

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИЕЙ

ФГБУ «Федеральный медицинский исследовательский центр имени В.А.Алмазова», Санкт-Петербург

С целью описательной оценки электрокардиографической картины изолированной право- и левожелудочковой стимуляции при различных позициях электродов (верифицированных рентгенологически), обследованы 40 пациентов с хронической сердечной недостаточностью, которым по стандартным показаниям проводилась сердечная ресинхронизирующая терапия.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, сердечная ресинхронизирующая терапия, электроды, электрокардиография, рентгенография

To describe electrocardiographic features of isolated right ventricular and left ventricular pacing in case of different electrode location verified by X ray, 40 patients with chronic heart failure receiving cardiac resynchronization therapy according to the generally accepted indications were studied.

Key words: chronic heart failure, cardiac resynchronization therapy, electrodes, electrocardiography, radiography.

Несмотря на успехи современных фармакологических препаратов, лечение хронической сердечной недостаточности (ХСН) остается серьезной проблемой в здравоохранении многих стран [1]. Применение сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) внесло значительный вклад в решение данного вопроса. Показано, что СРТ улучшает функциональный статус и качество жизни пациентов, способствует обратному ремоделированию левого желудочка (ЛЖ), а также сни-

жает уровень смертности и госпитализаций вследствие ХСН [2, 3, 4]. Принимая во внимание очевидные преимущества данного вида терапии, остается несколько неразрешенных вопросов, наиболее важным из которых является немалая доля пациентов (около 30%), не отвечающих на СРТ [5]. Отсутствие исходной диссинхронии ЛЖ, обширные рубцовые поля, неоптимальная позиция ЛЖ электрода, а также неадекватно подобранные программируемые параметры связаны с недоста-

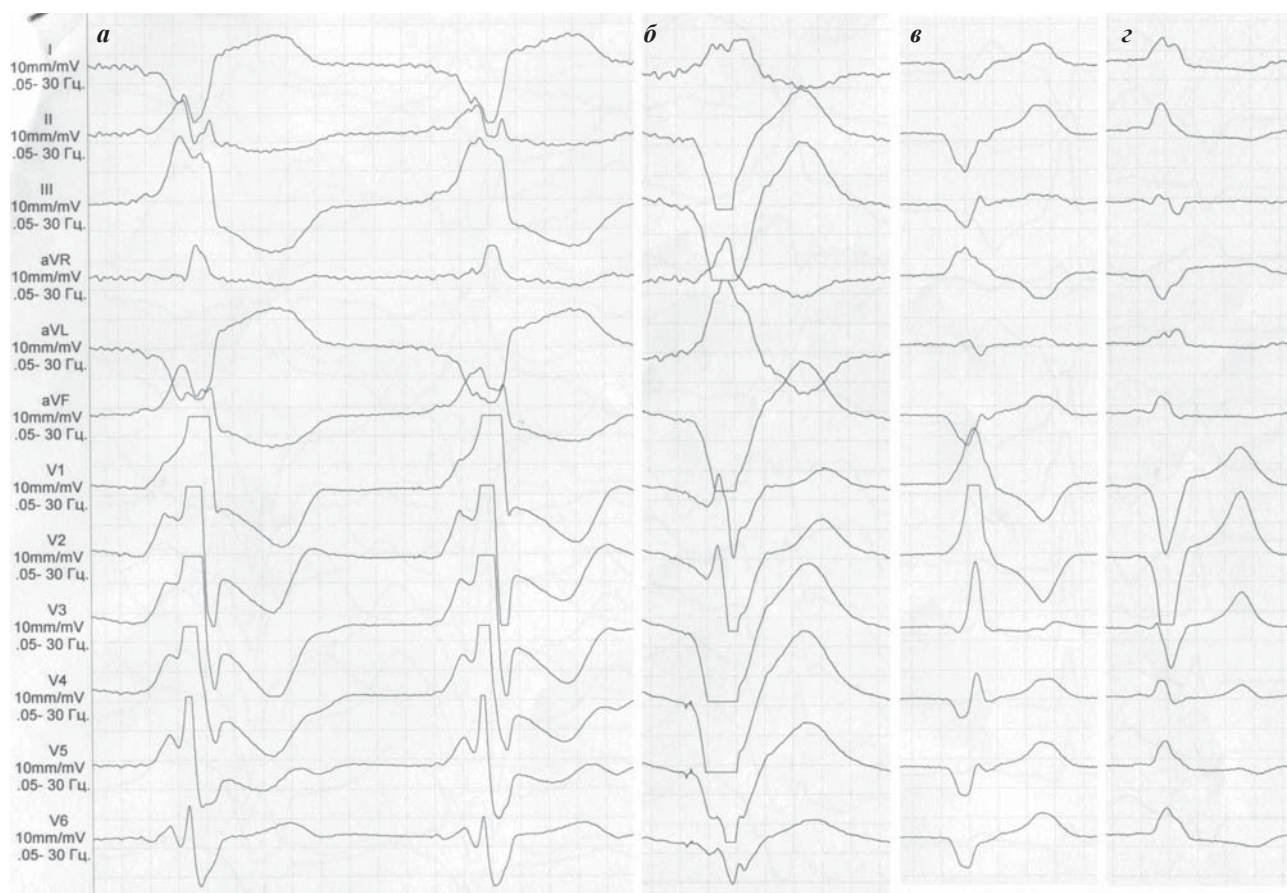


Рис. 1. ЭКГ при изолированной стимуляции базального отдела боковой стенки ЛЖ (а), вершины ПЖ (б), апикального отдела боковой стенки ЛЖ (в) и базального отдела МЖП (з).

точным ответом на СРТ [6, 7]. В частности, позиционирование ЛЖ электрода в целевую вену представляет собой один из самых сложных этапов имплантации системы СРТ. Роль прямого, рентгенологического, метода визуализации позиции электродов неоспорима. Однако данный метод применяется во время процедуры имплантации устройства или при подозрении на дислокацию, перелом электродов: при рутинном динамическом наблюдении он, как правило, не используется. В последнем случае, наоборот, чрезвычайно удобно использовать ЭКГ в качестве косвенного метода оценки взаимного расположения электродов.

В клинической электрокардиографии электрические явления, возникающие на поверхности возбудимой среды, принято описывать с помощью так называемой дипольной концепции распространения возбуждения в миокарде, которая характеризуется не только количественным значением электрического сигнала, но и направлением - пространственной ориентацией от отрицательно заряженного участка возбудимой ткани к положительно заряженному участку [8]. Векторный анализ ЭКГ является объективным, простым в применении способом динамической оценки зон стимуляции как право-, так и ЛЖ электродов. Оценка последнего тем более интересна, учитывая возможное его смещение в пределах вены коронарного синуса в течение длительного периода наблюдения. Поэтому целью настоящей работы являлась описательная оценка электрокардиографической картины изолированной право- и левожелудочковой стимуляции при различных позициях электродов в стандартных рентгенологических проекциях у пациентов с сердечной ресинхронизирующей терапией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ретроспективное исследование, включающее 40 пациентов с синусовым ритмом, которым была имплантирована система СРТ по стандартным показаниям (полная блокада левой ножки пучка Гиса, ширина комплекса QRS >120 мс, ФВ фракция выброса ЛЖ $\leq 35\%$, III и IV функциональный класс (ФК) ХСН на оптимальной медикаментозной терапии). Все пациенты были проинформированы и дали согласие на анализ данных в соответствии с целью настоящего исследо-

вания. Всем пациентам проводился стандартный протокол программирования устройств СРТ с настройкой параметров детекции и стимуляции, а также атриовентрикулярной задержки. Параметры межжелудочковой задержки оставались на номинальных значениях. Дислокаций электродов выявлено не было.

Электрокардиографический метод

Для анализа ЭКГ использовалась система для неинвазивных электрофизиологических исследований Astrocard (Медитек, Россия). Скорость записи 25, 50, 100 мм/с, амплитуда сигнала 10 мм / 1 мВ, точность измерений - 1 мс. Оценка зоны стимуляции желудочковых электродов проводилась по 12 стандартным отведениям с применением векторного анализа ЭКГ. К основным его принципам относят следующие. Если в процессе распространения возбуждения вектор диполя направлен в сторону положительного электрода отведения ЭКГ, то на записи ЭКГ будет отклонение вверх от изолинии (положительный зубец). Если вектор диполя направлен в сторону отрицательного электрода отведения, то на ЭКГ будет зафиксировано отрицательное отклонение, т.е. отрицательный зубец. Если вектор диполя расположен перпендикулярно к оси отведения, то на ЭКГ будет записана изолиния [8, 9]. Это означает, что конфигурация ЭКГ будет зависеть от направления вектора диполя по отношению к электродам отведения, точнее, по отношению к направлению оси ЭКГ отведения. Однако оси отведений ЭКГ могут располагаться в электрическом поле не только параллельно и перпендикулярно направлению диполя, но и под некоторым углом к нему. Чтобы в этих случаях определить величину и конфигурацию ЭКГ комплексов, необходимо использовать правила разложения векторов. В сердце одновременно происходит возбуждение многих участков миокарда, причем направление векторов деполяризации и реполяризации в каждом из этих участков может быть различным и даже противоположным. При этом электрокардиограф регистрирует суммарное, результирующее, направление вектора в каждом отведении.

Также следует отметить, что существенное влияние на амплитуду ЭКГ зубцов оказывает расстояние от исследуемого электрода до источника тока. Величина зубцов ЭКГ обратно пропорциональна квадрату расстояния от электрода до источника тока. Последнее означа-

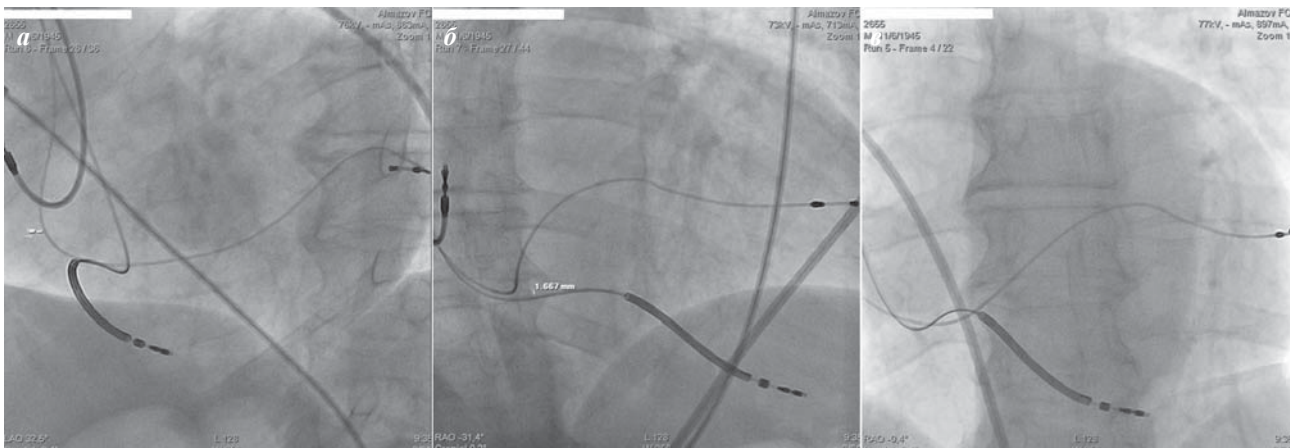


Рис. 2. Оценка расположения электродов в стандартных рентгенологических позициях RAO -30° (а), LAO -30° (б) и AP (в). Объяснение в тексте.

ет, что чем дальше расположен электрод от источника тока, тем меньше амплитуда зубцов ЭКГ. Однако при удалении электродов более чем на 12 см от сердца дальнейшее изменение амплитуды зубцов ничтожно [10].

Рентгенологический метод

Для анализа топического расположения электродов применялись стандартные рентгенологические проекции (прямая, левая косая, правая косая) с записью позиции электродов. Во время имплантации правопредсердный (ПП) электрод позиционировался в ушко ПП, правожелудочковый (ПЖ) электрод - в область межжелудочковой перегородки (МЖП), базальный или срединный ее отделы или верхушку правого желудочка. ЛЖ электрод имплантировался в одну из ветвей коронарного синуса.

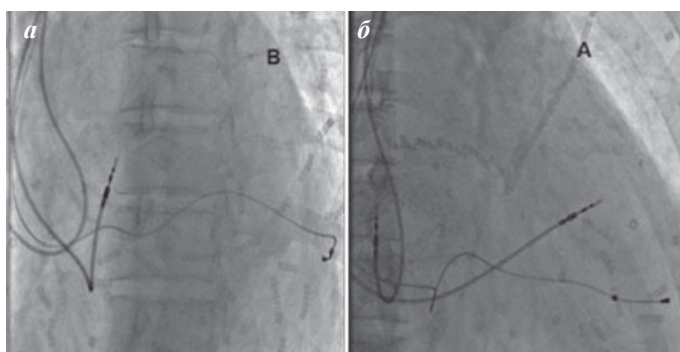


Рис. 3. Оценка расположения электродов в стандартных рентгенологических позициях AP (а) и RAO -30° (б). Объяснение в тексте.

Оценка ЭКГ зоны ЛЖ электрода проводилась во время изолированной стимуляции ЛЖ с применением 12 условных сегментов миокарда: 3 задних, 3 заднебоковых, 3 боковых, 3 переднебоковых с разделением на базальный, срединный и апикальный уровни. Зона ПЖ электрода определялась во время изолированной стимуляции ПЖ с применением 3 условных сегментов - базальный отдел МЖП, срединный отдел МЖП, верхушка ПЖ.

Сопоставление электрокардиографических и рентгенологических данных

Ниже представлены примеры ЭКГ при изолированной стимуляции ЛЖ и ПЖ. На рис. 1а зона стимуляции ЛЖ электрода расположена в базальном отделе боковой стенки ЛЖ, о чем свидетельствуют отрицательные комплексы QRS в I и aVL отведениях (без положительного компонента), положительные комплексы QRS во II, III и aVF отведениях, положительные грудные отведения с V1 по V4 с эквивалентным QRS в V6, где результирующий вектор волны возбуждения перпендикулярен данному отведению. ЭКГ картина изолированной стимуляции верхушки ПЖ представлена на рис. 1б: комплексы QRS в отведениях I, aVL положительные, а в отведениях II, III, aVF - отрицательные: преобладание отрицательного компонента в грудных отведениях свидетельствует о расположении ПЖ электрода впереди относительно фронтальной плоскости. Рентгенологическая картина позиции желудочковых электродов показана на рис. 2.

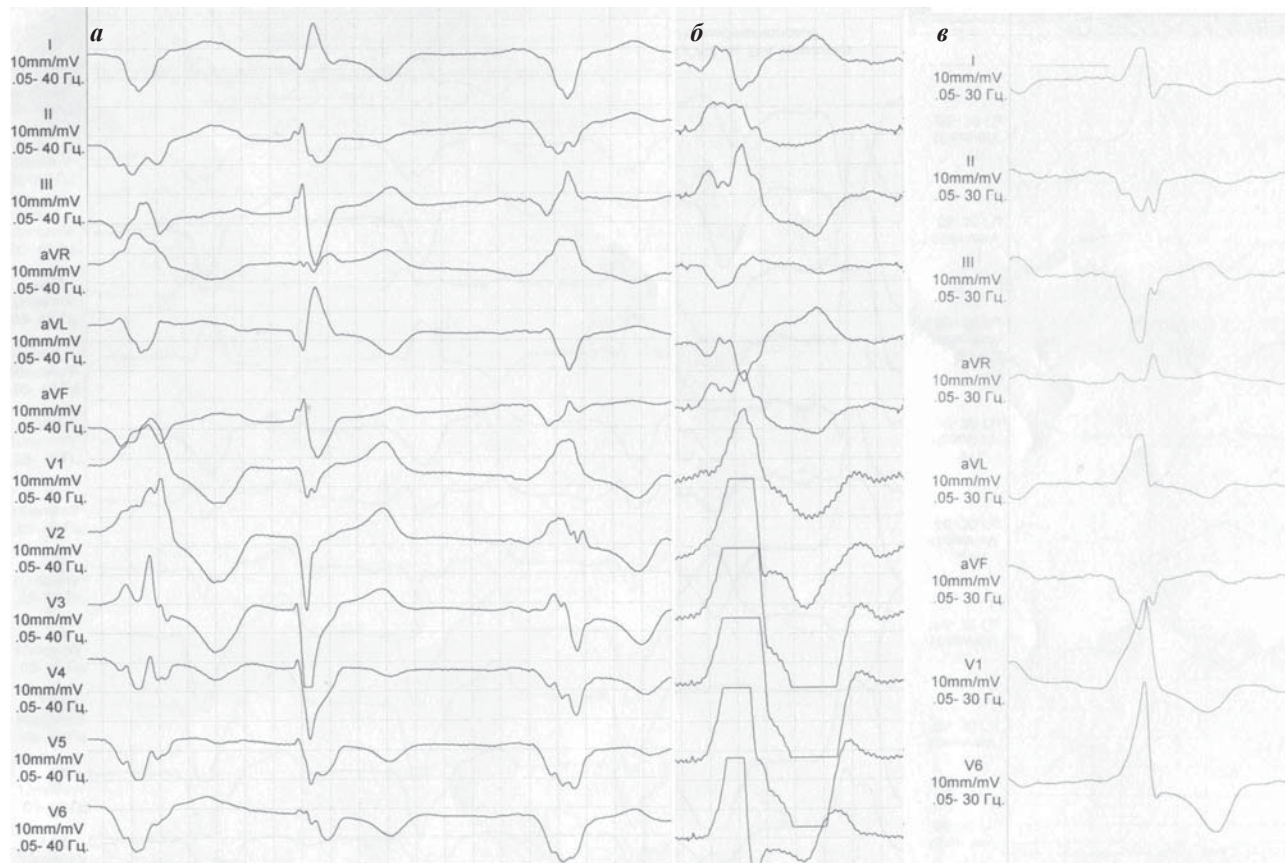


Рис. 4. ЭКГ при изолированной стимуляции срединного отдела боковой стенки ЛЖ (а), второй комплекс QRS - желудочковая экстрасистола, базального отдела заднебоковой стенки ЛЖ (б) и апикального отдела задней стенки ЛЖ (в).

Другой пример изолированной стимуляции ЛЖ представлен на рис. 1в. Обращает на себя внимание преобладание отрицательного компонента комплексов QRS в первом и нижних стандартных отведениях: положительные грудные отведения с V1 по V3 с эквивалентным QRS в V4, что в целом говорит об апикальной позиции электрода в зоне боковой стенки ЛЖ. ПЖ стимуляция представлена на рис. 1г: электрод расположен в базальном отделе МЖП (положительные отведения I, II, aVL, aVF, эквивалентный QRS в III отведении: преобладание отрицательного компонента в правых грудных отведениях). На рис. 3 представлены рентгенологические проекции соответствующих желудочковых электродов.

Рис. 4а отражает ЛЖ стимуляцию в области срединных отделов боковой стенки ЛЖ. Отведения I, aVL отрицательны, правые грудные - положительны, что в сумме говорит о распространении волны возбуждения с боковой стенки ЛЖ слева направо. Комплексы QRS в отведениях III и aVF практически эквивалентны, соответственно, вектор волны возбуждения перпендикулярен направлению осей данных отведений. Рентгенологическое расположение данного ЛЖ электрода представлено на рис. 5.

ЭКГ картина стимуляции ЛЖ из заднебоковых его отделов представлена на рис. 4б. Обращает внимание исходно положительное отклонение комплекса QRS в I, aVL отведениях с последующим отрицательным компонентом, означающее, что сначала вектор волны

возбуждения направлен в сторону положительного полюса I отведения (справа налево), как при заднем расположении ЛЖ электрода, однако потом происходит изменение направления вектора в противоположную сторону (отрицательная часть комплекса QRS), как при боковой позиции. Комплекс QRS в I отведении практически эквивалентный, в отведении aVL доминирует отрицательный компонент, все грудные отведения положительные: соответственно, результирующий вектор направлен сзади наперед и слева направо. Рентгенологическая позиция соответствующего электрода представлена на рис. 6.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследуемой группе пациентов были выявлены следующие варианты позиции желудочковых электродов: основной зоной расположения ЛЖ электрода являлась боковая стенка ЛЖ (47,5%), преимущественно ее базальный отдел (30%): у трети пациентов ЛЖ электрод был позиционирован в области заднебоковой (35%), а также задней стенки ЛЖ (17,5%). Правожелудочковый электрод преимущественно располагался в области верхушки ПЖ (62,5%) либо базальных отделов МЖП - 30%.

При ЭКГ анализе желудочковой стимуляции трудности интерпретации могут возникать с апикальными сегментами, учитывая их близкое анатомическое расположение и небольшую площадь. Различия в ЭКГ картине стимуляции апикальной зоны заднебоковой и

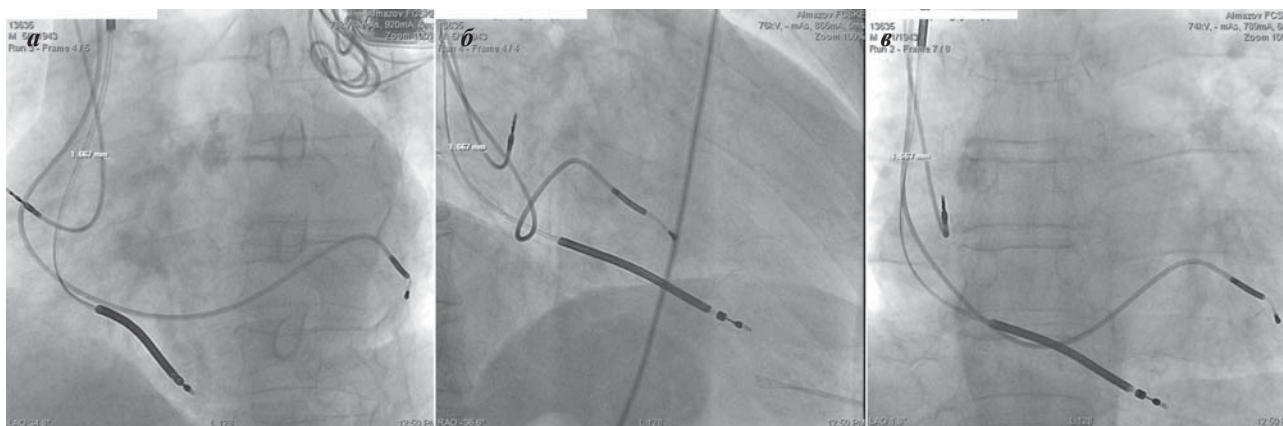


Рис. 5. Оценка расположения электродов в стандартных рентгенологических позициях RAO -30° (а), LAO -30° (б) и AP (в). Объяснение в тексте.

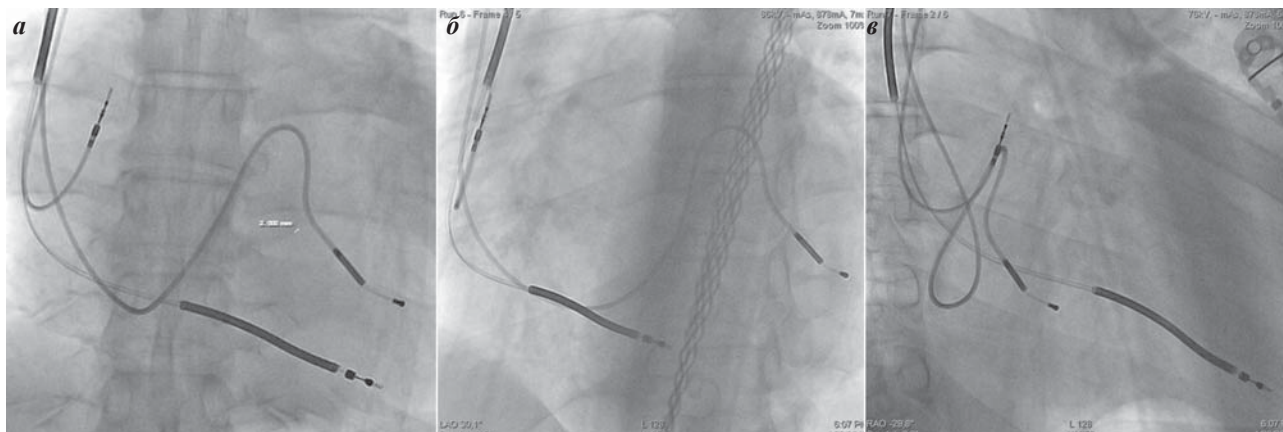


Рис. 6. Оценка расположения электродов в стандартных рентгенологических позициях AP (а), LAO -30° (б) и RAO -30° (в). Объяснение в тексте.

задней стенок ЛЖ заключаются в направлении отведений I, aVL - чем они более положительны, тем более кзади расположена зона стимуляции: правые грудные отведения при этом остаются положительными (рис. 4в). Нередко подобная ЭКГ картина напоминает правожелудочковую стимуляцию, учитывая положительные комплексы QRS I, aVL: однако в данном случае правые грудные отведения будут преимущественно отрицательными (см. рис. 1б). В исследуемой группе было выявлено 17 случаев (42,5%) апикального расположения ЛЖ электрода, из них 3 случая на боковой стенке, 8 - на заднебоковой и 6 - на задней стенке ЛЖ, что было подтверждено стандартными рентгенологическими проекциями. Таким образом, результаты векторного анализа условного расположения желудочковых электродов сопоставимо отражают их рентген-анатомические позиции.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Векторный анализ ЭКГ является неинвазивным, простым и воспроизводимым диагностическим методом. С учетом корректной интерпретации ЭКГ можно определить зону стимуляции желудочкового электрода, а также ее изменение с течением времени, например, при смещении ЛЖ электрода в пределах вены коронарного синуса или же изменении взаимного расположения электродов при процессах ремоделирования миокарда. Однако следует отметить, что векторный анализ стимулированных комплексов QRS не учитывает поворотов сердца вокруг переднезадней,

продольной и поперечной осей. Наличие поворота сердца определяется по картине ЭКГ собственного спонтанного ритма, но если его нет, к примеру, при полной атриовентрикулярной блокаде, определить положение электрической оси сердца невозможно [9]: наличие блокад ножек пучка Гиса также затрудняет диагностический поиск. Кроме того, при тяжелой степени ХСН полости сердца нередко изменены, увеличены в размерах, что в свою очередь предрасполагает к изменению всей пространственной позиции сердца в грудной клетке [10]. Часть стенок как левого, так и правого желудочков могут быть расположены в одной плоскости на одном и том же уровне. Тогда ЭКГ различия между данными сегментами миокарда будут минимальны [11]. С другой стороны, при увеличенном сердце рентгенологическое представление о границах сегментов правого и левого желудочков весьма условно, в особенности, срединных и срединно-апикальных зон. ЭКГ в данном случае выступает как более объективный метод диагностики.

Таким образом, ЭКГ представляется удобным инструментом для динамического наблюдения за пациентами с СРТ без привлечения дополнительных временных затрат. ЭКГ-картина изолированной право- и левожелудочковой стимуляции объективно отражает рентгенологическую позицию соответствующих электродов. Применение векторного анализа ЭКГ может быть использовано в качестве безопасной косвенной методики определения локализации желудочковых электродов в процессе динамического наблюдения за пациентами с СРТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jessup M, Brozena S. Heart Failure // N Engl J Med 2003; 348: 2007-2018.
2. 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 of Cardiol 2002; 40: 111-118.
3. Chung ES, Leon AR, Tavazzi L, et al. Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) trial // Circulation. 2008; 117(20): 2608-2616.
4. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, et al. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events // N Engl J Med 2009; 361: 1329-1338.
5. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, et al. Cardiac resynchronization in chronic heart failure // N Engl J Med. 2002; 346(24): 1845-1853.
6. 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(12): 1628-1639.
7. Bleeker GB, Schalij MJ, Van Der Wall EE, Bax JJ. Posterolateral scar tissue resulting in non-response to cardiac resynchronization therapy // J Cardiovasc Electrophysiol. 2006; 17(8): 899-901.
8. Мурашко В.В. Струтынский А.В. Электрокардиография. Москва.: МЕДпресс-информ, 2005. - 320 с.
9. Wellens H.J.J., Conover M. The ECG in Emergency Decision Making. 2nd Edition. Saunders. Elsevier. 2006. - 284 p.
10. Barold S.S., Stroobandt R.X., Sinnaeve A.F. Cardiac Pacemakers and Resynchronization Step by Step: An Illustrated Guide. 2nd Edition. Wiley-Blackwell. Oxford. 2010. - 452 p.
11. Ghaffari A, Atarod M, Ghasemi M. Characterization of the location and extent of myocardial infarction using heart vector analysis // Cardiovasc Eng. 2009 Mar; 9(1): 6-10.

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКГ У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИЕЙ

В.К.Лебедева, Т.А.Любимцева, Д.С.Лебедев

С целью описательной оценки электрокардиографической (ЭКГ) картины изолированной право- и левожелудочковой (ПЖ и ЛЖ) стимуляции при различных позициях электродов в стандартных рентгенологических проекциях обследованы 40 пациентов с сердечной ресинхронизирующей терапией (СРТ). Оценка ЭКГ зоны ЛЖ электрода проводилась во время изолированной стимуляции ЛЖ с применением 12 условных сегментов миокарда: 3 задних, 3 заднебоковых, 3 боковых, 3 переднебоковых с разделением на базальный, срединный и апикальный уровни. Зона ПЖ электрода определялась во время изолированной стимуляции ПЖ с применением 3 условных сегментов - базальный отдел МЖП, срединный отдел МЖП, верхушка ПЖ. В исследуемой группе пациентов были выявлены следующие варианты позиции желудочковых электродов: основной зоной расположения ЛЖ электрода являлась

боковая стенка ЛЖ (47,5%), преимущественно ее базальный отдел (30%): у трети пациентов ЛЖ электрод был позиционирован в области заднебоковой (35%), а также задней стенок ЛЖ (17,5%). Правожелудочковый электрод преимущественно располагался в области верхушки ПЖ (62,5%) либо базальных отделов МЖП - 30%. Различия в ЭКГ картине стимуляции апикальной зоны заднебоковой и задней стенок ЛЖ заключались в направлении отведений I, aVL - чем они более положительны, тем более кзади расположена зона стимуляции: правые грудные отведения при этом оставались положительными. В исследуемой группе было выявлено 17 случаев (42,5%) апикального расположения ЛЖ электрода, из них 3 случая на боковой стенке, 8 - на заднебоковой и 6 - на задней стенке ЛЖ, что было подтверждено стандартными рентгенологическими проекциями. Таким образом, ЭКГ представляется удобным инструментом для динамического наблюдения за пациентами с СРТ без привлечения дополнительных временных затрат. ЭКГ-картина изолированной право- и левожелудочковой стимуляции объективно отражает рентгенологическую позицию соответствующих электродов. Применение векторного анализа ЭКГ может быть использовано в качестве безопасной косвенной методики определения локализации желудочковых электродов в процессе динамического наблюдения за пациентами с СРТ.

VECTOR ECG ANALYSIS IN PATIENTS RECEIVING CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY

V.K. Lebedeva, T.A. Lyubimtseva, D.S. Lebedev

To describe electrocardiographic (ECG) features of isolated right ventricular (RV) and left ventricular (LV) pacing in case of different electrode location in standard radiographic projections, 40 patients receiving cardiac resynchronization therapy were assessed. ECG in the area of LV electrode was assessed during the isolated LV pacing using 12 conventional segments of myocardium, as follows: 3 posterior, 3 postero-lateral, 3 lateral, and 3 antero-lateral segments on the basal, medial, and apical levels. The RV electrode location was assessed during the isolated RV pacing using 3 following conventional segments: basal part of interventricular septum (IVS), medial part of IVS, and RV apex. The following positions of ventricular electrode were revealed in the study group: LV lateral wall (in most patients; 47.5%), including its basal part (30%); the electrode was positioned in the postero-lateral wall (35%) as well as in the posterior wall of LV (17.5%). The RV electrode was placed in in the RV apex (62.5%) or in the IVS basal part (30%).

The difference in the ECG pattern of pacing of apical area of postero-lateral and posterior walls of LV consisted in the axis in leads I and aVL; more positive it was more posterior location of the pacing area took place; right chest ECG leads remained positive. In the study group, the LV electrode apical location was found in 17 cases (42.5%) and was confirmed by standard radiological projections, including lateral wall in 3 cases, postero-lateral wall in 8 cases, and posterior LV wall in 6 cases. Thus, ECG appears to be a useful tool for follow-up of patients with CRT without additional time expenditure. The ECG pattern of isolated RV and LV pacing correctly reflects the radiological position of the corresponding electrodes. The vector ECG analysis can be used as a safe indirect method of evaluation of the LV electrode location during follow-up of patients with CRT.