https://doi.org/10.26442/00403660.2022.09.201841

К истории векторкардиографии: прошлое, настоящее, будущее

Е.С. Юрасова✉, Е.В. Блинова, Т.А. Сахнова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва, Россия

Аннотация

Векторная концепция при анализе электрических сигналов сердца начала применяться на заре развития электрокардиологии. В течение нескольких десятилетий векторкардиография развивалась параллельно с электрокардиографией; достигла расцвета в 1960-е годы и после периода охлаждения вновь испытала возрождение с начала 1990-х годов, когда появилась возможность математически синтезировать векторкардиограммы (ВКГ) из цифровых электрокардиограмм в 12 отведениях. ВКГ отражает те же явления, что и электрокардиография, но позволяет вычислить и наглядно представить ряд трехмерных характеристик электрических сигналов сердца. В статье описаны основные вехи развития ВКГ, история международного сотрудничества в этой области, вклад отечественных ученых в данную сферу науки. Кратко отражены современные перспективные направления исследований, связанные с векторной концепцией анализа электрических сигналов сердца.

Ключевые слова: векторкардиография, векторная концепция, история электрокардиографии

Для цитирования: Юрасова Е.С., Блинова Е.В., Сахнова Т.А. К истории векторкардиографии: прошлое, настоящее, будущее. Терапевтический архив. 2022;94(9):1122–1125. DOI: 10.26442/00403660.2022.09.201841

On the history of vectorcardiography: past, present, future

Elena S. Yurasova✉, Elena V. Blinova, Tamara A. Sakhnova

Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

Abstract

The vector concept in the analysis of the electrical signals of the heart began to be used at the dawn of the development of electrocardiology. For several decades, vectorcardiography has developed in parallel with electrocardiography; reached its peak in the 60s, and after a period of cooling experienced a resurgence since the early 90s, when it became possible to mathematically synthesize vectorcardiograms (VCG) from digital electrocardiograms in 12 leads. VCG reflects the same phenomena as electrocardiography, but allows you to calculate and visualize a number of three-dimensional characteristics of the electrical signals of the heart. The article describes the main milestones in the development of the VCG, the history of international cooperation in this area, the contribution of domestic scientists to this field of science. Modern promising areas of research related to the vector concept of the analysis of the electrical signals of the heart are briefly reflected.

Keywords: vectorcardiography, vector concept, history of electrocardiography

For citation: Yurasova ES, Blinova EV, Sakhnova TA. On the history of vectorcardiography: past, present, future. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2022;94(9):1122–1125. DOI: 10.26442/00403660.2022.09.201841

Векторная концепция при анализе электрических сигналов сердца впервые применена В. Эйнтховеном и соавт. в публикации 1913 г., когда они изобразили «среднюю электрическую ось комплекса *QRS*» в виде стрелки [1]. В 1920 г. Х. Манн ввел концепцию «петли» для представления непрерывной серии векторов деполяризации и реполяризации, которую назвал «монокардиограммой» [2]. Термин «векторкардиография» предложил в 1938 г. Ф.Н. Уилсон [3].

Важным шагом в развитии векторкардиографии стало использование электронно-лучевого осциллографа для автоматической записи векторкардиограмм (ВКГ) в 1936 и 1937 г. [4]. В течение последующих десятилетий выяснены как изменения ВКГ при различных сердечно-сосудистых заболеваниях, так и варианты нормы. Широкое использование векторкардиографии ограничивали необходимость специального оборудования, трудоемкость получения записей и отсутствие общепризнанной системы отведений.

Возрождение векторкардиографии началось в 1987–1990 гг., когда вышел ряд публикаций о математическом синтезе ВКГ из электрокардиограммы (ЭКГ) в 12 отведениях [5]. По мнению некоторых исследователей, ВКГ дает доступ к информации, которая остается неизученной при обычном анализе ЭКГ [6].

Коллоквиумы по векторкардиографии

Первый международный симпозиум по векторкардиографии организован в 1959 г. во Вроцлаве (Польша) Х. Коваржиком и З. Коваржиковой. На нем присутствовали 42 участника из Польши, 13 стран Европы, США и Мексики [7]. Считается, что идея этой конференции возникла во время бесед между Пьером Рийлантом и Зофией Коваржиковой на Всемирном конгрессе кардиологов в Брюсселе в 1958 г.

Поскольку симпозиум имел большой успех, профессор Коваржик предложил организовать в следующем году «Первый коллоквиум по векторкардиографии». На нем собрались всего 9 участников из Польши, Чехословакии, Болгарии и ГДР.

Эти мероприятия популяризировали идею векторкардиографии как основы для междисциплинарного изучения

Информация об авторах / Information about the authors

✉**Юрасова Елена Сергеевна** – канд. мед. наук, вед. науч. сотр. научно-экспертного отд. Тел.: +7(495)414-62-70; e-mail: yurakis@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4640-5578

Блинова Елена Валентиновна – канд. мед. наук, науч. сотр. лаб. ЭКГ. ORCID: 0000-0001-8725-7084

Сахнова Тамара Анатольевна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. ЭКГ. ORCID: 0000-0002-5543-7184

✉**Elena S. Yurasova.** E-mail: yurakis@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4640-5578

Elena V. Blinova. ORCID: 0000-0001-8725-7084

Tamara A. Sakhnova. ORCID: 0000-0002-5543-7184

Рис. 1. **З.З. Дорофеева (справа) и И.Ф. Игнатьева (слева).**
Fig. 1. **Z.Z. Dorofeeva (right) and I.F. Ignatieva (left).**

электрического поля сердца, открывая путь к тесному научному сотрудничеству врачей, физиологов, физиков и математиков.

На заключительном заседании Первого коллоквиума решили регулярно проводить такие встречи в соседних странах. Первые 7 коллоквиумов организованы попеременно в Польше (1960, 1962 г.), Чехословакии (1961, 1963, 1964, 1966 г.) и ГДР (1965 г.). И. Руткай-Недецкий воспользовался возможностью привлечь больше участников, организовав 7-й коллоквиум (1966 г.) в Смоленицком замке, расположенном недалеко от Братиславы и Вены, и приурочив его по времени ко Всемирному биофизическому конгрессу [8].

В 1967 г. коллоквиум по векторкардиографии впервые прошел в Западной Европе – в Вене; это положило начало новой традиции встреч, проводимых попеременно в Восточной и Западной Европе. В 1968 г. участники коллоквиума по векторкардиографии встречались в Москве, а в 1970 г. – в Нью-Йорке. В 1973 г. профессор З. Долабчан предложил изменить название конференции на «Международный конгресс по электрокардиологии».

Пьер Рийлант оставался «движущим духом» конгрессов, а также мудрым, преданным делу и дипломатичным лидером вплоть до своей смерти в 1983 г. После смерти П. Рийланта программный комитет преобразован в Международный совет по электрокардиологии. Первым его президентом стал И. Руткай-Недецкий, а постоянным секретарем – П.У. Макфарлайн.

Участники 20-го Международного конгресса по электрокардиологии 1993 г. в Канаде учредили Международное общество по электрокардиологии, признанное благотворительной организацией, действующей по законам Шотландии. Первым президентом Общества избран Р.Х. Стартт Селвестер [8].

В Советском Союзе проходили 6-й (1979, Ялта) и 12-й (1985, Минск) Международные конгрессы по электрокардиологии; 26-й конгресс (1999, Сыктывкар) и 35-й (2008, Санкт-Петербург) организованы профессором М.П. Рощевским.

Впоследствии достигнуто соглашение с Международным обществом холтеровского мониторирования и неинвазивной электрокардиологии о проведении совместных ежегодных мероприятий. Меморандум о взаимопонимании подписан в 2017 г. на Совместной встрече в Портленде, США [9].

Отцами Международных векторкардиографических коллоквиумов и конгрессов по электрокардиологии стали три физиолога – Х. Коваржик (1906–1985) из Польши, В. Лауфбергер (1890–1986) из Чехословакии и П. Рийлант (1902–1983) из Бельгии [10]. Все трое являлись выдающимися учеными и внесли важный вклад в различные области физиологии. Участники первых коллоквиумов многие годы спустя вспоминали человеческое обаяние их отцов-основателей и притягательную атмосферу тех встреч.

Отечественная векторкардиография

Большой вклад в развитие отечественной векторкардиографии внес Иван Тимофеевич Акулиничев (1915–2000) – врач и ученый, радиоконструктор, один из основоположников космической медицины [11].

В начале 1950-х И.Т. Акулиничев сконструировал векторкардиоскоп и предложил оригинальный метод регистрации ВКГ. В 1960 г. вышла в свет его книга «Практические вопросы векторкардиоскопии» [12].

Несмотря на значительные сложности, векторкардиография широко использовалась в клинической практике. Опубликован ряд монографий [13–17]. Главы, посвященные применению векторных принципов, присутствовали во многих руководствах по электрокардиографии. Так, в монографии Г.Я. Дехтяря (1966 г.) [18] подробно описываются не только понятие о желудочковом градиенте, но и примеры его применения в сложных диагностических случаях. Интересно отметить, что известный американский кардиолог Дж. У. Херст в статье 2005 г. писал: «Концепция Уилсона, позже названная желудочковым градиентом, была понята лишь немногими исследователями и еще меньшим числом клиницистов» [19].

Немало сил изучению клинических аспектов векторкардиографии отдал Владимир Иванович Маколкин (1931–2012). Еще в 1950-е годы им описаны ВКГ здоровых лиц, больных с инфарктом миокарда. Вопросам применения векторкардиографии в диагностике пороков сердца посвящены его кандидатская (1960 г.) и докторская (1967 г.) диссертации, монография «Электрокардиография и векторкардиография в диагностике пороков сердца» (1973 г.) [20]. Владимир Иванович возвращался к «милой его сердцу векторкардиографии» и в более поздние годы [21, 22]. В начале 2000-х на кафедре факультетской терапии внедрена система регистрации и анализа цифровых ВКГ, что отражено в ряде статей [23].

Развитие векторкардиографии в Институте терапии АМН СССР (впоследствии Институт кардиологии им. А.Л. Мясникова) связано с именами З.З. Дорофеевой и И.Ф. Игнатьевой (**рис. 1**).

Зоя Захаровна Дорофеева (1918–2008) – дочь одного из основоположников современной мокшанской литературы Захара Федоровича Дорофеева. После окончания медицинского института в июле 1941 г. вступила в ряды Красной армии. Награждена медалью «За оборону Москвы», орденами Красной Звезды и Отечественной войны. После окончания войны пришла работать в Институт терапии.

Ирина Федоровна Игнатьева (1923–2015) родилась в семье врача, еще в юности увлеклась электрокардиологией под влиянием друга семьи, известного терапевта М.Н. Тумановского.

В конце 1950-х – начале 1960-х годов З.З. Дорофеевой и И.Ф. Игнатьевой активно изучались возможности векторкардиографической системы И.Т. Акулиничева [24]. Докторская диссертация З.З. Дорофеевой (1970 г.) посвящена «общим закономерностям изменений электрокардиограммы и ВКГ при гипертонической болезни, коронарном атеросклерозе и их сочетании в аспекте клинической стадийности развития заболеваний». Ее научные разработки также

https://doi.org/10.26442/00403660.2022.09.201841

отражены в монографии «Инфаркт миокарда» (1971 г.) [25]. И.Ф. Игнатьевой принадлежит глава по векторкардиографии в монографии «Легочное сердце» (1973 г.) [26].

В 1970-е годы научное внимание коллектива З.З. Дорофеевой привлекали проблемы дифференциальной диагностики сочетанных форм поражения миокарда [27, 28]. В 1978 г. под ее руководством начаты работы по применению компьютеров для анализа ВКГ [29]. Внедрение цифровой векторкардиографии открыло новые возможности предсердной ВКГ [30]. Компьютерный анализ ВКГ применен и при изучении фазы реполяризации желудочков сердца [31].

В начале 1990-х годов в клиническую практику НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова внедрен алгоритм автоматизированной ВКГ-диагностики [32], а в 2011 г. – синтезированная ВКГ [33, 34].

Современность

В настоящее время в некоторых научных центрах, разбросанных по всему миру, продолжает применяться традиционный электро-векторкардиографический подход, при котором ВКГ используется на II, более углубленном этапе анализа сложных ЭКГ [35].

Разрабатываются и новые количественные ВКГ – показатели – «площадь *QRS*» [36]; морфология пространственной петли *QRS* [37]; показатели «глобальной электрической гетерогенности миокарда» [38, 39].

В контексте векторкардиографии зародился ряд новых направлений исследований: периодическая динамика реполяризации [40, 41]; синтез ВКГ из одного отведения ЭКГ [42]; привязка ВКГ к структурам сердца на основе пациент-специфических моделей [43].

Существует и еще один важный аспект. По мнению ряда экспертов в области электрокардиологии [35, 44, 45], векторкардиография имеет много преимуществ как основа обучения электрокардиографии. Пространственная визуализация электрической активности сердца облегчает понимание и помогает выработать у учащихся более осознанный подход к трактовке изменений ЭКГ.

Сейчас, в XXI в., векторкардиография, имеющая за плечами славную столетнюю историю, продолжает оставаться актуальной и постепенно превращается в один из более углубленных способов анализа цифровой ЭКГ. Хочется надеяться, что она и в дальнейшем сохранит все лучшее, что достигнуто за прошедшие годы, и останется символом вдумчивого, осмысленного подхода к интерпретации электрокардиографических данных и стимулом к широкому междисциплинарному и международному сотрудничеству.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список сокращений

ВКГ – векторкардиограмма

ЭКГ – электрокардиограмма

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Einthoven W, Fahr G, de Waart A. Uber die Richtung und die manifest Grosse der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und uber den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. *Pflugers Arch ges Physiol.* 1913;150:275-315.
2. Mann H. A method of analyzing the electrocardiogram. *Arch Intern Med.* 1920;25(3):283-94.
3. Wilson FN, Johnston FD. The vectorcardiogram. *Am Heart J.* 1938;16(1):14-28.
4. Burch GE. The history of vectorcardiography. *Med Hist Suppl.* 1985;(5):103-31. DOI:10.1017/s002572730007054x
5. Macfarlane PW, Pahlm O. 12 Lead vectorcardiography. In: Comprehensive electrocardiology. Eds. PW Macfarlane, A van Oosterom, O Pahlm, et al. London: Springer-Verlag, 2011; p. 1951-2006.
6. Man S, Maan AC, Schalij MJ, Swenne CA. Vectorcardiographic diagnostic & prognostic information derived from the 12-lead electrocardiogram: Historical review and clinical perspective. *J Electrocardiol.* 2015;48(4):463-75. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2015.05.002
7. Sobieszczańska M, Jagielski J. The International Society of Electrocardiology: a 50-year history originated in Poland. *J Electrocardiol.* 2010;43(3):187-90. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2010.03.004
8. Macfarlane PW. The International Society of Electrocardiology. *J Electrocardiol.* 2009;42(3):221-2. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2009.02.002
9. Memorandum of Understanding (MOU) Between the International Society of Electrocardiology (ISE) and the International Society of Holter and Noninvasive Electrocardiology (ISHNE). Available at: https://electrocardiology.org/constitution/ice-mou.html. Accessed: 13.05.2022.
10. Ruttkay-Nedecky I, Bacharova L. The fathers of the International Vectorcardiographic Colloquia. *J Electrocardiol.* 2007;40(6):539-41. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2007.06.007
11. Иван Тимофеевич Акулиничев. Режим доступа: https://omsk-osma.ru/files/4593/akulinichev-txt.pdf. Ссылка активна на 13.05.2022 [Ivan Timofeevich Akulinichev. Available at: https://omsk-osma.ru/files/4593/akulinichev-txt.pdf. Accessed: 13.05.2022 (in Russian)].
12. Акулиничев И.Т. Практические вопросы векторкардиоскопии. М.: Медгиз, 1960 [Akulinichev IT. Prakticheskie voprosy vektorkardioskopii. Moscow: Medgiz, 1960 (in Russian)].
13. Гасилин В.С. Вектокардиография: учеб.-метод. пособие для студентов и практ. врачей. Министерство здравоохранения РСФСР. Куйбышевский мед. ин-т. Куйбышев, 1963 [Gasilin VS. Vektokardiografiia: ucheb.-metod. posobie dlia studentov i prakt. vrachei. Ministrstvo zdravookhraneniia RSFSR. Kuibyshevskii med. in-t. Kuibyshev, 1963 (in Russian)].
14. Дорофеева З.З. Принципы векторкардиографии. М.: Медгиз, 1963 [Dorofeeva ZZ. Printsipy vektorkardiografii. Moscow: Medgiz, 1963 (in Russian)].
15. Тартаковский М.Б. Основы клинической векторкардиографии. Ленинград: Медицина. Ленингр. отд-ние, 1964 [Tartakovskii MB.

Osnovy klinicheskoi vektorkardiografii. Leningrad: Meditsina. Leningr. otd-niye, 1964 (in Russian)].

16. Бала Ю.М., Хорошев В.Ф., Гусев А.И. Количественная пространственная векторэлектрокардиография. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1968 [Bala IuM, Khoroshev VF, Gusev AI. Kolichestvennaia prostranstvennaia vektorelektrokardiografiia. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta, 1968 (in Russian)].
17. Кечкер М.И. Основы векторкардиографии. М., 1970 [Kechker MI. Osnovy vektorkardiografii. Moscow, 1970 (in Russian)].
18. Дехтярь Г.Я. Электрокардиографическая диагностика. М.: Медицина, 1966 [Dekhtyar' GYa. Elektrokardiograficheskaia diagnostika. Moscow: Meditsina, 1966 (in Russian)].
19. Hurst JW. Thoughts about the ventricular gradient and its current clinical use (Part I of II). *Clin Cardiol.* 2005;28(4):175-80. DOI:10.1002/clc.4960280404
20. Маколкин В.И. Электрокардиография и векторкардиография в диагностике пороков сердца. М.: Медицина, 1973 [Makolkin VI. Elektrokardiografiia i vektorkardiografiia v diagnostike porokov serdtsa. Moscow: Meditsina, 1973 (in Russian)].
21. Маколкин В.И. Векторкардиография. В: Болезни сердца и сосудов. Руководство для врачей. Т. 1. Под. ред. Е.И. Чазова. М.: Медицина, 1992; с. 280-91 [Makolkin VI. In: Bolezni serdtsa i sosudov. Rukovodstvo dlia vrachei. T. 1. Pod. red. EI Chazova. Moscow: Meditsina, 1992; p. 280-91 (in Russian)].
22. Маколкин В.И., Подзолков В.И., Самойленко В.В. ЭКГ: анализ и толкование. М.: ГЭОТАР Медицина, 2000 [Makolkin VI, Podzolkov VI, Samoylenko VV. EKG: analiz i tolkovanie. Moscow: GEOTAR Meditsina, 2000 (in Russian)].
23. Абдуева Р.А., Самойленко В.В., Маколкин В.И. Электрическая нестабильность миокарда у больных приобретенными пороками сердца. *Кардиология.* 2006;46(2):42-6 [Abdueva RA, Samoilenko VV, Makolkin VI. Electrical instability of the myocardium in patients with acquired heart defects. *Kardiologiia.* 2006;46(2):42-6 (in Russian)].
24. Рябыкина Г.В., Сахнова Т.А., Соболев А.В. Развитие методов исследования электрического поля сердца в Отделе новых методов диагностики. *Кардиологический вестник (Бюллетень РКНПК).* 2010;1:56-61 [Ryabykina GV, Sakhnova TA, Sobolev AV. Development of cardiac electrical field studies at the Department of New Diagnostic Methods. *Kardiologicheskiy vestnik (Byulleten' RKNPK).* 2010;1:56-61 (in Russian)].
25. Виноградов А.В., Вихерт А.М., Дорофеева З.З., Чазов Е.И. Инфаркт миокарда. Под ред. акад., проф. Е.И. Чазова. М.: Медицина, 1971 [Vinogradov AV, Vikhert AM, Dorofeeva ZZ, Chazov EI. Infarkt miokarda. Pod red. akad., prof. EI. Chazova. Moscow: Meditsina, 1971 (in Russian)].
26. Мухарлямов Н.М. Легочное сердце. М.: Медицина, 1973 [Mukharlyamov NM. Legochnoe serdtse. Moscow: Meditsina, 1973 (in Russian)].
27. Гаджаева Ф.У., Дорофеева З.З. Вектор-электрокардиограмма в диагностике очагово-рубцового поражения миокарда сочетанной локализации. *Терапевтический архив.* 1977;49(6):47-51 [Gadzaeva FU, Dorofeeva ZZ. Vectorcardiography in diagnosis of focal cicatrical lesion of the myocardium of multiple location. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.).* 1977;49(6):47-51 (in Russian)].
28. Дорофеева З.З., Игнатьева И.Ф., Кумекин Ю.П., Шеремета В.М. Возможности векторкардиографической дифференциации двух форм сочетанной гипертрофии обоих желудочков сердца. *Кардиология.* 1972;12(9):89-96 [Dorofeeva ZZ, Ignat'eva IF, Kumekin IuP, Sheremeta VM. The possibility of vectorcardiographic differentiation of 2 forms of combined hypertrophy of both cardiac ventricles. *Kardiologiia.* 1972;12(9):89-96 (in Russian)].
29. Давиденко А.В., Игнатьева И.Ф., Дорофеева З.З., и др. Автоматизированное воспроизведение ВКГ (система Макфи-Парунгао) и расчет ее основных параметров с помощью ЭВМ. *Бюллетень ВКНЦ АМН СССР.* 1979;1:85-95 [Davidenko AV, Ignatieva IF, Dorofeeva ZZ, et al. Automated reproduction of VCG (MacFee-Parungao system) and calculation of its main parameters using a computer. *Byulleten VKNTS AMN SSSR.* 1979;1:85-95 (in Russian)].
30. Давиденко А.В., Дорофеева З.З., Сахнова Т.А., Соболев А.В. Способ повышения диагностической информативности предсердной ВКГ. *Кардиология.* 1985;25(3):77-81 [Davidenko AV, Dorofeeva ZZ, Sakhnova TA, Sobolev AV. Method of enhancing the diagnostic information value of the atrial vectorcardiogram. *Kardiologiia.* 1985;25(3):77-81 (in Russian)].
31. Давыдова И.А., Дорофеева З.З., Мухарлямов Н.М., и др. Электровекторкардиографические особенности в сдвигах реполяризационной фазы кривых у больных гипертрофической кардиомиопатией и ишемической болезнью сердца с артериальной гипертонией. *Кардиология.* 1988;28(4):65-9 [Davydova IA, Dorofeeva ZZ, Mukharliamov NM, et al. Electrovectorcardiographic characteristics of shifting repolarization phase curves in patients with hypertrophic cardiomyopathy and ischemic heart disease with arterial hypertension. *Kardiologiia.* 1988;28(4):65-9 (in Russian)].
32. Сахнова Т.А. Векторкардиография. В: Функциональная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний. Под ред. Ю.Н. Беленкова, С.К. Тернового. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007; с. 225-60 [Sakhnova TA. Funktsional'naia diagnostika serdechno-sosudistykh zabolevanii. Pod red. IuN Belenkova, SK Ternovogo. Moscow: GEOTAR-Media, 2007; p. 225-60 (in Russian)].
33. Блинова Е.В., Сахнова Т.А. Векторкардиография. В: Руководство по кардиологии. Под ред. Е.И. Чазова. Т. 2. М.: Практика, 2014; с. 79-94 [Blinova EV, Sakhnova TA. Vektorkardiografiia. V: Rukovodstvo po kardiologii. Pod red. EI Chazova. T. 2. Moscow: Praktika, 2014; p. 79-94 (in Russian)].
34. Блинова Е.В., Сахнова Т.А. Ортогональная электрокардиограмма. В: Функциональная диагностика. Национальное руководство. Под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019; с. 171-81 [Blinova EV, Sakhnova TA. Ortogonal'naia elektrokardiogramma. V: Funktsional'naia diagnostika. Natsional'noe rukovodstvo. Pod red. NF Beresten', VA Sandrikova, SI Fedorovoi. Moscow: GEOTAR-Media, 2019; p. 171-81 (in Russian)].
35. Pastore CA, Samesima N, Pereira Filho HG, et al. Applicability of the Electro-Vectorcardiogram in Current Clinical Practice. *Arq Bras Cardiol.* 2019;113(1):87-99. DOI:10.5935/abc.20190095
36. Emerek K, Friedman DJ, Sørensen PL, et al. Vectorcardiographic QRS area is associated with long-term outcome after cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm.* 2019;16(2):213-9. DOI:10.1016/j.hrthm.2018.08.028
37. Sedaghat G, Sedaghat G, Ghafoori E, et al. Quantitative Assessment of Vectorcardiographic Loop Morphology. *J Electrocardiol.* 2016;49(2):154-63. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2015.12.014
38. Waks JW, Tereshchenko LG. Global electrical heterogeneity: A review of the spatial ventricular gradient. *J Electrocardiol.* 2016;49(6):824-30. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2016.07.025
39. Aidu EAI, Trunov VG. Vectorcardiographic ventricular gradient with constituents, and myocardial action potential parameter distribution. *Measurement Science Review.* 2022;22(1):44-9. DOI:10.2478/msr-2022-0005
40. Rizas KD, Doller AJ, Hamm W, et al. Periodic repolarization dynamics as a risk predictor after myocardial infarction: Prospective validation study. *Heart Rhythm.* 2019;16(8):1223-31. DOI:10.1016/j.hrthm.2019.02.024
41. Palacios S, Cygankiewicz I, Bayés de Luna A, et al. Periodic repolarization dynamics as predictor of risk for sudden cardiac death in chronic heart failure patients. *Sci Rep.* 2021;11(1):20546. DOI:10.1038/s41598-021-99861-1
42. Chuang YH, Huang CL, Chang WW, Chien JT. Automatic Classification of Myocardial Infarction Using Spline Representation of Single-Lead Derived Vectorcardiography. *Sensors (Basel).* 2020;20(24):7246. DOI:10.3390/s20247246
43. van Dam PM. A new anatomical view on the vector cardiogram: The mean temporal-spatial isochrones. *J Electrocardiol.* 2017;50(6):732-8. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2017.08.010
44. Estes EH Jr. The ECG and the VCG: understanding cardiac electrical events in space with Grant's spatial vector approach. *J Electrocardiol.* 2016;49(6):951-6. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2016.08.006
45. Hurst JW. Methods used to interpret the 12-lead electrocardiogram: Pattern memorization versus the use of vector concepts. *Clin Cardiol.* 2000;23(1):4-13. DOI:10.1002/clc.4960230103

Статья поступила в редакцию / The article received: 18.05.2022