

ПЕРВЫЙ В РОССИИ ОПЫТ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ АБЛАЦИИ ПОСТИНФАРКТНЫХ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ RE-ENTRY ТАХИКАРДИЙ  
 ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»  
 Сибирского отделения РАМН (НИИ КПССЗ СО РАМН), Кемерово, Россия

С целью оценки результатов картирования и радиочастотной абляции постинфарктных желудочковых re-entry тахикардий с использованием программно-аппаратного модуля CartoSound обследовано и прооперировано 20 пациентов в возрасте 51,1±6,3 лет.

**Ключевые слова:** внутрисердечное ультразвуковое исследование, трехмерное картирование, желудочковые тахикардии, постинфарктный кардиосклероз, радиочастотная катетерная абляция.

To assess the results of mapping and radiofrequency ablation of post-infarction ventricular re-entry tachycardia using the CartoSound program module, 20 patients aged 51.1±6.3 years were examined and treated.

**Key words:** intracardiac ultrasound mapping, three-dimensional mapping, ventricular tachycardia, post-infarction cardiosclerosis, radiofrequency catheter ablation.

Внезапная сердечная смерть (ВСС) составляет 50% всех случаев смертности от кардиологических причин [6]. Частота ВСС в Европе - 500 000 случаев ежегодно [4]. Несмотря на постоянное уменьшение смертности от кардиологических причин, доля ВСС остается неизменной [9]. Успешная РЧА может стать жизненно спасающей у пациентов с устойчивой ЖТ и существенно улучшить качество жизни, особенно при частых срабатываниях имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД). ИКД не излечивают, а лишь наносят разряд в случае детекции жизнеугрожающей аритмии, а частые срабатывания ИКД существенно снижают качество жизни [5]. В то же время, модификация «рубцовой» петли re-entry с помощью радиочастотной абляции (РЧА) урежает или полностью устраняет клинически значимые эпизоды ЖТ и, следовательно, снижает частоту срабатываний ИКД [11, 12].

Если речь идет о тахикардиях с петлей re-entry внутри постинфарктных рубцов, не всегда при помощи амплитудного картирования удается найти критический истмус, который может быть толщиной в один миллиметр [8]. Это требует построения высоко детализированной амплитудной карты левого желудочка (ЛЖ), на которой амплитуда более 1,5 мВ указывает на нормальный миокард, от 0,5 до 1,5 мВ - на пограничную зону, менее 0,5 мВ - на рубец (рис. 1а). По мнению M.Casella et al., это приводит к существенному увеличению длительности процедуры и времени флюороскопии [3]. Активационное и стимуляционное картирование может выявить только зону выхода, а вхождение в цикл тахикардии не всегда выполнимо из-за нестабильности гемодинамики [2, 7].

Необходимо учитывать, что перипроцедуральная летальность от сердечных причин составляет 1-2,7%, риск больших осложнений, включая инсульт, транзиторные ишемические атаки, инфаркт миокарда, перфорацию ЛЖ и атриовентрикулярную (АВ) блокаду составляет 5-8%. Частота этих осложнений ассоциируется с длительностью

процедуры и нахождения инструмента в ЛЖ [1]. В такой ситуации использование интеграции внутрисердечной эхокардиографии с нефлюороскопической навигацией имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными картирующими методиками. Поэтому целью данного исследования явилась оценка результатов картирования и радиочастотной абляции постинфарктных желудочковых re-entry-тахикардий с использованием программно-аппаратного модуля CartoSound.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включено 20 пациентов в возрасте 51,1±6,3 лет, разделенных на 2 группы: 8 пациентам (группа I) выполнено 9 процедур картирования и РЧА желудочковых тахикардий с использованием системы CartoSound (Biosense Webster, США-Израиль), 12 пациентам (группа II) - 18 процедур с применением традиционных методик картирования. Клиническая характеристика обследованных пациентов представлена в табл. 1.

Таблица 1.

#### Клиническая характеристика пациентов

Показатель	Группа I (n=8)	Группа II (n=12)	P
Возраст, лет	52,5±5,8	50,0±6,8	0,90
Мужчины / женщины	6 / 2	9 / 3	1,00
ИКД, n	3 (38%)	4 (33%)	0,85
КДР ЛЖ, мм	68 (57; 71)*	66 (57; 70)*	0,78
КСР ЛЖ, мм	40 (38; 43)*	40 (37; 42)*	0,82
ФВ ЛЖ по Simpson, %	42 (39; 46)*	43 (40; 47)*	0,91
Цикл тахикардии, мс	318±10	325±12	0,31
Морфологии ЖТ, т	1,12	1,16	1,00

где, ИКД - имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы, КДР - конечный диастолический размер, ЛЖ - левый желудочек, КСР - конечный систолический размер, ФВ - фракция выброса ЛЖ, ЖТ - желудочковая тахикардия

В 6 случаях применялась местная инфльтрационная анестезия 1% р-ром лидокаина в сочетании с атаралгезией, в 21 случае - эндотрахеальный наркоз. В качестве доступа использовалась катетеризация обеих бедренных и левой локтевой вены, через которые вводились в коронарный синус 10-полюсный диагностический электрод Torq CS (Medtronic, США), в правый желудочек (ПЖ) - ультразвуковой катетер SoundStar (Biosense Webster, США), трансаортально в ЛЖ - абляционный катетер EZ Steer Thermocool NAV или Smart-Touch Thermocool Bi-Directional (Biosense Webster, США). Внутривенная гепаринизация в дозе 80 Ед/кг выполнялась непосредственно перед катетеризацией бедренной артерии, после чего активированное время свертывания поддерживалось путем непрерывной инфузии гепарина в пределах 300 секунд.

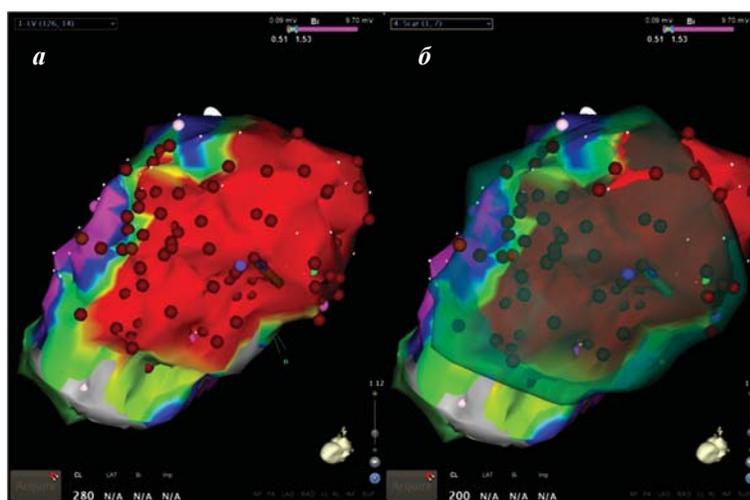
Катетер SoundStar устанавливался и ротируется в различные стандартные и нестандартные позиции в правом желудочке с тем, чтобы визуализировать все отделы ЛЖ. Ультразвуковые изображения синхронизировались с R-зубцом поверхностной ЭКГ. После построения ультразвуковых срезов из них формировались трехмерные карты ЛЖ и отдельно - карты рубцов. При стабильной гемодинамике на фоне тахикардии выполнялось вхождение в цикл тахикардии с определением всех компонентов петли ге-entrу. При нестабильной гемодинамике или неэффективности РЧА по данным вхождения в цикл тахикардии использовался последовательный субстратный подход. Первым этапом выполнялась РЧА зон фрагментированных и поздних диастолических потенциалов внутри рубца, следующим этапом - линейные абляции между рубцами или от рубцов до фиброзного кольца митрального клапана. Непосредственная эффективность воздействия оценивалась как купирование тахикардии на фоне абляции и/или невозможность индукции тахикардии после РЧА. Отдаленная эффективность в случаях со стабильной гемодинамикой оценивалась как отсутствие документированной ЖТ по клиническим данным и результатам многократных серийных суточных мониторингов ЭКГ, в случаях с нестабильной гемодинамикой - по эпизодам срабатывания ИКД по поводу ЖТ/ФЖ.

Статистический анализ проводился в программе Statistica 10 (Statsoft, США) и включал в себя вычисление медиан и квартильных размахов, а также определение различий по критериям Манна-Уитни, Уилкоксона и  $\chi^2$ . Категориальные величины представлены в виде процентов и количества случаев.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Главное принципиальное отличие двух подходов - в методологии картирования. Ам-

плитудное картирование основано на анализе электрограмм и дает относительно корректный ответ на вопрос о жизнеспособности миокарда в зонах, находящихся на периферии рубца. Ультразвуковое картирование позволяет непосредственно *ad opus* обозначить границы рубца, определяемого как гиперэхогенная и/или акинетичная зона. Поэтому ультразвуковая методика требует определенного опыта в эхокардиографии. С другой стороны, главным недостатком амплитудного картирования является занижение размеров рубца, выявляемое практически всегда (рис. 1б). Причиной такого занижения является то, что постинфарктные рубцы в связи с особенностью архитектуры микроциркуляторного русла миокарда очень редко бывают трансмуральными, а чаще всего - субэндокардиальными или интрамуральными. Поэтому в типичной ситуации имеется слой жизнеспособного миокарда, нередко на всем протяжении



**Рис. 1. Недооценка размеров рубца, определяемых при помощи амплитудного картирования: а - биполярная амплитудная карта ЛЖ, на которой амплитуда более 1,5 мВ указывает на нормальный миокард (фиолетовые оттенки), от 0,5 до 1,5 мВ – на пограничную зону, менее 0,5 мВ - на рубец (красные оттенки); б - на амплитудную карту ЛЖ наложена анатомическая карта рубца (окрашена зеленым цветом, полупрозрачная), полученная при помощи ультразвукового картирования, площадь которой существенно больше, чем при построении амплитудной карты.**



**Рис. 2. Фрагмент ультразвуковой анатомической карты ЛЖ (серого цвета, полупрозрачная), аорты (бледно-розового цвета), папиллярных мышц (светло-зеленого и ярко-розового цвета), тромба в области верхушки (бирюзового цвета) и рубца (оливкового цвета, полупрозрачная). Объяснения в тексте.**

рубца. В этой связи субстратное картирование на основании анализа электрограмм может не выявлять рубцовые зоны, в которых следует проводить аблацию.

Так на рис. 2 сканирующий ультразвуковой срез проходит через полость ЛЖ и рубец (слева). На ультразвуковом изображении (справа) отчетливо видно, что рубец (обозначен красными стрелками) располагается в основном субэндокардиально или интрамурально (ближе к верхушке), и почти на всем протяжении граничит с достаточно выраженным по толщине слоем миокарда (обозначен зелеными стрелками). Это приводит к тому, что при традиционном способе картирования в этой зоне будет определяться значимый по амплитуде сигнал, ошибочно интерпретируемый как здоровый или переходный миокард.

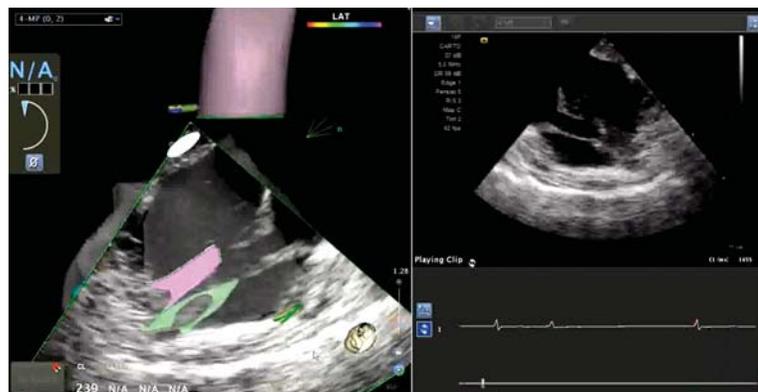
Еще одним преимуществом CartoSound является возможность быстрого построения анатомической карты ЛЖ и рубцов при расположении картирующего (ультразвукового) катетера в правых отделах сердца. Фактически аблационный катетер вводится в ЛЖ при уже готовой субстратной карте. Это позволяет сократить как длительность процедуры, так и время нахождения инструментария в левых отделах, и тем самым уменьшить риск тромбоэмболических осложнений. Так, время, потребовавшееся для построения карт ЛЖ, существенно уменьшалось от первого к шестому пациенту: с 24,8 минут (квартильный размах в первых

четырех случаях - 17,4-27,2) до 19,1 минут (квартильный размах в последних четырех случаях - 14,1-21,2,  $p=0,04$ ). Эта тенденция дает основание предполагать дальнейшее снижение временных затрат на анатомическую реконструкцию камер. Кроме того, общая продолжительность процедуры также уменьшилась с 187 минут (квартильный размах в первых четырех случаях - 159-209) до 152 (квартильный размах в последних четырех случаях - 133-178,  $p=0,04$ ). Межгрупповые различия по основным показателям результативности представлены в табл. 2.

Следует также отметить такое уникальное свойство ультразвукового картирования как возможность построения трехмерных карт анатомических структур, которые не могут быть визуализированы при помощи флюороскопии или традиционных методик картирования, например папиллярных мышц, тромбов и клапанов (см. рис. 3, 4). На рис. 3 сканирующий ультразвуковой срез проходит через длинные оси папиллярных мышц (слева). На ультразвуковом изображении (справа) отчетливо визуализируются папиллярные мышцы по длинной оси, хордальный аппарат и створки митрального клапана. На этом же срезе виден интрамуральный рубец в заднебазальной области.

Не менее важным преимуществом метода является контроль контакта с тканью дистального полюса аблационного электрода (рис. 5). На рисунке слева представлено совмещение ультразвуковой и биполярной амплитудной карт ЛЖ. Аблационный катетер SmartTouch располагается в области верхушки переднебоковой папиллярной мышцы. На ультразвуковом изображении (справа сверху) визуализируется фрагмент шахты катетера и его дистальный полюс, который автоматически в режиме реального времени подсвечивается зеленым контуром. Здесь же регистрируется феномен спонтанного эхоконтрастирования, связанный с поступлением жидкости через наружный контур орошения катетера. Справа внизу - контроль параметров аблации и силы нажатия катетера на ткань.

В ближайшем послеоперационном периоде в обеих группах осложнений не зарегистрировано. Количество рецидивов в группе II оказалось в несколько раз выше, чем в группе I, однако эти различия были статистически незначимыми, очевидно в связи с малой численностью групп. В 2 из 6 случаев рецидивов в группе II и в единственном случае рецидива в группе I выполнены повторные процедуры с применением системы CartoSound, в остальных случаях - с применением одного лишь амплитудного картирования. В группе I осложнений не было, в группе II - одно осложнение в виде проходящего нару-



**Рис. 3. Фрагмент ультразвуковой анатомической карты ЛЖ (серого цвета, полупрозрачная), аорты (бледно-розового цвета), папиллярных мышц (светло-зеленого и ярко-розового цвета). Объяснения в тексте.**

#### Основные показатели результативности процедур

Показатель	Группа I (n=8)	Группа II (n=12)	P
Длительность процедуры*	167 (133; 209)	183 (151; 224)	0,041
Длительность флюороскопии*	40 (34; 52)	51 (40; 62)	0,044
Длительность картирования*	22,1 (16,3; 24,6)	42,4 (36,8; 47,1)	0,038
Гепаринизация, мин*	127 (104; 152)	155 (128; 185)	0,031
Первичная эффективность	8/8 (100%)	11/12 (92%)	0,834
Рецидивы	1/8 (13%)	6/11 (55%)	0,163
Эффективность**	8/8 (100%)	12/12 (100%)	—
Осложнения	0/9 (0%)	1/18 (6%)	0,719

где, \* - данные представлены в виде медианы и квартильного размаха, \*\* - после повторных процедур

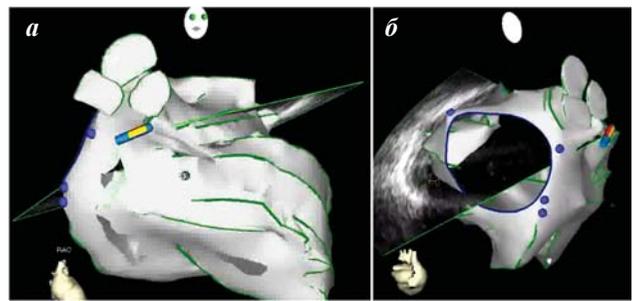
**Таблица 2.**

шения мозгового кровообращения во время первичной абляции. У данного пациента имела место большая продолжительность операции (260 минут) и времени нахождения инструмента в левых отделах (240 минут), а также большое количество (87) РЧ аппликаций. Длительность периода наблюдения пациентов составила 7,5 месяцев (квартильный размах - 4,8-9,2). В течение этого срока рецидивов после повторных вмешательств не зарегистрировано (ни одного срабатывания ИКД или случая документированной на ЭКГ тахикардии).

### ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Системы нефлюороскопического навигационного картирования, в частности Carto 3, представляют незаменимый для электрофизиолога инструмент при абляции постинфарктной ЖТ [13]. Это технически сложная процедура, успех которой во многом зависит от навыка оператора и используемого оборудования, что связано со сложной анатомией аритмогенного субстрата, нередко нестабильностью гемодинамики на фоне тахикардии и вследствие этого невозможностью применения электрофизиологического подхода (вхождения в цикл тахикардии). Как было показано в настоящем исследовании, возможность интеграции ультразвуковых анатомических изображений с электроанатомическими данными может принести серьезную пользу при абляции постинфарктных ЖТ. Важной особенностью внутрисердечной ультразвуковой визуализации явилась возможность быстрого построения анатомических карт ЛЖ и рубцов еще до выполнения доступа в ЛЖ, что привело к уменьшению продолжительности процедуры, длительности гепаринизации, времени флюороскопии. Все эти показатели ассоциируются с риском тромбозомболических осложнений.

Благодаря прямой визуальной оценке в режиме реального времени эхогенности миокарда и оценке его локальной сократимости оказалось возможным полноценное картирование нетрансмуральных рубцов, размер которых недооценивался при помощи амплитудного картирования. Система также позволяет осуществлять непрерывный контроль контакта абляционного катетера с тканью в режиме реального времени. При абляции в области папиллярных мышц, используя традиционные методы картирования, это сделать невозможно. Помимо этого, при помощи внутрисердечной визуализации возможен непрерывный мониторинг



**Рис. 4.** Ультразвуковые анатомические карты ЛЖ и синусов аорты в правой косой (а) и задней (б) проекциях. Синим контуром обозначено фиброзное кольцо митрального клапана.



**Рис. 5.** Контроль контакта кончика катетера с тканью во время абляции. Объяснения в тексте.

таких осложнений как тромбоз, гемоперикард, инфаркт миокарда, дисфункция папиллярных мышц, перфорация створок клапанов.

Альтернативой анатомической оценки ЛЖ и рубцов является магнитно-резонансная томография, которая, несмотря на хорошие визуализирующие характеристики, имеет ряд существенных недостатков, главный из которых - задержка между ее выполнением и проведением процедуры РЧА, нередко составляющая сутки и более. Временная задержка приводит к изменениям объема камер сердца ввиду различий в водно-солевой нагрузке [10]. Таким образом, ультразвуковое картирование - более эффективный, безопасный и точный метод анатомического картирования постинфарктных тахикардий в сравнении с амплитудным картированием.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Arenal Á., Hernández J., Calvo D. Et al. Safety, long-term results, and predictors of recurrence after complete endocardial ventricular tachycardia substrate ablation in patients with previous myocardial infarction // Am. J. Cardiol. - 2013. - Vol. 111(4). - P. 499-505.
2. Callans D.J., Zado E., Sarter B.H. et al. Efficacy of radiofrequency catheter ablation for ventricular tachycardia in healed myocardial infarction // Am. J. Cardiol. - 1998. - Vol. 82. - P. 429-432.
3. Casella M. et al. Right ventricular substrate mapping using the Ensite Navx system: Accuracy of high-density voltage map obtained by automatic point acquisition during geometry reconstruction // Heart Rhythm. - 2009. - Vol. 6. - P. 1598-1605.
4. Kesteloot H., Sans S., Kromhout D. Dynamics of cardiovascular and all-cause mortality in Western and Eastern Europe between 1970 and 2000 // Eur. Heart J. - 2006. - Vol. 27(1). - P. 107-113.
5. Knackstedt C., Arndt M., Mischke K. et al. Depression, psychological distress, and quality of life in patients with cardioverter defibrillator with or without cardiac resynchronization therapy // Heart Vessels. - 2013. - Jun 4. [Epub ahead of print]
6. Kong M.H., Fonarow G.C., Peterson E.D. et al. System-

- atic review of the incidence of sudden cardiac death in the United States // *J. Am. Coll. Cardiol.* - 2011. - Vol. 57(7). - P. 794-801.
7. Morady F., Harvey M., Kalbfleisch S.J. et al. Radiofrequency ablation of ventricular tachycardia in patients with coronary artery disease // *Circulation.* - 1993. - Vol. 87. - P. 363-372.
8. Namboodiri N. Electroanatomic Contact Mapping: How to Use Optimally to Recognise the Arrhythmia Mechanism? // *Indian Pacing Electrophysiol. J.* - 2010. - Vol. 10(1). - P. 1-7.
9. Nichol G., Thomas E., Callaway C.W. et al. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome // *J.A.M.A.* - 2008. - Vol. 300(12). - P. 1423-1431.
10. Patel A.M., Heist E.K., Chevalier J. et al. Effect of presenting rhythm on image integration to direct catheter ablation of atrial fibrillation // *J. Interv. Card. Electrophysiol.* - 2008. - Vol. 22. - P. 205-210.
11. Ponti R.D. Role of catheter ablation of ventricular tachycardia associated with structural heart disease // *World J. Cardiol.* - 2011. - Vol. 3(11). - P. 339-350.
12. Proclemer A., Dagues N., Marinskis G. et al. Current practice in Europe: how do we manage patients with ventricular tachycardia? European Heart Rhythm Association survey // *Europace.* - 2013. - Vol. 15(2). - P. 167-169.
13. Tops L.F., Schalij M.J., den Uijl D.W. et al. Image integration in catheter ablation of atrial fibrillation // *Europace.* - 2008. - Vol. 10, suppl. 3. - P. iii48-iii56.

## ПЕРВЫЙ В РОССИИ ОПЫТ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ АБЛАЦИИ ПОСТИНФАРКТНЫХ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ RE-ENTRY ТАХИКАРДИЙ

*С.Е.Мамчур, Е.А.Хоменко, Н.С.Бохан, И.Н.Мамчур*

С целью оценки результатов картирования и радиочастотной аблации (РЧА) постинфарктных желудочковых re-entry тахикардий (ЖТ) с использованием программно-аппаратного модуля CartoSound обследовано 20 пациентов в возрасте  $51,1 \pm 6,3$  лет. 8 пациентам (группа I) выполнено 9 процедур системы CartoSound, 12 пациентам (группа II) - 18 процедур с применением традиционных методик картирования. Катетер SoundStar устанавливался в правое желудочек с тем, чтобы визуализировать все отделы левого желудочка (ЛЖ). Ультразвуковые изображения синхронизировались с R-зубцом поверхностной ЭКГ. Формировались трехмерные карты ЛЖ и отдельно - карты рубцов. Время, потребовавшееся для построения карт ЛЖ, существенно уменьшалось от первого к восьмому пациенту: с 24,8 минут ( $17,4-27,2$ ) в первых четырех случаях до 19,1 минут ( $14,1-21,2$ ,  $p=0,04$ ) в последних. Количество рецидивов в группе II оказалось в несколько раз выше, чем в группе I, однако эти различия были статистически незначимыми, очевидно в связи с малой численностью групп. В 2 из 6 случаев рецидивов в группе II и в единственном случае рецидива в группе I выполнены повторные процедуры с применением системы CartoSound, в остальных случаях - с применением одного лишь амплитудного картирования. В группе I осложнений не было, в группе II - одно осложнение в виде преходящего нарушения мозгового кровообращения во время первичной аблации. Альтернативой анатомической оценки ЛЖ и рубцов является магнитно-резонансная томография, которая, несмотря на хорошие визуализирующие характеристики, имеет ряд существенных недостатков, главный из которых - задержка между ее выполнением и проведением процедуры РЧА, нередко составляющая сутки и более. Таким образом, ультразвуковое картирование - более эффективный, безопасный и точный метод анатомического картирования постинфарктных тахикардий в сравнении с амплитудным картированием.

## ULTRASOUND MAPPING FOR ABLATION OF POST-INFARCTION VENTRICULAR RE-ENTRY TACHYCARDIA: FIRST EXPERIENCE IN RUSSIA

*S.E. Mamchur, E.A. Khomenko, N.S. Bokhan, I.N. Mamchur*

To assess the results of mapping and radiofrequency ablation (RFA) of post-infarction ventricular re-entry tachycardia (VT) using the CartoSound program module, 20 patients aged  $51.1 \pm 6.3$  years were examined. In 8 patients of Group I, 9 procedures using the CartoSound system were performed. In 12 patients of Group II, 18 procedures using the commonly accepted mapping techniques were carried out. The SoundStar catheter was installed into the right ventricle to permit visualization of all parts of the left ventricle (LV). Ultrasound images were synchronized with the R-wave of surface ECG. Three-dimensional maps of LV and, separately, scar maps were constructed.

The time required for the LV map construction considerably diminished from the first to the eighth patient: from 24.8 min ( $17.4-27.2$  min) in the first four cases to 19.1 min ( $14.1-21.2$  min;  $p=0.04$ ) in the last cases. The number of recurrences in Group II was several times higher than in Group I; however, the difference was statistically insignificant, probably due to the small sample. In 2 of 6 recurrences in Group II and the only case of recurrence in Group I, repetitive procedures were performed using the CartoSound system and in other cases, using the amplitude mapping only. There were no adverse events in Group I. In Group II, one adverse event was observed, transitory ischemic attack during the primary ablation. As an alternative approach to the LV and scar assessment, magnetic resonance tomography can be considered; however, despite appropriate visualization properties, the latter has a number of significant limitations. The weakest point is a delay between tomography and RFA procedure which can be 24 hours or more. Thus, ultrasound mapping is a more effective, safe, and accurate technique of anatomical mapping of post-infarction tachycardia as compared with amplitude mapping.