

ИМПЛАНТАЦИЯ ПОСТОЯННЫХ КАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ КОНТРОЛЕМ

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии»,

¹ГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный медицинский университет», Хабаровск

С целью разработки эхокардиографических методов контроля имплантации эндокардиальных электродов и их сравнения с традиционным рентгеноскопическим контролем обследовано и прооперировано 60 пациентов (средний возраст - $61,4 \pm 21,4$ года) с клинически значимыми брадикардиями.

Ключевые слова: постоянная электрокардиостимуляция, эндокардиальные электроды, трехстворчатый клапан, регургитация, эхокардиография, рентгеноскопия.

To develop the ultrasound-guided technique of endocardial electrode implantation and to compare it with traditional fluoroscopy-guided technique, 60 patients aged 61.4 ± 21.4 years with clinically significant bradycardia were assessed and treated.

Key words: permanent pacing, endocardial electrodes, tricuspid valve, regurgitation, echocardiography, fluoroscopy.

В настоящее время имплантация постоянных электрокардиостимуляторов (ЭКС) является рутинной процедурой при клинически значимой брадикардии, вызванной синдромом слабости синусового узла (СССУ) или нарушениями атриовентрикулярного (АВ) проведения. Обычно операция выполняется под рентгеноскопическим контролем, при этом пациент и медицинский персонал подвергаются воздействию ионизирующего рентгеновского облучения. Если доза облучения, полученного пациентом при неосложненном течении операции, не является клинически значимой, то для операционной бригады при выполнении 3-4 имплантаций ЭКС ежедневно суммарная полученная доза рентгеновского облучения может быть значительной, несмотря на использование современных способов защиты.

Известно, что при прохождении желудочкового эндокардиального электрода (ЖЭ) через трехстворчатый клапан (ТК) возможны такие осложнения, как перфорация или разрыв створки, запутывание электрода в хордальном аппарате, отрыв хорд ТК [2, 13, 16]. Интраоперационно такие осложнения проявляются рентгеноскопически как ограничение подвижности и фиксация части желудочкового электрода в проекции ТК, но судить об этом можно только косвенно, для этого необходим значительный опыт. ЖЭ оказываются фиксированными в аппарате ТК вследствие развития фиброзной ткани в 10-20% случаев, пенетрация хордального аппарата клапана отмечается в 30-35% случаев [8, 11]. Распространение значимой недостаточности ТК (2-3 степени) у пациентов с имплантированными эндокардиальными электродами составляет 25-29% в сравнении с 12-13% в общей популяции [4, 13].

В современной литературе указания на значимую трикуспидальную недостаточность (ТН), связанную с стимуляционными и дефибриллирующими электродами, базируются на описаниях отдельных случаев и исследований [5, 6, 7, 16]. Апикальная правожелудочковая стимуляция вызывает парадоксальное движение межжелудочковой перегородки, развитие внутри- и

межжелудочковой диссинхронии и может оказаться дополнительным фактором, приводящим к усугублению ТН [1, 9, 10]. В США умеренной и выраженной степени ТН страдают 1,6 миллиона человек [16, 20]. Данных по России о распространении ТН в настоящее время нет. Известно, что выраженная ТН вносит значительный вклад в течение хронической сердечной недостаточности (ХСН).

Трикуспидальная регургитация (ТР) является причиной объемной перегрузки правого желудочка (ПЖ) [6, 15, 18]. При патологической ТР происходит компенсаторная дилатация правого предсердия (ПП) и ПЖ, увеличивается давление в правых отделах сердца и в легочной артерии. Со временем стенка ПЖ гипертрофируется, расширяются ствол и ветви легочной артерии, происходит дилатация нижней полой, печеночных вен и коронарного синуса, ухудшается систолическая функция ПЖ. Дилатация правых отделов сердца еще больше усугубляет ТН, развивается правожелудочковая сердечная недостаточность [18, 21]. Корректное расположение электрода в проекции ТК при его имплантации определяет степень регургитации на ТК и может являться одним

Таблица 1.

Клиническая характеристика пациентов

Показатель	Группа I (n=30)	Группа II (n=30)
Возраст, лет	$61,8 \pm 21,4$	$61,0 \pm 18,8$
Мужчины/женщины	18/12	17/13
Нарушения АВ проведения	8	9
СССУ	12	13
Постоянная форма ФП	10	8
Двухкамерные ЭКС	20	22
Однокамерные ЭКС	10	8

где, АВ - атриовентрикулярное, СССУ - синдром слабости синусового узла, ФП - фибрилляция предсердий, ЭКС - электрокардиостимулятор

из способов предупреждения гемодинамически значимой ТН у пациентов, подвергшихся имплантации ЭКС [17, 21]. Современные эхокардиографические (ЭхоКГ) методики позволяют с высокой точностью определять наличие и степень ТН, в том числе интраоперационно [3, 12, 14, 19]. Поэтому целью нашего исследования явилась разработка эхокардиографических методов контроля имплантации эндокардиальных электродов и их сравнение с традиционным рентгеноскопическим контролем.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами прооперировано 60 пациентов с клинически значимыми брадикардиями. Средний возраст пациентов составил $61,4 \pm 21,4$ года, больные были разделены на 2 группы: 30 пациентам (группа I) выполнена операция под ультразвуковым контролем, 30 пациентам (группа II) эндокардиальные электроды

были имплантированы по стандартной методике под рентгеноскопическим контролем. Клиническая характеристика обследованных пациентов представлена в табл. 1. Перед операцией пациентам выполняли трансторакальную ЭхоКГ с оценкой основных гемодинамических параметров, прицельно осматривался трехстворчатый клапан, оценивалась наличие и выраженность его недостаточности.

Импантировались электроды с пассивной и активной фиксацией, стандартным хирургическим доступом, при необходимости локализация электродов в венозном русле контролировалась при помощи ультразвука. Под ультразвуковым контролем ЖЭ на изогнутом стилете проводился через ТК в полость ПЖ. При проведении ЖЭ чаще использовались апикальный (четырёхкамерная позиция) и субкостальный ультразвуковые доступы. ЖЭ устанавливался в область верхушки или базальной части межжелудочковой перегородки (МЖП), проводились пробы для определения стабильности положения электрода. Для визуализации положения ЖЭ в верхушке ПЖ чаще всего использовались модифицированные апикальные позиции (рис. 1). Окончательное положение электродов контролировалось из нескольких ЭхоКГ доступов.

В сложных случаях при неудовлетворительной визуализации использовалась чреспищеводная ЭхоКГ. Большую роль в визуализации имеет 3D-ЭхоКГ, позволяющая детально визуализировать створки ТК, а также взаиморасположение эндокардиальных электродов и структур сердца (рис. 2). Оценка степени ТН выполнялась из трансторакального апикального доступа в четырёхкамерной позиции. Уточнялось положение ЖЭ по отношению к элементам ТК. При появлении значимой ТР электрод извлекался из желудочка и переустанавливался (рис. 3).

Предсердный электрод (ПЭ) позиционировался в области ушка ПП. При проведении ПЭ наиболее информативным оказался апикальный доступ (двухкамерная и четырёхкамерная позиции) при трансторакальной ЭхоКГ. При правильной локализации ПЭ определялся как структура, расположенная в ПП поперечно, дистальная часть направлена в ушко ПП (рис. 4). В сомнительных случаях мы применяли чреспищеводную ЭхоКГ.

Определённые сложности представляет оценка достаточности длины электродов. Для оценки необходимой длины электродов мы применяли чреспищеводную ЭхоКГ и 3D-реконструкции, данные режимы позволяют визуализировать положение и конфигурацию предсердных изгибов обоих электродов (рис. 5). Оценка необходимой длины электродов выполнялась, основываясь на изменении положения электродов при выдохе и максимальном вдохе пациентов (рис. 6). Пороги стимуляции определяли стандартными способами, в конце каждой операции в обеих группах выполнялась контрольная рентгенография.

Полученные данные обрабатывались методами статистического анализа с использованием параметрических способов обработки. Различия количественных признаков оценивались с использованием t-критерия Стьюдента. Значение различий параметров $p < 0,05$ считалось статистически достоверным. Статистический



Рис. 1. Желудочковый электрод имплантирован в среднюю часть межжелудочковой перегородки (4-х камерная позиция).

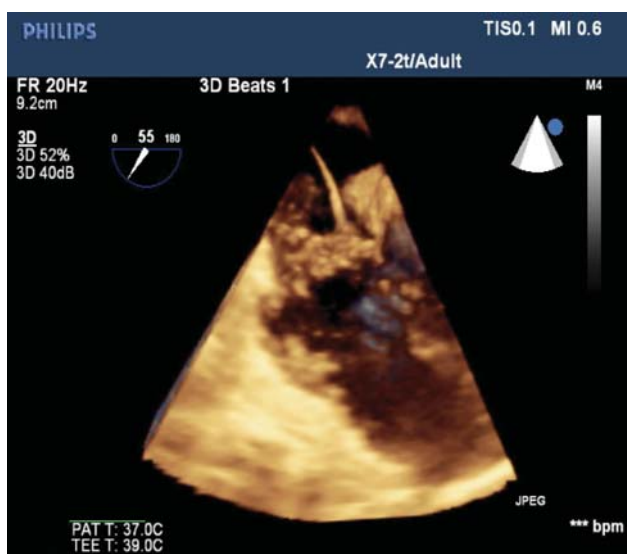


Рис. 2. Корректное положение желудочкового электрода по отношению к структурам трикуспидального клапана. Видны створки трикуспидального клапана (3DЧПЭхоКГ реконструкция).

анализ проводился с использованием программного обеспечения Statistica 10,0 (Statsoft).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На этапе освоения методики средняя длительность операции и время, потребовавшееся для имплантации электродов, в основной группе существенно уменьшалось от первого к тридцатому пациенту. Средняя длительность операции в основной группе составила $65,22 \pm 2,89$ мин, в контрольной - $46,93 \pm 2,78$ мин. Средняя длительность рентгеноскопии в основной группе составила $76,26 \pm 4,14$ с., в контрольной - $204,35 \pm 6,06$ с. В последних 5 операциях длительность операции в основной и контрольной группах сравнялась, длительность рентгеноскопии в основной группе снизилась до 5 с. (контрольная рентгеноскопия).

Современные ЭхоКГ методики позволяют с достаточно высокой точностью определять наличие и степень ТН, в том числе интраоперационно. При выполнении данной методики необходим полипозиционный ультразвуковой подход в зависимости от этапа позиционирования электродов. При проведении ЖЭ чаще использовались апикальный (позиция 4 камер) и



Рис. 3. Поток трикуспидальной регургитации после коррекции положения электрода (субкостальный доступ).

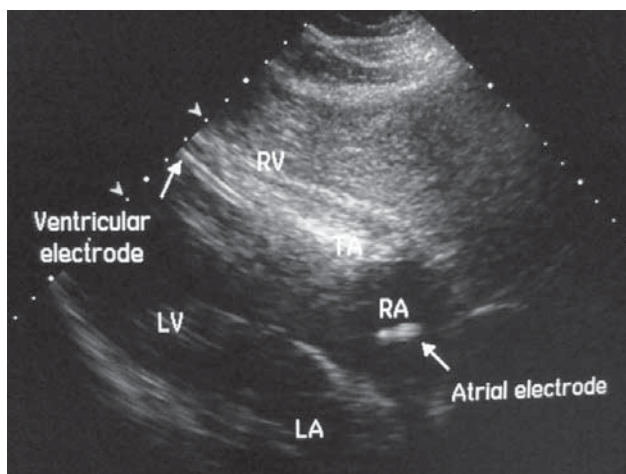


Рис. 4. Эхографическая картина положения предсердного и желудочкового электродов (субкостальная позиция).

субкостальный доступы. Визуализация положения ЖЭ в проекции верхушки ПЖ - модифицированные апикальные (левопредсердная, левожелудочковая, правожелудочковая) позиции. При проведении ПЭ наиболее информативным оказался апикальный доступ (позиция 4 и 2 камер). В сложных случаях предпочтительнее использовать чреспищеводную ЭхоКГ, которая позволяет значительно улучшить визуализацию внутрисердечных структуры правых отделов, но связана с ощутимым дискомфортом для пациента. Большую роль в визуализации имеет трехмерная ЭхоКГ, позволяющая детально визуализировать строение ТК и соотношение эндокардиальных электродов и структур сердца. В 6 случаях интраоперационно выявлено появление струи регургитации на ТК вдоль желудочкового электрода площадью до 9 см^2 , что потребовало коррекции положения электрода. После имплантации ТР в основной группе значимо не увеличилась. Различия по площади регургитации до и после операции между группа-



Рис. 5. Желудочковый электрод натянут (3D ЭхоКГ реконструкция).

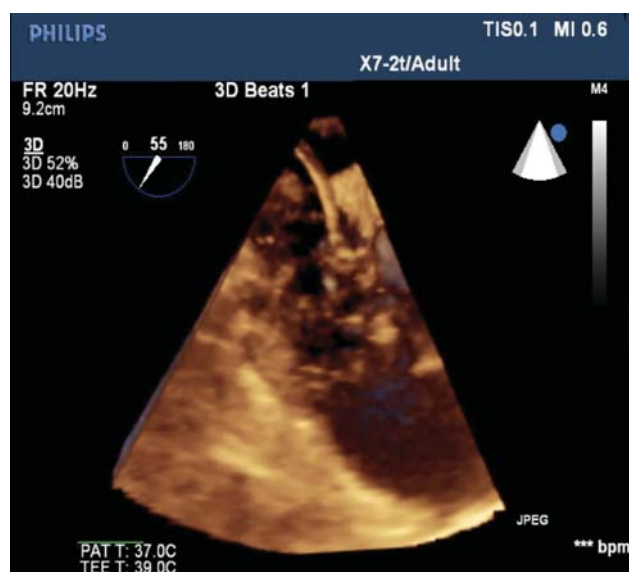


Рис. 6. Сформирована умеренная предсердная петля желудочкового электрода (3D ЧП ЭхоКГ реконструкция).

ми статистически незначимы. В нашем исследовании мы не получили статистически значимых различий в объеме ТР, что может быть обусловлено небольшой выборкой пациентов.

В связи со сложностью визуализации структур правых отделов сердца для применения данного метода необходимо использование ультразвуковых аппаратов высокого класса. Интраоперационно и в ближайшем послеоперационном периоде в обеих группах осложнений не зарегистрировано.

Метод проведения желудочкового электрода под ультразвуковым контролем также успешно применялся нами для установки временного электрода в ПЖ для проведения экстренной кардиостимуляции у послеоперационных больных кардиохирургического профиля в условиях реанимационного отделения, когда транспортировка пациента в рентгеноперационную невозможна или нежелательна.

Таким образом, методика интраоперационного полипозиционного ультразвукового контроля имп-

лантации постоянных ЭКС позволяет значительно снизить время рентгеноскопии, оптимизировать интракардиальное положение электродов, определить наиболее оптимальную позицию для имплантации желудочкового электрода в межжелудочковую перегородку. ЭхоКГ позволяет определить корректность положения желудочкового и предсердного электродов, отношение желудочкового электрода к структурам ТК и влиянию на его функцию, оценить необходимую длину электродов. Применение режима 3DЭхоКГ улучшает пространственное восприятие взаиморасположения электродов и структур сердца. В случае неудовлетворительной визуализации следует применить чреспищеводную эхокардиографию, при невозможности достижения адекватной визуализации - рентгеноскопический контроль. По мере приобретения необходимых навыков временные затраты на выполнение имплантации электродов под контролем ультразвука не превышают время операции под рентгеноскопическим контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agarwal S., Tuzcu E., Rodriguez E., et al. Interventional cardiology perspective of functional tricuspid regurgitation // *Cardiovascular Intervention*. - 2009. - Vol.2 - P.565-573.
2. Celiker C., Kucukoglu M.S., Arat-Ozkan A., et al. Right ventricular and tricuspid valve function in patients with two ventricular pacemaker leads // *Japan Heart Journal*. - 2004. - Vol.45 - P.103-108.
3. Champagne J., Poirier P., Dumesnil J.G., et al. Permanent pacemaker lead entrapment: role of the transoesophageal echocardiography // *Pacing Clinical Electrophysiology*. - 2002. - Vol.25 - P.1131-1134.
4. De Cock C.C., Vinkers M., Van Campe L.C., et al. Long-term outcome of patients with multiple noninfected transvenous leads: a clinical and echocardiographic study // *Pacing Clin. Electrophysiology*. - 2000. - Vol.23 - P.423-426.
5. Gibson T.C., Davidson R.C., De Silvey D.L. Presumptive tricuspid valve malfunction induced by a pacemaker lead: a case report and review of the literature // *Pacing Clin. Electrophysiology*. - 1980. - Vol.3 - P.88-95.
6. Huang T.Y., Baba N. Cardiac pathology of transvenous pacemakers // *American Heart Journal*. - 1972. - Vol.83 - P.469-474.
7. Iskandar S.B., Ann Jackson S., Fahrig S., et al. Tricuspid valve malfunction and ventricular pacemaker lead: case report and review of the literature // *Echocardiography*. - 2006. - Vol.23 - P.692-697.
8. Klutstein M., Balkin J., Butnaru A., et al. Tricuspid incompetence following permanent pacemaker implantation // *Pacing Clin. Electrophysiology*. - 2009. - Vol.32 - P.135-137.
9. Krupa W., Kozlowski D., Derejko P., et al. Permanent cardiac pacing and its influence on tricuspid valve function // *Folia Morphologica (Warszawa)*. - 2001. - Vol.60 - P.249-257.
10. Lin G., Nishimura R.A., Connolly H.M., et al. Severe symptomatic tricuspid valve regurgitation due to permanent pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator leads // *Journal of American College Cardiology*. - 2005. - Vol.45 - P.1672-1675.
11. Mordehay V., Jairo K., Yaron S., et al. Right ventricular pacing increases tricuspid regurgitation grade regardless of the mechanical interference to the valve by the electrode // *European Journal of Echocardiography*. - 2009. - Vol.11 - P.550-553.
12. Morgan D.E., Norman R., West R.O., et al. Echocardiographic assessment of tricuspid regurgitation during ventricular demand pacing // *American Journal of Cardiology*. - 1986. - Vol.58 - P.1025-1029.
13. Novak M., Dvorak P., Kamaryt P., et al. Autopsy and clinical context in deceased patients with implanted pacemakers and defibrillators: intracardiac findings near their leads and electrodes // *Europace*. - 2009. - Vol.11 - P.1510-1516.
14. Nucifora G., Badano L.P., Allocca G., et al. Severe tricuspid regurgitation due to entrapment of the anterior leaflet of the valve by a permanent pacemaker lead: role of real time three-dimensional echocardiography // *Echocardiography*. - 2007. - Vol.24 - P.649-652.
15. Postaci N., Eksi K., Bayata S., et al. Effect of the number of ventricular leads on right ventricular hemodynamics in patients with permanent pacemaker // *Angiology*. - 1995. - Vol.46 - P.421-424.
16. Rasha Al-Bawardy M.D. et al. Tricuspid regurgitation in patients with pacemakers and implantable cardiac defibrillators: A comprehensive review // *Clinical Cardiology*. - 2013. - Vol.36 - P.249-254.
17. Rogers J., Bolling S. Current perspective and evolving management of tricuspid regurgitation // *Circulation*. - 2009. - Vol.119 - P.2718-2725.
18. Sakai M., Okhawa S., Ueda K., et al. Tricuspid regurgitation induced by transvenous right ventricular pacing: Echocardiographic and pathological observations // *Journal of Cardiology*. - 1987. - Vol.17 - P. 311-320.
19. Seo Y., Ishizu T., Nakajima H., et al. Clinical utility of 3-dimensional echocardiography in the evaluation of tricuspid regurgitation caused by pacemaker leads // *Circulation*. - 2008. - Vol.72 - P.1465-1470.
20. Sweeney M.O., Hellkamp A.S. Heart Failure during cardiac pacing // *Circulation*. - 2006. - Vol.23 - P.2082-2088.
21. Weber K.T., Janicki J.S., Campbell C.H., et al. Pathophysiology of acute and chronic cardiac failure // *American Journal of Cardiology*. - 1987. - Vol.5 - P.3-9.

ИМПЛАНТАЦИЯ ПОСТОЯННЫХ КАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ ПОД УЛЬТРАЗВУКОВЫМ КОНТРОЛЕМ

А.Н.Богачевский, С.А.Богачевская, В.Ю.Бондарь

С целью разработки эхокардиографических (ЭхоКГ) методов контроля имплантации эндокардиальных электродов (ЭЭ) и их сравнение с традиционным рентгеноскопическим контролем обследовано и прооперировано 60 пациентов с клинически значимыми брадикардиями. Средний возраст пациентов составил $61,4 \pm 21,4$ года, больные были разделены на 2 группы: 30 пациентам (группа I) выполнена операция под ультразвуковым контролем, 30 пациентам (группа II) ЭЭ были имплантированы по стандартной методике под рентгеноскопическим контролем. Имплантировались электроды с пассивной и активной фиксацией, стандартным хирургическим доступом, при необходимости локализация электродов в венозном русле контролировалась при помощи ультразвука. При проведении желудочковых электродов (ЖЭ) чаще использовались апикальный (четырёхкамерная позиция) и субкостальный ультразвуковые доступы. ЖЭ устанавливался в область верхушки или базальной части межжелудочковой перегородки (МЖП), проводились пробы для определения стабильности положения электрода. Для визуализации положения ЖЭ в верхушке ПЖ чаще всего использовались модифицированные апикальные позиции. Окончательное положение электродов контролировалось из нескольких ЭхоКГ доступов. В сложных случаях при неудовлетворительной визуализации использовалась чреспищеводная (ЧП) ЭхоКГ. Предсердный электрод (ПЭ) позиционировался в области ушка ПП. При проведении ПЭ наиболее информативным оказался апикальный доступ (двухкамерная и четырёхкамерная позиции) при трансторакальной ЭхоКГ. Средняя длительность рентгеноскопии в основной группе составила $76,26 \pm 4,14$ с., в контрольной - $204,35 \pm 6,06$ с. В последних 5 операциях длительность операции в основной и контрольной группах сравнялась, длительность рентгеноскопии в основной группе снизилась до 5 с. (контрольная рентгеноскопия). В 6 случаях интраоперационно выявлено появление струи регургитации на трикуспидальном клапане вдоль ЖЭ площадью до 9 см^2 , что потребовало коррекции его положения. Таким образом, методика ЭхоКГ контроль имплантации ЭЭ позволяет значительно снизить время рентгеноскопии, оптимизировать интракардиальное положение электродов, определить наиболее оптимальную позицию для имплантации ЖЭ в МЖП.

ULTRASOUND-GUIDED PERMANENT PACEMAKER IMPLANTATION

A.N. Bogachevsky, S.A. Bogachevskaya, V.Yu. Bondar

To develop the ultrasound-guided technique of endocardial electrode implantation and to compare it with traditional fluoroscopy-guided technique, 60 patients aged 61.4 ± 21.4 years with clinically significant bradycardia were assessed and treated. The patients were distributed into two following groups: the ultrasound-guided procedure was performed in 30 patients of Group I; the commonly accepted fluoroscopy-guided procedure of endocardial electrode implantation was carried out in 30 patients of Group II. Electrodes with passive and active fixation were implanted through a standard surgical access; the electrode location in veins was controlled by ultrasound, if needed. When introducing ventricular electrodes, apical (four chamber view) or subcostal ultrasound access were the most commonly used ones. The ventricular electrode was placed in the apex or basal parts of interventricular septum (IVS); tests were made to confirm stability of the electrode location. For visualization of the ventricular electrode location in the right ventricular apex, modified apical views were most commonly used. The final electrode position was controlled by several echocardiographic views. Transesophageal echocardiography was used in complicated cases of unacceptable visualization.

The atrial electrode was located in the right atrium appendage. When introducing the atrial electrode, the apical views (both two-chamber and four-chamber ones) during transthoracic echocardiography were the most commonly used. The fluoroscopy time in the study group was 76.26 ± 4.14 s and in the control group, 204.35 ± 6.06 s. For the last 5 procedures, its duration in both the study and control group became equal; the fluoroscopy time in the study group shrank to 5 s (control fluoroscopy). In 6 cases, tricuspid regurgitation (up to 9 cm^2) along the ventricular electrode was revealed during the procedure, which caused the electrode relocation. Thus, the ultrasound-guided implantation of endocardial electrodes can significantly reduce the fluoroscopy time, optimize the intracardiac electrode location, and to find the most optimal location for implantation of a ventricular electrode into IVS.