

## ПЕРВЫЙ ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ НАРУШЕНИЙ РИТМА СЕРДЦА ПРИ ПОМОЩИ НЕИНВАЗИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОВЕРХНОСТНОГО КАРТИРОВАНИЯ «АМИКАРД-01»

*А. Ш. Ревшвили, В. В. Калинин, О. В. Сотов, Г. Ю. Симонян, О. С. Ляджина, Е. А. Фетисова (Москва)*

В связи с развитием интервенционных и хирургических методов лечения нарушений сердечного ритма большое значение имеет совершенствование методик электрофизиологического исследования (ЭФИ) сердца. Прогресс в этой области связан с двумя направлениями: развитием техники инвазивного ЭФИ сердца и разработкой неинвазивных методов ЭФИ на основе вычислительной реконструкции электрофизиологических процессов сердца по данным электрокардиографических (ЭКГ) измерений. Среди методик данных направлений большое значение приобретает ЭФИ сердца на основе решения так называемой обратной задачи ЭКГ.

В НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН при участии авторов статьи разработан программно-аппаратный комплекс «Амикард», предназначенный для неинвазивного ЭФИ сердца на основе решения обратной задачи ЭКГ. Возможности новой версии программного обеспечения комплекса позволяют проводить реконструкцию потенциала электрического поля сердца на его эпикардиальной поверхности, а также, с учетом изложенных выше ограничений, и на эндокардиальной поверхности предсердий и желудочков.

Цель исследования – проверка точности реконструкции эпикардиальных потенциалов при их совместной реконструкции с эндокардиальными потенциалами, верификация точности топической диагностики некоторых сердечных аритмий на основе одновременного эпиэндокардиального картирования в сравнении с эпикардиальным картированием.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы 79 пациентов (42 мужчины и 37 женщин) в возрасте от 14 до 75 лет (средний возраст 33,4 года) с различными нарушениями ритма сердца. Всем пациентам проводились следующие исследования: ЭКГ в 12 стандартных отведениях, ЭхоЭКГ, суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру, клинический и биохимический анализы крови, иммунологическое исследование крови на миокардиальные антитела, магнитно-резонансная томография (МРТ) миокарда (по показаниям), анализ крови на гормоны щитовидной железы (по показаниям), коронарография, неинвазивное поверхностное активационное картиро-

вание, компьютерная томография сердца с контрастированием, эндокардиальное электрофизиологическое исследование.

Магнитно-резонансная томография сердца проводилась пациентам с правожелудочковыми нарушениями ритма. Мужчинам старше 40 лет ( $n=12$ ) и женщинам старше 50 лет ( $n=4$ ) выполнялась коронарография для исключения значимых атеросклеротических изменений коронарных артерий и, следовательно, ишемического генеза нарушений ритма сердца.

Постмиокардитический кардиосклероз имел место у 24 (30,3%) пациентов, у 13 (16,4%) женщин были выявлены дисгормональные нарушения.

Неинвазивное активационное картирование включало следующие этапы (рис. 1):

1. Проведение многоканальной регистрации ЭКГ: 16 (27,3%) пациентам – в 80 однополюсных отведениях с поверхности грудной клетки с использованием системы картирования «Cardiag-128.1» (Чехия), а 63 (72,7%) пациентам – в 240 однополюсных отведениях с поверхности грудной клетки с использованием системы картирования с новым ЭКГ-регистратором системы «Astrocard» (Россия). Картирование выполняли с помощью одноразовых хлорсеребряных электродов, применяемых в системах суточного мониторирования ЭКГ.

2. Пациентам с уже наложенными поверхностными электродами проводилась спиральная компьютерная томография грудной клетки (сканер «Imatron Evolution C-150») с внутривенным контрастированием. Использовался различный шаг спирали: 5–7 мм для сканирования всей грудной клетки и 3 мм – для сканирования области сердца.

3. По данным компьютерной томографии были построены реалистичные воксельные модели торса и сердца, а при необходимости – различных отделов сердца (модели предсердий, желудочков, межжелудочковой перегородки). Для более точного определения аритмогенного источника построение воксельных моделей сердца включало разрезы на интересующем уровне (например на уровне клапанов сердца).

По данным компьютерной томографии также определялись трехмерные координаты центра каждого электрода для поверхностного картирования. Таким образом, каждой записанной с поверхности тела ЭКГ соответствовала точная трех-

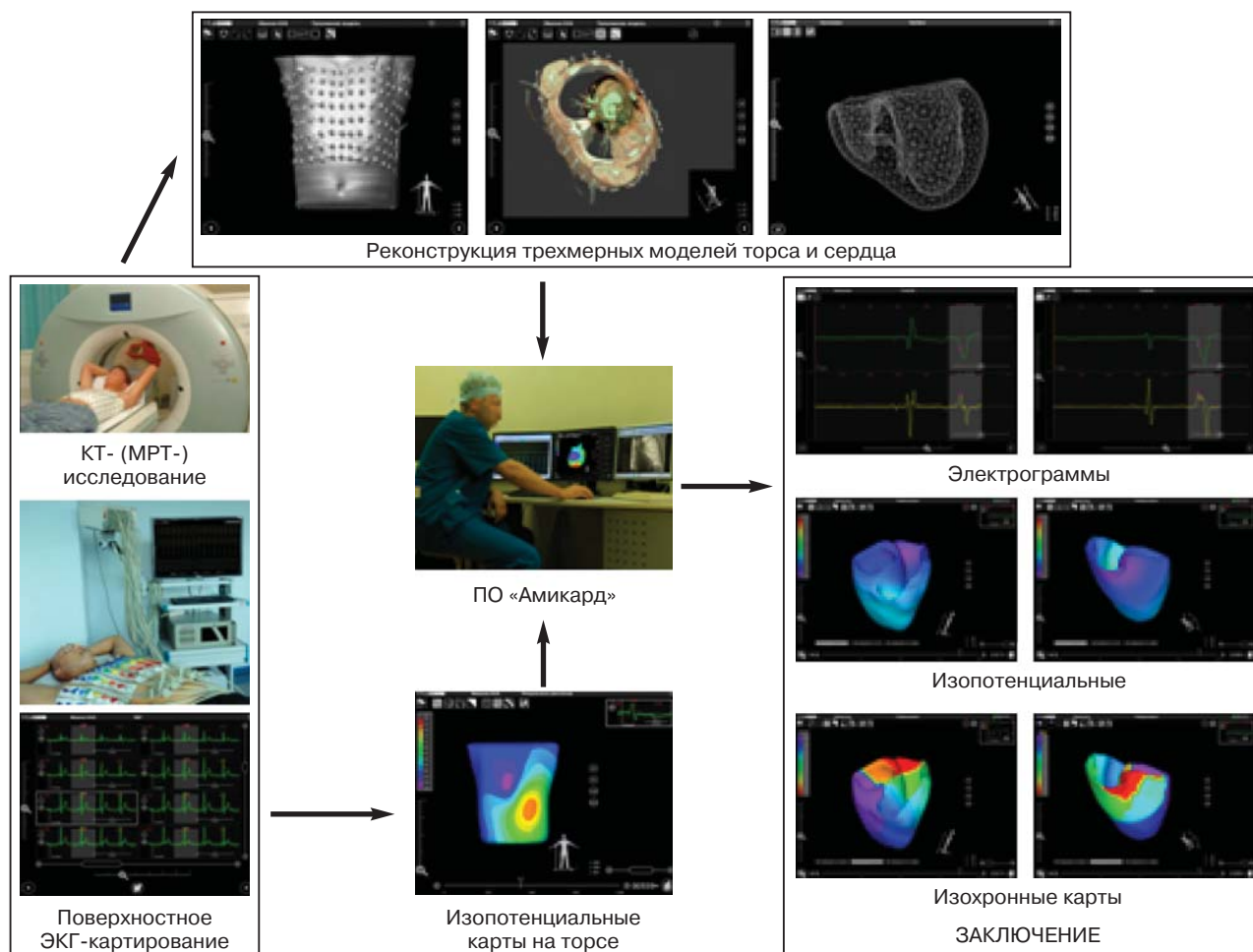


Рис. 1. Схема исследования, используемая для проведения неинвазивного электрофизиологического картирования

мерная координата, что являлось обязательным и необходимым условием для дальнейшего построения поверхностных и реконструируемых эпикардальных изопотенциальных и изохронных карт.

Дальнейшая обработка информации проводилась с использованием программного обеспечения, с помощью которого осуществлялось сопоставление записанных поверхностных ЭКГ и реалистичных трехмерных моделей торса и сердца, реконструкция потенциалов электрического поля сердца и построение изопотенциальных и изохронных карт на трехмерных моделях торса и сердца.

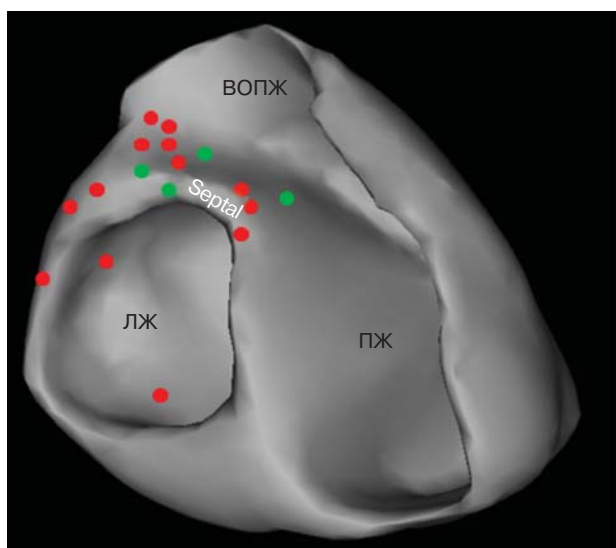
По полученным реконструируемым эпикардальным изопотенциальным и изохронным картам на трехмерных моделях сердца определялись области ранней активации, соответствующие проекции эктопического источника. Выявленную локализацию эктопического источника сравнивали с данными внутрисердечного инвазивного электрофизиологического исследования, проведенного всем пациентам. Инвазивное ЭФИ выполняли с целью подтверждения диагноза, определения механизма и локализации очага аритмии непосредственно перед лечением – проведением радиочас-

тотной абляции аритмогенного источника. При обследовании 11 пациентов применялась навигационная система CARTO, с помощью которой проводилась не только диагностика аритмогенного очага, но и трехмерная электроанатомическая реконструкция исследуемой камеры сердца, построение изохронной и изопотенциальной эндокардиальных карт.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

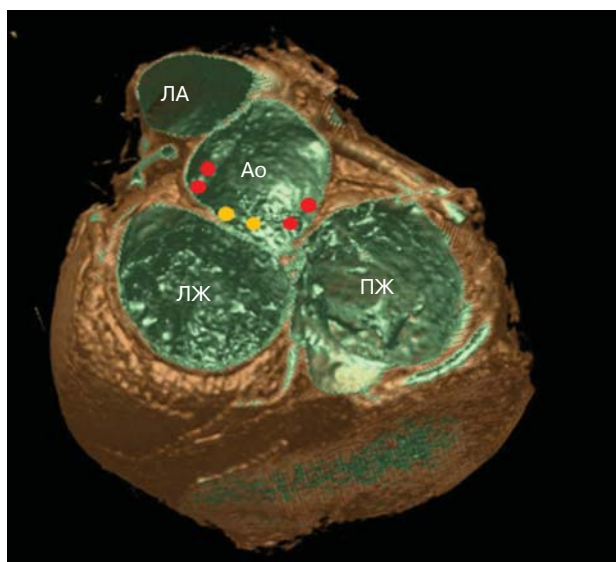
Основной задачей настоящего исследования было сопоставление локализации аритмогенного очага по результатам поверхностного неинвазивного активационного картирования и данным внутрисердечного электрофизиологического исследования и результатам радиочастотной абляции (РЧА).

У всех пациентов были восстановлены эпикардальные и эндокардиальные ЭГ, построены изопотенциальные и изохронные карты на эпикарде и эндокарде желудочков и межжелудочковой перегородке. Реконструированные эндокардиальные ЭГ и эпикардальные ЭГ в области коронарного синуса достаточно хорошо совпадали с ЭГ, зарегистрированными при инвазивном исследовании.



- Высокая точность
- Низкая точность

Рис. 2. Локализация аритмогенных очагов по данным неинвазивного картирования при желудочковых нарушениях ритма (желудочковая экстрасистолия,  $n=37$ ). ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка, ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, Septal – межжелудочковая перегородка. Цветными точками обозначены аритмогенные зоны, где проводилась радиочастотная абляция



- Высокая точность
- Низкая точность

Рис. 3. Локализация аритмогенных очагов по данным неинвазивного картирования при желудочковых нарушениях ритма (желудочковая экстрасистолия,  $n=37$ ). ЛА – легочная артерия, ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек, Ао – зона аортального клапана. Цветными точками обозначены аритмогенные зоны, где проводилась радиочастотная абляция

стрированными при инвазивном ЭФИ сердца. Сравнение эпикардиальных ЭГ и эпикардиальных изопотенциальных карт, полученных при расчете только для эпикарда и при одновременном эндоэпикардиальном расчете, выявило их практически полное совпадение. Среднеквадратичная разность эпикардиальных потенциалов, рассчитанная по двум методикам за время кардиоцикла, составила от 4 до 7%.

Результаты инвазивного электрофизиологического исследования показали, что у 20 из 37 пациентов с желудочковыми нарушениями ритма аритмогенный очаг был локализован в правом желудочке (54,5%): у 11 пациентов – в переднеперегородочной области выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ), у 5 – в области передней стенки ВОПЖ, у 4 – в области передней стенки ВОПЖ под клапаном легочной артерии (рис. 2, 3). У 17 (45,5%) пациентов по данным ЭФИ очаг аритмии находился в левом желудочке. Области ранней активации у

13 пациентов располагались в выводном отделе левого желудочка (ВОЛЖ): у 5 – в проекции левого синуса Вальсальвы (эндокардиально в зоне контакта аортального клапана с клапаном легочной артерии), у 5 – в области проекции некоронарного синуса Вальсальвы (также эндокардиально) и у 3 – эпикардиально в проекции устья ПМЖВ. В трех случаях очаг аритмии располагался в приточном отделе ЛЖ в области переднебоковой стенки под створкой митрального клапана, и в одном случае определялась широкая зона ранней активации, распространяющаяся от переднебоковых до заднебоковых отделов приточного и трабекулярного отделов ЛЖ.

Сопоставление локализации аритмогенного очага по результатам поверхностного неинвазивного активационного картирования и данным внутрисердечного электрофизиологического исследования показало следующие результаты: у 33 (89,2%) пациентов локализация эктопического очага сов-

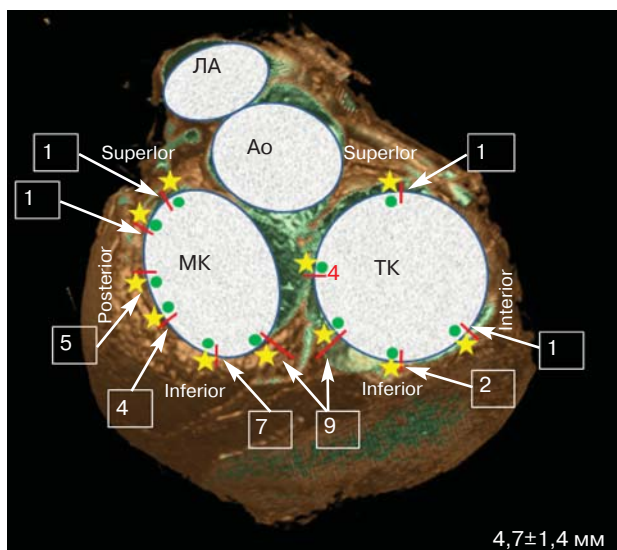


Рис. 4. Локализация ДПЖС по данным неинвазивного картирования при синдроме ВПУ ( $n=35$ ). ЛА – легочная артерия, МК – митральный клапан, ТК – трикуспидальный клапан, Ао – зона аортального клапана. Зелеными точками обозначены зоны, где проводилась радиочастотная абляция, звездочками – фактически полученные зоны локализации ДПЖС при неинвазивном картировании. В квадратах – число пациентов с данной локализацией ДПЖС

падала с данными внутрисердечного ЭФИ со стабильной точностью, причем в этой группе пациентов выполненная операция РЧА оказалась эффективной и не требующей повторных воздействий. При проведении суточного мониторинга ЭКГ по Холтеру в раннем послеоперационном периоде у этих пациентов отмечалось полное исчезновение эпизодов желудочковых нарушений ритма ( $n=14$ ) или значительное уменьшение их количества ( $n=3$ ). Только у одного пациента из этой группы РЧА не проводилась, поскольку было определено расположение аритмогенного очага в области проекции устья ПМЖВ.

У 4 (11,8%) пациентов область ранней активации, определенная с помощью неинвазивного активационного картирования по реконструируемым изохронным и изопотенциальным эпикардиальным картам, не совпала с данными ЭФИ. Из них у трех больных операция РЧА оказалась неуспешной: у пациента с широкой зоной ранней активации – от переднебоковых до заднебоковых отделов приточного и трабекулярного отделов ЛЖ, у пациента с локализацией аритмогенного очага в ЛЖ под митральным клапаном и у пациентки с ранней зоной активации в области проекции ПМЖВ. В этой группе только в одном случае операция РЧА оказалась эффективной. По данным внутрисердечного ЭФИ зона ранней активации располагалась в области левого синуса Вальсальвы, а по данным неинвазивного поверхностного активационного кар-

тирования аритмогенный очаг находился в области некоронарного синуса Вальсальвы.

В 4 (11,5%) из 35 случаев с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта (ВПУ) были выявлены правые дополнительные предсердно-желудочковые соединения (ДПЖС), у 18 пациентов ДПЖС располагался слева (51,4%), у 13 пациентов были обнаружены септальные и парасептальные ДПЖС (37,1%) (рис. 4).

У 7 из 11 пациентов с предсердными аритмиями аритмогенный очаг был локализован в правом предсердии (63,6%): у 2 пациентов – в устье коронарного синуса (18,2%); у 2 – в области основания ушка правого предсердия, у 2 – в области терминального гребня, у 1 – в области овальной ямки. У 4 пациентов очаг аритмии находился в левом предсердии (36,3%): у 1 пациента – в области межпредсердной перегородки, у 2 больных – в легочных венах, и у 1 пациента – в области основания ушка левого предсердия.

При проведении суточного мониторинга ЭКГ по Холтеру в раннем послеоперационном периоде у этих пациентов отмечалось полное исчезновение предсердных нарушений ритма.

Всем пациентам ( $n=79$ ) была выполнена операция радиочастотной абляции аритмогенных очагов (рис. 5, 6). Лишь в двух случаях при желудочковой экстрасистолии, когда зона ранней активации располагалась эпикардиально в проекции коронарных артерий, было проведено только ЭФИ.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Точность представленной электрофизиологической методики, в силу некорректности обратной задачи электрокардиографии, в первую очередь определяется применяемым вычислительно-математическим алгоритмом реконструкции электрического поля сердца. Однако следует указать и другие источники погрешности методики активационного картирования: дыхательные движения грудной клетки при поверхностном картировании и во время проведения КТ-сканирования, вследствие которых может отличаться позиция сердца при поверхностном ЭКГ-картировании и КТ-сканировании. Имеет значение «чистота» исходных ЭКГ-данных – возможный дрейф изолинии и наличие «наводок» при поверхностном ЭКГ-картировании. Также важное значение имеет количество отведений при поверхностном ЭКГ-картировании.

Сравнительный анализ эпикардиальных и эндокардиальных изохронных карт показал, что при субэндокардиальной локализации как эктопических источников, так и дополнительных предсердно-желудочковых соединений область ранней активации на эпикарде значительно шире, чем на эндокарде. Напротив, при субэпикардиальной ло-

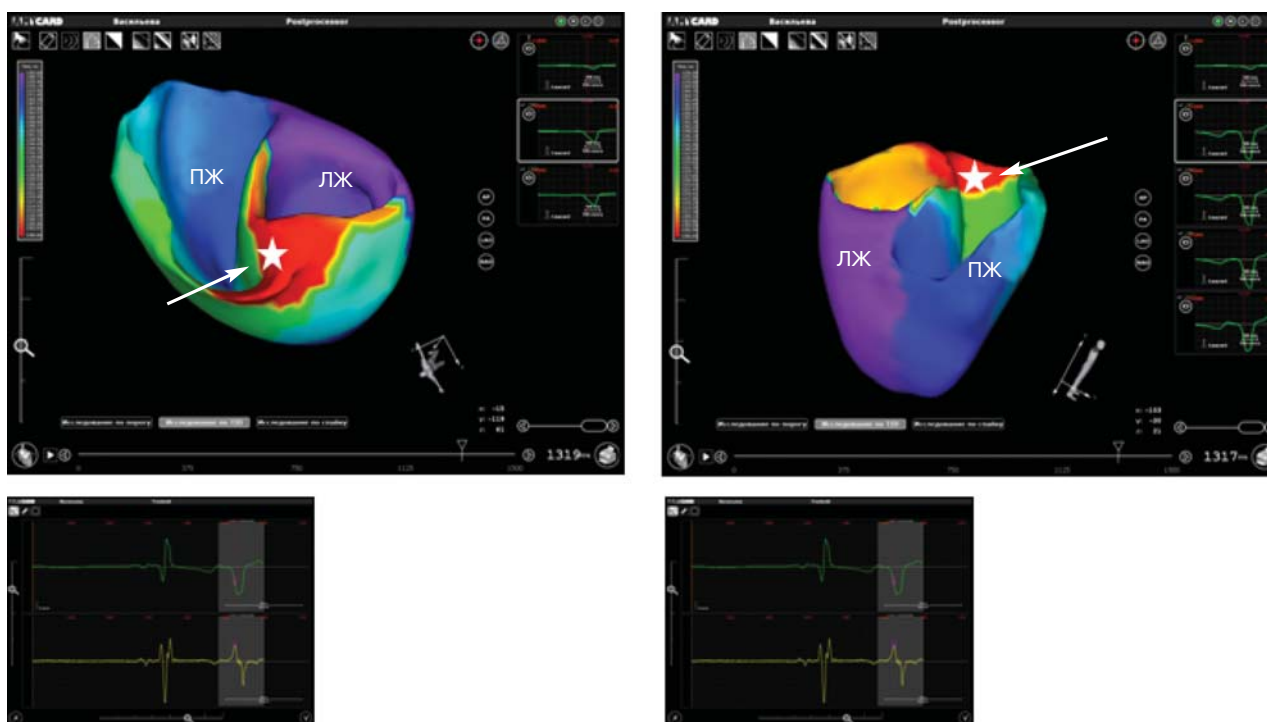


Рис. 5. Изохронные карты. Клинический случай ЖЭ из ВОПЖ (временная карта пациента, полученная при неинвазивном картировании). Звездочками обозначен очаг аритмии, где выполнена радиочастотная абляция

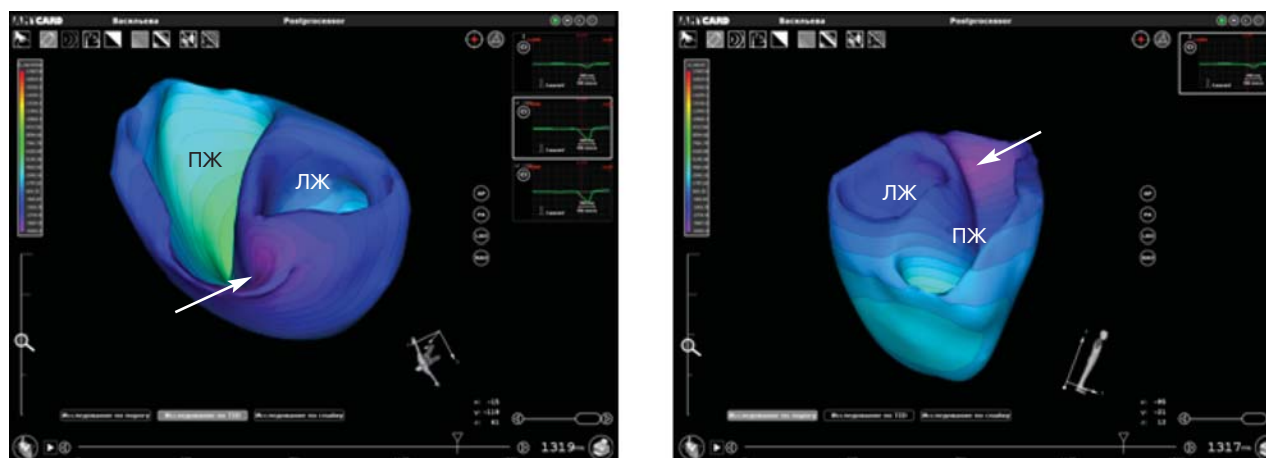


Рис. 6. Изохронные карты. Клинический случай ЖЭ из ВОПЖ (амплитудная карта пациента, полученная при неинвазивном картировании). Стрелками обозначен очаг аритмии, где выполнена радиочастотная абляция

кализации аритмогенных структур область ранней активации будет шире на эндокардиальных картах. Поскольку заранее глубина залегания источника аритмии неизвестна, для точной топической диагностики необходимо анализировать как эпикардиальные, так и эндокардиальные карты. Путем сравнения времени ранней активации на эпикарде и эндокарде можно определить глубину залегания аритмогенных структур. Чем больше эндокардиальные монополярная ЭГ или биполярный спайк опережают соответствующие эпикардиальные ЭГ, тем ближе к эндокарду расположен аритмогенный источник.

В целом результаты использования методики у пациентов с различными нарушениями ритма свидетельствуют о ее высокой диагностической ценности и перспективности применения в предоперационном обследовании. Предварительно проведенная топическая диагностика аритмогенного субстрата позволит сократить время инвазивного поиска эктопического очага, правильно выбрать параметры абляционного воздействия, избежать возможных нежелательных интраоперационных осложнений, таких как повреждение коронарных сосудов, а также сократить время интраоперационной флюороскопии.

## ВЫВОДЫ

1. По данным поверхностного картирования ЭКГ возможно восстановление электрограмм, изопотенциальных и изохронных карт не только на эпикардиальной поверхности сердца, но и при определенных ограничениях на эндокарде предсердий и желудочков.

2. Для целей топической диагностики при синдроме ВПУ и эктопической экстрасистолии одновременное эпиэндокардиальное картирование имеет ряд преимуществ перед только эпикардиальным картированием: позволяет более точно найти локализацию аритмогенных структур при их субэндокардиальном расположении, выявить местоположение эктопического источника в межжелудочковой перегородке, определить глубину зале-

гания эктопического источника по отношению к эпикарду и эндокарду.

### *Преимущества технологии «Амикард»:*

1. Учет различия электропроводности органов и тканей грудной клетки, повышающий точность реконструкции электрического поля сердца на 20–25%.

2. Объемная реконструкция сердца по данным компьютерной томографии в автоматическом режиме.

3. Проведение картирования сердца в реальном времени («beat-to-beat») за счет использования эффективных вычислительных алгоритмов.

4. Возможность картирования как на эпикардиальной, так и на эндокардиальной поверхностях камер сердца.

## ЭЛЕКТРОАТОМИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ ПРИ АБЛАЦИИ ЭКТОПИЧЕСКИХ АРИТМИЙ В КРОНАРНЫХ СИНУСАХ АОРТЫ

*М. Ю. Курилин, С. Е. Мамчур, Е. А. Хоменко, О. М. Чистюхин (г. Кемерово)*

Радиочастотная абляция (РЧА) эктопических аритмий (ЭА) в выводном отделе правого желудочка (ВОПЖ) сегодня стала широко распространенной процедурой в связи с высокой эффективностью, относительной технической простотой и низким риском развития осложнений. Этого нельзя сказать о РЧА эктопической тахикардии в области выводного отдела левого желудочка, где воздействие осуществляется из синуса аорты, как правило левого или правого коронарного. При этом существует опасность радиочастотного повреждения устья левой или правой коронарной артерии.

Чтобы избежать данного осложнения, для позиционирования абляционного электрода используется рентгеноконтрастная коронарная ангиография (Srivathsan K. S. и соавт., 2008). Сущность данного метода заключается в том, что одновременно с абляционным электродом, введенным в левый или правый коронарный синус аорты, в устье близлежащей коронарной артерии вводится ангиографический катетер, через который осуществляется контрастирование данной артерии с визуальным определением расстояния от нее до дистального полюса абляционного электрода. После этого абляционный электрод позиционируют на безопасном расстоянии от устья близлежащей коронарной артерии и проводят абляцию (рис. 1). Недостатком

такого подхода является то, что приходится катетеризировать две бедренные артерии, через одну из которых вводится абляционный электрод, через другую – ангиографический катетер для проведения рентгеноконтрастной коронарной ангиографии. Это повышает риск серьезных осложнений, связанных с катетеризацией бедренной артерии (кровотечения, аневризмы, артериовенозные свищи, местные инфекционные осложнения, повреждение интимы артерии и/или ее тромбоз с последующим развитием ишемии конечности и др.). Кроме того, рентгеноконтрастные вещества на основе водорастворимых соединений йода часто являются причиной аллергических реакций, нарушений функции щитовидной железы, почек и других осложнений, нередко жизнеугрожающих.

Авторами разработан метод, при котором строится электроанатомическая карта восходящего отдела грудной аорты с нанесением на нее показателей локальной эндокардиальной активации. После этого абляционный электрод вводится в устье близлежащей коронарной артерии и строится электроанатомическая карта ее проксимального сегмента. Затем программными средствами навигационной системы определяется расстояние между устьем близлежащей коронарной артерии и точкой наиболее ранней локальной эндокардиальной ак-