

<https://doi.org/10.35336/VA-2019-3-57-64>

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ
ДЛЯ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ

А.Д.Вахрушев, Д.С.Лебедев, Е.Н.Михайлов

ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Представлен обзор основных клинических исследований, посвящённых изучению эффективности и безопасности использования альтернативных методик имплантации левожелудочкового электрода для проведения сердечной ресинхронизирующей терапии.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, левый желудочек, диссинхрония, фракция выброса, кардиоресинхронизирующая терапия, левожелудочковый электрод

Конфликт интересов: не заявлен.

Рукопись получена: 26.09.2019 **Рецензии получены:** 04.10.2019 **Принята к публикации:** 14.10.2019

Ответственный за переписку: Вахрушев Александр Дмитриевич, e-mail: advakhrushev@gmail.com

Для цитирования: Вахрушев А.Д., Лебедев Д.С., Михайлов Е.Н. Альтернативные подходы при имплантации левожелудочковых электродов для ресинхронизирующей терапии // Вестник аритмологии, 2019, Том 26, № 3 (97), с. 57-64; DOI: 10.35336/VA-2019-3-57-64.

ALTERNATIVE TECHNIQUES OF LEFT VENTRICLE LEAD IMPLANTATION
FOR CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY

Aleksandr D. Vakhrushev, Dmitry S. Lebedev, Evgeny N. Mikhaylov

Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

A review of the main clinical studies on the effectiveness and safety of using alternative techniques for implanting a left ventricular electrode for cardiac resynchronization therapy is presented.

Key words: chronic heart failure, left ventricle, dyssynchrony, ejection fraction, cardioresynchronization therapy, left ventricular electrode

Conflicts of Interest: nothing to declare.

Received: 26.09.2019 **Revision Received:** 04.10.2019 **Accepted:** 14.10.2019

Corresponding author: Aleksandr D. Vakhrushev, e-mail: advakhrushev@gmail.com

For citation: Vakhrushev A.D., Lebedev D.S., Mikhaylov E.N. Alternative techniques of left ventricle lead implantation for cardiac resynchronization therapy // Journal of arrhythmology, 2019, Vol. 26, 3 (97), p. 57-64; DOI: 10.35336/VA-2019-3-57-64.

Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) стала эффективным нефармакологическим способом лечения больных с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) и диссинхронией левого желудочка (ЛЖ) при недостаточности эффекта оптимальной медикаментозной терапии. Для восстановления синхронности сокращения стенок ЛЖ при СРТ проводится постоянная стимуляция заднебоковой стенки ЛЖ, что приводит к улучшению клинических результатов и показателей сердечной деятельности. «Идеальными» кандидатами для СРТ являются пациенты с классическими показаниями - ХСН, рефрактерная к оптимальной медикаментозной терапии, наличие широкого комплекса QRS, наличие коронарных вен сердца, в которые легко позиционируется электрод для ЛЖ стимуляции.

СРТ проводится по трёхэлектродной схеме: это дефибриллирующий или стимулирующий электрод,

расположенный в правом желудочке, электрод в правом предсердии (при необходимости) и электрод в ЛЖ, который позиционируется в венах, впадающих в коронарный синус (КС). Таким образом, появляется возможность электростимуляции обоих желудочков одновременно, тем самым достигается синхронное сокращение миокарда желудочков. В Российской Федерации за 2016 год было имплантировано 995 устройств для проведения СРТ [1].

В проведённых мультицентровых исследованиях с оценкой эффективности и безопасности использования вен КС для позиционирования ЛЖ электрода показано, что данная методика увеличивает толерантность к физической нагрузке, пиковое потребление кислорода, снижает функциональный класс хронической сердечной недостаточности, а также снижает уровень смертности [2]. Однако, в 5-10% случаев, по данным разных исследователей, наблюдаются неудачные по-

пытки позиционирования ЛЖ электрода в венах КС. В ряде исследований показано, что до 30% пациентов не отвечают на СРТ, что может быть связано с неоптимальным положением ЛЖ электрода, наличием рубца в зоне имплантации ЛЖ электрода, прогрессированием поражения миокарда, неоптимальным программированием устройства [3-5].

В тех случаях, когда анатомия венозной системы сердца или низкий порог стимуляции диафрагмального нерва не позволяют имплантировать ЛЖ электрод в оптимальную для СРТ позицию, или позиция электрода в целевой вене нестабильна (в ряде случаев даже при попытках фиксации электрода сосудистыми стенками и использовании электродов с фиксирующими элементами), предлагается ряд альтернативных методов имплантации ЛЖ электрода. В данном обзоре представлено описание техники имплантации ЛЖ электрода при основных альтернативных методах СРТ (эпикардальное расположение ЛЖ электрода и эндокардиальное), а также преимущества и недостатки каждого из подходов.

«КЛАССИЧЕСКАЯ» ТРАНСВЕНОЗНАЯ МЕТОДИКА ИМПЛАНТАЦИИ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОГО ЭЛЕКТРОДА

Техника имплантации заключается в канюляции КС трансвенозным путем и введением ЛЖ электрода в один из притоков КС. Многие операторы применяют ретроградную венографию для определения наиболее приемлемого венозного притока для имплантации и стимуляции. ЛЖ электрод чаще всего стараются позиционировать в венах в проксимальной или средней трети заднебоковой стенки ЛЖ. Важными ограничениями такой методики могут являться: диаметр венозного притока (слишком малый или слишком большой для стандартного электрода), угол впадения целевой вены в КС, или же его выраженная извитость, близкое расположение диафрагмального нерва с местом желаемой имплантации, высокий порог стимуляции ЛЖ.

Осложнения «классической» имплантации встречаются нечасто, но все же ими могут быть следующие.

- Дислокация ЛЖ электрода по данным разных авторов составляет от 4 до 12% [6, 7, 8];
- Диссекция КС - частота ее варьирует от 0,4 до 4% случаев. Данное осложнение чаще проходит без последствий в связи с низким давлением венозной системы сердца и малым риском развития тампонады сердца [9]. В частности, в исследовании MIRACLE показано, что у 45 пациентов (2,2%) была выявлена данная патология. Из них 6-ти пациентам (13%) было выполнено дренирование перикарда. По результатам исследования CARE-HF данное осложнение встречалось в 2,1 % случаев.
- Стимуляция диафрагмального нерва - частота хронической стимуляции диафрагмального нерва зарегистрирована по разным данным в диапазоне от 1,6 до 12%. [10] Во время оперативного вмешательства пациент находится в положении лёжа на спине, поэтому определение области, где будет отсутствовать стимуляция диафрагмального нерва получается не всегда, так как при изменении положения тела может меняться

и положение ЛЖ электрода. В таком случае вероятно микродислокация. Данное осложнение может быть скорректировано путём подбора подходящего режима стимуляции, либо выполнением дополнительной инвазивной процедуры и изменения положения тела электрода катетерным способом. В противном случае пациенту требуется повторное оперативное вмешательство для репозиции электрода. [11]

- Нарастание порога стимуляции - в исследовании J.Steffel и соавт. [12] приведены данные 193 пациентов, которым была выполнена имплантация ЛЖ электрода в вены КС в период с 2003 по 2010 годы. Так, показано, что у пациентов с порогом электростимуляции более 1 В при имплантации имелась более высокая вероятность нарастания порога ЭС, чем у пациентов с начальным порогом менее 1 В.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИМПЛАНТАЦИИ ЛЖ ЭЛЕКТРОДА

Среди альтернативных доступов для имплантации ЛЖ электрода могут быть как открытые стандартные хирургические доступы: стернотомия, торакотомия, так и эндоваскулярные доступы.

Эпикардальная имплантация: левая боковая мини-торакалотомия

Данное оперативное вмешательство требует использования общей анестезии. Доступ к сердцу осуществляется по левой среднеподмышечной линии, где проводится мини-торакалотомия длиной 4-5 см в IV-V межреберье. После выполнения доступа, сердце поворачивают в правую сторону для визуализации боковой и задней стенок ЛЖ. Далее проводится имплантация пришивного электрода. Его проксимальная часть вводится в тоннель, сформированный под большой грудной мышцей и фиксируется в устройстве в заранее сформированном ложе в подключичной области. Устанавливается дренаж в плевральную полость, раны ушивают по стандартной методике.

В исследовании H.Mair et al. выполнялось сравнение 2-х групп пациентов: с ЛЖ электродом, позиционированным в КС и эпикардально расположенным ЛЖ электродом. Всем пациентам, кому оперативное вмешательство выполнялось через левую боковую мини-торакалотомию, требовалась общая анестезия. Тогда как в группе пациентов с позицией ЛЖ электрода в КС общая анестезия потребовалась только в 39% случаев, причём в 8% случаев общая анестезия была проведена ввиду сильной тревожности и психомоторного возбуждения пациентов. Длительность оперативного вмешательства составила 198 ± 62 минут. Время, затраченное на имплантацию ЛЖ электрода - 134 ± 38 минут. Также при эпикардальной имплантации ЛЖ электрода не использовалось контрастное вещество [13].

У всей группы пациентов с эпикардально имплантированным ЛЖ электродом порог стимуляции был значительно ниже. Во время оперативного вмешательства пороги стимуляции были: эпикардальный ЛЖ электрод - $0,9 \pm 0,5$ В; КС - $1,1 \pm 0,8$ В. Через 18 месяцев после оперативного вмешательства: эпикардальный ЛЖ электрод - $0,7 \pm 0,3$ В; КС - $2,2 \pm 1,4$ В, у семи пациентов с позицией электрода в вены КС по-

рог стимуляции составлял > 4 В. В группе пациентов с положением электрода в КС наблюдались следующие осложнения: в 2,5 % случаев была зарегистрирована диссекция КС; в 3,8% случаев - невозможность адекватного позиционирования ЛЖ электрода; в 6% случаев - невозможность имплантации не пояснена; в 1% случаев была выявлена стимуляция диафрагмального нерва. В группе пациентов с эпикардиальной позицией ЛЖ электрода наблюдались следующие осложнения: 2 случая пневмоторакса, у 1 пациента вследствие интубации образовался ателектаз верхней доли правого лёгкого, 1 случай дислокации ЛЖ электрода, потребовалось дополнительное хирургическое вмешательство также с общей анестезией [13].

***Эпикардиальная имплантация:
видеоторакоскопическая методика***

Пациент находится в правом полубоковом положении. В левой половине грудной клетки устанавливаются 3 порта. 1-й порт устанавливают в V-VI межреберье по левой среднеподмышечной линии; 2-й порт в V-VI межреберье латеральнее левой среднеключичной линии; 3-й в III-IV межреберье по левой передней подмышечной линии. Затем с помощью торакоскопических ножниц вскрывают перикард на протяжении 5 см. Далее проводят имплантацию ЛЖ электрода в миокард. Его проксимальная часть вводится в тоннель, сформированный под большой грудной мышцей и фиксируется в устройстве в заранее сформированном ложе (в подключичной, левой подмышечной области или на брюшной стенке) [14].

В ретроспективном анализе K.E.Nelson et al. приведены данные 32 пациентов с имплантацией ЛЖ электрода видеоторакоскопическим способом в период с 2004 по 2011 годы. В 31 случае операция (97%) прошла успешно, в одном случае потребовался переход на открытую торакотомию ввиду сильного кровотечения из-за спаечного процесса, сформированного после 2-х оперативных вмешательств на митральном клапане. У всех пациентов был достигнут порог стимуляции 2 В или ниже при длительности импульса 0,5 мс. Острое повреждение почек развилось у двух пациентов (6,3%), одному из них после операции потребовался гемодиализ. Одному пациенту при подозрении на сепсис выполнили удаление устройства через 12 недель после операции. Ещё у трёх пациентов систему для проведения СРТ удалили по причине сепсиса в течение 65 недель после имплантации. У трёх пациентов было зафиксировано увеличение порога стимуляции менее, чем через 6 недель. У одного из этих пациентов в связи с высокой массой тела и техническими трудностями во время первичной имплантации ЛЖ электрода было принято решение об отключении ЛЖ электрода [15].

***Эндокардиальная имплантация ЛЖ электрода
через межпредсердную перегородку***

К настоящему времени описано несколько подходов к имплантации ЛЖ электрода через межпредсердную перегородку (МПП). По своей сути все они сходны, отличаются маневры при введении проводника в левое предсердие и техника введения ЛЖ электрода в левые камеры сердца. Предлагается выполнение пункции МПП через правую бедренную вену транс-

септальной иглой и интродьюсером по общепринятой методике. Затем проводник позиционируется в левую верхнюю лёгочную вену, и с помощью транссептального интродьюсера или дополнительного баллона выполняется бужирование отверстия в месте пункции, после чего интродьюсер выводится в правое предсердие. Из левой подключичной области выполняется пункция левой подключичной вены и в правое предсердие вводится система доставки ЛЖ электрода. Данная система с использованием проводника вводится в левое предсердие, после чего оператор выполняет имплантацию ЛЖ электрода с активной фиксацией [16]. Недостатками данной процедуры являются: риск тромбоэмболических осложнений, необходимость пожизненной антикоагуляции, нахождение электрода в контакте с митральным клапаном с риском его дисфункции и инфицирования впоследствии.

В недавно проведённом мета-анализе осложнений после эндокардиальной имплантации ЛЖ электрода, были проанализированы 23 исследования, включающие 384 пациента с 22 месячным наблюдением. Частота инсультов составила 2,5 случаев на 100 пациентов в год и возникновение транзиторных ишемических атак (ТИА) - 2,6 случаев на 100 пациентов в год.

В мультицентровом наблюдательном исследовании V.Sawhney и соавт. [17] представлены результаты эндокардиальной имплантации ЛЖ электрода для СРТ у 68 пациентов, контрольная группа с имплантацией ЛЖ электрода через КС составила 136 пациентов. Время процедуры с эндокардиальным способом имплантации ЛЖ электрода составило 200 ± 120 минут, а время флюороскопии 32 ± 28 минут. Для сравнения, время процедуры со стандартным способом имплантации ЛЖ электрода составило 175 ± 90 минут, время флюороскопии - 30 ± 20 минут.

Наблюдение пациентов осуществлялось в течение $20 \pm 16,4$ месяцев. За это время было зарегистрировано 4 случая ишемического инсульта у 4 пациентов. Все они принимали варфарин, однако 3 из 4-х пациентов имели низкое значение международного нормализованного отношения (МНО) во время госпитализации по причине инсульта. Инсульт наступил через $15,8 \pm 4,01$ месяцев после процедуры имплантации устройства для СРТ. Контрольная группа наблюдалась в течение $23 \pm 14,2$ месяца: за это время было зарегистрировано 9 случаев ишемических инсультов у 9 пациентов. Восемь из них имели в анамнезе ФП, им проводилась терапия варфарином, но у 5-ти из них было выявлено низкое значение МНО. Время, прошедшее с момента имплантации устройства для СРТ, составило $21,8 \pm 11,2$ месяцев. Таким образом, была выявлена связь между низким значением МНО и развитием ишемического инсульта. Также нет значительной разницы показателей смертности между данными способами имплантации в течение 1,6 года: 21% и 28%. Главным же открытием в данном исследовании оказалось то, что риск развития инсульта практически одинаков: 3,6 случаев инсульта на 100 человек-лет при эндокардиальной позиции электрода; и 3,4 случаев инсульта на 100 человек-лет при позиции ЛЖ электрода в венах КС [16].

В работе J.M.Morgan и соавт [18] проведен анализ 6-месячного наблюдения 51 пациента с эндокардиальным позиционированием ЛЖ электрода. Ни у одного пациента не наблюдалось изменений степени митральной регургитации. Также не было выявлено признаков травматизации створок МК. Исследование ALSYNC 2016 года включало в себя наблюдение 138 пациентов с позицией ЛЖ электрода через МПП. Известно о пяти случаях тромбоэмболических осложнений, о 14 эпизодах ТИА у 9-ти пациентов (в 6-ти случаях ТИА уровень МНО был ниже 2,5). Один пациент был госпитализирован через 1 год после имплантации устройства для СРТ по причине развития тяжелой митральной недостаточности. Однако, авторы не описывают причину её развития.

Эндокардиальная имплантация ЛЖ электрода через верхушку ЛЖ (трансапикальный способ)

Выполняется левая торакотомия, перикардотомия и визуализация верхушки ЛЖ. Проводится пункция верхушки ЛЖ по методу Сельдингера. Затем в полость левого желудочка вводится проводник, с помощью которого выполняется канюляция ЛЖ и введение в него электрода активной фиксации. Позиционирование и фиксация электрода проводится под контролем флюороскопии. Проксимальный конец электрода проводится по тоннелю, сформированному подкожно к левой подключичной области [17].

В исследование Z.Kis et al. 2017 года было включено 26 пациентов с трансапикальной позицией ЛЖ электрода. Из них 3 пациента были отобраны на проведение эпикардиальной имплантации ЛЖ электрода. Из 23 пациентов 11 пациентов (47%) умерли в течение $40 \pm 24,5$ месяцев, из них 10 человек умерли из-за усугубления сердечной недостаточности, а один по причине внезапной сердечной смерти. Из трёх пациентов, которым была выполнена эпикардиальная имплантация ЛЖЭ, у двух был зафиксирован правосторонний инфекционный эндокардит (у одного пациента через 3 месяца, у другого через 3 года). Третий же пациент поступил в стационар через 1 месяц после процедуры с признаками тампонады, которая была вызвана дислокацией ЛЖ электрода. [19]

Замена ЛЖ электрода потребовалась одному пациенту через 5 лет после первичной имплантации СРТ по причине нарушения изоляции электрода, что потребовало отмены антикоагулянтной терапии. Через 3 дня после оперативного вмешательства у данного пациента было выявлено острое нарушение мозгового кровообращения с левосторонним гемипарезом. Была экстренно выполнена компьютерная томография, по результатам которой выявили окклюзию в бассейне правой средней мозговой артерии.

Эндокардиальная имплантация ЛЖ электрода через межжелудочковую перегородку

При этом методе имплантации выполняется пункция межжелудочковой перегородки (МЖП) с использованием обычной трансептальной иглы, иглы с возможностью подачи радиочастотной энергии на ее кончик или применяется пункция специальным тонким проводником, вводимым в иглу. Перед процедурой требуется придать игле нужную кривизну. Игла вводит-

ся по интродьюсеру в ПЖ через подключичную (или яремную) вену. Далее под Rg-контролем и/или ультразвуковым контролем выполняется пункция МЖП. Игла заменяется на проводник в ЛЖ, по которому вводится система доставки ЛЖ электрода. Электрод активной фиксации позиционируется и фиксируется эндокардиально на боковой стенке ЛЖ (рис. 1).

В 2013 году T.R.Betts и соавторы представили результаты имплантации ЛЖ электрода через МЖП у 10 пациентов в период с 2011 по 2013 гг. У одного пациента при использовании радиочастотной энергии во время пункции МЖП развилась устойчивая мономорфная желудочковая тахикардия, потребовавшая проведения электроимпульсной терапии. В других случаях трудностей при имплантации не возникало. Средний порог стимуляции во время процедуры составил $0,8 \pm 0,3$ В, а чувствительность $10,8 \pm 3,9$ мВ. В течение амбулаторного наблюдения (минимально - 3 нед., максимально - 19 мес., в среднем - 8,7 мес.) порог стимуляции составил $1,0 \pm 0,3$ В. За время наблюдения не было выявлено усугубления митральной недостаточности, также не было выявлено трансептальных токов крови в месте пункции МЖП, тромбоэмболических осложнений не было. Конечный диастолический объем ЛЖ уменьшился на $21 \pm 28\%$, фракция выброса (ФВ) ЛЖ увеличилась на $14 \pm 8\%$. [20].

В 2018 году Gamble J.H.P. и соавт. представили результаты исследования 15-ти пациентов с имплантацией ЛЖ электрода через МЖП. Всем пациентам была назначена антикоагулянтная терапия с использованием варфарина с целевым МНО 2,5-3,5. Время процедуры эндокардиальной имплантации ЛЖ электрода составило 25 ± 19 минут. Предварительно выполнялось построение активационной карты ЛЖ с использованием электроанатомической системы NavX (St. Jude Medical). В 65% случаев местом позиционирования электрода являлась передне-латеральная стенка ЛЖ, в 35% случаев - латеральная стенка; 80% - базальные отделы ЛЖ, 20% - средние отделы соответствующих стенок ЛЖ [21].

Через 6 месяцев после процедуры у 1-го пациента развился лакунарный ишемический инсульт. У 1-го пациента, у которого анамнез был отягощён стенозом брахиоцефальных артерий, а также были эпизоды ТИА, через 6 недель после процедуры имплантации, вероятно, возникла повторная ТИА. Данному пациенту изменение терапии не проводилось и в последствии данные эпизоды не повторялись. У 1-го пациента также развилась ТИА через 3 года после процедуры имплантации устройства для СРТ. В течение шести месяцев не было выявлено желудочковых тахикардий, случаев дислокаций ЛЖ электрода, трансептальных потоков через МЖП по данным эхокардиографии (ЭхоКГ).

Двое пациентов умерли в течение 6-ти месяцев после процедуры, причины смерти не были связаны с имплантацией СРТ. Один пациент, отвечавший на терапию клинически и по результатам ЭхоКГ при 3-х месячном визите умер от пневмонии через 4 месяца после оперативного вмешательства. Второй пациент не ответил на терапию и умер через 5 месяцев после оперативного вмешательства от прогрессирующей сердечной недостаточности. Через 13 месяцев после про-

цедуры был зарегистрирован ещё 1 летальный исход, который был связан с течением пневмонии.

За время наблюдения было отмечено снижение функционального класса ХСН, улучшение прохождения пациентами теста шестиминутной ходьбы. Также отмечается улучшение качества жизни по результатам прохождения пациентами опросника по здоровью EQ-5D-5L. По результатам ЭхоКГ изменения конечного систолического объема составили: до процедуры - 119 ± 63 мл, после - 81 ± 48 мл.; ФВ ЛЖ: до - $28 \pm 7\%$, после - $41 \pm 9\%$.

В 2015 году были представлены результаты исследования, в котором пациентам с ФП были имплантированы устройства для СРТ с эндокардиальной имплантацией ЛЖ через МЖП 10-ти пациентам. Два человека - с персистирующей формой, и восемь - с постоянной формой ФП. Порог стимуляции и чувствительность ЛЖ электрода составили после операции - $0,72 \pm 0,2$ В и $12,1 \pm 4$ мВ; через 3 месяца - $0,99 \pm 0,23$ В и $11,1 \pm 3$ мВ, соответственно. У 9 из 10 человек отмечено улучшение функционального класса ХСН более чем на 1 класс [22].

Перспективные методы имплантации ЛЖ электрода

Перспективной представляется система для СРТ, лишенная проводной связи и, соответственно, рисков, связанных с вероятной дисфункцией трансвенозных электродов, рисков последующей экстракции электродов, также риск инфекционных осложнений представляется значительно ниже. В настоящее время проходит клинические испытания система для беспроводной эндокардиальной стимуляции ЛЖ (WiSE-CRT system). Система состоит из беспроводного ЛЖ эндокардиального электрода и двух подкожных компонентов: батареи и ультразвукового передатчика. Данная система работает в сочетании с имплантированной системой стимуляции в правые камеры сердца. Имплантация данной системы осуществляется в 2 этапа. Первым этапом выполняется имплантация батареи для электрокардиостимуляции в левую подключичную область по среднеподмышечной линии. Затем имплантируется ультразвуковой передатчик, который требуется установить в область «акустического парастерального окна», данная область

обычно располагается в IV-VI межреберье слева по парастеральной линии. Это окно представляет собой акустическую «линию» без препятствия рёбер и лёгочной ткани между передатчиком и ЛЖ. Оценка данного параметра является одним из определяющих при подготовке пациентов к оперативному вмешательству, так как у 5-10% кандидатов данное «окно» отсутствует. Также необходимо сформировать подкожный канал для соединения батареи и ультразвукового передатчика.

Вторым этапом выполняется имплантация беспроводного ЛЖ электрода через бедренный артериальный доступ. Для имплантации используется система доставки диаметром 12 F, а также доставочный катетер с зафиксированным на нём ЛЖ электродом. Под контролем флюороскопии система доставки вводится трансартериально в ЛЖ и выполняется фиксация электрода в подходящую зону под контролем ЭхоКГ. Рекомендовано принимать аспирин и клопидогрел в течение 3-6 месяцев после выполнения оперативного вмешательства. Проведение антикоагулянтной терапии не обязательно, так как через 3-4 недели происходит полная эндотелизация электрода, что ведёт к снижению риска тромбозов [23].

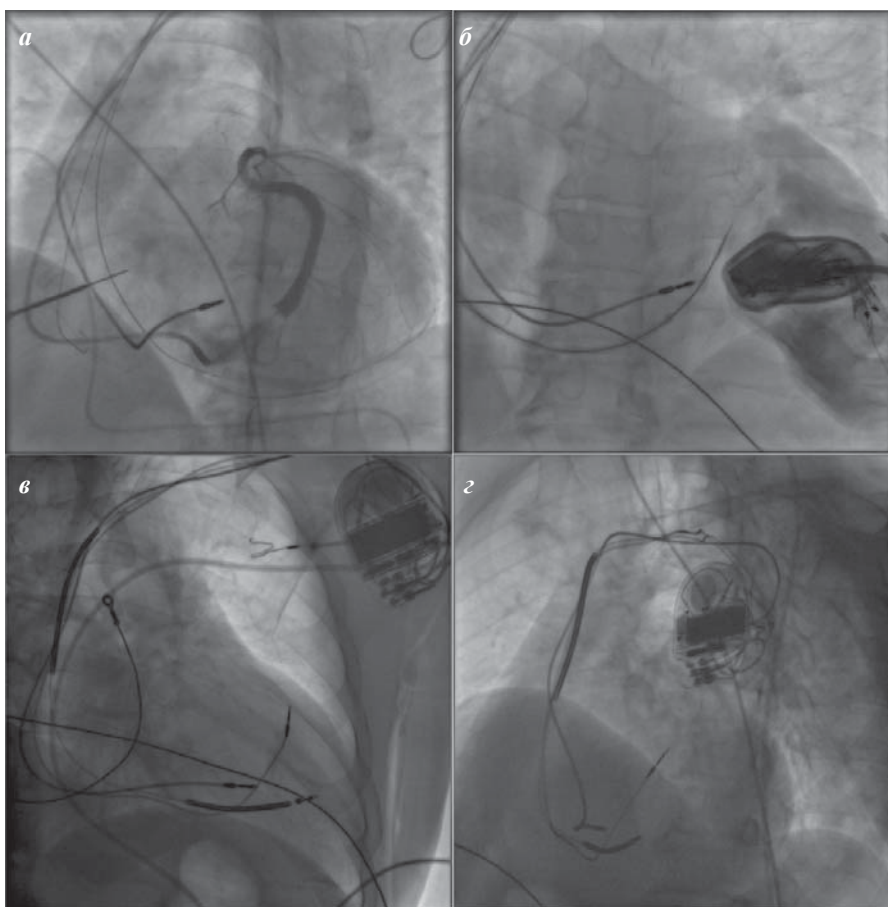


Рис. 1. Этапы имплантации ЛЖ электрода через межжелудочковую перегородку у пациента 54 лет (ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» Минздрава России): а - окклюзионная венография коронарного синуса и его притоков (отсроченная фаза; видно наличие крупного притока - задней вены сердца, не являющейся идеальной для ресинхронизирующей терапии); б - этап пункции межжелудочковой перегородки доступом через левую подключичную вену (транссептальная игла выведена из транссептального интродьюсера; через иглу контрастируется полость левого желудочка; также виден ультразвуковой датчик); в - итоговая позиция ЛЖ электрода на передне-боковой стенке в базальной части ЛЖ (правая косая проекция); г - итоговая позиция ЛЖ электрода в левой косой проекции.

В исследовании, которое было опубликовано V.Y.Reddy et al. в 2017 году, были включены 35 пациентов. Через 6 месяцев после оперативного вмешательства 94% пациентов продолжили получать бивентрикулярную стимуляцию, у 88% отмечалось улучшение клинической картины СН. У 66 % пациентов наблюдалось увеличение ФВ ЛЖ (более 5%).

В течение 24 часов после оперативного вмешательства зарегистрированы осложнения у 3-х пациентов (8,6%): фибрилляция желудочков; эмболия электродом левой большеберцовой артерии; фистула бедренной артерии. В течение первого месяца осложнения были зарегистрированы у 8 пациентов (22,9%): 1 летальный исход из-за электрод-индуцированной фибрилляции желудочков; 1 инсульт; 3 случая инфицирования; 1 гематома ложа аппарата; 2 бедренные псевдоаневризмы [24].

В настоящее время активно изучаются методы ресинхронизирующей терапии, основанные на стимуляции пучка Гиса и левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ). Хотя первые результаты клинического применения обнадеживают, необходимы дальнейшие проспективные и рандомизированные исследования применения подходов к стимуляции проводящей системы сердца. Поскольку стимуляция Гиса и стимуляция ЛНПГ проводятся без имплантации электрода в ЛЖ, эти методы находятся вне фокуса настоящего обзора. Однако, по нашему мнению, о данной методике нельзя не сказать.

Гисальная стимуляция

Данная процедура не требует проведения общей анестезии. После пункции левой подключичной вены в правые камеры сердца вводится система доставки, по которой в область МЖП вводится стимулирующий электрод. После чего выполняется поиск наиболее подходящего места для фиксации, используя ЭКГ-критерии.

В исследовании W.Nuang et al. 2019 года представлены результаты имплантации системы для гисальной стимуляции у 74 пациентов. Среднее время наблюдения составило 37 месяцев. Через 1 год после выполнения процедуры, у 88,9% пациентов с ФВ ЛЖ $\leq 40\%$ наблюдалось увеличение ФВ ЛЖ более, чем на 50%. В течение периода наблюдения умерли 3 пациента с постоянной парагисальной стимуляцией: 1 БСС через 1 месяц после имплантации; 1 по причине эмболии лёгочной артерии через 10 месяцев; 1 пациент по причине терминальной стадии рака. Одному пациенту потребовалась замена устройства через 18 месяцев из-за истощения батареи. У 1-ой пациентки был выявлен рак молочной железы, а также инфицирование ложа ЭКС, вследствие чего было выполнено удаление устройства. В группе пациентов с непостоянной парагисальной стимуляцией были зарегистрированы 2 летальных исхода: 1 из-за терминальной стадии ХСН через 12 месяцев; 1 через 1 месяц по неизвестной причине [25].

Различия в электрической активации и сократимости миокарда при эндокардиальной и эпикардиальной стимуляции ЛЖ.

Поскольку основные отличия альтернативных методов СРТ состоят в активации миокарда ЛЖ со стороны эндокардиальной и эпикардиальной поверх-

ности, на наш взгляд, это требует обсуждения. При эпикардиальной стимуляции наблюдается трансмуральное распространение ранних постдеполяризаций с возможностью возникновения желудочковых экстрасистол типа R-на-T. В исследовании V.A.Medina-Ravell et al. показано, что при эпикардиальной стимуляции ЛЖ средняя длительность интервала Q-Tс была значительно больше, чем при эндокардиальной стимуляции правого желудочка и бивентрикулярной стимуляции: 587 ± 35 , 544 ± 36 и 535 ± 38 мс соответственно ($p < 0,05$). Эпикардиальная стимуляция ЛЖ также приводила к значительному увеличению дисперсии трансмуральной реполяризации по сравнению с эндокардиальной стимуляцией правого желудочка (197 ± 26 мс против 163 ± 25 мс, $p < 0,05$) [26].

Скорость распространения электрического импульса эпикардиальной стимуляции составляет $0,65 \pm 0,10$ м/с, из субэпикардиальной зоны - $0,61 \pm 0,08$ м/с, при эндокардиальной стимуляции - $0,7-1,2$ м/с [27]. В 2015 году было проведено исследование, в котором рассматривались влияния эпикардиальной и эндокардиальной стимуляций при использовании СРТ на коронарный кровоток. Было обнаружено, что при использовании эпикардиальной стимуляции ЛЖ кровоток в передней межжелудочковой артерии ускорился на 9%, а при использовании эндокардиальной стимуляции - на 27% [28].

В работе S.Garrigue et al. проведен сравнительный анализ результатов изменения электромеханической задержки (ЭМЗ) и сократительной способности миокарда ЛЖ через 6 месяцев после имплантации СРТ. В исследовании принимали участие 23 человека, у 15 из которых ЛЖ электрод был позиционирован в КС, а 8-ми пациентам - эндокардиально через МПП. Все электроды были установлены в области передне-латеральной стенки ЛЖ. Бивентрикулярная эпикардиальная стимуляция (БВС) сокращала время ЭМЗ МЖП на 11%, а ЭМЗ латеральной стенки ЛЖ на 41% в сравнении с ПЖ стимуляцией. Изменения времени ЭМЗ при эндокардиальной стимуляции в сравнении со стимуляцией из ПЖ 21,3% и 54% соответственно. Увеличение интегральной скорости потока (VTI) через митральный клапан: при эпикардиальной БВС - на 2%; при эндокардиальной БВС - на 40%. Амплитуда движения латеральной стенки во время систолы увеличилась на 14% при эпикардиальной БВС, на 31% при эндокардиальной БВС. Фракция укорочения ЛЖ при эндокардиальной БВС увеличилась на 25% [29].

В исследовании N.Derval et al, не было найдено значимого изменения скорости увеличения давления в полости ($dP/dT_{\max}$), пульсового давления и конечно-систолического давления при эндокардиальной и эпикардиальной стимуляции. С другой стороны, $dP/dT_{\min}$ достоверно увеличилась от $+0,4 \pm 13\%$ до $8,5 \pm 16\%$ с длинной атриовентрикулярной задержкой и от $-0,9 \pm 14\%$ до $5,8 \pm 18\%$ с короткой атриовентрикулярной задержкой в сравнении со стимуляцией из КС в той же области ЛЖ [30].

ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех приведённых выше исследованиях с эндокардиальной позицией ЛЖ электрода данные указывают на то, что описанные методики являются

альтернативными вариантами имплантации систем СРТ пациентам с невозможностью установки данной системы по принятой, «классической» методике, если оценивать периоперационный и ранний послеоперационный периоды.

При оценке рисков вмешательства с имплантацией ЛЖ электрода через МПП учитывается возможность травматизации створок митрального клапана. Однако, данных за подтверждение данной патологии исследователи не приводят, и даже наоборот, имеются результаты обследований, где уровень митральной регургитации снижается [31]. С использованием методики по имплантации ЛЖ электрода через МЖП имеются риски развития трансептальных токов крови в месте пункции и желудочковых тахикардий, что также в проведенных исследованиях не было подтверждено.

Касаемо рисков тромбоэмболических осложнений данные не столь однозначны. По результатам разных исследователей риск их развития составляет от 7 до 11%. Так, в исследовании P.Jais et al. описывается развитие ТИА у 1 из 11 пациентов [32]. L.M.Rademakers et al. сообщили о развитии 8-ми тромбоэмболических осложнений за время наблюдения [33]. В публикации T.R.Betts et al. 2018 года описывается развитие лакунарного ишемического инсульта и ТИА у 3-х из 15-ти пациентов за период от 6 недель до 3-х лет после оперативного вмешательства [19]. Также, в недавно опубликованном исследовании L.Gellér

et al. 2019 года описывается развитие тромбоэмболических осложнений у 4-х из 54-х пациентов (7%) на фоне терапии антагонистами витамина К, однако, при обследовании выяснилось, что уровень МНО у всех пациентов был ниже целевого (2,5-3,5) [31].

Система беспроводной эндокардиальной стимуляции ЛЖ, по имеющимся на данный момент результатам, является не столь безопасной в периоперационном и раннем операционном периодах, а в течение первого месяца осложнения были зарегистрированы у 8 пациентов (22,9%) [24]. Данная методика является многообещающей и перспективной в будущем, но в настоящий момент времени её использование ограничивается техническими и технологическими трудностями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящий момент существует необходимость использования альтернативных методик имплантации ЛЖ электрода пациентам, для которых не подходит «классический» способ. Эндокардиальная стимуляция ЛЖ через МЖП может рассматриваться как 2-я линия терапии наряду с имплантацией электрода через МПП. Однако данные методики имеют свои ограничения и осложнения, поэтому при принятии решения необходимо оценивать риск и пользу вместе с пациентом. Необходимы дальнейшие проспективные исследования с целью оценки тромбоэмболических осложнений при эндокардиальных способах имплантации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hindricks G., Camm J., Merkely B., et al. The current status of cardiac electrophysiology in ESC members countries. The EHRA White Book 2017.
2. Patwala A, Woods P, Clements R et al. A prospective longitudinal evaluation of the benefits of epicardial lead placement for cardiac resynchronization therapy. *Europace*. 2009 Oct;11(10):1323-9.
3. Stavrakis S., Lazzara R., Thadani U., et al. (2011). The benefit of Cardiac Resynchronization Therapy and QRS Duration: A Meta-Analysis. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 23(2), 163-168.
4. Ypenburg C, van de Veire N, Westenberg JJ et al. Non-invasive imaging in cardiac resynchronization therapy, Part 2: Follow-up and optimization of settings. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008; 31:1628- 1639.
5. Exner DV, Auricchio A, Singh JP. Contemporary and future trends in cardiac resynchronization therapy to enhance response. *Heart Rhythm* 2012; 9(8 Suppl.):S27-S35.
6. Cleland, J. G. F., Daubert, J. C., Erdmann, E., et al. (2005). The effect of Cardiac Resynchronization on morbidity and mortality in Heart Failure. *New England Journal of Medicine*, 352(15), 1539-1549.
7. Young, J. B., Abraham, W. T., Smith, A. L. (2003). Combined cardiac resynchronization and implantable cardioversion defibrillation in advanced chronic heart failure, the MIRACLE ICD trial. *ACC Current Journal Review*, 12(5), 68-69.
8. Linde, C., Leclercq, C., Rex, et al. (2002). Long-term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the MUSTIC Stimulation in cardiomyopathy (MUSTIC) study. *Journal of the American College of Cardiology*, 40(1), 111-118.
9. León AR, Abraham WT, Curtis AB et al. Safety of transvenous cardiac resynchronization system implantation in patients with chronic heart failure: combined results of over 2,000 patients from a multicenter study program. *J Am Coll Cardiol*. 2005 Dec 20;46(12):2348-56.
10. Higgins SL, Hummel JD, Niazi IK, et al. Cardiac resynchronization therapy for the treatment of heart failure in patients with intraventricular conduction delay and malignant ventricular tachyarrhythmias. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1454-59.
11. Bax JJ, Abraham T, Barold SS et al. Cardiac resynchronization therapy: Part 2—issues during and after device implantation and unresolved questions. *J Am Coll Cardiol*. 2005 Dec 20;46(12):2168-82.
12. Steffel J, Hurlimann A, Starck C., et al. Long-term performance of modern coronary sinus leads in cardiac resynchronization therapy. *Indian Pacing Electrophysiol J*. 2014 May 25;14(3):112-20. e Collection 2014 May.
13. Mair, H., Sachweh, J., Meuris, B., et al. (2005). Surgical epicardial left ventricular lead versus coronary sinus lead placement in biventricular pacing. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 235-242.
14. Полякова Е.Б., Кульбачинская Е.К., Термосесов С.А. и др. Торакоскопическая имплантация эпикардиальной системы электрокардиостимуляции у ребенка с полной атриовентрикулярной блокадой. *Вестник аритмологии* 2019; 2 (96): 58-61 [Polyakova E.B., Kulbachinskaya E.K., Termososov S.A., Garipov R.Sh., Volkova Ya.Yu., Shkolnikova M.A. Thoracoscopic implantation of an epicardial pacemaker in a child with complete atrioventricular

- block // *Journal of arrhythmology*, 2019, Vol. 26, 2, p. 58-61; DOI: 10.35336/VA-2019-2-58-61 (In Rus)].
15. Nelson KE, Bates MG, Turley AJ, et al. Video-assisted thoracoscopic left ventricular pacing in patients with and without previous sternotomy. *Ann Thorac Surg*. 2013 Mar;95(3):907-13.
 16. Domenichini G, Diab I, Campbell NG, et al. A highly effective technique for transseptal endocardial left ventricular lead placement for delivery of cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm*. 2015 May;12(5):943-9.
 17. Sawhney, V., Domenichini, G., Gamble, J., et al. Thrombo-embolic events in left ventricular endocardial pacing: long-term outcomes from a multicenter UK registry. *EP Europace*. (2018) 0, 1-6.
 18. Morgan JM, Biffi M, Gelle'r L, et al. ALternate site cardiac ResYNChronization (ALSYNC): a prospective and multicentre study of left ventricular endocardial pacing for cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2016;37:2118-27.
 19. Kis Z, Arany A, Gyori G, et al. Long-term cerebral thromboembolic complications of transapical endocardial resynchronization therapy. *J Interv Car Electrophysiol*. 2017; 48(2): 113-120.
 20. Betts, T. R., Gamble, J. H. P., Khiani, R., et al. (2014). Development of a technique for left ventricular endocardial pacing via puncture of the interventricular septum. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 7(1), 17-22.
 21. Gamble, J. H. P., Herring, N., Ginks, M. R., et al. (2018) Endocardial left ventricular pacing across the interventricular septum for cardiac resynchronization therapy: Clinical results of a pilot study. *HeartRhythm*, 15(7), 1017-1022.
 22. Karpenko A. Left ventricular endocardial stimulation in patients with atrial fibrillation using puncture of interventricular septum. *Europace* 2015;17:iii237.
 23. De Maria E, Ziacchi M, Diemberger I, et al. Leadless left ventricular endocardial pacing: a real alternative or a luxury for a few? *Cardiovasc Diagn Ther*. 2018 Aug; 8(4): 530-533.
 24. Reddy, V.Y., Miller, M.A., Neuzil, P., et al. (2017). Cardiac resynchronization therapy with wireless left ventricular endocardial pacing. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(17), 2119-2129.
 25. Huang W, Su L, Wu S et al. Long-term outcomes of His bundle pacing in patients with heart failure with left bundle branch block. *Heart*. 2019 Jan;105(2):137-143.
 26. Medina-Ravell VA, Lankipalli RS et al. Does Resynchronization Therapy Pose a Risk for Patients Predisposed to Long QT or Torsade de Pointes? *Circulation*. 2003;107:740-746.
 27. Fakhar Z, Khan M, Singh V, et al. *EP Europace*, Volume 11, Issue 5, 1 May 2009, Pages 554-561.
 28. Claridge S, Chen Z, Jackson T, et al. Effects of Epicardial and Endocardial Cardiac Resynchronization Therapy on Coronary Flow: Insights From Wave Intensity Analysis. *Journal of the American Heart Association*. 2015 Dec 17;4(12) pii: e002626. doi: 10.1161/JAHA.115.002626.
 29. Garrigue S, Jais P, Espil G., et al. Comparison of chronic biventricular pacing between epicardial and endocardial left ventricular stimulation using Doppler tissue imaging in patients with heart failure. *Am J Cardiol* 2001; 88:858-862.
 30. Derval N, Steendijk P, Gula LJ, et al. Optimizing hemodynamics in heart failure patients by systematic screening of left ventricular pacing sites. *J Am Coll Cardiol* 2010; 6:566-575.
 31. Geller L, Salló Z, Molnár L. Long-term single-centre large volume experience with transseptal endocardial left ventricular lead implantation. *Europace*. 2019 Jun 5. pii: euz116.
 32. Jais P, Takahashi A, Garrigue S. Mid-term follow-up of endocardial biventricular pacing. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2000 Nov;23(11 Pt 2):1744-7.
 33. Rademakers LM, van Gelder BM, Scheffer MG, et al. Mid-term follow up of thromboembolic complications in left ventricular endocardial cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2014;11:609-13.