

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 616.124.2-089.092.2

ТОРАКОСКОПИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ИМПЛАНТАЦИЯ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ (экспериментальное исследование)

Л. А. Бокерия, З. Б. Махалдиани, К. А. Калысов*

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л. А. Бокерия) РАМН, Москва

Цель. Разработать и экспериментально опробовать методику торакоскопического картирования ЛЖ и имплантации эпикардального электрода в ЛЖ для проведения сердечной ресинхронизирующей терапии.

Материал и методы исследования. В работе использовались жесткая 10-миллиметровая 30° оптика, 5-миллиметровый лапароскопический инструментарий, видеокомплекс «Storz» (Германия), электрофизиологическая система «Биоток-300» (Россия). Исследование было выполнено на здоровых беспородных собаках обоего пола ($n = 21$) с массой тела 18–23 кг. Операции заключались в моделировании блокады левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ), картировании поверхности ЛЖ, моделировании бивентрикулярной стимуляции сердца (одномоментная стимуляция ПЖ и ЛЖ) и имплантации эпикардального электрода на поверхность ЛЖ, на работающем сердце доступом из 3-портовой левосторонней торакоскопии.

Результаты. Общая длительность операций составила $50,95 \pm 8,12$ мин. Кровопотеря в послеоперационном периоде не отмечалась. Экстубация производилась на операционном столе, при этом продолжительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в послеоперационном периоде составляла от 27 до 48 мин. Летальных исходов не было. Показатели центральной гемодинамики были стабильными на протяжении всех операций. При моделировании БЛНПГ увеличение ширины комплекса QRS при БЛНПГ по сравнению исходной шириной комплекса QRS в среднем составило $265,32 \pm 37,89\%$. При картировании ЛЖ во всех случаях был определен участок ЛЖ с наиболее поздней электрической активацией, который находился в базальном отделе боковой стенки ЛЖ, где задержка активации ЛЖ в среднем составила $109,76 \pm 8,58$ мс. Во всех случаях определен участок ЛЖ, при одномоментной стимуляции которого и боковой стенки ПЖ достигалось максимальное укорочение комплекса QRS, и среднее изменение комплекса QRS составило $47,38 \pm 8,61$ мс. При имплантации ЛЖ-электрода чувствительность во всех случаях составила более 10 мВ, а порог стимуляции – в среднем $0,38 \pm 0,1$ мА при длительности импульса 1,8 мс.

Заключение. Торакоскопические технологии обеспечивают доступ ко всем отделам ЛЖ, что позволяет определить оптимальную точку для имплантации ЛЖ-электрода и имплантировать эпикардальный электрод для наиболее эффективной сердечной ресинхронизирующей терапии при коротком времени вмешательства.

Торакоскопическое картирование и имплантация эпикардального электрода в левый желудочек из 3-портовой левосторонней торакоскопии, возможно, является эффективным, прецизионным, безопасным методом, который может быть сопоставим по времени с длительностью трансвенозной операции. Это является основанием к успешному применению торакоскопической методики при лечении пациентов с ХСН.

Ключевые слова: торакоскопия, сердечная ресинхронизирующая терапия, эпикардальное картирование.

Objective. To develop and test the method of thoracoscopic mapping of the left ventricle and implantation of left ventricular assist devices for performing cardiac resynchronization therapy.

Material and methods. We have made use of a rigid 10 mm 30° optics, a 5-mm laparoscopic tool, video bronchoscopy set “Storz” (Germany), electrophysiological system “Biotok 300” (Russia). The research was performed on healthy outbred dogs of both sexes ($n = 21$) of 18–23 kg in weight. The operations involved modelling the left bundle branch blockage, mapping the left ventricular surface, modelling biventricular heart pacing (instant right ventricle pacing) and implantation of epicardial electrode on the left ventricular surface, on the working heart by the access from a three-port left thoracoscopy.

Results. The operation lasted for 50.95 ± 8.12 min in total. Blood losses were not observed in the post-operation period. Extubation was performed on the operating table with artificial lung ventilation lasting from 27 to 48 minutes. No deaths were recorded. Central hemodynamics kept stable through the course of the operation. Modelling bundle branch blockage – an increase in the width of the QRS complex during bundle branch

blockage was on average $265.32 \pm 37.89\%$ compared to the original width of the QRS complex. Left ventricular mapping – in all of the cases a left ventricular site with the latest electrical activation was defined which was in the basal part of the left ventricle where the left ventricular activation was delayed by an average of 109.76 ± 8.58 ms. Modelling the great cardiac vein – in all of the cases a left ventricular site during pacing of which and the right ventricular side the QRS complex was maximum short where the average change in the QRS complex was 47.38 ± 8.61 ms. Implantation of the left ventricular electrode – the sensitivity in all of the cases was 10 mV and pacing threshold was on average 0.38 ± 0.1 mA with the impulse lasting for 1.8 ms.

Conclusion. Thoracoscopic technologies provide the access to all the parts of the left ventricle, which gives an opportunity to determine the optimal implantation site for the left ventricular electrode for the most efficient cardiac resynchronization therapy over a short intervention time.

Thoracoscopic mapping and implantation of epicardial electrode in the left ventricle from a three-port left thoracoscopy is probably an effective, precise and safe method to use and can be compared to the duration of a transvenous operation, which enables the thoracoscopic method to be successfully used in patients with CHF.

Key words: thoracoscopy, cardiac resynchronization therapy, epicardial mapping.

Введение

В 1994 г. S. Cazeau и соавт. сообщили о впечатляющем положительном клиническом результате применения 4-камерной стимуляции у 54-летнего мужчины с тяжелой сердечной недостаточностью [8]. В 2001 г. было проведено первое многоплановое контролируемое перекрестное исследование в области ресинхронизирующей терапии MUSTIC, в котором было показано, что при проведении сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) резко сокращается частота госпитализации по поводу СН, улучшается функциональный класс СН по NYHA, качество жизни, толерантность к физическим нагрузкам и пиковое потребление кислорода [12].

Согласно данным крупных исследований, трансвенная процедура имплантации ресинхронизирующего устройства требует длительного обучения и в 8–10% случаев имплантация ЛЖ-электрода в коронарную вену невозможна. Даже после успешной постановки ЛЖ-электрода около 30% пациентов не отвечают на СРТ должным образом, что может быть связано с ЛЖ-электродом, например, с высоким порогом стимуляции ЛЖ-электрода, а также со стимуляцией диафрагмального нерва или отсутствием соответствующих целевых вен. Таким образом, разработка альтернативных, безопасных и эффективных методов имплантации электрода в ЛЖ остается открытым вопросом [1, 2].

Материал и методы

Разработка и экспериментальное опробование торакоскопических методик проводились в лаборатории моделирования и изучения патологии сердца на беспородных собаках ($n = 21$) обоего пола с массой тела 18–25 кг. Операция заключалась в картировании поверхности ЛЖ и имплантации эпикардального электрода в миокард ЛЖ на работающем сердце, доступом из 3-портовой левосторонней торакоскопии. Операции состояли из следующих этапов: 1) моделирование блокады ле-

вой ножки пучка Гиса; 2) эпикардальное картирование левого желудочка; 3) бивентрикулярная стимуляция сердца; 4) имплантация левожелудочкового электрода и подключение к электрокардио-стимулятору.

В операциях использовалась жесткая 10-миллиметровая 30° оптика, 5- миллиметровый лапароскопический инструментарий, видеокomплекс «Storz» (Германия), электрофизиологическая система «Биоток-300» (Россия) и наружный однокамерный ЭКС Medtronic 5348 SSI. Регистрировались следующие параметры: поверхностная ЭКГ, эпикардальная ЭКГ, инвазивное АД, пульсоксиметрия, торакоскопия.

Операции проводились в условиях искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и открытого пневмоторакса. Критерием эффективности и безопасности проведения операций служили следующие показатели: длительность операции (мин); число и характер послеоперационных хирургических осложнений; длительность ИВЛ (мин); возможные нарушения ритма сердца (число и характер).

Критерием эффективного моделирования БЛНПГ считалось ширина комплекса QRS при стимуляции боковой стенки правого желудочка более 120 мс и получение схожей ЭКГ во всех стандартных и усиленных от конечностей отведениях с ЭКГ при БЛНПГ.

Критерием эффективного картирования было определение участка миокарда ЛЖ с максимальной длительностью Q-LV (время от начала комплекса QRS во II стандартном отведении до желудочкового спайка на электрограмме, полученной с эпикарда ЛЖ).

Критерием эффективности бивентрикулярной стимуляции было определение участка ЛЖ, где при одновременной стимуляции ЛЖ и ПЖ достигалось бы максимальное укорочение ширины комплекса QRS по сравнению с БЛНПГ.

Эффективность имплантированных электродов оценивалась по порогу стимуляции. Хорошим результатом считался порог стимуляции менее 1,0 мА и чувствительности более 10 мВ.

Поверхность ЛЖ напоминала неправильный треугольник, основанием которого была венечная борозда, а верхушка треугольника соответствовала верхушке сердца. Передняя и задняя стороны треугольника граничили с ПМЖВ и ЗМЖВ соответственно. Были проведены две условные линии перпендикулярно основанию треугольника, разделяя поверхность ЛЖ на 3 зоны: переднюю, боковую и заднюю. Линия, разделяющая заднюю и боковую стенки, соответствовала тупому краю сердца. Таким образом, задняя стенка ЛЖ соответствовала нижней стенке сердца. Передняя и боковая стенка разделялись по условной линии, проведенной посередине грудинно-реберной стенки ЛЖ от основания сердца к его верхушке. Параллельно к основанию треугольника были проведены еще две условные линии, разделяющие поверхность ЛЖ на три равных по ширине отдела: базальный, средний и верхушечный. В итоге ЛЖ был разделен на девять зон.

Полученные данные обрабатывались на компьютере с использованием статистической программы Biostat-2008, Statistica. Статистический анализ производился непараметрическим методом — сравнением двух зависимых выборок с помощью критерия Уилкоксона.

Результаты

При левосторонней торакокопии испытуемые собаки находились в правом полубоковом положении, что обеспечивало горизонтальное положение продольной оси лапароскопического инструмента. Таким образом, левый край стола не препятствовал манипуляциям хирурга. Левая передняя конечность отводилась к голове, при этом левая лопатка сдвигалась в сторону, что обеспечивало максимальное расширение межреберных промежутков для облегчения введения портов и оптимальную экспозицию стенок сердца.

При проведении левосторонней торакокопии операционным полем была левая половина грудной клетки. Размер операционного поля обеспечил расположение трех портов для торакокопии без перекалывания собаки и осуществления дополнительной подготовки операционного поля.

Хирург располагался слева от операционного стола, видеокомплекс с монитором — справа от стола напротив хирурга. Слева от хирурга находился ассистент, управляющий оптикой. Операционная сестра и инструментальный столик были справа в ножном конце стола.

Операции выполнялись из 3-портового доступа. Точки расположения портов напоминали треугольник: 1-й порт — в четвертом межреберном промежутке по среднеключичной линии, 2-й порт —

в третьем межреберном промежутке по передней подмышечной линии и 3-й порт — в шестом межреберном промежутке по передней подмышечной линии.

Первым устанавливался 1-й порт для оптики. Под контролем оптики вводились два других порта.

Под контролем операционной оптики (1-й порт) с помощью лапароскопического диссектора (2-й порт) и ультразвукового инструмента «АСУ36Р» («Ethicon») (3-й порт) длинным линейным разрезом вскрывался передний листок перикарда на протяжении от ушка ЛП до верхушки сердца. Рассечение перикарда осуществлялось на расстоянии 2 см медиальнее и параллельно расположению левого диафрагмального нерва. Данный нерв служил в качестве ориентира при рассечении листков перикарда. В каудальной части разрез перикарда продолжался до верхушки сердца и передней стенки ПЖ. Выполнение широкого рассечения перикарда позволяло осуществить необходимый оперативный доступ ко всем стенкам ЛЖ. После рассечения перикарда визуализировались стенки ЛЖ и коронарные артерии.

Трехпортовый торакокопический доступ обеспечивает доступ ко всем стенкам ЛЖ, позволяет оценить анатомию коронарных артерий.

Первый этап. Моделирование БЛНПГ

Для моделирования БЛНПГ к боковому отделу ПЖ через 1-й порт проводился 20-полюсный диагностический электрод Stablemapr (Medtronic, США), который проводился через косой синус сердца и располагался на боковой стенке ЛЖ. Стимуляция ПЖ осуществлялась с частотой, превышающий собственный ритм на 10 уд/мин. Таким образом моделировалась полная блокада левой ножки пучка Гиса (ПБЛНПГ).

Полученная электрокардиограмма при стимуляции бокового отдела правого желудочка в отведениях I, II, III и aVR, aVL, aVF во всех случаях была идентична с морфологией БЛНПГ. При отсутствии идентичности стимулированного комплекса с БЛНПГ была выполнена репозиция ПЖ-электрода до достижения идентичности комплексов.

Исходная частота сердечных сокращений в среднем составила $123,14 \pm 17,22$ уд/мин (от 95 до 148 уд/мин), при этом ширина комплекса QRS в среднем составила $48,90 \pm 4,49$ мс (от 40 до 55 мс). При БЛНПГ ширина комплекса QRS в среднем составила $128,33 \pm 8,71$ мс (от 120 до 150 мс). Увеличение ширины комплекса QRS при БЛНПГ по сравнению исходной шириной комплекса QRS в среднем составило $265,32 \pm 37,89\%$ (от 218,18 до 375,0%). Увеличение продолжительности комплекса QRS статистически достоверно ($p = 0,00006$; критерий Вилкоксона).

Данная методика – стимуляция боковой стенки ПЖ с помощью 20-полюсного диагностического электрода (Stablemap, Medtronic, США) установленного в косой синус сердца, с частотой превышающей собственный ритм, – позволяет эффективно смоделировать БЛНПГ. Во всех случаях при БЛНПГ ширина комплекса *QRS* более или равна 120 мс.

Второй этап. Эпикардальное картирование ЛЖ

С помощью 5-миллиметрового лапароскопического граспера, который вводился в грудную клетку через 2-й порт, захватывался медиальный листок перикарда и отодвигался в дорсальном направлении для визуализации передней стенки ЛЖ, оптика проводилась через 3-й порт. С помощью электрода Isolator Transpolar Pen (1-й порт) регистрировалась электрокардиограмма с передней поверхности ЛЖ (рис. 1).

Среднее время от начала комплекса *QRS* до левожелудочкового спайка (*Q-LV*) в базальном отделе передней стенки ЛЖ составило $31,81 \pm 4,94$ мс (от 70 до 110 мс). В среднем отделе передней стенки ЛЖ длительность *Q-LV* составила $67,50 \pm 14,10$ мс (от 50 до 100 мс), а в верхушечном отделе – $62,86 \pm 17,7$ мс (от 50 до 75 мс).

Для картирования боковой стенки электрод Isolator Transpolar Pen проводился через 2-й порт, а визуализация осуществлялась через 3-й порт.

Средняя продолжительность *Q-LV* в базальном отделе боковой стенки ЛЖ составила $109,76 \pm 8,58$ мс (от 95 до 130 мс), в среднем отделе – $92,76 \pm 9,13$ мс (от 80 до 120 мс), а в верхушечном отделе – $71,67 \pm 6,95$ мс (от 55 до 85 мс).

При картировании задней стенки оптика проводилась через 1-й порт, картирующий электрод – через 2-й порт, а торакокопический зажим – через 3-й порт. Зажимом захватывался латеральный листок перикарда и отодвигался вниз, при этом открывалось пространство между перикардом и задней стенкой ЛЖ. Картирующий электрод в слегка изогнутом виде проводился в это пространство на глубину 1–2 см, и выполнялась запись электрограмм.

Средняя продолжительность *Q-LV* в базальном отделе задней стенки ЛЖ составила $98,81 \pm 10,48$ мс (от 85 до 120 мс), в среднем отделе – $81,19 \pm 7,57$ мс (от 70 до 95 мс), а в верхушечном отделе – $63,10 \pm 9,93$ мс (от 40 до 80 мс).

Итоговые результаты картирования всех стенок ЛЖ при БЛНПГ показаны в таблице 1. При сравнении средних значений *Q-LV* по всем отделам ЛЖ выяснилось, что участок миокарда с максимальным

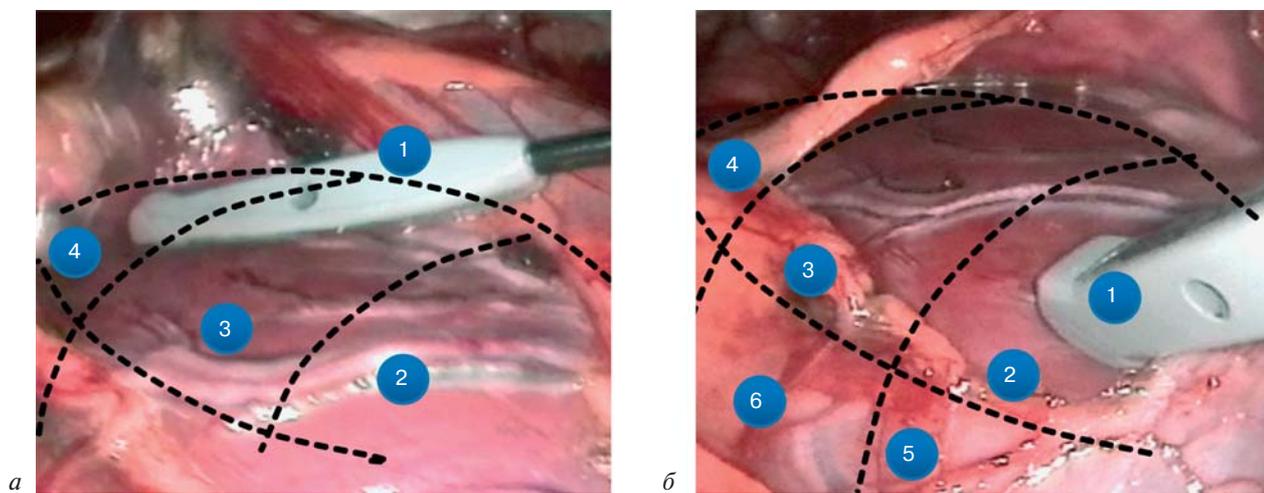


Рис. 1. Картирование:

a – верхушечного отдела передней стенки ЛЖ; *б* – базального отдела передней стенки ЛЖ; 1 – биполярный электрод Isolator Transpolar Pen; 2 – базальный отдел передней стенки ЛЖ; 3 – средний отдел передней стенки ЛЖ; 4 – верхушечный отдел передней стенки ЛЖ; 5 – базальный отдел боковой стенки ЛЖ; 6 – средний отдел боковой стенки ЛЖ

Таблица 1

Итоговые результаты картирования всех стенок ЛЖ при БЛНПГ

Отделы ЛЖ	<i>Q-LV</i> , мс		
	Передняя стенка	Боковая стенка	Задняя стенка
Базальный	$88,67 \pm 9,16$	$109,76 \pm 8,58$	$98,81 \pm 10,48$
Средний	$67,38 \pm 12,61$	$92,67 \pm 9,13$	$81,19 \pm 7,57$
Верхушечный	$59,52 \pm 7,89$	$71,67 \pm 6,95$	$63,10 \pm 9,93$

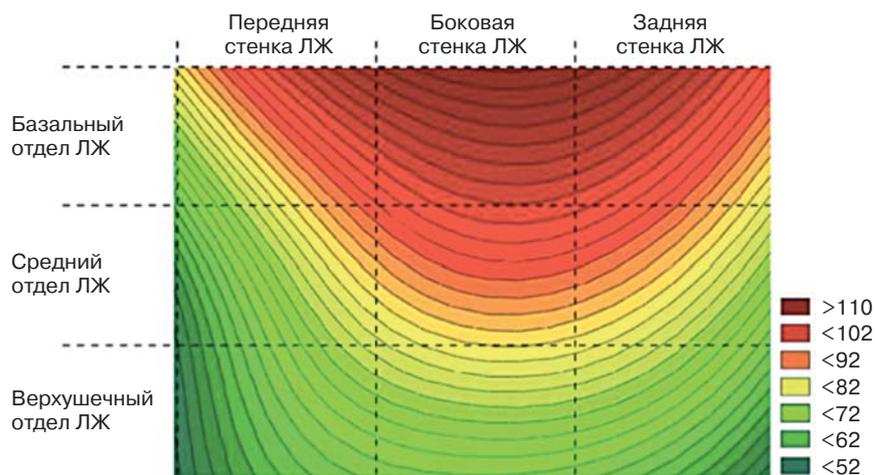


Рис. 2. Карта распространения волны возбуждения по стенкам ЛЖ при БЛНПГ (Statistica-10, Statsoft, USA)

значением $Q-LV$ располагался на базальном отделе боковой стенки ЛЖ, где средняя $Q-LV$ составляла $109,76 \pm 8,58$ мс. Участок миокарда с минимальным значением $Q-LV$ располагался на верхушечном отделе передней стенки ЛЖ, где средняя продолжительность $Q-LV$ составляла $59,52 \pm 7,89$ мс. Согласно средним значениям распространения волны возбуждения по всем отделам ЛЖ была создана карта распространения волны возбуждения при БЛНПГ (рис. 2).

Данная методика эпикардиального картирования ЛЖ позволяет безопасно и прецизионно картировать все отделы ЛЖ. Картирующий электрод Isolator Transpolar Pen позволяет зарегистрировать электрограммы со всех стенок ЛЖ.

Третий этап.

Бивентрикулярная стимуляция сердца

Для проведения бивентрикулярной стимуляции (БВС) была проведена стимуляция разных стенок ЛЖ с помощью того же картирующего биполярного электрода Isolator Transpolar Pen одновременно со стимуляцией ПЖ (20-полюсный диагностический электрод Stablemap). При этом на ЭКГ во 2-м стандартном отведении фиксировалось изменение ширины комплекса QRS . Таким образом, воссоздавалась БВС с нулевой межжелудочковой задержкой.

Вначале проводилась БВС с одномоментной стимуляцией боковой стенки ПЖ и разных отделов (базальный, средний и верхушечный) передней стенки ЛЖ.

При одномоментной стимуляции ПЖ и базального отдела передней стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила $97,86 \pm 10,19$ мс (от 80 до 120 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно $30,48 \pm 9,61$ мс (от 15 до 45 мс), а среднее укорочение в процентном соотношении — $23,66 \pm 7,2\%$ (от 12,5 до 34,6%). При одномоментной стимуляции ПЖ и среднего отдела передней стенки ЛЖ средняя длительность

комплекса QRS составила $107,86 \pm 8,88$ мс (от 100 до 130 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно $20,48 \pm 7,23$ мс (от 10 до 30 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — $15,88 \pm 5,26\%$ (от 7,14 до 23,1%). При одномоментной стимуляции ПЖ и верхушечного отдела передней стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила $114,05 \pm 10,32$ мс (от 100 до 140 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно $14,29 \pm 8,11$ мс (от 0 до 30 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — $11,07 \pm 6,17\%$ (от 7,14 до 23,1%).

Далее проводилась одномоментная стимуляция ПЖ и разных отделов боковой стенки ЛЖ (базальный, средний и верхушечный). При одномоментной стимуляции ПЖ и базального отдела боковой стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила $80,95 \pm 10,68$ мс (от 65 до 100 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно $47,38 \pm 8,61$ мс (от 30 до 60 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — $36,98 \pm 6,65\%$ (от 23,08 до 45,83%). При одномоментной стимуляции ПЖ и среднего отдела боковой стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила $96,90 \pm 8,44$ мс (от 80 до 120 мс). Среднее укорочение длительности комплекса QRS оказалось равно $31,43 \pm 7,61$ мс (от 10 до 45 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — $24,42 \pm 5,39\%$ (от 7,69 до 33,33%). При одномоментной стимуляции ПЖ и верхушечного отдела боковой стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила $114,29 \pm 6,76$ мс (от 105 до 130 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно $14,05 \pm 7,18$ мс (от 0 до 30 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — $10,77 \pm 4,98\%$ (до 0 до 20%).

Затем проводилась одномоментная стимуляция ПЖ и разных отделов задней стенки ЛЖ (базальный, средний и верхушечный). При одномоментной стимуляции ПЖ и базального отдела

Таблица 2

Итоговые результаты изменения ширины комплекса QRS при одномоментной стимуляции ПЖ и передней, боковой и задней стенок ЛЖ (средняя длительность QRS при БЛНПГ 128,33 ± 8,71 мс)

Стенка ЛЖ	Отдел ЛЖ	QRS при БВС, мс	p (тест Вилкоксона)
Передняя	Базальный	97,86 ± 10,19	0,00006
	Средний	107,86 ± 8,88	0,00006
	Верхушечный	114,05 ± 10,32	0,000132
Боковая	Базальный	80,95 ± 10,68	0,00006
	Средний	96,90 ± 8,44	0,00006
	Верхушечный	114,29 ± 6,76	0,000089
Задняя	Базальный	83,33 ± 13,81	0,00006
	Средний	98,10 ± 10,54	0,00006
	Верхушечный	109,05 ± 10,56	0,000089

задней стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила 88,33 ± 13,81 мс (от 60 до 115 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно 45,00 ± 10,49 мс (от 25 до 60 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — 35,22 ± 8,44% (от 17,86 до 50,00%). При одномоментной стимуляции ПЖ и среднего отдела задней стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила 98,11 ± 10,54 мс (от 80 до 120 мс). Среднее укорочение длительности комплекса QRS оказалось равно 30,24 ± 8,87 мс (от 15 до 45 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — 23,53 ± 6,66% (от 12,50 до 33,33%). При одномоментной стимуляции ПЖ и верхушечного отдела задней стенки ЛЖ средняя длительность комплекса QRS составила 109,05 ± 10,56 мс (от 90 до 130 мс). Укорочение длительности комплекса QRS в среднем оказалось равно 19,05 ± 9,26 мс (от 0 до 45 мс), среднее укорочение в процентном соотношении — 14,94 ± 6,99% (от 0 до 33,33%).

Изменение ширины комплекса QRS при одномоментной стимуляции ПЖ во всех случаях статистически достоверно ($p < 0,001$, тест Вилкоксона) (табл. 2).

Максимальное изменение ширины комплекса QRS при одномоментной стимуляции ПЖ и разных отделов ЛЖ по сравнению с БЛНПГ получено при стимуляции ПЖ и базального отдела боковой стенки ЛЖ, где среднее изменение комплекса QRS составило 47,38 ± 8,61 мс (36,98 ± 6,65%). Примеры полученных электрокардиограмм при проведении БВС показаны на рисунке 3.

Данная методика моделирования БВС позволяет определить участок миокарда ЛЖ, при стимуляции которого достигается максимальное укорочение комплекса QRS, что свидетельствует об эффективной БВС.

Торакоскопический трехпортовый доступ позволяет безопасно и эффективно стимулировать все отделы ЛЖ.

Четвертый этап.

Имплантация левожелудочкового электрода

Для имплантации электрода в ЛЖ применялись две разные методики: «вкручивание» и «подшивание».

Методика «вкручивание» включала в себя следующие действия: изначально с помощью 5-миллиметрового лапароскопического тампонодержателя стабилизировался межсосудистый участок заднебоковой стенки ЛЖ (1-й порт), далее через 2-й порт к заднебоковой стенке ЛЖ с помощью 5-миллиметрового лапароскопического граспера подводился эпикардиальный электрод с активной фиксацией в виде «штопора» (Россия), головка электрода фиксировалась и позиционировалась в межсосудистой зоне с помощью 5-миллиметрового лапароскопического граспера, затем граспер прокручивался вокруг своей оси. При этом эпикардиальный электрод осторожно вкручивался в миокард ЛЖ на 2,5 оборота по часовой стрелке.

Методика «подшивание» включала в себя следующие действия: с помощью иглодержателя с контриглодержателем на миокард ЛЖ накладывались два шва на расстоянии 5–7 мм друг от друга, вне грудной клетки на иголки насаживался эпикардиальный электрод. Затем с помощью торакокопического граспера электрод погружался и прикладывался на эпикард ЛЖ, далее узлы завязывались с помощью торакокопического толкателя узла. При осторожном подтягивании за проксимальную часть электрода определялась прочность фиксации.

Данные (чувствительность и порог стимуляции), полученные с имплантированного ЛЖ-электрода при применении обеих методик («вкручивание», «подшивание»), являются удовлетворительными. Чувствительность во всех случаях составила более 10 мВ. Порог стимуляции при вкручивании составил от 0,2 до 0,6 мА, в среднем 0,39 ± 0,12 мА, при длительности стимула 1,8 мс.

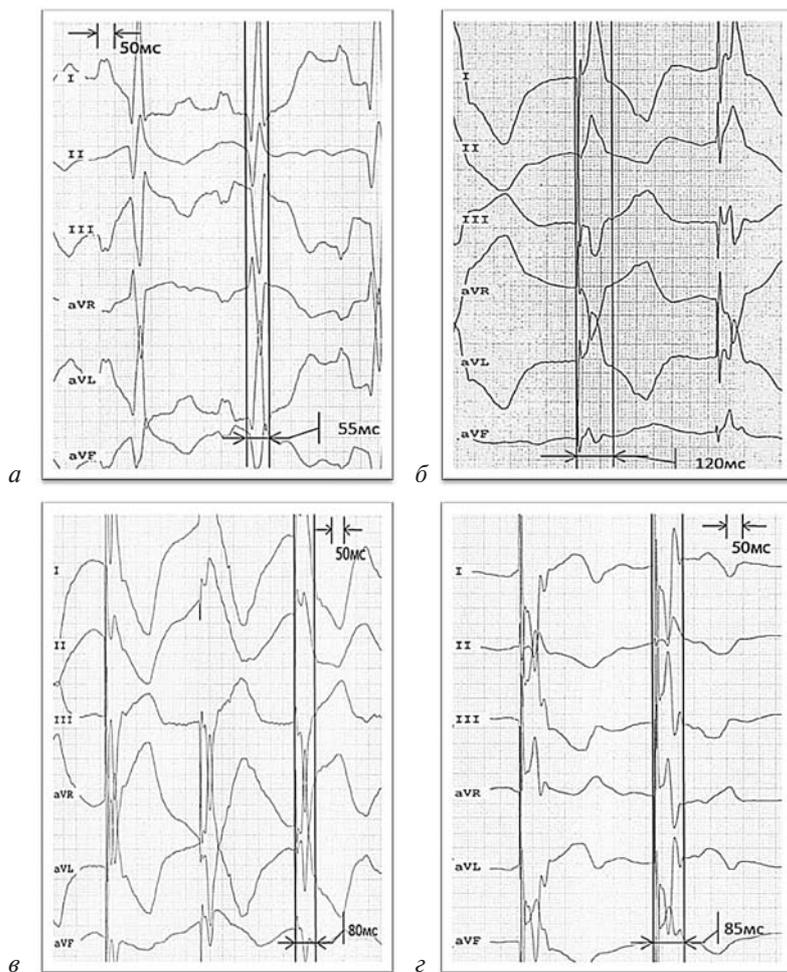


Рис. 3. Электрокардиограммы:

a – на синусовом ритме: длительность *QRS* равна 55 мс; *б* – при БЛНПГ: длительность *QRS* равна 120 мс; *в* – операция № 9, БВС боковой стенки ПЖ и базального отдела боковой стенки ЛЖ, длительность *QRS* равна 80 мс; *г* – операция № 6, БВС боковой стенки ПЖ и среднего отдела задней стенки ЛЖ, длительность *QRS* равна 85 мс

Порог стимуляции при подшивании составил от 0,3 до 0,5 мА, в среднем $0,37 \pm 0,08$ мА.

При сравнительном анализе двух методик имплантации – «вкручивание» ($n = 10$) и «подшивание» ($n = 11$) – статистически достоверных различий чувствительности и порога стимуляции не получено ($p = 0,772$ и $p = 0,773$ соответственно, U-критерий Манна–Уитни).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенные методики имплантации ЛЖ-электрода – «вкручивание» и «подшивание» – позволяют эффективно и безопасно имплантировать ЛЖ-электрод. Трехпортовый торакоскопический доступ позволяет безопасно имплантировать ЛЖ-электрод во все отделы ЛЖ.

Обсуждение

X. Verbeek и соавт. [15] провели экспериментальное исследование на 15 собаках, которое заключалось в сравнительном анализе распространения волны возбуждения при стимуляции боковой стенки ПЖ и искусственно созданной ПБЛНПГ. Собакам в операционной проводили радиочастотную абляцию левой ножки пучка Гиса с помощью абляционного электрода Medtronic

Marinг. Авторами была продемонстрирована практическая идентичность распространения волны возбуждения в ЛЖ при ПБЛНПГ и при стимуляции ПЖ.

Опираясь на данные, полученные X. Verbeek и соавт., в качестве экспериментальной модели БЛНПГ мы использовали стимуляцию боковой стенки ПЖ. При этом была достигнута практическая идентичность морфологии комплекса *QRS* при стимуляции боковой стенки ПЖ с БЛНПГ [15].

R. Michael и соавт. в исследовании SMART-AV, в которое входили 426 больных с ресинхронизирующими устройствами, измерили электрическую диссинхронию, то есть время от начала комплекса *QRS* до пика спайка на ЛЖ-электроде (интервал *Q-LV*). Больные были разделены на две группы, 1-я группа – с *Q-LV* менее 95 мс и 2-я группа – с *Q-LV* более 95 мс. Выяснилось, что эффективность СРТ находится в прямой зависимости от интервала *Q-LV*, то есть чем больше интервал *Q-LV*, тем выше эффективность СРТ [10].

Роль исходной ширины комплекса *QRS* как ключевого фактора, определяющего ответ на СРТ, стала очевидной после публикации результатов исследований PATH-CHF I и II (Pacing Therapies

in Congestive Heart Failure) [3, 4]. В частности, в исследовании PATH-CHF II [13] продемонстрировано, что у пациентов с шириной комплекса *QRS* от 120 до 150 мс проводимая CRT была менее эффективна. В крупных исследованиях, посвященных ресинхронизирующей терапии, таких как COMPANION (Comparison of Medical Therapy, Pacing and Defibrillation in Heart Failure) [6], CARE-HF (Cardiac-Resynchronization Therapy in Heart Failure) [9], RethinQ (Cardiac Resynchronization Therapy in Patients with Heart Failure and Narrow *QRS*) [5], MADIT-CRT (The Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial – Cardiac Resynchronization Therapy) [7], REVERSE (Resynchronization Reverse Remodeling in Systolic Left Ventricular Dysfunction) [11] и RAFT (Resynchronization – Defibrillation for Ambulatory Heart Failure Trial) [14] было достоверно продемонстрировано, что эффективность CRT в снижении КДО ЛЖ, частоты госпитализации и летальности снижалась по мере укорочения исходной ширины комплекса *QRS* [2].

Полученные нами данные согласуются с данными вышеперечисленных исследований, выявлена линейная зависимость между задержкой и укорочением ширины комплекса *QRS*.

Заключение

Торакоскопические технологии обеспечивают доступ ко всем отделам ЛЖ, что позволяет определить оптимальную точку для имплантации ЛЖ-электрода и имплантировать эпикардиальный электрод для наиболее эффективной сердечной ресинхронизирующей терапии при коротком времени вмешательства.

Торакоскопическое картирование и имплантация эпикардиального электрода в левый желудочек из 3-портовой левосторонней торакоскопии, возможно, является эффективным, прецизионным, безопасным методом, который может быть сопоставим по времени с длительностью трансвенозной операции, что дает основание к успешному применению торакоскопической методики при лечении пациентов с ХСН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокерия Л. А., Махалдиани З. Б., Биниашвили М. Б. Использование торакоскопической техники для имплантации ресинхронизирующих эпикардиальных электродов в левый желудочек // *Анналы аритмологии*. 2006. № 1. С. 4.
2. Бокерия О. Л. Ресинхронизационная терапия при застойной сердечной недостаточности – мнения экспертов и предварительные результаты последних рандомизированных исследований // *Анналы аритмологии*. 2006. № 1. С. 10.
3. Auricchio A., Stellbrink C., Block M. et al. Effect of pacing chamber and atrioventricular delay on acute systolic function of paced patients with congestive heart failure. The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure Study Group. The Guidant Congestive Heart Failure Research Group // *Circulation*. 1999. Vol. 99, № 23. P. 2993–3001.
4. Auricchio A., Stellbrink C., Sack S. et al. Long-term clinical effect of hemodynamically optimized cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and ventricular conduction delay // *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002. Vol. 39, № 12. P. 2026–2033.
5. Beshai J. F., Grimm R. A., Nagueh S. F. et al. Cardiac-resynchronization therapy in heart failure with narrow *QRS* complexes // *N. Engl. J. Med*. 2007. Vol. 357, № 24. P. 2461–2471.
6. Bristow M. R., Feldman A. M., Saxon L. A. Heart failure management using implantable devices for ventricular resynchronization: Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Chronic Heart Failure (COMPANION) trial. COMPANION Steering Committee and COMPANION Clinical Investigators // *J. Card. Fail*. 2000. Vol. 6, № 3. P. 276–285.
7. Bristow M. R., Saxon L. A., Boehmer J. et al. Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure // *N. Engl. J. Med*. 2004. Vol. 350, № 21. P. 2140–2150.
8. Cazeau S., Ritter P., Bakdach S. et al. Four chamber pacing in dilated cardiomyopathy // *Pacing Clin. Electrophysiol*. 1994. Vol. 17, № 11 (Pt. 2). P. 1974–1979.
9. Cleland J. G., Daubert J. C., Erdmann E. et al. The CARE-HF study (CArdiac RESynchronisation in Heart Failure study): rationale, design and end-points // *Eur. J. Heart Fail*. 2001. Vol. 3, № 4. P. 481–489.
10. Gold M. R., Birgersdotter-Green U., Singh J. P. et al. The relationship between ventricular electrical delay and left ventricular remodelling with cardiac resynchronization therapy // *Eur. Heart J*. 2011. Vol. 32, № 20. P. 2516–2524.
11. Linde C., Abraham W. T., Gold M. R. et al. Randomized trial of cardiac resynchronization in mildly symptomatic heart failure patients and in asymptomatic patients with left ventricular dysfunction and previous heart failure symptoms // *J. Am. Coll. Cardiol*. 2008. Vol. 52, № 23. P. 1834–1843.
12. Linde C., Leclercq C., Rex S. et al. Long-term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the MULTISITE STimulation in cardiomyopathy (MUSTIC) study // *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002. Vol. 40, № 1. P. 111–118.
13. Tang A. S., Wells G. A., Talajic M. et al. Cardiac-resynchronization therapy for mild-to-moderate heart failure // *N. Engl. J. Med*. 2010. Vol. 363, № 25. P. 2385–2395.
14. Tang J., Hua D., Cheng J. et al. Synthesis and properties of temperature-responsive chitosan by controlled free radical polymerization with chitosan-RAFT agent // *Int. J. Biol. Macromol*. 2008. Vol. 43, № 4. P. 383–389.
15. Verbeek X. A., Vernooy K., Peschar M. et al. Quantification of interventricular asynchrony during LBBB and ventricular pacing // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol*. 2002. Vol. 283, № 4. P. H1370–H1378.

Поступила 30.10.2012