

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ НЕИНВАЗИВНОГО И ИНВАЗИВНОГО КАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕРВЕНЦИОННОГО ЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ АРИТМИЙ

Яшков М.В

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр хирургии
им. А.В. Вишневского» Минздрава России, Москва, Россия

Контактная информация

Яшков Максим Валерьевич
ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В.
Вишневского» Минздрава России
ул. Большая Серпуховская, д. 27, Москва,
Россия, 117997
E-mail: maks541@email.ru

Статья поступила в редакцию 05.06.2018
и принята к печати 12.06.2018.

Резюме

Актуальность: навигационные системы позволяют выполнить анатомическую реконструкцию сердца, построить активационные карты и выполнить прицельные радиочастотные воздействия. Но такая тактика бывает, неэффективна из-за анатомического расположения аритмогенного очага. Представляется актуальным метод поверхностного неинвазивного картирования, который позволяет определить прогноз, оценить объем оперативного вмешательства и выбрать необходимую технологию для устранения аритмии. Цель: оценить точность и эффективность устранения желудочковых аритмий с использованием неинвазивного поверхностного и инвазивного эндокардиального картирования с использованием отечественных систем «Амикард» (Россия) и «Астрокард» (Россия). Материал и методы – В исследование включены 23 пациента (м – 16, ж – 7) с желудочковыми нарушениями ритма неишемического генеза, которым выполнено неинвазивное дооперационное картирование с использованием системы «Амикард» (Россия) и инвазивное интраоперационное электроанатомическое картирование с использованием комплекса «Астрокард» (Россия) и последующая радиочастотная абляция. Результаты – У 22 пациентов зона ранней активности верифицирована с эндокардиальной поверхности желудочков, с эпикардиальной – в 1 случае. Общая эффективность РЧА составила 82,6%(19). При этом точность совпадения неинвазивного и эндокардиального инвазивного картирования составила 98%. Заключение: применение неинвазивного дооперационного картирования целесообразно у пациентов со сложными нетипичными локализациями желудочковых аритмий. Это позволяет с достаточно высокой точностью верифицировать аритмогенный очаг в желудочках сердца, что подтверждается результатами инвазивного картирования и, безусловно, повысить эффективность РЧА, уменьшить длительность процедуры и лучевой нагрузки, а также определить тактику лечения.

Ключевые слова: радиочастотная абляция, навигационные системы, электроанатомическое инвазивное картирование, неинвазивное картирование

Для цитирования: Яшков М.В. Использование отечественных систем неинвазивного и инвазивного картирования для интервенционного лечения желудочковых аритмий. Трансляционная медицина. 2018; 5 (2): 22–29 .

USE OF RUSSIAN NON-INVASIVE AND INVASIVE MAPPING SYSTEMS FOR INTERVENTIONAL TREATMENT OF VENTRICULAR ARRHYTHMIAS

Yashkov M.V.

Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery,
Moscow, Russia

Corresponding author:

Maxim V. Yashkov
Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery,
Bolshaya Serpukhovskaya str. 27,
Moscow, Russia, 117997
E-mail: maks541@email.ru

Received 05 June 2018; accepted 12 June 2018.

Abstract

Background. Navigation systems can perform anatomical reconstruction of the heart, build activation maps and perform accurate radiofrequency ablation (RFA). But they are ineffective because of the anatomical location of the arrhythmogenic focus. The method of surface non-invasive mapping, allows you to determine the prognosis, evaluate the scope and treatment tactics.

The goal is to assess the accuracy and effectiveness of eliminating surface and invasive endocardial mapping using the Russian systems «Amycard» and «Astrocard». **Material and methods.** The study included 23 patients (m – 16, f – 7) with ventricular rhythm disturbances of non-ischemic origin. Patients underwent non-invasive pre-operative mapping using the «Amycard» system and invasive mapping using the «Astrocard» complex and subsequent RFA. **Results.** In 22 patients, the early activity zone was verified from the endocardial ventricular surface, with the epicardial surface in 1 case. Efficiency RFA was 82,6% (19). The accuracy of the coincidence of noninvasive and endocardial invasive mapping was 98%. **Conclusion.** Use of non-invasive preoperative mapping makes possible to accurately verify the arrhythmogenic focus in the heart, as evidenced by the results of invasive mapping. It increases the effectiveness of RFA, reduces the duration of the procedure and fluoroscopy, and determines the tactics of treatment.

Key words: radiofrequency ablation, navigation systems, electroanatomical invasive mapping, non-invasive mapping

For citation: Yashkov M.V. Use of Russian non-invasive and invasive mapping systems for interventional treatment of ventricular arrhythmias. Translyatsionnaya meditsina= Translational Medicine. 2018; 5 (2):pages. (In Russ.) Translyatsionnaya meditsina= Translational Medicine. 2018; 5 (1): 22–29. (In Russ.)

Введение

В современной аритмологии, использование современных новых систем навигационного электроанатомического картирования, кажется не оставило проблем с верификацией аритмогенного субстрата любой локализации. Использование навигационных систем позволяет быстро выполнить анатомическую реконструкцию любой камеры

сердца, построить изохронные, изопотенциальные и активационные карты распространения возбуждения для верификации аритмогенного очага и выполнить прицельные радиочастотные воздействия в зоне интереса. При этом важную роль играет уменьшение времени процедуры, уменьшение используемых катетеров в сердце и минимизация времени флюороскопии для пациента и хирурга.

Несмотря на это, в настоящее время разработаны, внедрены в клиническую практику, с успехом используются и продолжают совершенствоваться системы поверхностного неинвазивного картирования сердца. Одна из них, это система CardioInsight (Medtronic, США), которая широко используется при картировании роторной активности фибрилляции предсердий. Однако она верифицирует очаги только на эпикардиальной поверхности сердца. В России была разработана система «Амикард» (Россия), идея которой предложена и разработана академиком Ревиншвили А.Ш. и группой ученых из МГУ. Система позволяет еще в дооперационном периоде верифицировать зону ранней активации аритмогенного очага, как на эпикардиальной, так и на эндокардиальной поверхности сердца, что позволяет определить прогноз, оценить объем оперативного вмешательства и выбрать необходимую технологию для устранения аритмии.

Поэтому целью нашего исследования стало – оценить точность и эффективность устранения желудочковых аритмий с использованием неинвазивного поверхностного и инвазивного эндокардиального картирования с использованием отечественных систем «Амикард» (Россия) и «Астрокард» (Россия).

Материал и методы

В исследование включены 23 пациента (м – 16, ж – 7) с желудочковыми нарушениями ритма неинвазивного генеза, которым выполнено неинвазивное дооперационное картирование с использованием системы «Амикард» (Россия) и инвазивное интраоперационное электроанатомическое картирование с использованием комплекса «Астрокард» (Россия) и последующей радиочастотой абляции.

Показаниями для предоперационного поверхностного картирования было: наличие стабильной мономорфной аллоритмии у пациента, нетипичная локализация очага, верифицированная по ЭКГ а также предшествующие неэффективные РЧА.

Пациентам в дооперационном периоде выполнялось неинвазивное картирование с использованием комплекса «Амикард» (Россия). Для этого, применялись одноразовые наклеиваемые электроды на поверхность грудной клетки и с них синхронно регистрировали ЭКГ в 224 однополюсных отведениях и 6 стандартных отведений от конечностей. Далее, не снимая электродов с поверхности грудной клетки, пациенту выполнялась компьютерная томография сердца в режиме ЭКГ-синхронизации с внутривенным контрастированием сердца.

Полученные данные обрабатывались при помощи программного обеспечения комплекса «Ами-

кард» (Россия). Обработка включала спектральную фильтрацию сигнала от мышечных и сетевых наводок и дрейфа изолинии. Из всей записи выделялись интересные желудочковые комплексы. Далее, в автоматическом режиме, по данным компьютерной томографии проводилось определение координат регистрирующих электродов на поверхности грудной клетки. Воспроизводились полигональные модели желудочков сердца. На основе анализа полученных данных определялись зоны ранней активации миокарда, соответствующее проекциям на эндокард и эпикард эктопических очагов в желудочках сердца.

После получения результатов картирования пациенту в условиях рентгенооперационной выполнялось электрофизиологическое исследование (ЭФИ), электроанатомическое инвазивное картирование с использованием импедансной навигационной системы «Астрокард» (Россия) и радиочастотная абляция (РЧА) аритмогенного очага. При этом во всех случаях выполнялась анатомическая реконструкция и построение активационной карты правого, а при расположении очага в левых отделах – левого желудочка.

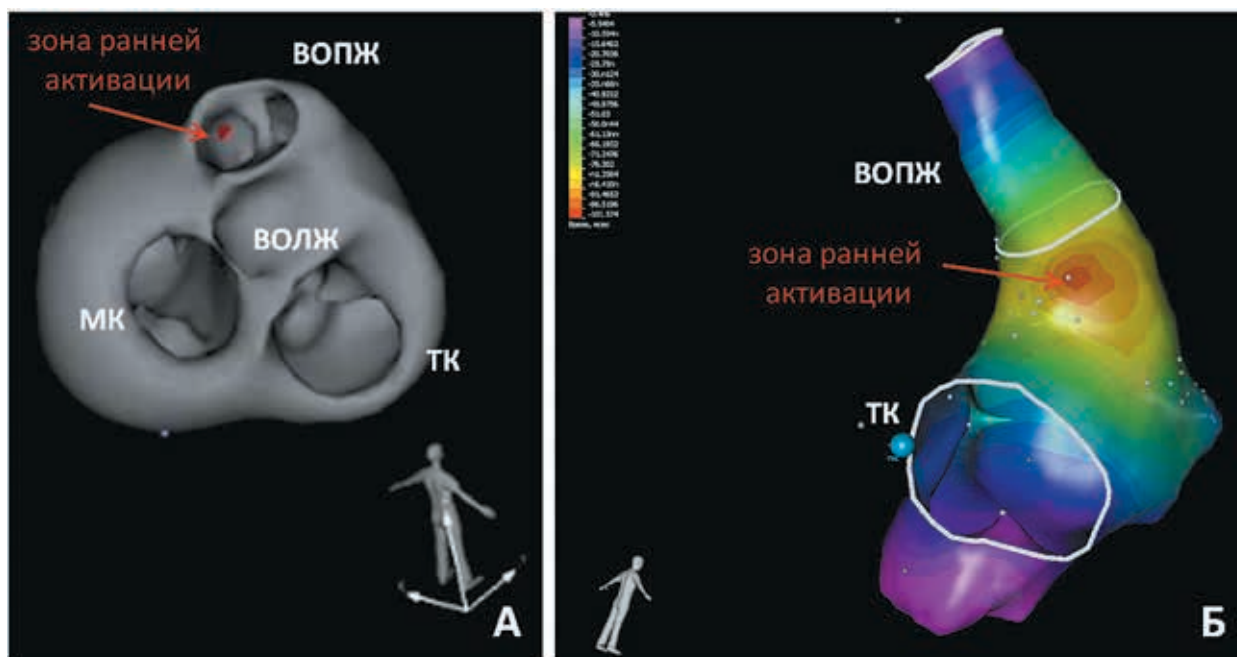
Для выполнения электрофизиологического картирования использовали алгоритм «расе тар», системы «Астрокард» (Россия), позволяющий с точностью до 99%, верифицировать совпадение стимуляционной экстрасистолы со спонтанной.

12 отведений ЭКГ (в диапазоне 0,05-160 Гц) и интракардиальные электрограммы (с фильтром 30-700 Гц) регистрировались и записывались на 128-ти канальном комплексе для проведения внутрисердечных электрофизиологических исследований («Астрокард», Россия) и хранились на жестком диске для последующего анализа.

Для диагностики использовались 10-ти и 20-ти полюсные катетеры, проведенные через подключичную вену и бедренные вены и установленные в дистальные отделы коронарного синуса и по ходу выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ) или в верхушку правого желудочка (ПЖ) соответственно.

Если ранняя активация, по установленным в коронарном синусе (КС) и правом желудочке (ПЖ) катетерах, регистрировалась в правых отделах, проводилась пункция правой бедренной вены, управляемый абляционный четырехполюсный электрод ThermoCool, 7Fr (Biosense Webster, США) устанавливался в ПЖ, где выполнялась анатомическая реконструкция ПЖ с поиском зоны ранней активации и построением активационной карты. Если ранних зон в правом желудочке не определялось, проводилась пункция правой бедренной артерии, картирующий электрод трансаортально позиционировался в левых отделах и проводилась реконструкция левого

Рисунок 1. Картирование эктопической желудочковой активности из ВОПЖ



А – карта распространения возбуждения, реконструированная системой неинвазивного картирования Амикард (Россия).

Б – изопотенциальная карта инвазивного электроанатомического картирования системой Астрокард (Россия).

МК – митральный клапан, ТК – трикуспидальный клапан, ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка, ВОЛЖ – выводной отдел левого желудочка.

желудочка (ЛЖ) с построением активационной карты.

Во всех случаях использовался алгоритм «расе тар» системы «Астрокард» (Россия). Для этого исходный эктопический желудочковый комплекс отмечался и запоминался в системе как шаблон. Картирующий электрод без прерывания стимуляции последовательно смещался в зоне интереса желудочков в пределах 2-3 мм. Стимуляция проводилась с дистальных полюсов аблационного электрода при 7 – 12 мА и 0,5-1,0 мс, в зависимости от зоны стимуляции. Стимуляционный комплекс автоматически регистрировался, а алгоритм системы проводил идентификацию стимуляционного комплекса со спонтанной экстрасистолой (ЭС), взятой изначально за шаблон и выдавал процент совпадения в режиме реального времени. Удовлетворительным считалось совпадение более 95%.

Результаты неинвазивного и инвазивного картирования и РЧА

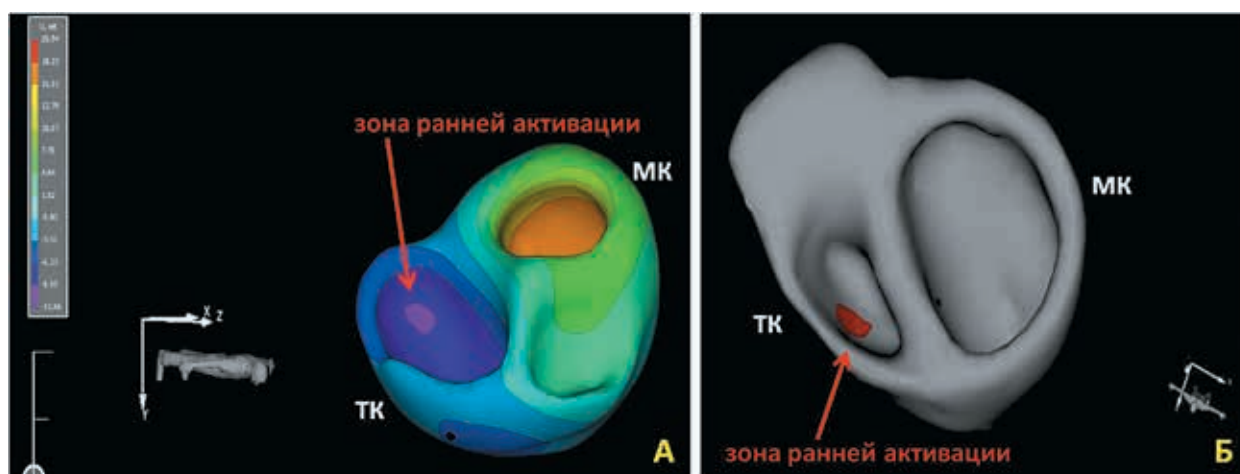
При неинвазивном картировании были реконструированы 3D модели правого и левого желудочков, построены изопотенциальные и изохронные карты на эпикарде и эндокарде желудочков, вы-

водных отделах и межжелудочковой перегородке. Также визуализирована карта распространения возбуждения с верификацией прорыва возбуждения на эндокардиальную или эпикардиальную поверхность сердца.

Были выявлены следующие локализации аритмогенного очага: выводной отдел правого желудочка (ВОПЖ) – у 10 пациентов, приточный отдел правого желудочка (ПОПЖ) – 3, верхушка правого желудочка (ПЖ) – 1, папиллярные мышцы левого желудочка (ЛЖ) – 3, приточный отдел ЛЖ – 1, выводной отдел ЛЖ (ВОЛЖ) – 2. При этом в 22 случаях прорыв возбуждения отмечался на эндокардиальную поверхность сердца, в 1 случае – на эпикардиальную, в проекции коронарной артерии (КА).

После эндокардиальной электроанатомической реконструкции желудочков сердца во всех случаях расположение очага совпало с неинвазивным картированием. После построения анатомии желудочков в режиме «fast map», картирующий электрод позиционировался в зону ранней активации, полученной при неинвазивном картировании и проводилось прицельное картирование ранней зоны с набором точек от 50 до 100, с использованием алгоритма «расе тар».

Рисунок 2. Картирование эктопической желудочковой активности в вершечке ПЖ

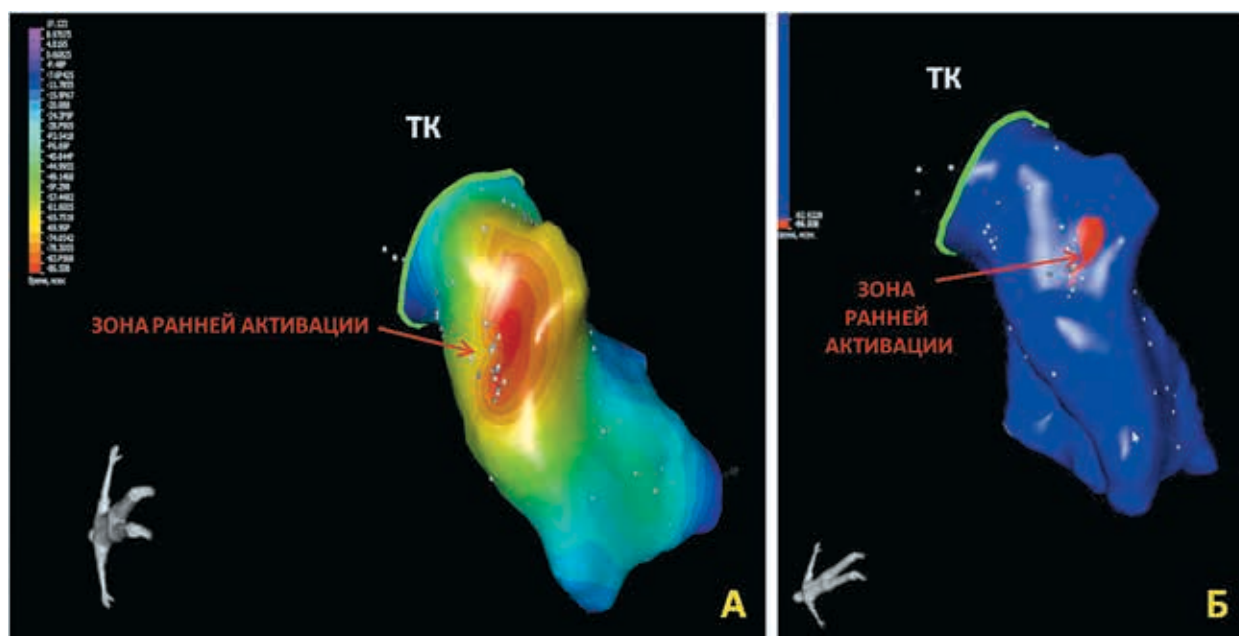


А – карта распространения возбуждения из вершины ПЖ верифицированная системой неинвазивного картирования Амикард (Россия).

Б – изопотенциальная карта с зоной ранней активации в вершечке ПЖ построенная с помощью электроанатомического картирования с использованием системы инвазивного картирования Астрокард (Россия).

ПЖ – правый желудочек, ЛЖ – левый желудочек.

Рисунок 3. Картирование эктопической желудочковой активности из приточного отдела ПЖ неинвазивной системой картирования Амикард (Россия)



А – изопотенциальная карта с зоной ранней активации под ТК.

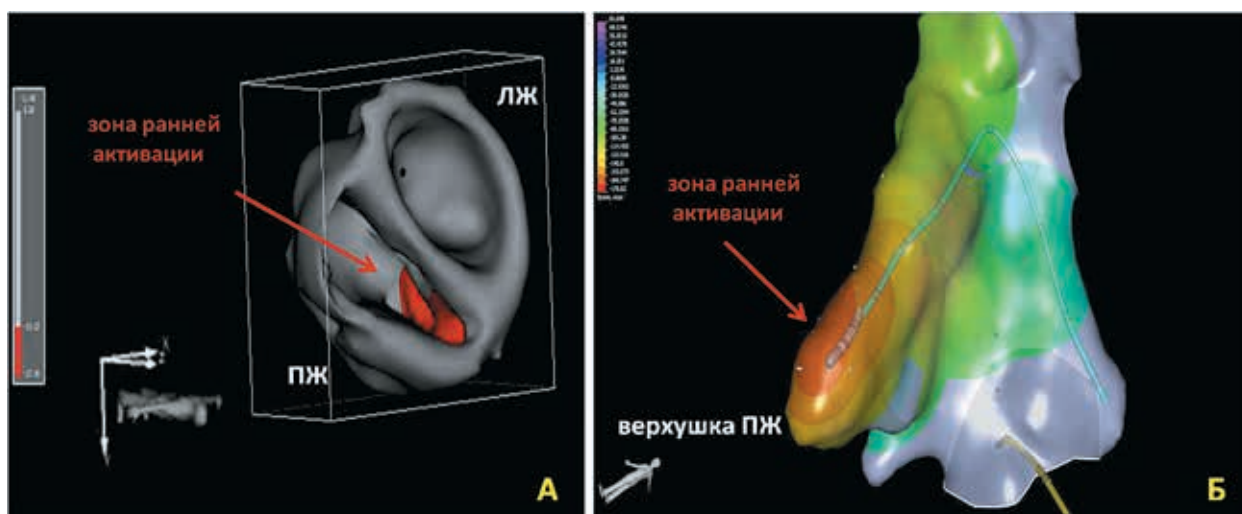
Б – карта распространения возбуждения.

МК – митральный клапан, ТК – трикуспидальный клапан

При локализации очага в ВОПЖ, у 8 из 10 пациентов при неинвазивном картировании верифицирована септальная локализация в подклапанной области легочной артерии, где достигнут 100 % эффект РЧА. В одном случае положительных критериев достичь не удалось. Несмотря на опережение

в ранней зоне более 55 мс, а процент совпадения при стимуляционном картировании в септальной и переднесептальной области ВОПЖ не превышал 85%. Пробные РЧА были без эффекта. Еще у одного пациента при положительных критериях стимуляционного картирования, опережения в ранней

Рисунок 4. Анатомическая реконструкция ПЖ с использованием системы инвазивного картирования Астрокард (Россия)



А – изопотенциальная карта с зоной ранней активации под ТК.

Б – карта распространения возбуждения в приточном отделе ПЖ.

ТК – трикуспидальный клапан

зоне более 40 мс и совпадения изопотенциальной карты множественные РЧА не привели к эффекту. В этих случаях также решено считать очаг интрамуральным (Рис.1).

У пациентов с локализацией очага в приточном отделе, как правого, так и левого желудочков, несмотря на сложность локализации, было получено положительное стимуляционное картирование, при совпадении более 95%, с зоной ранней активации более 40 мс. (Рис 2, 3).

У пациента с верхушечной эндокардиальной локализацией активности, имеющего в анамнезе две неуспешные РЧА в других клиниках, так же отмечалось совпадение локализации, положительное стимуляционное картирование при совпадении более 95 %, а при РЧА отмечалось исчезновение спонтанной ЭС и пробежек ЖТ во время воздействия. Однако полной элиминации очага достичь не удалось. При последующем суточном мониторинге по Холтеру отмечалось снижение количества ЭС от 22 тыс. до 5 т тыс. в сутки и исчезновение пробежек ЖТ. Эффект расценен как относительный в связи с глубоким расположением очага (Рис.4).

У пациентов с локализацией очага в эпикардиальной области ВОЛЖ, у одного пациента верифицирована зона активации в левом синусе Вальсальвы, с положительным эффектом РЧА. В одном случае ранняя зона находилась внутри коронарной артерии (ПМЖВ), где РЧА не проводилась. При этом, по неинвазивному было четко верифицирована принципиальные различия ранней зоны и активационных карт.

При локализации аритмогенного очага в области папиллярных мышц ЛЖ (у 2 пациентов), благодаря неинвазивному картированию, и построению анатомической модели ЛЖ, прорыв возбуждения определялся в области передней папиллярной мышцы. Это значительно облегчило эндокардиальный поиск ранней зоны.

Параметры РЧА с использованием орошаемого электрода составили 45-48°C, 35-40 Вт. Длительность процедуры составила 75±20 мин, время флюороскопии 35±17 мин. Общая эффективность РЧА составила 82,6%(19). При этом точность совпадения неинвазивного и эндокардиального инвазивного картирования составила 98%.

Обсуждение результатов

В настоящее время в мире существует две системы неинвазивного поверхностного картирования – система CardioInsight (Medtronic) и система Амикард (Россия), позволяющие еще в дооперационном периоде верифицировать зону ранней активации при предсердных и желудочковых аритмиях или область роторной активности при фибрилляции предсердий. Система позволяет определить не только анатомическую локализацию субстрата, но и расположение относительно поверхности сердца – эндокардиально или эпикардиально.

Система работает по принципу обратной задачи ЭКГ. Для этого требуется реконструировать потенциал электрического поля сердца на эпикардиальной поверхности сердца на основе поверхностной записи ЭКГ[1,2]. Решение этой задачи позволяет неинвазивно

ным путем восстановить электрограмму на эпикардиальной поверхности сердца и провести построение эпикардиальных активационных карт. Важное преимущество этого подхода – неинвазивность, а недостаток – проведение только эпикардиального картирования, в то время как эндокардиальное картирование несет более ценную информацию [3,4].

Если раньше топическая диагностика достигалась только путем прямых измерений с поверхности миокарда в условиях хирургического или интервенционного вмешательства, то неинвазивное картирование позволяет с аналогичной точностью достичь результата без интервенции.

Одновременное эпикардиальное и эндокардиальное картирование должно определять глубину источника патологического возбуждения в миокарде по отношению к эпикарду и эндокарду. Такая точность очень важна для выбора тактики лечения хирургического или интервенционного при эктопических аритмиях. По предшествующим Российским исследованиям 2012-2015 года, процент совпадения неинвазивного и инвазивного картирования желудочковых аритмий составил 89% [5,6].

Немаловажную роль для подтверждения точности неинвазивного картирования интраоперационно имеют электрофизиологические критерии нахождения электрода в ранней зоне. Это достигается использованием описанного нами ранее алгоритма «расе тар», что, безусловно, позволяет проводить РЧА при максимальных критериях эффективности [7].

Так же, широко используется в настоящее время неинвазивное картирование для верификации областей ранней активации и роторной активности при персистентных формах фибрилляции предсердий с использованием фазовых карт. В настоящее время ведется поиск возможностей проведения прицельной РЧА в областях верифицированных роторов для повышения эффективности катетерного лечения фибрилляции предсердий [8,9]. Аналогичный поиск ведется в мультицентровых исследованиях с использованием системы CardioIsite [10].

Заключение

Использование неинвазивного дооперационного картирования целесообразно использовать у пациентов со сложными нетипичными локализациями желудочковых аритмий. Это позволяет с достаточно высокой точностью верифицировать аритмогенный очаг в желудочках сердца, что подтверждается результатами инвазивного картирования и безусловно повысить эффективность РЧА и уменьшить длительность процедуры и лучевой нагрузки, а также определить на дооперационном этапе тактику лечения.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. MacLeod RS, Brooks DH. Recent progress in inverse problems in electrocardiology. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998;17(1):73-83.
2. Ramanathan C, Ghanem RN, Jia P, et al. Noninvasive electrocardiographic imaging for cardiac electrophysiology and arrhythmia. *Nat Med.* 2004;10(4):422-428.
3. Bokeriya LA, Revishvili AS, Kalinin VV. Non-invasive endocardial mapping of ventricles on the basis of solution of reverse problem of electrocardiography. *Journal Of Arrhythmology.* 2009; 57: 24-28. In Russian. [Бокерия Л.А., Ревিশвили А.Ш., Калинин В.В., Ляджина О.С., Фетисова Е.А., Симонян Г.Ю. Неинвазивное эндокардиальное картирование желудочков сердца на основе решения обратной задачи электрокардиографии. *Вестник аритмологии.* 2009; 57: 24-28].
4. Bokeriya LA, Revishvili AS, Kalinin VV. Hardware-software system for noninvasive electrocardiographic heart examination based on inverse problem of electrocardiography, *Biomedical Engineering,* 2008; 42(6): 273-279. In Russian. [Бокерия Л.А., Ревিশвили А.Ш., Калинин В.В. и др. Программно-аппаратный комплекс для неинвазивного электрофизиологического исследования сердца на основе решения обратной задачи электрокардиографии. *Медицинская техника.* 2008; 6: 1-7].
5. Revishvili AS, Kalinin VV, Kalinin AV, et al. Non-Invasive Diagnostics and Results of Interventive Treatment of Cardiac Arrhythmia Using the New System of Non-Invasive Surface Mapping “Amycard OIK”. *Annals of Arrhythmology.* 2012; 3: 39-47. In Russian. [Ревিশвили А.Ш., Калинин В.В., Калинин А.В., и др. Неинвазивная диагностика и результаты интервенционного лечения аритмий сердца с использованием новой системы неинвазивного поверхностного картирования «АМИКАРД OIK» *Анналы аритмологии.* 2012; 3: 39-47].
6. Revishvili AS, Wissner E, Lebedev DS, et al. Validation of the mapping accuracy of a novel non-invasive epicardial and endocardial electrophysiology system. *Europace.* 2015;17(8):1282-1288.
7. Revishvili AS, Artyukhina EA, Popov AY, et al. Management of ventricular arrhythmias using the pace map algorithm of the astro-card cardio efi 2 electrophysiological system. *Journal Of Arrhythmology.* 2016; 86: 15-19. In Russian. [Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А., Попов А.Ю., и др. Устранение желудочковых нарушений ритма с использованием алгоритма «расе тар» электрофизиологической системы «АСТРОКАРД – КАРДИО ЭФИ 2». *Вестник аритмологии.* Санкт-Петербург. 2016; 86: 15-19].
8. Revishvili AS, Artjuhina EA, Labazanov AL, et al. Use of the AMICARD diagnostic complex to eliminate atrial extrasystole from the right upper pulmonary vein. *Journal Of Arrhythmology.* 2011; 66: 59-61. In Russian. [Ревিশвили А.Ш., Артюхина Е.А., Лабазанов А.Л., и др. Использование диагностического комплекса АМИКАРД для устранения предсердной экстрасистолы из правой верхней легочной вены. *Вестник аритмологии.* 2011; 66: 59-61].

9. Revishvili ASh, Fetisova EA, Kalinin VV. Electrophysiological mechanisms underlying termination of atrial fibrillation: insights gained from non-invasive phase mapping. Journal Of Arrhythmology. 2017; 88: 8-12. In Russian. [Ревишвили А.Ш., Фетисова Е.А., Калинин В.В., и др. Электрофизиологические механизмы прекращения фибрилляции предсердий: новое понимание, полученное на основе неинвазивного фазового картирования. Вестник аритмологии. 2017; 88: 8-12].

10. Knecht S, Sohal M, Deisenhofer I, et al. Multicentre evaluation of non-invasive biatrial mapping for persistent atrial fibrillation ablation: the AFACART study. Europace. 2017;19(8):1302-1309.

Информация об авторах:

Яшков Максим Валерьевич, врач ординатор, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России;

Author information:

Maxim V. Yashkov, resident, cardiovascular surgeon, Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery.