

<https://doi.org/10.35336/VA-2021-4-57-61>

ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НЕИНВАЗИВНОГО КАРТИРОВАНИЯ  
В ЛЕЧЕНИИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИ ЗНАЧИМОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ТАХИКАРДИИ  
ИЗ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

И.А.Таймасова, М.В.Яшков, Е.А.Артюхина, А.Ш.Ревишвили

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В.Вишневого  
Минздрава России, Москва, Большая Серпуховская ул., д.27.

*Представлен клинический случай катетерного лечения гемодинамически нестабильной желудочковой тахикардии из межжелудочковой перегородки с применением поверхностного неинвазивного интраоперационного и высокоплотного картирования эндокардиальной поверхности левого желудочка.*

**Ключевые слова:** желудочковая тахикардия; поверхностное неинвазивное картирование; высокоплотное субстратное картирование; межжелудочковая перегородка

**Конфликт интересов:** не заявляется

**Финансирование:** работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда №19-15-00406: Исследование электрофизиологических механизмов и разработка методов интервенционного лечения жизнеугрожающих желудочковых аритмий на основе неинвазивного картирования сердца

**Рукопись получена:** 14.06.2021 **Исправленная версия получена:** 25.10.2021 **Принята к публикации:** 26.10.2021

**Ответственный автор:** Ирина Азатовна Таймасова, E-mail: irina-tame@yandex.ru

И.А.Таймасова - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, М.В.Яшков - ORCID ID 0000-0003-3997-8252, Е.А.Артюхина - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, А.Ш.Ревишвили - ORCID ID 0000-0003-1791-9163

**Для цитирования:** Таймасова ИА, Яшков МВ, Артюхина ЕА, Ревишвили АШ. Интраоперационное применение поверхностного неинвазивного картирования в лечении гемодинамически значимой ишемической желудочковой тахикардии из межжелудочковой перегородки. *Вестник аритмологии.* 2021;28(4): 57-61. <https://doi.org/10.35336/VA-2021-4-57-61>.

INTRAPROCEDURAL ELECTROCARDIOGRAPHIC IMAGING OF A HEMODYNAMICALLY UNSTABLE  
ISCHEMIC VENTRICULAR TACHYCARDIA ORIGINATING FROM THE INTERVENTRICULAR SEPTUM

I.A. Taimasova, M.V. Yashkov, E.A. Artyukhina, A.Sh. Revishvili

A.V.Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery, Moscow, 27 Bolshaya Serpuhovskaya str.

*The article presents a clinical case of catheter treatment of hemodynamically unstable ischemic ventricular tachycardia originating from interventricular septum using electrocardiographic imaging and high-density endocardial substrate mapping.*

**Key words:** ventricular tachycardia; electrocardiographic imaging; high density substrate mapping; interventricular septum

**Conflict of Interests:** nothing to declare

**Funding:** this work supported by the Russian Science Foundation №19-15-00406: Study of electrophysiological mechanisms and development of methods for interventional treatment of life-threatening ventricular arrhythmias based on non-invasive cardiac mapping

**Received:** 14.06.2021 **Revision Received:** 25.10.2021 **Accepted:** 26.10.2021

**Corresponding author:** Irina Taimasova, E-mail: irina-tame@yandex.ru

I.A.Taimasova - ORCID ID 0000-0002-9280-9063, M.V.Yashkov - ORCID ID 0000-0003-3997-8252, E.A.Artyukhina - ORCID ID 0000-0001-7065-0250, A.Sh.Revishvili - ORCID ID 0000-0003-1791-9163

**For citation:** Taimasova IA, Yashkov MV, Artyukhina EA, Revishvili ASH. Intraprocedural electrocardiographic imaging of a hemodynamically unstable ischemic ventricular tachycardia originating from the interventricular septum. *Journal of Arrhythmology.* 2021; 2021;28(4): 57-61. <https://doi.org/10.35336/VA-2021-4-57-61>.

Желудочковая тахикардия (ЖТ) и фибрилляция желудочков вносят значительный вклад в структуру заболеваний, приводящих к внезапной сердечной смерти (ВСС) у пациентов с ишемической болезнью сердца [1]. ВСС по причине ЖТ составляют 5,6% от общей смертности в популяции [2]. У пациентов с ишемической болезнью сердца и эпизодами неустойчивой ЖТ риск ВСС при двухлетнем наблюдении составляет 28%, при пятилетнем увеличивается до 32% [3]. Имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы снижают риск возникновения ВСС от ЖТ, но многократные шоковые разряды ассоциированы с ухудшением прогноза заболевания и качества жизни пациентов [4]. С развитием инвазивных технологий в аритмологии, катетерная абляция стала альтернативным методом лечения ЖТ, особенно у пациентов с постинфарктным кардиосклерозом [5, 6].

В последние годы все большее развитие получают неинвазивные методы диагностики аритмий, такие как поверхностное неинвазивное электрофизиологическое картирование (ПНЭК). Суть процедуры заключается в анализе, интерпретации и совмещении данных записи с поверхностных электродов ЭКГ на 3D-модель сердца пациента. Достоинствами данного метода является неинвазивность процедуры, возможность топической диагностики путем анализа небольшого неустойчивого фрагмента желудочковой аритмии (вплоть до единичной желудочковой экстрасистолы). Все это позволяет определить вид и тактику оперативного вмешательства на основании дифференциальной оценки зоны интереса по локализации в эпи- и эндокарде [7]. Несмотря на многообещающие перспективы данной методики, точность ПНЭК в области межжелудочковой (МЖП) является невысокой (медиана 23 мм), что является ограничивающим фактором на пути внедрения ПНЭК в клиническую практику для диагностики ЖТ. Неинвазивное картирование области МЖП сопряжено с определенными внутренними трудностями, связанными с положением МЖП, фактически скрытой свободными стенками желудочков сердца [8].

Целью представления данного наблюдения являлась демонстрация использования метода ПНЭК интраоперационно и его возможностей в определении зоны ЖТ из МЖП.

*Пациент И., 75 лет, госпитализирован в клинику для выполнения радиочастотной абляции ЖТ с диагнозом: пароксизмальная устойчивая ЖТ, постоянная форма фибрилляции-трепетания предсердий, нормосистолическая форма, CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>VASc - 5 баллов, HAS-BLED 2 балла. Ишемическая болезнь сердца: постинфарктный кардиосклероз (ИМ от 2014 года). Аортокоронарное шунтирование передней межжелудочковой артерии, диагональной ветви, задней межжелудочковой артерии от 2014 года. Гипертоническая болезнь III ст, степень артериальной гипертензии 3, риск сердечно-сосудистых осложнений 4. Хроническая сердечная недостаточность 2а, функциональный класс III по NYHA.*

*Пароксизмы возникали на фоне антиаритмической терапии (бисопролол 5 мг в сутки, амиодарон 200 мг в сутки), купировались внутривенным введением*

*амиодарона либо электроимпульсной терапией. По данным суточного мониторинга ЭКГ по Холтеру: ритм фибрилляции-трепетания предсердий со средней ЧСЖ 78 уд/мин. Эктопическая желудочковая активность представлена неустойчивыми гемодинамически значимыми пробежками ЖТ длительностью до 15 секунд.*

*По данным коронарошунтографии шунты проходимы, реваскуляризация миокарда не требовалась. По результатам трансторакальной эхокардиографии конечный систолический размер левого желудочка (ЛЖ) 50 мм (базальный отдел), конечный диастолический размер ЛЖ 69 мм (базальный отдел), толщина задней стенки ЛЖ 13 мм. Гипокинезия переднего и переднеперегородочного сегментов ЛЖ во всех отделах. Фракция выброса ЛЖ по Симпсону 50%. Приносящий тракт правого желудочка (ПЖ) увеличен (32 мм), толщина передней стенки ПЖ 5 мм, систолическое давление в ПЖ 25 мм рт.ст. Толщина МЖП 15 мм, амплитуда 7 мм. Переднезадний размер левого предсердия 55 мм.*

*В качестве предоперационной подготовки пациенту выполнена чреспищеводная эхокардиография с целью исключения наличия тромбов в ушке левого предсердия. Перед процедурой на торсе пациента были расположены 224 электрода ПНЭК аппаратного комплекса AMYCARD 01K (EP Solutions SA, Switzerland), после чего пациенту была выполнена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) на фоне фибрилляции предсердий, включающая сканирование торса с захватом всех поверхностных электродов ПНЭК и сердца с ЭКГ-синхронизацией. Объем внутривенного введения контраста рассчитывался по весу пациента.*

#### **Интервенционное вмешательство**

*В условиях рентген-операционной к пациенту была подключена система нефлюороскопического навигационного картирования CARTO 3 (Biosense Webster, USA). Наличие электродов для ПНЭК на торсе пациента, с которых интраоперационно производилась непрерывная регистрация ЭКГ с диапазоном регистрируемых частот 0,05-250 Гц, не являлось ограничением при расположении магнитных накладок системы CARTO 3.*

*Далее были выполнены пункции левой подключичной, правой и левой бедренных вен. При позиционировании электрода в коронарный синус отмечается механический старт устойчивой ЖТ с длительностью цикла 320 мс со спонтанным купированием (рис. 1а). Во время тахикардии отмечалась дестабилизация гемодинамики в виде гипотонии, пресинкопального состояния пациента. Пароксизм был зафиксирован на аппаратном комплексе AMYCARD 01K (EP Solutions SA, Switzerland). Интраоперационно выполнена обработка записи с поверхностных электродов, включавшая в себя спектральную фильтрацию сигнала от мышечных и сетевых наводок. Из всей записи был выделен 1 комплекс QRS желудочковой тахикардии. Далее, в автоматическом режиме, по данным МСКТ проводилось определение координат регистрирующих электродов на поверхности грудной клетки, далее выполнялась сегментация данных МСКТ в полуавтоматическом режиме для получения трехмерных анато-*

мических эпи- и эндокардиальных моделей желудочков. Для анализа данных применялся алгоритм в терминах потенциала простого слоя (ESL) с последующей визуализацией изопотенциальных карт. На основе анализа полученных данных определялась зона ранней активации миокарда, соответствующая проекции на эндокард и эпикард эктопического очага в желудочках сердца (карта FND).

Данные ПНЭК позволили определить предполагаемую зону ранней активации в ЛЖ в области МЖП (рис. 1б). Левожелудочковый доступ был обеспечен с помощью транссептальной пункции. После введения гепарина 100 Ед/кг в полость ЛЖ введен диагностический электрод для высокоплотного картирования (PentaRay, BiosenseWebster). Вследствие нестабильной гемодинамики на фоне ЖТ, попытки индукции аритмии не проводились. Выполнено построение вольтажной карты ЛЖ (3081 точка) с использованием системы нефлюороскопического инвазивного картирования CARTO 3 (Biosense Webster, USA). В области МЖП отмечалась гетерогенность амплитудного распределения сигнала с регистрацией зон поздних потенциалов (рис. 1в).

При позиционировании аблационного орошаемого электрода (Thermocool SmartTouch, Biosense Webster, USA) в зону регистрации поздних потенциалов, проводилась стимуляция данной области с совпадением навязанных желудочковых комплексов с исходной морфологией ЖТ выше порогового значения 95% по автоматическому алгоритму «расе-тар» (Астрокорд, Кардио-ЭФИ II, Россия) (рис. 1г). В данной об-

ласти выполнена серия воздействий до исчезновения поздних потенциалов (рис. 1д). При использовании различных программ стимуляции с нанесением двух, трех экстрасимулов ЖТ не индуцировалась. Активного вмешательства на предсердиях по поводу трепетания предсердий не проводилось. Общее время радиочастотной аблации составило 5 минут, мощность 35 Вт, температура 44 градуса, скорость орошения 30 мл/мин, время флюороскопии составило 30 минут 26 секунд, время операции 115 минут. При сроке наблюдения 6 месяцев желудочковых нарушений ритма не зарегистрировано.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее часто источником возникновения ЖТ у пациентов с постинфарктным кардиосклерозом является субэндокардиальная зона постинфарктного рубца, в которой вследствие гетерогенности миокарда развиваются зоны замедленного проведения, что может приводить к развитию тахикардии типа re-entry [9, 10]. Аномальное проведение выражается в регистрации фракционированных сигналов либо так называемых поздних потенциалов в пограничных зонах рубцовой ткани [11, 12]. При гемодинамически значимых ЖТ, а также ЖТ, не индуцируемых интраоперационно, поиск зон аномального проведения является основной стратегией интервенционного лечения [13-15].

Рядом авторов было описано использование ПЭК при гемодинамически значимых ЖТ. Так, А. Tsyanov et al опубликовали результаты исследования механизмов ЖТ у 8 пациентов (2 из 3 пациентов имели гемодинамически значимую ЖТ). В исследовании использовалось ПЭК, благодаря которому удалось изучить механизмы и локализацию аритмии и успешно выполнить интервенционное вмешательство [16]. Группа исследователей во главе с Damir Etkaric продемонстрировали, что ПЭК способно локализовать очаг ЖТ на эпикардиальной поверхности сердца с точностью, превосходящей ЭКГ алгоритмы [17]. Meleze Nocini et al. также продемонстрировали высокую точность определения очага аритмии на эпи- и эндокардиальной поверхности сердца у пациентов с ЖТ при применении метода ПЭК [18].

Однако использование ПЭК имеет ряд ограничений. Введение контрастного вещества при выполнении МСКТ является обязательным условием для дальнейшего определения эндокардиально-го аритмогенного очага, что

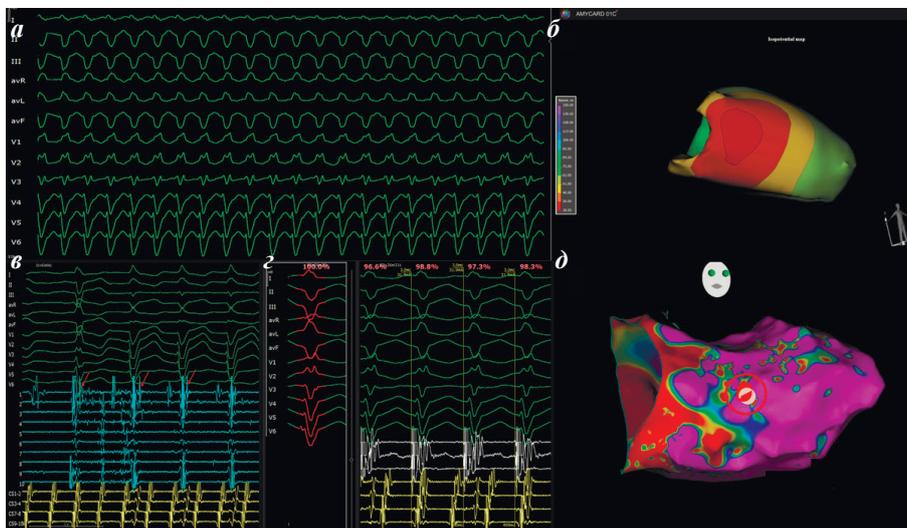


Рис. 1. Результаты обследования пациента И.: а - желудочковая тахикардия, зарегистрированная на ЭКГ в 12 отведениях; б - изохронная карта (FND) с ранней зоной активации (кодирована красным цветом) в области межжелудочковой перегородки (изображение правого желудочка «удалено»), полученная при многоканальном картировании; в - запись ЭКГ, электрограмм с полюсов электрода PentaRay и полюсов диагностического электрода в коронарном синусе, регистрируется ритм трепетания предсердий, стрелочками обозначены эндограммы поздних потенциалов; г - запись ЭКГ и электрограмм с полюсов аблационного электрода и полюсов диагностического электрода в КС, совпадение по алгоритму «расе-тар» в зоне регистрации поздних потенциалов выше порогового значения 95%; д - вольтажная карта левого желудочка (0,5-1,5 мВ) в проекции межжелудочковой перегородки (красным овалом обозначены точки радиочастотной аблации).

может быть препятствием для пациентов с нарушением функции почек. Также на точность поверхностного картирования могут повлиять значительное смещение электродов во время записи ЭКГ и недостаточная визуализация индивидуальной анатомии сердца [19]. Более того, валидация точности ПНЭК при локализации источника желудочковых аритмий в МЖП до сих пор является предметом многочисленных исследований. Несмотря на ограничения, рядом авторов были предложены методы усовершенствования математических алгоритмов обработки и анализа данных, получаемых аппаратным комплексом AMYCARD, что позволило улучшить точность неинвазивной диагностики желудочковых аритмий из МЖП до 10 мм [8, 20]. Так, М.П.Чмелевский и соавт. провели сравнительный анализ итеративного алгоритма ESL-iterative и нового алгоритма, основанного на комбинации методов векторного анализа и кратчайшего пути нахождения центра зоны ранней активации фокусных источников (FRA-V). Согласно результатам исследования исполь-

зование алгоритма FRA-V значительно повышает точность распознавания зон ранней активации, следовательно, и диагностическую ценность ПНЭК [8].

Несмотря на необходимость дальнейших исследований, преимущество ПНЭК, в особенности при использовании новых алгоритмов анализа, позволяет определять локализацию ЖТ интраоперационно, в том числе и в МЖП, и эффективно выполнять катетерное лечение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование ПНЭК интраоперационно демонстрирует, что технология позволяет визуализировать зону ранней активации без повторной индукции гемодинамически значимой ЖТ, в том числе из МЖП. Совершенствование и дальнейшее внедрение интраоперационного ПНЭК с целью диагностики желудочковых аритмий в клиническую практику может расширить возможности лечения неустойчивых и гемодинамически значимых ЖТ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sears SF, Conti JB. Quality of life and psychological functioning of ICD patients. *Heart*. 2002;87(5): 488-493. <https://doi.org/10.1136/heart.87.5.488>.
2. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, et al. Heart disease and stroke statistics 2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2014;129(3): 28-292. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000441139.02102.80>.
3. Buxton AE, Lee KL, Fisher JD, et al. A randomized study of the prevention of sudden death in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*. 1999;341(25):1882-1890. [https://doi.org/10.1016/0033-0620\(93\)90015-6](https://doi.org/10.1016/0033-0620(93)90015-6).
4. Poole JE, George WJ, Hellkamp AS, et al. Prognostic importance of defibrillator shocks in patients with heart failure. *New England Journal of Medicine*. 2008;359(10): 1009-1017. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa071098>.
5. Palaniswamy C, Kolte P, Harikrishnan P, et al. Catheter ablation of postinfarction ventricular tachycardia: ten-year trends in utilization, in-hospital complications, and in-hospital mortality in the United States. *Heart rhythm*. 2014; 11(11): 2056-2063. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.07.012>.
6. Aliot EM, Stevenson WG, Almendral-Garrote JM, et al. EHRA/HRS expert consensus on catheter ablation of ventricular arrhythmias: developed in a partnership with the European Heart Rhythm Association (EHRA), a registered branch of the European Society of Cardiology (ESC), and the Heart Rhythm Society (HRS); in collaboration with the American College of Cardiology (ACC) and the American Heart Association (AHA). *Europace*. 2009;11(6): 771-817. <https://doi.org/10.1093/europace/eup098>.
7. 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. <https://doi.org/10.1093/europace/euu339>.
8. Чмелевский МП, Потягайло ДА, Зубарев СВ, и соавт. Неинвазивное эпи-эндокардиальное электрофизиологическое картирование стимулированной эктопии из межжелудочковой перегородки. Вестник аритмологии. 2019;26(4): 5-12. [Chmelevsky MP, Potyagaylo DA, Zubarev SV, et al. Noninvasive epi-endocardial electrocardiographic imaging of ventricular septal pacing. *Journal of Arrhythmology*. 2019;26(4): 5-12. (In Russ)]. <https://doi.org/10.35336/VA-2019-4-5-12>.
9. Friedman PL, Fenoglio JJ, Wit AL. Time course for reversal of electrophysiological and ultrastructural abnormalities in subendocardial Purkinje fibers surviving extensive myocardial infarction in dogs. *Circulation research*. 1975;36(1): 127-144. <https://doi.org/10.1161/01.res.36.1.127>.
10. Fenoglio Jr J, Pham TD, Harken AH, et al. Recurrent sustained ventricular tachycardia: structure and ultrastructure of subendocardial regions in which tachycardia originates. *Circulation*. 1983;68(3): 518-533. <https://doi.org/10.1161/01.cir.68.3.518>.
11. Rutherford SL, Trew ML, Sands GB, et al. High-resolution 3-dimensional reconstruction of the infarct border zone: impact of structural remodeling on electrical activation. *Circulation research*. 2012;111(3): 301-311. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.260943>.
12. Gardner P I, Ursell P C, Fenoglio Jr J J, et al. Electrophysiologic and anatomic basis for fractionated electrograms recorded from healed myocardial infarcts. *Circulation*. 1985;72(3): 596-611. <https://doi.org/10.1161/01.cir.72.3.596>.
13. Nakahara S, Tung R, Ramirez J, et al. Characterization of the arrhythmogenic substrate in ischemic and nonischemic cardiomyopathy: implications for catheter ablation of hemodynamically unstable ventricular tachycardia. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;55(21): 2355-2365. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.01.041>.
14. Marchlinski FE, Callans DJ, Gottlieb CD, et al. Linear ablation lesions for control of unmappable ventricular tachycardia in patients with ischemic and nonischemic cardiomyopathy. *Circulation*. 2000;101(11): 1288-1296. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.11.1288>.
15. Hsia HH, Lin D, Sauer WH, et al. Anatomic character-

- ization of endocardial substrate for hemodynamically stable reentrant ventricular tachycardia: identification of endocardial conducting channels. *Heart Rhythm*. 2006;3(5): 503-512. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2006.01.015>.
16. Tsyganov A, Wissner E, Metzner A, et al. Mapping of ventricular arrhythmias using a novel noninvasive epicardial and endocardial electrophysiology system. *Journal of electrocardiology*. 2018;51(1): 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2017.07.018>.
17. Erkapic D, Neumann T. Ablation of premature ventricular complexes exclusively guided by three-dimensional noninvasive mapping. *Cardiac Electrophysiology Clinics*. 2015;1:109-115. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2014.11.010>.
18. Hocini M, Shah AJ, Neumann T, et al. Focal arrhythmia ablation determined by high-resolution noninvasive maps: multicenter feasibility study. *Journal of cardiovascular electrophysiology*. 2015;26(7): 754-760. <https://doi.org/10.1111/jce.12700>.
19. Артюхина ЕА, Яшков МВ, Ревিশвили АШ. Неинвазивное электрофизиологическое картирование сердца: от разработок к практике. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020;24(4): 33-41. [Artyukhina EA, Yashkov MV, Revishvili ASH. Non-invasive electrophysiological mapping of the heart: from developments to practice. *Circulatory pathology and cardiac surgery*. 2020;24(4): 33-41 (In Russ)]. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-4-33-41>.
20. Potyagaylo D, Chmelevsky M, Budanova M, et al. Combination of lead-field theory with cardiac vector direction: ECG imaging of septal ventricular activation. *J Electrocardiol*. 2019;57: 40-44. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2019.08.003>.