхкамерная ЭКС при парагиссальной позиции ПЖЭ приводила к среднему росту СВ на $25,1 \pm 7,3\%$ при средней пороговой ЧСС $125,0 \pm 7,6$ уд/мин. ЭКС при позиции ПЖЭ в верхушке ПЖ сопровождалась увеличением СВ на $36,3 \pm 8,0\%$ при пороговой ЧСС $127,5 \pm 11,6$ уд/мин. Всем пациентам этой группы окончательная фиксация ПЖЭ была произведена в области верхушки ПЖ. Таким образом интраоперационный метод контроля гемодинамики в ходе имплантации ЭКС позволяет определить оптимальную позицию ПЖЭ с наилучшим гемодинамическим ответом во время нагрузки. Применение нового метода позволяет индивидуализировать область имплантации ПЖЭ, улучшить результаты лечения у пациентов с большой долей ЭКС желудочков.

A NEW METHOD OF INTRA-OPERATIONAL IDENTIFICATION OF OPTIMAL LOCATION OF RIGHT VENTRICULAR ELECTRODE IN THE COURSE OF IMPLANTATION OF PERMANENT CARDIAC PACEMAKER

M.V. Didenko, A.L. Bobrov, A.V. Tsyganov, G.G. Khubulava, L.L. Bobrov

To assess possibility of identification of an optimal location of right ventricular electrode (LVE) in the course of the implantation of dual-chamber pacemaker and device for cardiac resynchronization therapy (CRT), 18 patients aged 42 70 years were examined. Implantation of dual-chamber pacemaker was performed in 10 patients with complete or subtotal atrioventricular block. Devices for CRT were implanted to 8 patients with chronic heart failure (4 subjects with ischemic cardiomyopathy and 4 ones with dilated cardiomyopathy).

For identifying the optimal PVE location, two following areas were compared: apex of the right ventricle and parahisian area. Cardiac output (CO) was assessed using two following methods at the same time: Continuous Wave Doppler (CW) using the Acuson Cypress device (Siemens, Germany) and invasively using the continuous pulse waveform (PW) analysis with the aid of the hemodynamics monitoring system PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Germany). After the PVE electrode implantation and fixation, the minimal effective pacing rate was determined; cardiac output was recorded after 30 seconds of permanent pacing. Then, the pacing rate was gradually increased with an increment of 10 bpm, with repetitive recordings of PWD and PWS made. Cardiac pacing was terminated as soon as the submaximal heart rate (130 160 bpm) was achieved. Atrial single-chamber pacing and dual-chamber pacing (as well as triple-chamber pacing in case of implantation of the CRT device) with the PVE location in the right ventricle apex and parahisian area were performed in all study subjects.

The analysis of intra-operational data obtained in the course of the dual-chamber pacemaker implantation showed the better results in the case of pacing of parahisian area. Dual-chamber pacing of the right atrium and the right ventricle apex led to an increase in CO by $34.1 \pm 7.2\%$ with threshold heart rate of 142.5 ± 7.1 bpm. In the case of dual-chamber pacing in the parahisian area of the right ventricle, a CO increase made up $42.1 \pm 7.5\%$, with threshold heart rate of $151,3 \pm 6,4$ bpm. In 8 patients of the above group, PVE was finally positioned in the parahisian area. In two cases, in patients with severe post-infarction cardiosclerosis of the inter-ventricular septum, better results were observed in the case of the PVE positioning in the right ventricle apex.

In 7 patients after implantation of CRT device, triple-chamber pacing with parahisian position of PVE led to a CO increase by $25.1 \pm 7.3\%$, with threshold heart rate of 125.0 ± 7.6 bpm. Cardiac pacing with location of PVE in the right ventricle apex resulted in a CO increase by $36.3 \pm 8.0\%$, with threshold heart rate of 127.5 ± 11.6 bpm. In all subjects of this group, PVE was finally positioned in the right ventricle apex.

Thus, the intra-operational method of the hemodynamic control in the course of the pacemaker implantation permits one to determine the optimal location of PVE, when the best hemodynamic response at exercise is observed. Application of the new method permits one to determine the pacemaker implantation site on a case by case basis and to improve the treatment outcome in patients with a high ratio of ventricular pacing.