



Особенности векторкардиограмм у больных гипертонической болезнью, осложненной хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка

Т.А. Сахнова^{✉1}, Е.В. Блинова¹, Е.С. Юрасова¹, Т.М. Ускач¹, Н.В. Блинова¹, Э.А.-И. Айду², В.Г. Трунов², М.А. Саидова¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» РАН, Москва, Россия

Аннотация

Цель. Изучить особенности векторкардиограмм (ВКГ) у больных гипертонической болезнью (ГБ), осложнившейся развитием хронической сердечной недостаточности (ХСН) со сниженной фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ).

Материалы и методы. Проанализированы ВКГ 70 больных ГБ с ХСН со сниженной ФВ ЛЖ и 275 больных ГБ без клинических признаков ХСН с ФВ ЛЖ больше 50%. Оценивались наличие нарушений ритма и проводимости сердца, а также показатели синтезированной ВКГ: модуль максимального вектора *QRS*, индекс планарности пространственной петли *QRS* (*P/S*) и пространственный угол между интегральными векторами *QRS* и *T* (*sQRS-Ta*).

Результаты. У больных ГБ с ХСН чаще выявляли фибрилляцию предсердий (ФП), чем у пациентов с ГБ без ХСН (52,9 и 5,1% соответственно; $p < 0,0001$), и блокаду левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) (38,6 и 0,4% соответственно; $p < 0,0001$); достоверно больше модуль максимального вектора *QRS*, *sQRS-Ta* и меньше *P/S*. ROC-анализ показал, что как наличие ФП и БЛНПГ, так и изученные показатели ВКГ позволяют разделять пациентов с ГБ с ХСН и ГБ без ХСН как в группе в целом, так и в подгруппах пациентов (1) без БЛНПГ, (2) с синусовым ритмом и (3) с ФП. Наибольшей информативностью обладал *sQRS-Ta* (пороговое значение $>137^\circ$, чувствительность 91%, специфичность 92%). Показатель *P/S* при оптимальном пороговом значении $\leq 0,92$ отличался более низкой специфичностью (68%) при достаточно высокой чувствительности (79%).

Заключение. У больных ГБ с ХСН по сравнению с пациентами с ГБ без ХСН чаще присутствуют ФП, БЛНПГ, отмечаются увеличение модуля максимального вектора *QRS*, пространственного угла *QRS-T* и уменьшение индекса планарности пространственной петли *QRS*.

Ключевые слова: артериальная гипертония, хроническая сердечная недостаточность со сниженной фракцией выброса левого желудочка, синтезированная векторкардиограмма, пространственный угол *QRS-T*, планарность петли *QRS*

Для цитирования: Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Юрасова Е.С., Ускач Т.М., Блинова Н.В., Айду Э.А.-И., Трунов В.Г., Саидова М.А. Особенности векторкардиограмм у больных гипертонической болезнью, осложненной хронической сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса левого желудочка. Терапевтический архив. 2022;94(9):1067–1071. DOI: 10.26442/00403660.2022.09.201843

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2022 г.

ORIGINAL ARTICLE

Features of vectorcardiograms in patients with hypertension complicated by chronic heart failure with reduced left ventricle ejection fraction

Tamara A. Sakhnova^{✉1}, Elena V. Blinova¹, Elena S. Yurasova¹, Tatiana M. Uskach¹, Nataliya V. Blinova¹, Eduard A.I. Aidu², Vladimir G. Trunov², Marina A. Saidova¹

¹Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia;

²Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Moscow, Russia

Abstract

Aim. To explore the features of vectorcardiograms (VCG) of patients with essential hypertension complicated by chronic heart failure with reduced left ventricular ejection fraction (CHF_rLVEF).

Materials and methods. We analyzed VCGs of 70 hypertensive patients with CHF_rLVEF and 275 hypertensive patients without clinical signs of CHF and with LVEF $>$ 50%. We assessed the presence of rhythm and conduction disturbances, and the parameters of the synthesized VCG, i.e., module of the maximum *QRS* vector, planarity index of the spatial *QRS* loop (*P/S*), and spatial angle between the integral *QRS* and *T* vectors (*sQRS-Ta*).

Results. In hypertensive patients with CHF, certain conditions were detected more often as compared with hypertensive patients without CHF, i.e., atrial fibrillation (AF) in 52.9% vs 5.1%; $p < 0.0001$, and left bundle branch block (LBBB) in 38.6% vs 0.4%; $p < 0.0001$. The module of the maximum *QRS* vector and *sQRS-Ta* were significantly greater and *P/S* was significantly less in VCGs of patients with CHF. ROC-analysis showed that the presence of AF and LBBB just as VCG parameters assessed in this study provide clear discrimination between hypertensive patients with or without CHF both in the group as a whole and in the subgroups (1) without LBBB, (2) with sinus rhythm, and (3) with AF. *sQRS-Ta* was the most informative parameter (threshold $>137^\circ$, sensitivity 91%, specificity 92%). The *P/S* indicator at the optimal threshold value ≤ 0.92 was characterized by lower specificity (68%) with rather high sensitivity (79%).

Conclusion. AF, LBBB, increased module of the maximum *QRS* vector and *sQRS-Ta*, and decreased *P/S* index are present in hypertensive patients with CHF_rLVEF as compared with patients without CHF.

Keywords: arterial hypertension, chronic heart failure with reduced left ventricular ejection fraction, synthesized vectorcardiogram, spatial *QRS-T* angle, *QRS* loop planarity

For citation: Sakhnova TA, Blinova EV, Yurasova ES, Uskach TM, Blinova NV, Aidu EAI, Trunov VG, Saidova MA. Features of vectorcardiograms in patients with hypertension complicated by chronic heart failure with reduced left ventricle ejection fraction. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2022;94(9):1067–1071. DOI: 10.26442/00403660.2022.09.201843

Информация об авторах / Information about the authors

✉ Сахнова Тамара Анатольевна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. ЭКГ Института клинической кардиологии им. А.А. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». Тел.: +7(495)414-64-07; e-mail: tamara-sahnova@mail.ru; ORCID: 0000-0002-5543-7184

✉ Tamara A. Sakhnova. E-mail: tamara-sahnova@mail.ru; ORCID: 0000-0002-5543-7184

Введение

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) со сниженной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) остается серьезной проблемой здравоохранения. Ранняя диагностика и своевременное начало фармакологической терапии являются ключевыми факторами, которые способны привести к снижению заболеваемости и повышению выживаемости таких пациентов.

В настоящее время всем пациентам с подозрением на ХСН рекомендуется определение уровня натрийуретических пептидов в крови, а также проведение эхокардиографии (ЭхоКГ) с целью подтверждения диагноза и установления фенотипа ХСН. Однако большая распространенность ХСН и неспецифичность ее клинических проявлений оставляют актуальной задачу поиска более дешевых и широко доступных методов для применения на первых этапах диагностики.

В последние годы многообещающие результаты получены при обработке электрокардиографических данных с привлечением искусственного интеллекта [1, 2]. Недостатком моделей глубокого обучения является то, что пользователь не может понять, по каким именно признакам модель достигает результата.

В имеющихся исследованиях связи электрического ремоделирования сердца с ФВ ЛЖ оценивался лишь ограниченный набор изменений электрокардиограммы: фибрилляция предсердий (ФП), блокада левой ножки пучка Гиса (БЛНПГ) и электрокардиостимуляция желудочков [3].

Внедрение в клиническую практику цифровой электрокардиографии (ЭКГ) может повысить информативность этого метода за счет использования сложных интегральных показателей, более разносторонне характеризующих электрическое ремоделирование миокарда.

Цель работы – изучить особенности векторкардиограмм (ВКГ) у больных гипертонической болезнью (ГБ), осложнившейся развитием ХСН с низкой ФВ ЛЖ.

Материалы и методы

Из медицинской информационной системы отобраны истории болезни 70 пациентов, находившихся на лечении в ИКК им. А.Л. Мясникова с диагнозом «ГБ III стадии, ХСН

с низкой ФВ ЛЖ» (ФВ ЛЖ меньше 40%), и 275 больных с диагнозом ГБ без клинических признаков ХСН с ФВ ЛЖ больше 50%. Диагноз устанавливался согласно современным рекомендациям на основании комплексного клинико-инструментального обследования.

В исследование не включались пациенты с искусственным ритмом желудочков, а также больные с наличием в анамнезе инфаркта миокарда и с клинически значимыми стенозами коронарных артерий.

Электрокардиография

Регистрация и обработка цифровых ЭКГ в 12 отведениях производилась с помощью компьютерного электрокардиографа с программным обеспечением Easy ECG («Атес Медика», Россия).

На синтезированной ВКГ рассчитывались следующие показатели: модуль максимального вектора QRS ($MQRS$, мВ) – максимальное из всех значений моментных векторов петли QRS; индекс планарности пространственной петли QRS (P/S) – соотношение площади проекции петли QRS на плоскость и истинной площади петли QRS в пространстве; пространственный угол QRS-T ($sQRS-Ta$, град.) – пространственный угол между интегральными векторами QRS и T.

На ЭКГ оценивалось наличие нарушений ритма и проводимости сердца. Для диагностики внутрижелудочковых блокад использовались критерии, отраженные в международных рекомендациях [4].

Эхокардиография

Для проведения трансторакальной ЭхоКГ использовался ультразвуковой прибор Vivid 9, США. Для вычисления ФВ ЛЖ применялся биплановый метод дисков (модифицированный метод Симпсона) в В-режиме. Масса миокарда ЛЖ (ММЛЖ) вычислялась на основе линейных измерений в М-режиме под контролем В-режима по формуле Американского эхокардиографического общества.

Статистический анализ

Статистический анализ данных проводился с использованием программного обеспечения MedCalc (MedCalc

Блинова Елена Валентиновна – канд. мед. наук, науч. сотр. лаб. ЭКГ Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». ORCID: 0000-0001-8725-7084

Юрасова Елена Сергеевна – канд. мед. наук, вед. науч. сотр. научно-экспертного отд. Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». ORCID: 0000-0002-4640-5578

Ускач Татьяна Марковна – д-р мед. наук, вед. науч. сотр. отд. заболеваний миокарда и сердечной недостаточности Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». ORCID: 0000-0003-4318-0315

Блинова Наталия Владимировна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. гипертонии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». ORCID: 0000-0001-5215-4894

Айду Эдуард Альфред-Иоханесович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаб. теории передачи информации и управления ФГБУН «ИППИ им. А.А. Харкевича». ORCID: 0000-0001-9505-4404

Трунов Владимир Григорьевич – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаб. теории передачи информации и управления ФГБУН «ИППИ им. А.А. Харкевича». ORCID: 0000-0002-6084-1608

Саидова Марина Абдулатиповна – гл. науч. сотр. отд. ультразвуковых методов исследования Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова». ORCID: 0000-0002-3233-1862

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

Elena S. Yurasova. ORCID: 0000-0002-4640-5578

Tatiana M. Uskach. ORCID: 0000-0003-4318-0315

Nataliya V. Blinova. ORCID: 0000-0001-5215-4894

Eduard A.I. Aidu. ORCID: 0000-0001-9505-4404

Vladimir G. Trunov. ORCID: 0000-0002-6084-1608

Marina A. Saidova. ORCID: 0000-0002-3233-1862

Таблица 1. Характеристики рассматриваемых групп
Table 1. Characteristics of the groups

	ГБ с ХСН (n=70)	ГБ без ХСН (n=275)	p
Мужчины, %	59 (84,3%)	117 (42,5%)	<0,0005
Возраст, годы	60 [54; 68]	59 [51; 68]	0,31
СД, %	23 (32,9%)	49 (17,9%)	0,008
ИМТ, кг/м ²	32 [28; 36]	30 [26; 33]	0,0056
САД, мм рт. ст.	128 [110; 140]	140 [130; 160]	<0,0001
ДАД, мм рт. ст.	80 [70; 90]	85 [80; 90]	<0,0001
КДР ЛЖ, см	7,0 [6,5; 7,3]	5,0 [4,8; 5,3]	<0,0001
ТЗС ЛЖ, см	1,0 [1,0; 1,1]	1,0 [0,95; 1,1]	0,0076
ТМЖП, см	1,0 [1,0; 1,1]	1,0 [0,95; 1,1]	0,008
ОТС	0,30 [0,27; 0,33]	0,39 [0,37; 0,42]	<0,0001
ФВ ЛЖ, %	30 [28; 37]	60 [60; 65]	<0,0001
ММЛЖ, г	322 [282; 381]	182 [155; 214]	<0,0001
ИММЛЖ, г/м ^{2,7}	72 [63; 83]	45 [38; 50]	<0,0001
MQRS, мВ	2,77 [1,81; 3,15]	1,62 [1,36; 1,98]	<0,0001
P/S	0,81 [0,57; 0,92]	0,95 [0,91; 0,97]	<0,0001
sQRS-Ta, °	163 [150; 170]	68 [43; 96]	<0,0001

Примечание. САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, КДР ЛЖ – конечный диастолический размер ЛЖ, ТЗС ЛЖ – толщина задней стенки ЛЖ, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки, ОТС – относительная толщина стенок, ИММЛЖ – индекс ММЛЖ, СД – сахарный диабет, ИМТ – индекс массы тела.

Software BVBA, Остенде, Бельгия). Непрерывные переменные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (25 и 75-й перцентили). Качественные переменные представлены в абсолютных и относительных величинах. Для оценки различий двух независимых количественных переменных использовался критерий Манна-Уитни, для качественных переменных – метод χ^2 ; для анализа четырехпольных таблиц в случае значений ожидаемого явления менее 10 применялся двусторонний точный критерий Фишера. Для определения взаимосвязи между переменными проводился корреляционный анализ Спирмена. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

Характеристики рассматриваемых групп представлены в табл. 1.

Все пациенты получали лекарственную терапию согласно действующим рекомендациям.

У больных ГБ с ХСН по сравнению с пациентами с ГБ без ХСН больше частота сердечных сокращений (81 [69; 97] уд/мин и 66 [60; 76] уд/мин; $p < 0,0001$); чаще присутствовали ФП (52,9 и 5,1% соответственно; $p < 0,0001$), БЛНПГ (38,6 и 0,4% соответственно; $p < 0,0001$) и блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса, как изолированная (12,9 и 4,7% соответственно; $p = 0,02$), так и в сочетании с блокадой правой ножки пучка Гиса (2,9 и 0% соответственно; $p = 0,04$).

Результаты ROC-анализа изученных показателей при разделении больных ГБ с ХСН и пациентов с ГБ без ХСН представлены в табл. 2.

Изученные показатели также сохраняли свою информативность при разделении больных ГБ с ХСН и пациентов

Таблица 2. Результаты ROC-анализа изученных показателей при разделении больных ГБ с ХСН и пациентов с ГБ без ХСН

Table 2. Results of ROC-analysis of the parameters assessed in arterial hypertension (AH) patients with or without chronic heart failure (CHF)

	AUC±SE	Порог	Чувствительность, %	Специфичность, %
ФП	0,74±0,04	Есть	53	95
БЛНПГ	0,69±0,04	Есть	39	99
MQRS	0,80±0,03	>2,7 мВ	51	99
sQRS-Ta	0,95±0,02	>137°	91	92
P/S	0,78±0,03	≤0,92	79	68

Примечание. Здесь и далее в табл. 3: AUC – площадь под ROC-кривой, SE – стандартная ошибка.

Таблица 3. Результаты ROC-анализа изученных показателей при разделении больных ГБ с ХСН и пациентов с ГБ без ХСН в разных подгруппах

Table 3. Results of ROC-analysis of the parameters assessed in AH patients with or without CHF in different subgroups

	AUC±SE	Порог	Чувствительность, %	Специфичность, %
<i>Больные с синусовым ритмом</i>				
БЛНПГ	0,73±0,05	Есть	46	99
MQRS	0,92±0,03	>2,2 мВ	85	87
sQRS-Ta	0,98±0,02	>126°	100	92
P/S	0,80±0,03	≤0,92	82	67
<i>Больные с ФП</i>				
БЛНПГ	0,66±0,08	Есть	32	100
MQRS	0,75±0,07	>1,6 мВ	81	71
sQRS-Ta	0,88±0,02	>135°	87	86
P/S	0,75±0,03	≤0,91	76	79
<i>Больные без БЛНПГ</i>				
ФП	0,77±0,04	Есть	58	95
MQRS	0,74±0,05	>2,4 мВ	49	92
sQRS-Ta	0,93±0,03	>126°	88	91
P/S	0,67±0,04	≤0,92	65	68

с ГБ без ХСН в подгруппах больных с синусовым ритмом; с ФП; в подгруппе больных без БЛНПГ (табл. 3). Оценить информативность показателей среди пациентов с БЛНПГ не представлялось возможным из-за редкой встречаемости БЛНПГ у пациентов с ГБ без ХСН.

Таким образом, проведенный ROC-анализ показал, что как наличие ФП и БЛНПГ, так и изученные показатели ВКГ позволяют разделять пациентов с ХСН и без ХСН в группе в целом и в различных подгруппах.

Наибольшей информативностью обладал sQRS-Ta.

Выявленные закономерности иллюстрируют два клинических примера [рис. 1 (Пример 1) и рис. 2 (Пример 2)].

На рис. 1 представлены ЭКГ и ВКГ больного 60 лет. Диагноз: ГБ III стадии, достигнут целевой уровень артериального

давления. Риск 4 (очень высокий). Гипертрофия ЛЖ (ГЛЖ). Нарушение ритма сердца: постоянная форма ФП, нормосистолия. ХСН I стадии, III функционального класса (NYHA). Ожирение 1-й степени.

BNP – 1005 пг/мл (норма локальной лаборатории 100 пг/мл).

ЭхоКГ: расширение полостей обоих предсердий. Концентрическая гипертрофия миокарда с умеренным диффузным снижением его глобальной сократимости (ФВ ЛЖ 38%).

На рис. 2 представлены ЭКГ и ВКГ больного 64 лет. Диагноз: ГБ III стадии, АГ 3-й степени. Риск 4 (очень высокий). Нарушение ритма сердца: постоянная форма ФП, нормосистолия. Сахарный диабет 2-го типа. Ожирение 1-й степени.

ЭхоКГ: дилатация полостей обоих предсердий. Сократимость ЛЖ удовлетворительная (ФВ ЛЖ 60%).

Обсуждение

К основным изменениям ЭКГ, характерным для больных с низкой ФВ ЛЖ, обычно относят ФП, БЛНПП, искусственный ритм желудочков, а также патологические зубцы Q [3].

В данную работу мы преднамеренно не включали больных с инфарктом миокарда и постинфарктным кардиосклерозом, а также пациентов с искусственным ритмом.

Главными проявлениями гипертонического сердца являются развитие ГЛЖ и диффузного интерстициального фиброза [5]. На клеточном и субклеточном уровне выявляются воспаление, дегенеративные изменения, апоптоз, а также разнообразные изменения ионных каналов, щелевых контактов, коннексина 43 [6].

В нашей работе у больных ГБ с ХСН по сравнению с пациентами с ГБ без ХСН чаще присутствовали ФП и БЛНПП, что согласуется с данными других исследований [3, 7].

Необходимо отметить, что, как показано с помощью компьютерного моделирования, замедление скорости проведения в рабочем миокарде даже при отсутствии поражения проводящей системы сердца может приводить к появлению конфигурации комплекса QRS, подобной конфигурации комплекса QRS при БЛНПП (псевдо-картину БЛНПП) [8].

Что касается показателей ВКГ, то в нашей группе у больных ГБ с ХСН по сравнению с пациентами с ГБ без ХСН отмечалось увеличение $MQRS$, $sQRS-Ta$ и уменьшение P/S . Теоретические исследования показывают, что на величину $MQRS$ помимо ММЛЖ может влиять ряд других факторов: тип гипертрофии, электрофизиологические свойства тканей и т.д. Наибольшее увеличения $MQRS$ можно ожидать при сочетании эксцентрической ГЛЖ и замедления скорости проведения возбуждения по рабочему миокарду [8].

Работ, посвященных изучению планарности пространственной петли QRS у больных АГ, довольно мало. Статистически значимое уменьшение P/S выявлено у больных АГ с ГЛЖ по сравнению со здоровыми лицами; в той же работе отмечалось уменьшение P/S по мере прогрессирования ГЛЖ [9].

Что касается $sQRS-Ta$, имеются данные, что его добавление к обычным электрокардиографическим критериям ГЛЖ наряду с индексом массы тела позволяет улучшить ЭКГ-диагностику ГЛЖ [10].

Наша работа имеет ряд ограничений. В ней мы касались только нескольких показателей ВКГ и не проводили их сопоставления с широким набором электрокардиографических показателей, которые упоминаются в литературе как возможные проявления электрического ремоделирования сердца у больных с ХСН. Нами не изучалась группа больных ГБ с ХСН с сохраненной ФВ ЛЖ. Кроме того, в задачи данного исследования не входила точная оценка

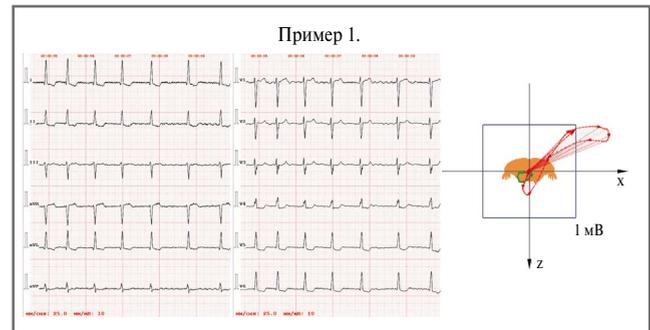


Рис. 1. ЭКГ и ВКГ больного ГБ с ХСН. $MQRS$ 1,96 мВ, $sQRS-Ta$ 175°, P/S 0,52.

Fig. 1. Electrocardiogram and vectorcardiogram of a hypertensive patient with CHF. $MQRS$ 1,96 mV, $sQRS-Ta$ 175°, P/S 0,52.

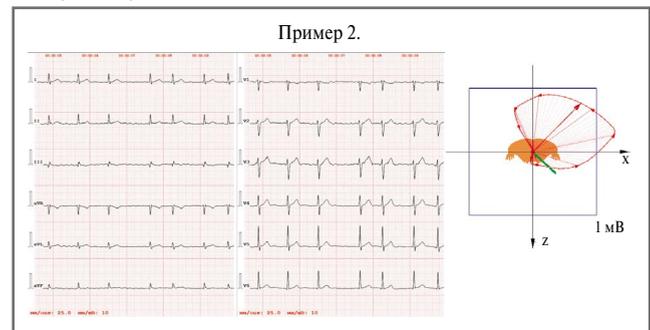


Рис. 2. ЭКГ и ВКГ больного ГБ без ХСН. $MQRS$ 1,42 мВ, $sQRS-Ta$ 83°, P/S 0,96.

Fig. 2. Electrocardiogram and vectorcardiogram of a patient with AH without CHF. $MQRS$ 1,42 mV, $sQRS-Ta$ 83°, P/S 0,96.

возможного влияния проводимой лекарственной терапии на показатели ВКГ. Все это может стать предметом дальнейших исследований.

Заключение

У больных ГБ с ХСН по сравнению с пациентами с ГБ без ХСН чаще присутствуют ФП, БЛНПП, отмечаются увеличение модуля максимального вектора QRS, пространственного угла $QRS-T$ и уменьшение индекса планарности пространственной петли QRS. Наибольшей информативностью при разделении групп больных ГБ с ХСН и без ХСН обладал пространственный угол $QRS-T$.

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

БЛНПГ – блокада левой ножки пучка Гиса
ВКГ – векторкардиограмма
ГБ – гипертоническая болезнь
ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка
ЛЖ – левый желудочек
ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка
ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка

ФП – фибрилляция предсердий
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ЭКГ – электрокардиография
ЭхоКГ – эхокардиография
MQRS – модуль максимального вектора QRS
P/S – индекс планарности пространственной петли QRS
sQRS-Ta – пространственный угол QRS-T

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Al Hinai G, Jammoul S, Vajih Z, Afilalo J. Deep learning analysis of resting electrocardiograms for the detection of myocardial dysfunction, hypertrophy, and ischaemia: a systematic review. *Eur Heart J Digit Health*. 2021;2(3):416-23. DOI:10.1093/ehjdh/ztab048
- Yao X, Rushlow DR, Inselman JW, et al. Artificial intelligence-enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial. *Nat Med*. 2021;27(5):815-9. DOI:10.1038/s41591-021-01335-4
- Olesen LL, Andersen A. ECG as a first step in the detection of left ventricular systolic dysfunction in the elderly. *ESC Heart Fail*. 2016;3(1):44-52. DOI:10.1002/ehf2.12067
- Surawicz B, Childers R, Deal BJ, et al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part III: intraventricular conduction disturbances: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(11):976-81. DOI:10.1016/j.jacc.2008.12.013
- Nwabuo CC, Vasan RS. Pathophysiology of Hypertensive Heart Disease: Beyond Left Ventricular Hypertrophy. *Curr Hypertens Rep*. 2020;22(2):11. DOI:10.1007/s11906-020-1017-9
- Bacharova L. Missing Link between Molecular Aspects of Ventricular Arrhythmias and QRS Complex Morphology in Left Ventricular Hypertrophy. *Int J Mol Sci*. 2019;21(1):48. DOI:10.3390/ijms21010048
- Reinier K, Aro AL, Uy-Evanado A, et al. Electrical surrogate for detection of severe left ventricular systolic dysfunction. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2018;23(6):e12591. DOI:10.1111/anec.12591
- Bacharova L, Szathmary V, Kovalcik M, Mateasik A. Effect of changes in left ventricular anatomy and conduction velocity on the QRS voltage and morphology in left ventricular hypertrophy: a model study. *J Electrocardiol*. 2010;43(3):200-8. DOI:10.1016/j.jelectrocard.2009.07.014
- Бойцов С.А., Гришаев С.Л., Ласточкин И.Г., Пинегин А.Н. Диагностическая эффективность пространственных показателей компьютерной векторкардиографии для оценки гипертрофии левого желудочка сердца. *Артериальная гипертензия*. 2003;9(4):142-4 [Boitsov SA, Gizhayev SL, Lastochkin IG, Pinegin AN. Diagnostic effectiveness of spatial indices of computed vectorcardiography for evaluation of left ventricular hypertrophy. *Arterial'naya gipertenziya*. 2003;9(4):142-4 (in Russian)]. DOI:10.18705/1607-419X-2003-9-4-142-144
- Elffers TW, Trompet S, de Mutsert R, et al. Electrocardiographic Detection of Left Ventricular Hypertrophy; Adding Body Mass Index and Spatial QRS-T Angle: A Cross-Sectional Study. *Cardiol Ther*. 2019;8(2):345-56. DOI:10.1007/s40119-019-00151-9

Статья поступила в редакцию / The article received: 08.04.2022



OMNIDOCTOR.RU