

<https://doi.org/10.35336/VA-2019-3-65-70>

НЕИНВАЗИВНОЕ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ СЕРДЦА В
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ И ТОПИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ТАХИКАРДИИ С
РЕТРОГРАДНЫМ ВЕНТРИКУЛОАТРИАЛЬНЫМ ПРОВЕДЕНИЕМ

М.П.Чмелевский^{1,2}, С.В.Зубарев¹, М.А.Буданова¹, Т.В.Трешкур¹, Д.С.Лебедев¹

¹ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия,

²EP Solutions SA, Yverdon-les-Bains, Switzerland

Приводится клиническое наблюдение использования неинвазивного электрофизиологического картирования сердца в дифференциальной и топической диагностике желудочковой тахикардии из области эндокарда выводного отдела правого желудочка с ретроградным вентрикулоатриальным проведением.

Ключевые слова: неинвазивное электрофизиологическое картирование, желудочковые аритмии, суправентрикулярные аритмии, тахикардии с широкими комплексами QRS

Конфликт интересов: М.П.Чмелевский - клинический специалист EP Solutions SA, С.В.Зубарев и М.А.Буданова - консультанты EP Solutions SA.

Рукопись получена: 30.09.2019 **Рецензии получены:** 12.10.2019 **Принята к публикации:** 20.10.2019

Ответственный за переписку: Чмелевский Михаил Петрович, e-mail: boxmch@gmail.com

Для цитирования: Чмелевский М.П., Зубарев С.В., Буданова М.А., Трешкур Т.В., Лебедев Д.С. Неинвазивное электрофизиологическое картирование сердца в дифференциальной и топической диагностике желудочковой тахикардии с ретроградным вентрикулоатриальным проведением // Вестник аритмологии, 2019, Том 26, № 3 (97), с. 65-70; DOI: 10.35336/VA-2019-3-65-70.

NON-INVASIVE ELECTROCARDIOGRAPHIC IMAGING IN DIFFERENTIAL AND TOPICAL DIAGNOSIS
OF VENTRICULAR TACHYCARDIA WITH VENTRICULOATRIAL RETROGRADE CONDUCTION

Mikhail P. Chmelevsky^{1,2}, Stepan V. Zubarev¹, Margarita A. Budanova¹,
Tatyana V. Treshkur¹, Dmitry S. Lebedev¹

¹Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia,

²EP Solutions SA, Yverdon-les-Bains, Switzerland

A case report of differential and topical diagnosis of ventricular tachycardia from right ventricular outflow tract endocardial surface with ventriculoatrial retrograde conduction using non-invasive electrocardiographic imaging is presented.

Key words: non-invasive electrocardiographic imaging, ventricular arrhythmias, supraventricular arrhythmias, wide QRS complex tachycardias

Conflicts of Interest: M.Chmelevsky - clinical specialist EP Solutions SA, S.Zubarev and M.Budanova - consultants EP Solutions SA.

Received: 30.09.2019 **Revision Received:** 12.10.2019 **Accepted:** 20.10.2019

Corresponding author: Mikhail P. Chmelevsky, e-mail: boxmch@gmail.com

For citation: Chmelevsky M., Zubarev S., Budanova M., Treshkur T., Lebedev D. Non-invasive electrocardiographic imaging in differential and topical diagnosis of ventricular tachycardia with ventriculoatrial retrograde conduction // Journal of arrhythmology, 2019, Vol. 26, 3 (97), p. 65-70 (in Russ.); DOI: 10.35336/VA-2019-3-65-70.

Проблема дифференциальной диагностики аритмий с широкими комплексами QRS имеет давнюю историю. С тех пор как в 1913 г. Т.Льюис описал на ЭКГ признаки желудочковой тахикардии (ЖТ) считалось, что большинство тахикардий с широкими комплексами QRS (ТШК) имеют желудочковое происхождение [1]. Существенный прогресс в осмыслении этого вопроса произошел в 1970-80 гг. после внедрения в

практику метода инвазивного электрофизиологического исследования (ЭФИ). Со временем пришло понимание, что значительная доля ТШК на самом деле может являться суправентрикулярными тахикардиями (СВТ) и имеет совершенно разные механизмы возникновения [2]. В настоящее время ЭКГ в 12 отведениях продолжает оставаться ведущим методом дифференциальной диагностики различных аритмий с широкими ком-

плексами QRS в повседневной клинической практике. Большое количество общепризнанных критериев дифференциальной диагностики ЖТ и СВТ с абберантным проведением или с участием дополнительных путей проведения (ДПП) основано именно на анализе данных поверхностной ЭКГ [3]. Однако при этом точный диагноз возможен лишь в 50% случаев, что объясняется относительно низкой чувствительностью и специфичностью существующих ЭКГ критериев [4, 5]. Вследствие этого правильный диагноз ТШК остается трудной задачей, учитывая, что клиническая картина в данной ситуации может ввести в заблуждение. Так, ЖТ при невысокой частоте сердечных сокращений может довольно хорошо переноситься больными даже если в

ее основе лежит органическая патология сердца: пациенты могут находиться в сознании и иметь стабильную гемодинамику. Вместе с тем, для пациента с ТШК, как для экстренной, так и для длительной терапии, крайне важно своевременно поставить правильный диагноз.

В настоящее время «золотым стандартом» в диагностике аритмий сердца является инвазивное ЭФИ, позволяющее точно распознать вид нарушения ритма и в большинстве случаев определить его механизм. Однако, учитывая невозможность выполнения инвазивных исследований у всех пациентов с такими аритмиями, актуальным является развитие и внедрение в практику неинвазивных методов дифференциальной диагностики нарушений ритма с широкими комплек-



Рис. 1. ЭКГ пациентки И., зарегистрированная во время консультации.

сами QRS. Одним из инновационных направлений является неинвазивное электрофизиологическое картирование сердца (НЭФК). Эта методика основана на решении обратной задачи электрокардиографии в форме потенциалов и позволяет с высокой точностью реконструировать эпи- и эндокардиальные электрограммы (ЭГ) и визуализировать электрофизиологические процессы на основе различных активационных карт [6]. Использование НЭФК было продемонстрировано в ряде исследований и показало достаточно высокую точность в топической диагностике желудочковых аритмий [7-9].

Пациентка И., 31 года обратилась на консультацию в ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» с жалобами на частые перебои в работе сердца и приступы сердцебиения, возникающие после физической нагрузки или эмоционального напряжения. Из анамнеза известно, что пациентка отмечает нарушения ритма в течение последних 3-х лет. В лечебном учреждении по месту жительства во время холтеровского мониторирования ЭКГ (ХМ ЭКГ) было зарегистрировано 19328 желудочковых эктопических комплексов (ЖЭК), 137 пароксизмов ТШК с ЧСЖ от 120 до 188 в 1 мин. Пациентке был назначен амиодарон с положительным эффектом, однако через 1 год после самостоятельной отмены препарата ЖЭК возобновились. Во время ХМ ЭКГ было зарегистрировано 24848 ЖЭК, 24 пароксизма ТШК с ЧСЖ от 97 до 107 в 1 мин.

Во время консультации в «НМИЦ им. В.А.Алмазова» пациентка пожаловалась на внезапно возникший приступ сердцебиения, который был зарегистрирован на 12-канальной ЭКГ (рис. 1) и самостоятельно прекратился через 2 мин. ЧСЖ составила 136 в мин (R-R - 440 мс), ширина QRS - 120 мс, АД во время пароксизма - 115/75 мм рт.ст. Для дифференциальной диагностики ТШК был использован анализ соотношения предсердного и желудочкового ритмов и различные критерии анализа формы комплекса QRS. В связи с повторным возникновением похожих приступов пациентка с консультации была госпитализирована с диагнозом «Пароксизм тахикардии с широкими комплексами QRS, гемодинамически незначимый». Во время ХМ ЭКГ в стационаре была зарегистрирована ТШК постоянно-возвратного характера с ЧСЖ от 100 до 160 в 1 мин продолжительностью 15 часов 12 минут (рис. 2). Пациентка субъективно переносила данную тахикардию удовлетворительно. При эхокардиографии выявлена пульмональная, митральная и трикупикулярная регургитации 1-й степени без структурной патологии сердца.

Для дифференциальной диагностики ТШК была проведена чреспищеводная ЭКГ (ЧП ЭКГ) во время пароксизма (рис. 3) и после этого выполнено НЭФК с помощью системы «Атускард 01С EP Lab» (ООО «Амикард», Россия - EP Solutions SA, Switzerland). Исследование проводилось по стандартной схеме: вначале регистрировались поверхностные ЭКГ в 152 униполярных отведениях с поверхности грудной клетки синхронно со стандартной 12-канальной ЭКГ, потом мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) тора с поверхностными электродами и серд-

ца с внутривенным контрастированием (ультравист 370, 100 мл) и ЭКГ синхронизацией. Полученные МСКТ данные импортировались в специальное программное обеспечение, где проводилась их объемная реконструкция и построение эпи- и эндокардиальных трехмерных анатомических моделей желудочков сердца. Далее для нескольких выбранных комплексов QRS из 30-секундного фрагмента ЭКГ с ТШК проводился расчет локальных униполярных и биполярных ЭГ в 2255 точках и построение изопотенциальных и изохронных карт на эпи- и эндокардиальной поверхностях сердца. После подробного анализа результатов НЭФК пациентке было выполнено инвазивное ЭФИ сердца и радиочастотная катетерная абляция (РЧА) очага аритмии. Согласно протоколу операции, под местной анестезией доступом через правую бедренную вену в область выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ) был введен абляционно-картирующий электрод и с помощью стимуляционного картирования подтверждена зона аритмии, в которую была нанесена серия радиочастотных аппликаций мощностью 35 Вт. Время интраоперационной флюороскопии составило 11 мин.

При анализе первой зарегистрированной ЭКГ с ТШК (рис. 1) было предположено, что она имеет желудочковое происхождение. Однако относительно невысокая ЧСЖ во время пароксизма, а также клиническая картина в виде субъективной удовлетворительной переносимости приступа свидетельствовали в пользу суправентрикулярного генеза тахикардии. При этом в начале 2 и 3-го широких комплексов QRS во II, III, aVF отведениях видна волна P при фактическом отсутствии интервала PQ, что может свидетельствовать как в пользу предвозбуждения желудочков вследствие наличия дополнительного пути проведения, так и в пользу ЖТ, если считать это псевдосливным комплексом. Подробный анализ формы комплекса QRS в соответствии с наиболее распространенными критериями для дифференциальной диагностики ТШК также указал на ЖТ. Так, согласно критериям P.Brugada [10] расстояние R-S составило 100 мс, согласно критериям Drew, Sheinmann [11] в отведении V1 на нисходящем колене зубца S имеется зазубрина, а расстояние r-S в V1 и время внутреннего отклонения в отведении V6 составили более 80 мс. Индекс медленного проведения согласно критериям A.Verekei [12] в отведениях V4, V5 и aVR - менее 1. При анализе записи ЧП ЭКГ было выявлено, что зубцы P регистрируются после широких комплексов QRS с интервалом R-P' - 200 мс при R-R - 480 мс (ЧСЖ - 125 в 1 мин). Морфология синусовых волн и регистрируемых зубцов P' после широких QRS разная, что позволило предположить ретроградный характер P'. В свою очередь, одинаковая форма QRS комплексов ТШК и зарегистрированных ЖЭК позволили предположить, что регистрируемые пароксизмы являются ЖТ с ретроградным вентрикулоатриальным (ВА) проведением 1:1. Однако похожая картина может также наблюдаться при очаговой АВ тахикардии с ретроградным ВА проведением 1:1 и aberrантным проведением по ЛНПП.

При анализе результатов НЭФК было выявлено, что наиболее ранняя зона активации по данным эн-

до-эпикардальных изопотенциальных и изохронных карт, построенных по биполярным электрограммам, находится в области передне-септальной стенки вы-

водного отдела правого желудочка (ВОПЖ) (рис. 4). Изопотенциальные карты в области ранней активации демонстрировали концентрический характер

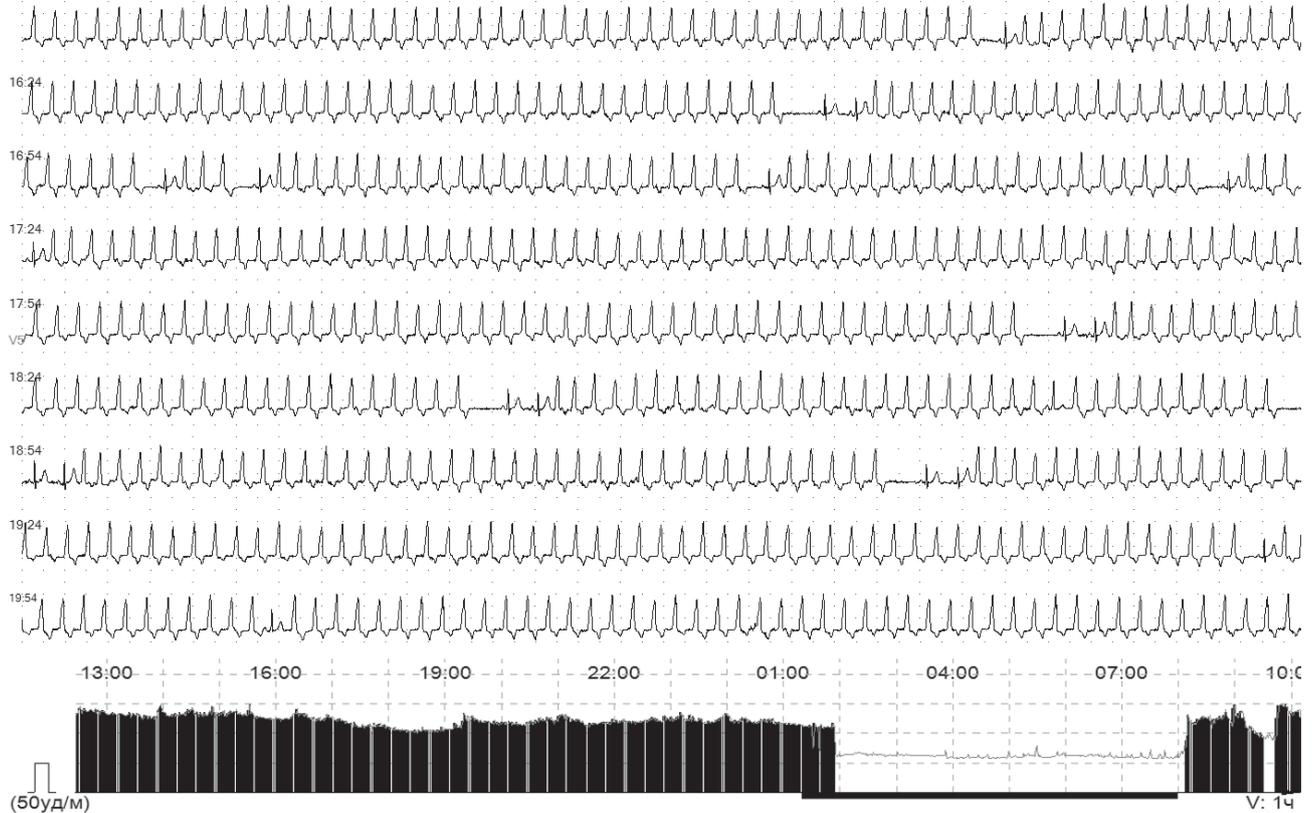


Рис. 2. Пример ТШК постоянно-возвратного характера, зарегистрированной во время ХМ ЭКГ. Внизу показано распределение ТШК (черная штриховка) и синусового ритма (назаштрихованный участок) в течение суток.

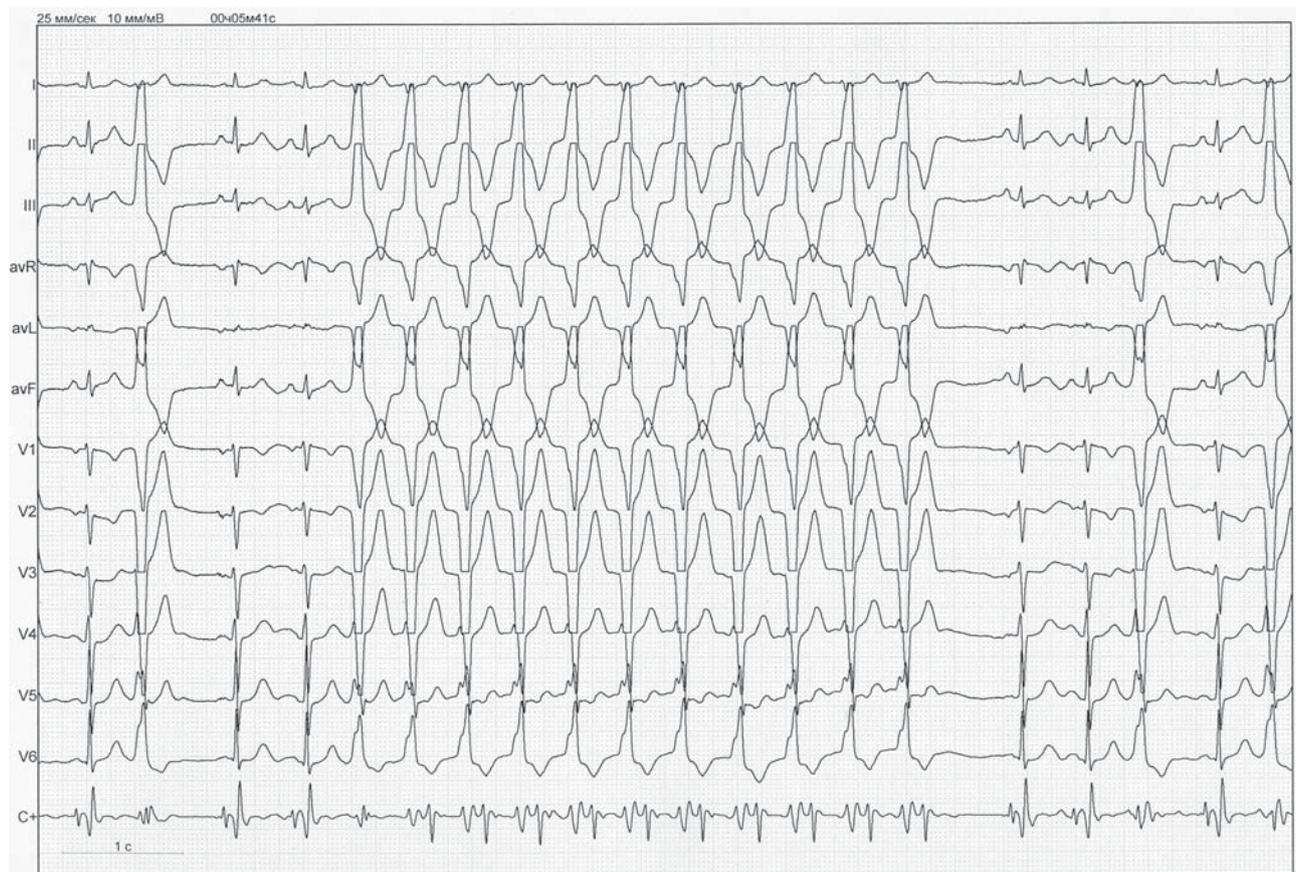


Рис. 3. ЭКГ, зарегистрированная во время пароксизма ТШК; С - внутривенное отведение.

распространения волны возбуждения, характерный для фокусных аритмий, а униполярная ЭГ в этой зоне имела форму отрицательной монофазной кривой типа QS. При этом более ранняя активация наблюдалась на поверхности эндокарда, а время эпи-эндокардиальной задержки составило 7 мс. Области наиболее раннего эпи- и эндокардиального прорывов были смещены относительно друг друга на 9 мм, а отрицательная амплитуда комплекса QS локальной униполярной ЭГ из зоны ранней активации была больше на эндокарде. Полученные данные НЭФК позволили подтвердить диагноз ЖТ из области эндокарда ВОПЖ.

Во время инвазивного ЭФИ были индуцированы одиночные широкие комплексы QRS, которые были идентифицированы как ЖЭК с формой в 12 стандартных отведениях, идентичной зарегистрированным ранее во время ЧП ЭКГ и НЭФК. В операционной с помощью стимуляционного картирования наибольшее совпадение стимулированных QRS комплексов с одиночными спонтанными ЖЭК было выявлено в области передне-септальной стенки ВОПЖ, в которой

далее и была проведена успешная РЧА. При повторной стимуляции, внутривенном введении адреномиметика желудочковые аритмии не провоцировались. По данным ХМ ЭКГ через 1 месяц после РЧА зафиксирована 1 ЖЭК, через 3 мес ЖЭК зарегистрировано не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время разработано большое количество морфологических критериев для дифференциальной диагностики ТШК по ЭКГ в 12 стандартных отведениях [13]. Чаще всего они включают в себя подробный анализ амплитудно-временных характеристик формы комплекса QRS. Однако данные критерии не обладают высокой чувствительностью и специфичностью для диагностики ЖТ. Более того, результаты исследования одних и тех же алгоритмов часто сильно отличаются при использовании разными научными группами. В определенной степени это связано с тем, что 12 стандартных отведений ЭКГ не отражают в полной мере всю электрическую активность сердца в отличие от ортогональной ЭКГ и особенно электрокардиографии, учитывая вариабельность морфологических особенностей торса и положения сердца в грудной клетке. В связи с этим, основным критерием диагностики ЖТ по поверхностной ЭКГ остается анализ соотношения предсердного и желудочкового ритмов, в частности поиск АВ диссоциации. Вместе с тем, известно, что предсердная активность на ЭКГ при ТШК выявляется достаточно трудно, при этом около 30% ЖТ сопровождаются ретроградным ВА проведением, что исключает возможность выявления АВ диссоциации как основного признака ЖТ.

В данном случае для визуализации предсердной активности была использована регистрация ЧП ЭКГ, которая позволила выявить ретроградные волны Р' и предположить наличие ЖТ с ретроградным ВА проведением. Однако с помощью ЧП ЭКГ в данном случае невозможно было достоверно исключить другие виды аритмии. Только фактическое доказательство локализации аритмического очага в желудочках сердца может достоверно подтвердить диагноз ЖТ. НЭФК позволило по форме реконструированных униполярных ЭГ в зоне ранней активации и по характеру распространения фронта возбуждения визуализировать очаг ЖТ в области эндокарда ВОПЖ и дифференцировать эту аритмию от аберрации при СВТ, а также исключить наличие СВТ с проведением по ДПП. Смещение областей ранней активации относительно друг друга на эпикарде и эндокарде объясняется различной скоростью распространения волокон миокарда. Совпадение зоны эктопического очага, локализованной по данным НЭФК, с результатами инвазивного ЭФИ

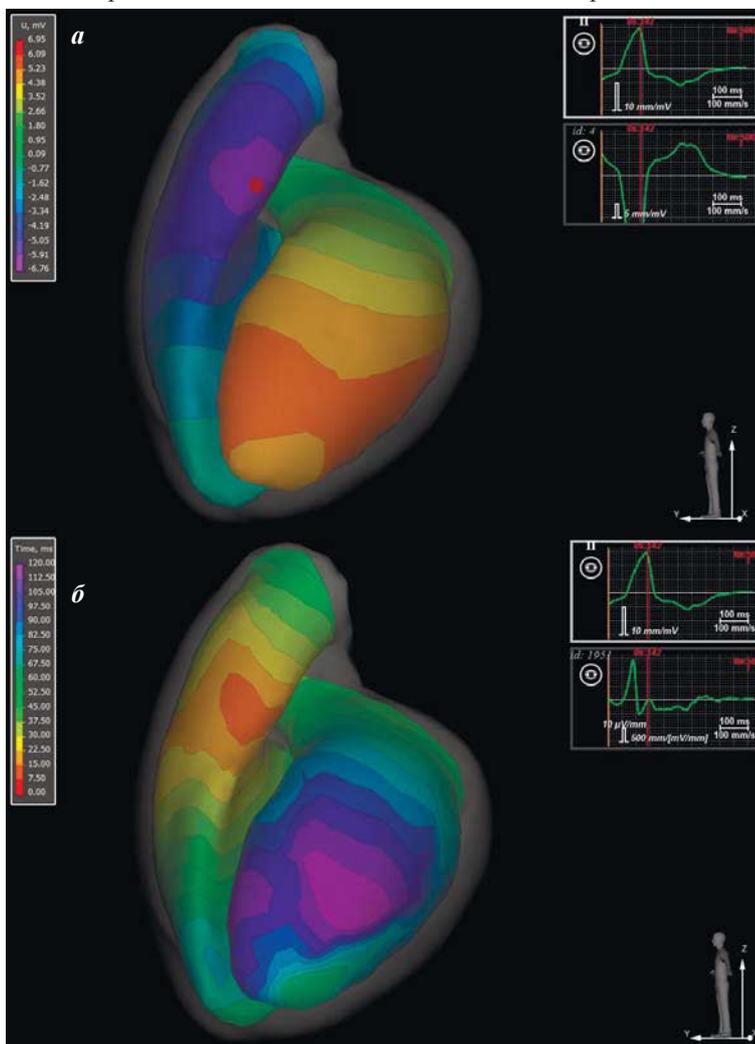


Рис. 4. Карты на эндокардиальной модели желудочков в режиме прозрачного эпикарда: а - изопотенциальная карта, левая латеральная проекция, красным маркером обозначена зона локализации желудочковой эктопии, зона ранней активации визуализируется фиолетово-синим цветом; б - изохронная карта, левая латеральная проекция, зона ранней активации визуализируется красно-коричневым цветом.

и РЧА также еще раз продемонстрировало высокую точность новой методики, показанную в предыдущих исследованиях [7-9]. Примечательно, что другие похожие системы НЭФК [14] позволяют реконструировать ЭГ и активационные карты только на эпикардиальной поверхности сердца, тогда как электрофизиологическая информация на эндокарде в ряде случаев имеет ключевое значение для диагностики аритмий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема дифференциальной диагностики ТШК не решена до сих пор и представляет в большинстве случаев весьма непростую задачу. Допол-

нительные методы исследования, такие как ЧП ЭКГ, могут использоваться для выявления предсердной активности и постановки правильного диагноза. Вместе с тем они имеют ряд значительных ограничений, не позволяющих в ряде случаев однозначно интерпретировать вид аритмии. В данной статье показана возможность использования новой методики НЭФК для точной дифференциальной и топической диагностики ТШК. Дальнейшие исследования в этой области позволят распространить использование НЭФК для подробной электрофизиологической диагностики аритмий в широкой клинической практике.

ЛИТЕРАТУРА

- Lewis T. Clinical electrocardiography. London: SHAW & SONS, 7 & 8, FETTER LANE, E.C.; 1913. 136 p.
- Langendorf R. Aberrant ventricular conduction. *Am Heart J.* 1951;41(5):700-7. doi:10.1016/0002-8703(51)90258-X
- Pick A, Langendorf R. Differentiation of supraventricular and ventricular tachycardias. *Progress in Cardiovascular Diseases.* 1960;2391-407.
- Podrid PJ, Kowey PR. Cardiac arrhythmia: Mechanisms, diagnosis, and management / edited by Philip J. Podrid and Peter R. Kowey. 2nd ed. Philadelphia, London: Lippincott William & Wilkins; 2001.
- Mandel WJ. Cardiac arrhythmias: Their mechanisms, diagnosis, and management / William J. Mandel ; with 102 contributors. 3rd ed. Philadelphia, PA.: Lippincott; 1995.
- Чмелевский МП, Зубарев СВ, Буданова МА. Неинвазивное электрофизиологическое картирование в диагностике желудочковых аритмий: от научных исследований к клинической практике. *Трансляционная медицина.* 2015;5(2):91-103 [Chmelevsky MP, Zubarev SV, Budanova MA. Noninvasive electrocardiographic imaging of ventricular arrhythmias: from scientific research to clinical practice. *Translational Medicine.* 2015;2(5):91-103 (in Russ.)]
- Chmelevsky M, Budanova M, Zubarev S, Potyagaylo D, Treshkur T, Lebedev D. Clinical Evaluation of Noninvasive ECGI Epi-Endocardial Mapping Accuracy. In: 2018 Computing in Cardiology Conference (CinC): Computing in Cardiology; 2018. DOI: 10.22489/CinC.2018.387
- Чмелевский МП, Зубарев СВ, Буданова МА, Трешкур ТВ, Лебедев ДС. Верификация точности неинвазивного эпи-эндокардиального электрофизиологического картирования сердца при правожелудочковой эндокардиальной стимулированной эктопии. *Вестник аритмологии.* 2019;96(2):19-28. doi:10.35336/VA-2019-2-19-28 [Chmelevsky M., Zubarev S., Budanova M., Treshkur T., Lebedev D. Validation of noninvasive epiendocardial electrocardiographic imaging accuracy using right ventricular endocardial pacing // *Journal of arrhythmology,* 2019, Vol. 26, 2, p. 19-28 (in Russ.)]
- Чмелевский МП, Зубарев СВ, Буданова МА, Трешкур ТВ, Лебедев ДС. Верификация точности неинвазивного электрофизиологического картирования сердца при левожелудочковой эпикардиальной стимулированной эктопии. *Вестник аритмологии.* 2019;95(1):5-16. doi:10.25760/VA-2019-95-5-16 [Chmelevsky M., Zubarev S., Budanova M., Treshkur T., Lebedev D. Validation of noninvasive epiendocardial electrocardiographic imaging accuracy using left ventricular epicardial pacing // *Journal of arrhythmology,* 2019, Vol. 26, 2, p. 19-28 (in Russ.)]
- Brugada P, Brugada J, Mont L, Smeets J, Andries EW. A new approach to the differential diagnosis of a regular tachycardia with a wide QRS complex. *Circulation.* 1991;83(5):1649-59. doi:10.1161/01.cir.83.5.1649
- Drew BJ, Scheinman MM. ECG criteria to distinguish between aberrantly conducted supraventricular tachycardia and ventricular tachycardia: practical aspects for the immediate care setting. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1995;18(12 Pt 1):2194-208.
- Verecke A, Duray G, Szenasi G, Altemose GT, Miller JM. Application of a new algorithm in the differential diagnosis of wide QRS complex tachycardia. *Eur Heart J.* 2006;28(5):589-600. doi:10.1093/eurheartj/ehl473
- Condori Leandro HI, Lebedev DS, Mikhaylov EN. Discrimination of ventricular tachycardia and localization of its exit site using surface electrocardiography. *J Geriatr Cardiol.* 2019;16(4):362-77. doi:10.11909/j.issn.1671-5411.2019.04.008
- Ramanathan C, Ghanem RN, Jia P, Ryu K, Rudy Y. Noninvasive electrocardiographic imaging for cardiac electrophysiology and arrhythmia. *Nat Med.* 2004;10(4):422-8. doi:10.1038/nm1011.