

## НЕИНВАЗИВНОЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЖЕЛУДОЧКОВЫХ НАРУШЕНИЙ РИТМА СЕРДЦА

М.С. Хлынин, Р.Е. Баталов, С.В. Попов, С.Н. Криволапов

ФГБУ "НИИ кардиологии" СО РАМН, Томск  
E-mail: mskhlynin@mail.ru

## NONINVASIVE ELECTROCARDIOGRAPHIC MAPPING OF VENTRICULAR ARRHYTHMIAS

M.S. Khlynin, R.E. Batalov, S.V. Popov, S.N. Krivolapov

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Cardiology" of Siberian Branch  
under the Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk

Цель исследования: сравнить точность неинвазивной топической диагностики желудочковых аритмий на основе результатов неинвазивного картирования и данных внутрисердечного электрофизиологического исследования (ЭФИ). Был обследован 81 пациент (30 мужчин и 51 женщина) в возрасте от 20 до 67 лет (средний возраст – 43,5 года) с желудочковой экстрасистолией (ЖЭС) различной этиологии и локализации. Всем пациентам проводилось неинвазивное ЭФИ сердца с использованием программно-аппаратного комплекса "Амикард", затем внутрисердечное ЭФИ и радиочастотная абляция (РЧА) желудочковых нарушений ритмов сердца (НРС). При сравнении результатов неинвазивного и внутрисердечного ЭФИ в 73 случаях было совпадение локализаций аритмогенного фокуса, в 8 случаях документированы расхождения. Таким образом, точность метода для топической диагностики ЖЭС составляла 90,12%.

**Ключевые слова:** желудочковая экстрасистолия, неинвазивная топическая диагностика, внутрисердечное электрофизиологическое исследование.

The aim of this study was to test the accuracy of the noninvasively obtained ventricular activation as compared with that of standard invasive mapping in patients with ventricular arrhythmias. A total of 81 patients (30 male and 51 female) aged 20 to 67 years (mean age of 43.5 years) with ventricular arrhythmias of different localization and etiology were examined. All patients underwent noninvasive electrophysiologic examination, which was performed with Amycard System and subsequent intracardiac mapping and radiofrequency catheter ablation. Comparison of data from the noninvasive and intracardiac electrophysiology studies showed identical localization of the arrhythmogenic foci in 73 cases; discordant results were documented in 8 patients. Thereby, the accuracy of the noninvasive mapping in patients with arrhythmias was 90.12%.

**Key words:** premature ventricular contraction, noninvasive topical diagnostics, intracardiac electrophysiological study.

Как известно, желудочковые нарушения ритма сердца (НРС) являются важной медицинской проблемой: они могут нарушать гемодинамику, приводить к ремоделированию миокарда, а также формированию аритмогенной кардиомиопатии и развитию в конечном итоге сердечной недостаточности со значительным снижением качества жизни пациентов [5, 8]. Среди желудочковых НРС выделяют две большие группы – коронарогенные и некоронарогенные. Группа коронарогенных желудочковых аритмий наиболее распространена и связана с атероск-

леротическим поражением коронарных артерий, ишемической болезнью сердца. Некоронарогенная группа составляет около 15% всех желудочковых аритмий и включает в себя желудочковые НРС у пациентов с кардиомиопатиями, в том числе аритмогенной дисплазией правого желудочка, пороками сердца, перенесенным миокардитом, наследственной каналопатией (синдром Бругада, синдром удлиненного интервала QT и др.), а также ятрогенные и истинно идиопатические желудочковые аритмии [4, 8].

Медикаментозная терапия у пациентов с желудочковыми НРС часто оказывается малоэффективной, поэтому современные подходы к обследованию и лечению таких пациентов связаны с активным внедрением в клиническую практику новых методов электрофизиологической диагностики и интервенционных методов лечения [3, 6, 10, 12]. Развитие электрофизиологической диагностики связано с двумя направлениями: совершенствованием техники инвазивного ЭФИ сердца и разработкой неинвазивных методов электрофизиологической диагностики, среди которых наиболее интересным является направление, связанное с совершенствованием методов топической диагностики аритмий. Первые попытки определить локализацию аритмогенного фокуса были предприняты еще в 1969 г. М.В. Rosenbaum, который попытался классифицировать желудочковые экстрасистолы (ЖЭС) на право- и левожелудочковые на основании морфологии комплекса QRS по данным поверхностной электрокардиограммы (ЭКГ), базируясь в первую очередь на конфигурации комплекса в виде блокад ножек пучка Гиса [2]. К настоящему времени предложено несколько алгоритмов топической диагностики ЖЭС по стандартной ЭКГ в 12 отведениях [2, 8, 9]. Эти алгоритмы показывают достаточно высокую специфичность и чувствительность в плане определения принадлежности аритмогенного фокуса к тем или иным анатомическим зонам желудочков. Однако размер этих зон достаточно большой, и поэтому точно локализовать аритмогенный фокус невозможно [4].

Новые возможности диагностики сердечных аритмий открывают методы, основанные на вычислительной реконструкции электрофизиологических процессов сердца, в частности, на решении обратной задачи электрокардиографии. Понятие обратной задачи электрокардиографии (Inverse Problem in Electrocardiography) было введено видными электрофизиологами R. Plonsey, R.C. Barr, V. Taccardi в конце 60-х – начале 70-х годов XX в. [1, 13]. Суть данной методики заключается в том, чтобы по данным многоканальной регистрации ЭКГ с поверхности грудной клетки создать вычислительную реконструкцию электрограмм на эпикардиальной и эндокардиальной поверхностях сердца, т.е. по распределению потенциала электрического поля сердца в заданный момент времени на поверхности грудной клетки можно вычислить распределение потенциала на эпикарде и эндокарде и, таким образом, по поверхностной изопотенциальной карте построить изопотенциальную эпикардиальную и эндокардиальную карту. В дальнейшем по имеющимся изопотенциальным эпикардиальным и эндокардиальным картам можно построить изохронные карты и карты распространения волны возбуждения. Таким образом, электрофизиологические методики на основе обратной задачи электрокардиографии позволяют неинвазивным путем получить информацию, по диагностической ценности сопоставимую с результатами инвазивного ЭФИ сердца [7].

Впервые реализовать методику неинвазивного эпикардиального картирования удалось научному коллективу под руководством проф. Y. Rudy (США), предложившему в 2004 г. вариант методики, названный авторами Noninvasive Electrocardiographic Imaging, который предус-

матривает помимо поверхностного ЭКГ-картирования проведение компьютерной томографии (КТ) грудной клетки и сердца. Аналогичную методику под названием Noninvasive Imaging of Cardiac Electrophysiology представила группа исследователей из медицинского университета Инсбрука (Австрия). Отличия этой методики от разработки американских коллег заключались в применении магнитно-резонансной томографии (МРТ) для построения трехмерных моделей торса и сердца и использования существенно меньшего числа ЭКГ-отведений на поверхности грудной клетки [7, 11, 14].

Однако несмотря на значительные успехи, достигнутые рядом научно-исследовательских групп, остаются актуальными задачи разработки более эффективных методов решения обратной задачи электрокардиографии и совершенствования методов электрофизиологической диагностики на ее основе, поскольку по поверхностным эпикардиальным картам при некоторых локализациях желудочковых НРС можно определить только принадлежность аритмогенной зоны к желудочкам сердца. Обычно это возможно при локализации эктопического очага перегородочной позиции. С учетом вышеуказанных недостатков в 2006–2010 гг. в ФГБУ ЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН был разработан российский программно-аппаратный комплекс “Амикард” для неинвазивного ЭФИ сердца, который позволяет проводить реконструкцию потенциала электрического поля сердца не только на эпикардиальной поверхности сердца, но и на эндокардиальной поверхности предсердий и желудочков [4].

## Материал и методы

В отделении хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН был обследован 81 пациент (30 мужчин и 51 женщина) в возрасте от 20 до 67 лет (средний возраст – 43,5 года) с желудочковыми НРС различной этиологии и локализации. При поступлении в стационар 63 пациента предъявляли жалобы на перебои в работе сердца (12 пациентов также жаловались на частые головокружения, у 3 пациентов были эпизоды потери сознания в анамнезе); 18 пациентов жалоб не предъявляли. У 60 пациентов на догоспитальном этапе проводилась антиаритмическая терапия препаратами разных классов, однако у 42 пациентов данная терапия оказалась абсолютно неэффективной, а у 18 пациентов отмечался положительный эффект в виде уменьшения количества ЖЭС по данным контрольного холтеровского мониторирования ЭКГ. Однако в дальнейшем данная терапия была отменена в связи с развитием побочных эффектов или увеличением количества ЖЭС. 21 пациенту антиаритмическая терапия не назначалась.

В стационаре пациентам проводилось следующее обследование: ЭКГ в 12 отведениях, холтеровское мониторирование ЭКГ, клинический и биохимический анализы крови, трансторакальная эхокардиография. Коронарография проводилась пациентам старше 40 лет для исключения значимых атеросклеротических изменений коронарных артерий и, соответственно, ишемического генеза НРС.

По данным суточного мониторирования ЭКГ, у всех

пациентов документирована частая монотопная ЖЭС (более 5000 за период мониторирования).

Всем пациентам проводилось неинвазивное ЭФИ, включающее в себя:

1. Многоканальную регистрацию ЭКГ в 240 отведениях с поверхности грудной клетки.
2. Спиральную компьютерную томографию (СКТ) в режиме ЭКГ-синхронизации с внутривенным болюсным контрастированием.
3. Обработку результатов на программно-аппаратном комплексе "Амикард" (по данным СКТ строились трехмерные модели сердца, осуществлялась реконструкция электрограмм на поверхность эпикарда и эндокарда, основанная на многоканальной записи ЭКГ с грудной клетки).
4. По полученным эпикардиальным и эндокардиальным изопотенциальным и изохронным картам на трехмерных моделях сердца определялись области наиболее ранней активации, соответствующие проекции эктопического источника.

После предоперационного обследования проводилось внутрисердечное ЭФИ и РЧА желудочковых НРС. Выявленная локализация эктопического источника сравнивалась с данными внутрисердечного ЭФИ.

## Результаты

По результатам неинвазивного ЭФИ, у 56 пациентов аритмогенный фокус находился в правом желудочке (ПЖ): у 3 пациентов – в передне-боковой области выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ), у 7 – на передней стенке ВОПЖ, у 17 – в передне-перегородочной области ВОПЖ (рис. 1 на 2-й стр. обложки), у 22 – в перегородочной позиции ВОПЖ, у 2 – на задней стенке ВОПЖ; у 2 – на свободной стенке ПЖ, у 1 – в передне-перегородочной области на границе между верхушечными и средними сегментами ПЖ и у 2 – под кольцом трикуспидального клапана, паракисально, что совпало с данными внутрисердечного ЭФИ. Всем пациентам была успешно проведена РЧА аритмогенного фокуса (рис. 1).

У 17 пациентов источник возбуждения находился в левом желудочке (ЛЖ): у 2 пациентов – в верхушечных отделах межжелудочковой перегородки (МЖП), у 1 – в базальных отделах боковой стенки ЛЖ, у 2 – в базальных отделах задней стенки ЛЖ; у 3 – в проекции некоронарогенного синуса Вальсальвы, у 2 – на границе правого и левого синусов Вальсальвы, у 2 – в проекции устья правой коронарной артерии и у 4 – в проекции устья левой коронарной артерии. Данные локализации также совпали с результатами внутрисердечного картирования.

У 8 пациентов локализации аритмогенного фокуса не совпали. Согласно инвазивному ЭФИ и успешной РЧА, у 1 пациента источник аритмии располагался рядом с устьем левой коронарной артерией, однако неинвазивное картирование показало зону наиболее ранней активации в передне-септальной проекции ВОПЖ; у 2 – ЖЭС была из задне-септальной позиции базальных отделов ЛЖ, при проведении неинвазивного картирования в одном случае нам вообще не удалось определить зону наиболее

ранней активации, а во втором случае мы могли лишь предположить, что аритмогенный фокус находится на задней стенке базальных отделов ЛЖ; у 1 – под кольцом трикуспидального клапана, рядом с пучком Гиса. Неинвазивное картирование показало зону наиболее раннего возбуждения в проекции устья левой коронарной артерии; у 1 – в задне-септальной позиции ВОПЖ, согласно неинвазивному ЭФИ, аритмогенный фокус должен был располагаться в передне-септальной позиции ВОПЖ; у 1 – в базальных отделах свободной стенки ПЖ, однако неинвазивное картирование показало зону наиболее раннего возбуждения в средних отделах МЖП. Еще у 2 – ЖЭС была из папиллярной мышцы ЛЖ, при неинвазивном ЭФИ вообще не удалось определить источник аритмии.

## Обсуждение

Наиболее аритмогенной зоной при ЖЭС является ВОПЖ, здесь локализовано 64,1% исследуемых нами желудочковых аритмий. Точность неинвазивной топической диагностики желудочковых НРС в данной области достигает 98,0% (только в 1 случае из 52 мы получили расхождение между результатами внутрисердечного и неинвазивного ЭФИ). В проекциях синусов Вальсальвы локализовано 14,9% исследуемых нами желудочковых аритмий (12 пациентов). Точность диагностики с помощью программно-аппаратного комплекса "Амикард" для данной локализации составляет 91,6% (в 1 случае мы получили расхождение результатов). ЖЭС из приточного отдела ПЖ была у 7 (8,6%) пациентов, в 2 случаях источник аритмии, определенный с помощью неинвазивного картирования, не совпал с данными внутрисердечного ЭФИ. У 10 (12,4%) пациентов аритмогенный фокус располагался в приточном отделе ЛЖ. Данная область сердца, на наш взгляд, представляется наиболее сложной с точки зрения неинвазивного картирования желудочковых аритмий. Точность неинвазивной топической диагностики составляла всего 60% (в 4 случаях из 10 мы получили расхождения между результатами внутрисердечного и неинвазивного ЭФИ). При ЖЭС из папиллярных мышц ЛЖ нам вообще не удалось определить зону начала возбуждения при неинвазивном ЭФИ, используя как эпикардиальное, так и эндокардиальное картирование.

В целом же полученные нами данные показывают, что точность метода для топической диагностики желудочковых НРС составляет 90,12%, что свидетельствует о высокой диагностической ценности и перспективности применения неинвазивного картирования в предоперационном обследовании пациента. Основными причинами погрешности топической диагностики, на наш взгляд, являются: наличие "шума" и "наводок" при записи ЭКГ, дыхательные движения грудной клетки при поверхностном картировании и во время проведения СКТ, качество томограмм, полученных при СКТ, что в большей степени зависит от количества срезов за оборот спирали томографа.

## Выводы

Топическая диагностика желудочковых НРС на основе использования неинвазивного активационного карти-

рования позволяет с достаточно высокой степенью точности выявлять зоны ранней активации и локализацию аритмогенного фокуса (точность метода – 90,12%).

### Литература

1. Барр Р., Спек М. Решения обратной задачи, выраженные непосредственно в форме потенциала // Теоретические основы электрокардиологии / пер. с англ. – М.: Медицина, 1979. – С. 168–192.
2. Вайнштейн А.Б., Яшин С.М., Думпис Я.Ю. и др. Электрокардиографическая топическая диагностика некоронарогенных желудочковых аритмий // Вестник аритмологии. – 2004. – № 34. – С. 11–17.
3. Голухова Е.З. Желудочковые аритмии. Современные аспекты диагностики и лечения. – М.: НЦ ССХ им. А.Н.Бакулева, 1996. – 125 с.
4. Ляджина О.С., Калинин В.В., Фетисова Е.А. и др. Топическая диагностика некоронарогенной желудочковой экстрасистолии на основе неинвазивного активационного картирования // Вестник аритмологии. – 2009. – № 57. – С. 47–51.
5. Пармон Е.В., Трешкур Т.В., Шляхто Е.В. Идиопатические желудочковые нарушения ритма (анализ проблемы) // Вестник аритмологии. – 2003. – № 31. – С. 60–71.
6. Ревишвили А.Ш., Батуркин Л.Ю., Рзаев Ф.Г. и др. Желудочковые тахикардии: современное состояние проблемы // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2003. – № 1. – С. 17–26.
7. Ревишвили А.Ш., Калинин В.В., Ляджина О.С. и др. Верификация новой методики неинвазивного электрофизиологического исследования сердца, основанной на решении обратной задачи электрокардиографии // Вестник аритмологии. – 2008. – № 51. – С. 7–12.
8. Ревишвили А.Ш., Носкова М.В., Рзаев Ф.Г. и др. Неинвазивная топическая диагностика некоронарогенных желудочковых аритмий // Вестник аритмологии. – 2004. – № 4. – С. 5–10.
9. Ревишвили А.Ш., Рзаев Ф.Г., Снегур Р.Ю. Алгоритм топической диагностики правожелудочковых аритмий // Вестник аритмологии. – 2006. – № 46. – С. 5–1.
10. Яшин С.М., Шубик Ю.В. Трансвенозная катетерная радиочастотная абляция как метод лечения идеопатической правожелудочковой экстрасистолии // Вестник аритмологии. – 2000. – № 20. – С. 80–81.
11. Berger T., Fisher G., Pfeifer B. et al. Single-beat noninvasive imaging of cardiac electrophysiology of ventricular pre-excitation // J. Am. Coll. Cardiol. – 2006. – Vol. 48. – P. 2045–2052.
12. Lauck G., Burkhardt D., Manz M. Radiofrequency catheter ablation of symptomatic ventricular ectopic beats originating in the right outflow tract // Pacing Clin. Electrophysiol. – 1999. – Vol. 22 (Pt 1). – P. 5–16.
13. Plonsey R. Bioelectric phenomena. – New York, 1969. – 380 с.
14. Ramanathan C., Ghanem R.N., Jia P. et al. Electrocardiographic Imaging (ECGI): a noninvasive imaging modality for cardiac electrophysiology and arrhythmia // Nature Medicine. – 2004. – Vol. 10. – P. 422–428.

Поступила 06.02.2013

### Сведения об авторах

**Хлынин Михаил Сергеевич**, аспирант ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: mskhlynin@mail.ru.

**Баталов Роман Ефимович**, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: romancer@cardio.tsu.ru.

**Попов Сергей Валентинович**, профессор, чл.-корр. РАМН, руководитель отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: psv@cardio.tsu.ru.

**Криволатов Сергей Николаевич**, врач анестезиолог-реаниматолог отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: ksn@cardio.tsu.ru.