

Сопоставление интегральных показателей векторкардиограммы с данными эхокардиографического исследования у больных идиопатической и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией

Т.А. Сахнова, Е.В. Блинова, А.А. Белевская, М.А. Саидова, О.А. Архипова, Е.С. Юрасова, Ф.Х. Алокова, Т.В. Мартынюк, И.Е. Чазова

Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Цель работы – сопоставить показатели векторкардиограммы (ВКГ) – пространственный угол QRS-T и электрокардиографический желудочковый градиент (VG) с данными эхокардиографии (ЭхоКГ) у больных идиопатической легочной гипертензией (ИЛГ) и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЭЛГ).

Материалы и методы. У 40 больных ИЛГ и 40 больных ХТЭЛГ в возрасте 45 ± 12 лет при ЭхоКГ оценивали систолическое давление в легочной артерии (СДЛА), размеры камер сердца, показатели систолической и диастолической функции правого желудочка (ПЖ). Угол QRS-T и VG вычисляли на ВКГ, пересчитанной из цифровой электрокардиограммы (ЭКГ) в 12 отведениях.

Результаты. У всех пациентов СДЛА было больше 40 мм рт. ст. (в среднем 83 ± 18 мм рт. ст.), параметры ЭхоКГ свидетельствовали о гипертрофии и дилатации ПЖ, нарушении его систолической и диастолической функции, дилатации правого предсердия (ПП). Прогностически неблагоприятные изменения ЭхоКГ наблюдались при наличии перикардального выпота у 35 (44%) пациентов, площади ПП > 26 см² у 18 (23%) пациентов, систолической экскурсии плоскости трикуспидального кольца (TAPSE) $< 1,5$ см у 37 (46%) больных. Статистически значимые различия в значениях ЭхоКГ и ВКГ параметров наблюдались в группе больных с III–IV функциональным классом (ФК) по сравнению с I–II ФК. Выявлены достоверные корреляционные связи средней силы между показателями ВКГ и параметрами ЭхоКГ. Показатели ВКГ позволяли с чувствительностью от 54 до 78% и специфичностью от 66 до 87% разделить группы больных с наличием и отсутствием прогностически неблагоприятных изменений ЭхоКГ.

Заключение. У больных ИЛГ и ХТЭЛГ изменения угла QRS-T и VG коррелируют с СДЛА, размерами ПЖ и ПП, параметрами систолической и диастолической функции ПЖ. Показана возможность использования угла QRS-T и VG для выделения из общей группы больных ИЛГ и ХТЭЛГ пациентов с прогностически неблагоприятными изменениями ЭхоКГ.

Ключевые слова: векторкардиограмма, эхокардиография, идиопатическая легочная гипертензия, хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, пространственный угол QRS-T, желудочковый градиент.

Для цитирования: Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Белевская А.А. и др. Сопоставление интегральных показателей векторкардиограммы с данными эхокардиографического исследования у больных идиопатической и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией. Терапевтический архив. 2019; 91 (3): 11–16. DOI: 10.26442/00403660.2019.03.000043

Comparison of the integral indices of the vectorcardiogram with the data of echocardiography in patients with idiopathic and chronic thromboembolic pulmonary hypertension

T.A. Sakhnova, E.V. Blinova, A.A. Belevskaya, M.A. Saidova, O.A. Arkhipova, E.S. Yurasova, F.H. Alokova, T.V. Martynyuk, I.Ye. Chazova

A.L. Mясnikov Research Institute of Cardiology of National Medical Research Center of Cardiology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

The aim of the work is to compare vectorcardiographic (VCG) variables – spatial QRS-T angle and electrocardiographic ventricular gradient (VG) with echocardiography (EchoCG) data in patients with idiopathic pulmonary hypertension (IPH) and chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH).

Materials and methods. In 40 patients with IPH and 40 patients with CTEPH at the age of 45 ± 12 years, systolic pulmonary artery pressure (SPAP); the sizes of heart chambers, parameters of RV systolic and diastolic function were evaluated with EchoCG. The QRS-T and VG angles were calculated on the VCG, derived from 12-lead digital ECG.

Results. In all patients SPAP was greater than 40 mm Hg (mean 83 ± 18 mm Hg), EchoCG data indicated hypertrophy and dilatation of RV, its systolic and diastolic function; dilatation of the right atrium (RA). Prognostically unfavorable changes in EchoCG were observed: the presence of pericardial effusion in 35 (44%) patients, RA area greater than 26 cm² in 18 (23%) patients; TAPSE less than 1.5 cm in 37 (46%) patients. EchoCG and VCG variables had statistically significant differences in patients with III–IV functional class in comparison with I–II functional class. Statistically significant moderate correlations between VCG and EchoCG variables were revealed. VCG variables allowed to separate patient groups with the presence and absence of prognostically unfavorable changes in EchoCG with sensitivity from 54 to 78% and specificity from 66 to 87%.

Conclusion. In patients with IPH and CTEPH, changes of QRS-T angle and VG correlate with SPAP, the size of RV and RA, parameters of RV systolic and diastolic function. The possibility of the use of QRS-T angle and VG for the detection of patients with prognostically unfavorable echocardiographic changes in the general group of patients with IPH and CTEPH has been shown.

Keywords: vectorcardiogram, echocardiography, idiopathic pulmonary hypertension, chronic thromboembolic pulmonary hypertension, spatial QRS-T angle, ventricular gradient.

For citation: Sakhnova T.A., Blinova E.V., Belevskaya A.A., et al. Comparison of the integral indices of the vectorcardiogram with the data of echocardiography in patients with idiopathic and chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Therapeutic Archive. 2019; 91 (3): 11–16. DOI: 10.26442/00403660.2019.03.000043

ВКГ – векторкардиограмма
 ИЛГ – идиопатическая легочная гипертензия
 ЛАГ – легочная артериальная гипертензия
 ЛГ – легочная гипертензия
 ПЖ – правый желудочек
 ПП – правое предсердие
 СДЛА – систолическое давление в легочной артерии
 ТПС – толщина передней стенки
 ФВ – фракция выброса
 ФК – функциональный класс
 ХТЭЛГ – хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия
 ЭКГ – электрокардиограмма
 ЭхоКГ – эхокардиография

A – пиковая скорость в фазе позднего диастолического наполнения
 AUC – площади под ROC-кривыми
 E – пиковая скорость в фазе раннего диастолического наполнения
 E'тк – скорость раннего диастолического смещения латерального сегмента кольца трикуспидального клапана по данным тканевой миокардиальной доплерографии
 FAC – фракционное изменение площади
 QRST – пространственный угол QRS-T
 SПП – площадь ПП
 TAPSE – систолическая экскурсия плоскости трикуспидального кольца
 VG – электрокардиографический желудочковый градиент

Идиопатическая легочная гипертензия (ИЛГ) и хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия (ХТЭЛГ) – это редкие тяжелые заболевания, которые характеризуются повышением легочного сосудистого сопротивления, развитием правожелудочковой сердечной недостаточности и поражают в основном лиц трудоспособного возраста [1].

В последние годы достигнуты существенные успехи в лечении как ИЛГ, так и ХТЭЛГ, что делает все более актуальным раннее выявление таких больных и своевременную стратификацию риска неблагоприятных исходов для выбора адекватных методов лечения [2–4].

Согласно современным рекомендациям электрокардиография (ЭКГ) остается одним из методов верификации диагноза легочной гипертензии (ЛГ) [1]. На современном этапе информативность ЭКГ может быть повышена за счет внедрения цифровых технологий и вычисления более сложных показателей.

Внимание исследователей привлекают, в частности, такие интегральные векторкардиографические показатели, как пространственный угол QRS-T и электрокардиографический желудочковый градиент (VG). В ряде работ продемонстрирована высокая информативность этих показателей при выявлении перегрузки правого желудочка (ПЖ) давлением [5, 6], а также их прогностическое значение в отношении смертности у больных ЛГ [7, 8]. Однако механизмы, лежащие в основе изменения этих показателей, еще не ясны.

Цель данной работы – сопоставить угол QRS-T и VG с данными комплексного эхокардиографического исследования (ЭхоКГ) у больных ИЛГ и ХТЭЛГ.

Материалы и методы

В исследование включены 80 больных ЛГ, находившихся на лечении в институте клинической кардиологии

им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» Минздрава России: 40 пациентов с ИЛГ и 40 – с ХТЭЛГ. Диагноз установлен согласно современным рекомендациям на основании комплексного клинико-инструментального обследования.

У всех пациентов зарегистрированы цифровые электрокардиограммы в 12 отведениях и проведено ЭхоКГ.

Электрокардиография

Цифровые электрокардиограммы в 12 отведениях регистрировали с помощью компьютерного электрокардиографа Easy ECG (Атес Медика, Россия) с частотой дискретизации 500 Гц и обрабатывали при помощи программного обеспечения Easy ECG (Атес Медика, Россия). Кардиоциклы 10-секундной записи усреднялись в один кардиокомплекс, разметка которого проводилась в автоматическом режиме при необходимости с ручной коррекцией. Из электрокардиограммы в 12 отведениях с помощью специальных линейных преобразований синтезирована векторкардиограмма (ВКГ) [9]. Угол QRS-T вычислялся как пространственный угол между интегральными векторами QRS и T. VG вычислялся как вектор с компонентами X, Y и Z (интегралами за период QRST в отведениях X, Y и Z ВКГ), нормированный на максимальный вектор комплекса QRS. Анализировали модуль VG и его компоненты VG-X, VG-Y и VG-Z (см. рисунок). Ось x была направлена справа налево, ось y – сверху вниз, а ось z – сзади вперед.

Эхокардиография

Трансторакальная ЭхоКГ проводилась на ультразвуковом приборе экспертного класса Vivid E9 (GE Healthcare, США) с использованием датчика M5S-D для регистрации изображений в 2D-режиме и матричного датчика 4V-D для регистрации изображений в 3D-режиме. Измерение переднезаднего и базального размеров ПЖ, толщины передней стенки (ТПС) ПЖ и площади правого предсердия (ПП) проводилось в соответствии с рекомендациями по эхокардиографической оценке правых камер сердца у взрослых [10]. Систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) определялось как сумма максимального систолического градиента на трикуспидальном клапане и давления в ПП. Давление в ПП оценивалось в зависимости от диаметра нижней полой вены и степени ее коллабирования на вдохе. Для оценки систолической функции ПП в 2D-режиме использовались показатели систолической экскурсии кольца трикуспидального клапана (TAPSE) и фракционного изменения площади (FAC). Для оценки систолической функции ПЖ в 3D-режиме проводилась запись изображения в апикальной 4-камерной позиции, ко-

Сведения об авторах:

Блинова Елена Валентиновна – к.м.н., н.с. лаб. ЭКГ; e-mail: blinova.2009.73@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8725-7084

Белевская Анна Андреевна – к.м.н., м.н.с. отд. ультразвуковых методов исследования

Саидова Марина Абдулатиповна – д.м.н., проф., руководитель отд. ультразвуковых методов исследования

Архипова Ольга Александровна – к.м.н., н.с. отд. легочной гипертензии и заболеваний сердца

Юрасова Елена Сергеевна – к.м.н., в.н.с. организационно-методического отд.

Алокова Фатимат Хабасовна – лаборант-исследователь лаб. ЭКГ

Мартынюк Тамара Витальевна – д.м.н., руководитель отд. легочной гипертензии и заболеваний сердца

Чазова Ирина Евгеньевна – акад. РАН, д.м.н., проф., директор, руководитель отд. гипертензии; ORCID: 0000-0002-9822-4357

Контактная информация:

Сахнова Тамара Анатольевна – к.м.н., с.н.с. отд. новых методов диагностики; e-mail: tamara-sahnova@mail.ru; тел.: 8(916)247- 83-92; ORCID: 0000-0002-5543-7184

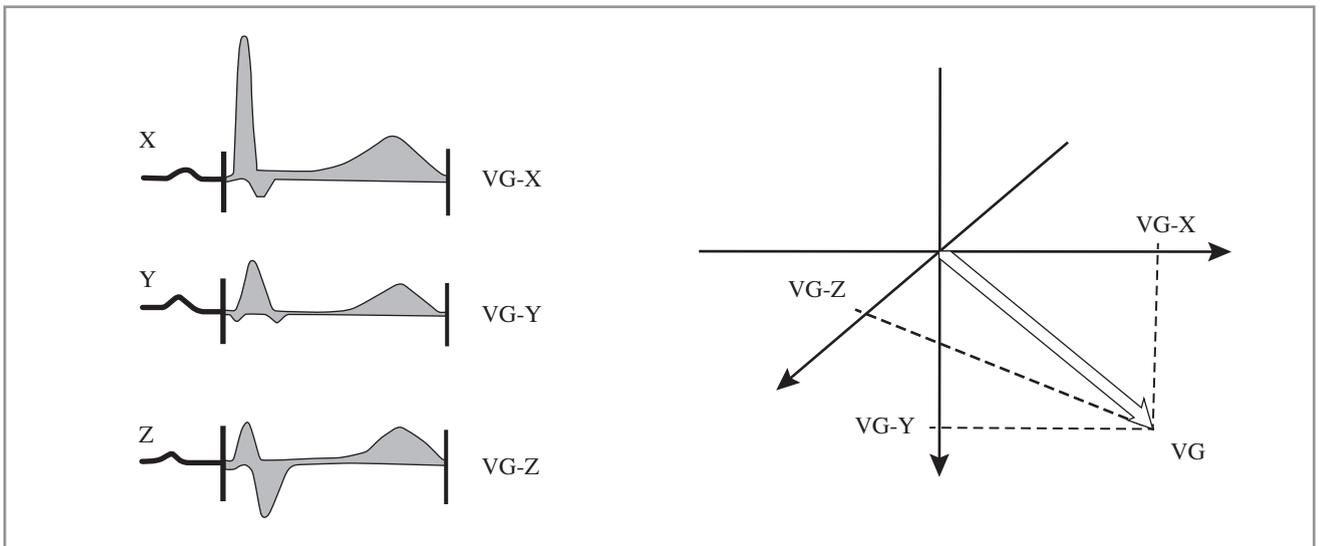


Схема вычисления желудочкового градиента. X, Y, Z – отведения ортогональной ЭКГ. VG-X, VG-Y, VG-Z – компоненты X, Y, Z желудочкового градиента (интегралы за период QRST). VG – желудочковый градиент. Серым цветом закрашена площадь под кривой ЭКГ за период QRST.

торая переносилась на рабочую станцию EchoPac PC (GE Healthcare, США), снабженную программой Tomtec для расчета фракции выброса (ФВ) ПЖ. Для оценки диастолической функции ПЖ использовались пиковая скорость в фазу раннего диастолического наполнения (E), пиковая скорость в фазу позднего диастолического наполнения (A) и их соотношение (E/A), определяемые с помощью импульсно-волновой доплерографии, а также скорость раннего диастолического смещения латерального сегмента кольца трикуспидального клапана по данным тканевой миокардиальной доплерографии (E'тк).

Статистический анализ

Данные проанализированы с помощью статистического программного обеспечения MedCalc, версия 12.7.8 (MedCalc Software BVBA, Остенде, Бельгия). Непрерывные переменные представлены в виде среднего ± стандартное отклонение (SD), качественные переменные – в процентах. Для оценки различий двух независимых количественных переменных использовался непарный *t*-тест, для качественных переменных – точный критерий Фишера. Для определения взаимосвязи между переменными проведен корреляционный анализ Пирсона. Для описания информативности показателей использовали характеристические кривые (ROC-кривые). За уровень статистической значимости принимали $p < 0,05$. Чувствительность и специфичность критериев вычисляли по формулам:

$$\text{Чувствительность} = \frac{\text{ИП}}{\text{ИП} + \text{ЛО}} \times 100\%,$$

$$\text{Специфичность} = \frac{\text{ИО}}{\text{ИО} + \text{ЛП}} \times 100\%,$$

где ИП – истинно положительные результаты; ЛО – ложноотрицательные результаты; ИО – истинно отрицательные результаты; ЛП – ложноположительные результаты.

Результаты

Характеристика пациентов на момент обследования

Характеристика пациентов на момент обследования представлена в табл. 1.

У всех пациентов СДЛА было больше 40 мм рт. ст. (в среднем 83 ± 18 мм рт. ст.). Параметры ЭхоКГ свидетельствовали о гипертрофии и дилатации ПЖ, нарушении его

Таблица 1. Характеристика пациентов на момент обследования

Характеристика	Значение	
Возраст, годы	$45,2 \pm 12,2$	
Женский пол, n (%)	60 (75)	
ФК (ВОЗ), n (%)	I	2 (2,5)
	II	33 (41,2)
	III	38 (47,5)
	IV	7 (8,8)
ЧСС	$71,2 \pm 11,5$	

Примечание. ЧСС – частота сердечных сокращений (ударов в 1 мин).

Таблица 2. Значения параметров ЭхоКГ и ВКГ в группах больных с разным ФК

Параметр	I-II класс (ВОЗ; n=35)	III-IV класс (ВОЗ; n=45)
СДЛА, мм рт. ст.	$72,6 \pm 15,0$	$90,9 \pm 15,6^*$
ТПС ПЖ, см	$0,55 \pm 0,07$	$0,69 \pm 0,10^*$
ПЗР ПЖ, см	$3,27 \pm 0,43$	$3,84 \pm 0,52^*$
TAPSE, см	$1,65 \pm 0,17$	$1,32 \pm 0,20^*$
FAC, %	$30,3 \pm 3,6$	$22,7 \pm 4,1^*$
ФВ ПЖ, %	$32,9 \pm 4,0$	$25,4 \pm 5,9^*$
E'тк, см/с	$6,9 \pm 1,1$	$5,3 \pm 1,1^*$
S ПП, см ²	$17,6 \pm 4,5$	$25,4 \pm 6,5^*$
Угол QRS-T, градусы	$76,6 \pm 32,5$	$97,1 \pm 43,5^*$
Модуль VG, мс	$55,1 \pm 21,8$	$38,8 \pm 21,5^*$
VG-X, мс	$20,2 \pm 16,4$	$8,7 \pm 14,6^*$
VG-Y, мс	$19,4 \pm 13,5$	$7,1 \pm 10,3^*$
VG-Z, мс	$3,8 \pm 29,4$	$13,4 \pm 23,6$

* $p < 0,05$.

систолической и диастолической функции; дилатации ПП. У значительной части больных присутствовали прогностически неблагоприятные изменения ЭхоКГ: наличие перикардального выпота наблюдалось у 35 (44%) пациентов,

Таблица 3. Значения параметров ВКГ в группах больных с разными типами нарушения диастолической функции ПЖ

Параметр	Замедленная релаксация (n=41)	Псевдонормальный тип (n=32)	Рестриктивный тип (n=7)
Угол QRS-T, градусы	72,7±36,1	101,1±39,0*	119,6±31,8*
Модуль VG, мс	56,1±21,9	37,4±19,6*	25,0±13,1*
VG-X, мс	19,2±18,2	10,0±11,7*	-1,0±8,8*
VG-Y, мс	17,5±14,9	8,0±8,5*	4,1±9,5*
VG-Z, мс	4,2±30,8	16,3±20,7	6,6±17,2

* $p < 0,05$ по сравнению с группой «Замедленная релаксация».

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между параметрами ВКГ и ЭхоКГ

Показатель	Угол QRS-T	Модуль VG	VG-X	VG-Y	VG-Z
СДЛА	0,4*	-0,6*	-0,6*	-0,5*	
ТПС ПЖ	0,5*	-0,4*	-0,5*	-0,5*	
ПЗР ПЖ	0,4*		-0,5*	-0,5*	
TAPSE	-0,4*	0,4*	0,5*	0,5*	
FAC	-0,5*	0,5*	0,6*	0,6*	0,4*
ФВ ПЖ	-0,5*	0,4*	0,5*	0,5*	
E'тк	-0,4*	0,4*	0,5*	0,6*	0,4*
S ПП	0,5*	-0,4*	-0,4*	-0,5*	

Примечание. ПЗР – переднезадний размер; * $p < 0,01$.

площадь ПП (S ПП) превышала 26 см² у 18 (23%) пациентов, у 34 (42%) пациентов составляла от 18 до 26 см², TAPSE <1,5 см была у 37 (46%) больных.

Параметры ЭхоКГ и ВКГ в группах больных с разной этиологией ЛГ и с разным функциональным классом (ФК)

Большинство ЭхоКГ и ВКГ параметров не имели статистически значимых различий в группах ИЛГ и ХТЭЛГ, за исключением конечно-диастолического размера левого желудочка (4,15±0,59 см в группе ИЛГ; 4,48±0,54 см в группе ХТЭЛГ, $p < 0,05$) и модуля VG (40,6±20,3 мс в группе ИЛГ; 51,3±24,5 мс в группе ХТЭЛГ, $p < 0,05$).

Статистически значимые различия в значениях параметров как ЭхоКГ, так и ВКГ наблюдались в группе больных с III-IV ФК по сравнению с больными с I-II ФК. Эти данные представлены в табл. 2.

Параметры ЭхоКГ и ВКГ в группах больных с разными типами нарушения диастолической функции ПЖ

У больных с III-IV ФК по сравнению с больными с I-II ФК чаще ($p < 0,05$) наблюдалось нарушение диастолической функции ПЖ по псевдонормальному типу [у 25 (55,6%) пациентов] и по рестриктивному типу [у 7 (15,6%) пациентов]; по типу замедленной релаксации – у 13 (28,9%) пациентов. У больных с I-II ФК нарушение диастолической функции ПЖ по псевдонормальному типу присутствовало у 7 (20%) пациентов, по типу замедленной релаксации – у 28 (80%) пациентов. В табл. 3 приведены значения параметров ВКГ в группах больных с разными типами нарушения диастолической функции ПЖ.

Корреляции между параметрами ВКГ и ЭхоКГ

Выявлены достоверные корреляционные связи средней силы между интегральными показателями ВКГ и параметрами ЭхоКГ. Коэффициенты корреляции между параметрами ВКГ и ЭхоКГ приведены в табл. 4.

Параметры ВКГ в группах больных с наличием и отсутствием прогностически неблагоприятных изменений ЭхоКГ

При проведении ROC-анализа обнаружено, что показатели ВКГ позволяют разделить группы больных с наличием и отсутствием прогностически неблагоприятных изме-

нений ЭхоКГ. В табл. 5 приведены площади под ROC-кривыми (AUC), полученные при использовании параметров ВКГ для разделения групп больных с наличием/отсутствием перикардального выпота; S ПП больше/меньше 26 см² и TAPSE больше/меньше 1,5 см.

В табл. 6 приведены пороговые значения чувствительности и специфичности наиболее информативных параметров ВКГ при разделении групп больных с наличием и отсутствием прогностически неблагоприятных изменений ЭхоКГ.

Обсуждение

При выборе стратегии лечения как у больных легочной артериальной гипертензией (ЛАГ), так и при ХТЭЛГ важно оценивать риск летального исхода. С этой целью наряду с клиническими, гемодинамическими, лабораторными показателями используют такие данные ЭхоКГ, как площадь ПП и наличие перикардального выпота [11]. Нарушение систолической функции ПЖ у больных ЛАГ также является неблагоприятным прогностическим фактором [12].

Показатели ЭКГ, согласно современным рекомендациям, не перечисляются в числе факторов, определяющих прогноз больных ЛАГ. Но исследования в этом направлении ведутся. В ряде работ показано, что фактором риска летального исхода у больных ЛГ могут быть такие электрокардиографические признаки, как конфигурация комплекса QRS типа qR в отведении V₁ [13], увеличение амплитуды зубца P во II отведении и зубца R в отведении aVR [14], увеличение интервала QTc [15]. Конфигурация комплекса QRS типа qR и соотношение R/S > 1 в отведении V₁ были сопряжены с наличием систолической дисфункции ПЖ по данным магнитно-резонансной томографии [16].

Таблица 5. Площади под ROC-кривыми при разделении групп больных с наличием и отсутствием прогностически неблагоприятных изменений ЭхоКГ

Группа	Параметр	AUC
Перикардальный выпот (есть/нет)	Угол QRS-T	0,78±0,05
	Модуль VG	0,74±0,06
	VG-X	0,75±0,05
S ПП > / < 26 см ²	VG-Y	0,74±0,06
	Угол QRS-T	0,77±0,07
	Модуль VG	0,70±0,06
	VG-X	0,71±0,06
TAPSE > / < 1,5 см	VG-Y	0,70±0,06
	Угол QRS-T	0,74±0,05
	Модуль VG	0,74±0,06
	VG-X	0,78±0,06
	VG-Y	0,80±0,05
	VG-Z	0,80±0,05

Таблица 6. Пороговые значения, чувствительность и специфичность наиболее информативных параметров ВКГ

Группа	Параметр	Порог	Чувствительность, %	Специфичность, %
Перикардиальный выпот (есть/нет)	Угол QRS-T	>105°	66	84
	Модуль VG	< 34 мс	57	82
	VG-X	<13 мс	71	69
	VG-Y	<5 мс	54	87
S ПП >/< 26 см ²	Угол QRS-T	>105°	78	74
	VG-X	<10 мс	72	66
	VG-Y	<7 мс	78	71
TAPSE >/< 1,5 см	Угол QRS-T	>102°	54	87
	Модуль VG	<39 мс	60	80
	VG-X	<12 мс	64	83
	VG-Y	<10 мс	68	87

В данной работе изучали сходные между собой по электрофизиологическому смыслу показатели ВКГ, характеризующие соотношения процессов де- и реполяризации желудочков – угол QRS-T и VG. В ряде крупных исследований показано прогностическое значения угла QRS-T в отношении общей и сердечно-сосудистой смертности как в общей популяции, так и в группах больных с разными формами патологии [17]. У больных ЛАГ в ряде работ продемонстрировано диагностическое и прогностическое значение VG [5–8].

Механизмы происхождения VG и угла QRS-T в норме и патологии еще не до конца ясны. По данным экспериментальных работ, в норме основной вклад в формирование VG вносит трансмуральная разница в длительности потенциалов действия в разных слоях миокарда желудочков, хотя определенное значение имеет и разница в длительности потенциалов действия между верхушкой и основанием сердца [18, 19]. При электрическом ремоделировании миокарда желудочков в условиях патологии происходит увеличение длительности потенциалов действия за счет снижения экспрессии белков калиевых каналов [20]. Электрическое ремоделирование может быть связано с локальным напряжением стенки желудочков [21]. На экспериментальной модели ЛГ показано, что уменьшение VG и увеличение угла QRS-T происходит уже на ранних стадиях развития ЛГ и еще более усугубляется при формировании гипертрофии ПЖ [22].

В настоящей работе на более обширном материале подтверждены данные нашего предыдущего пилотного исследования о взаимосвязи угла QRS-T и VG с параметрами ЭхоКГ систолической и диастолической функции ПЖ

у больных прекапиллярной ЛГ [23]. Кроме того, в данной работе показана возможность использования угла QRS-T и VG для выделения из общей группы больных ИЛГ и ХТЭЛГ пациентов с прогностически неблагоприятными изменениями ЭхоКГ.

Разумеется, на современном этапе довольно трудно проследить конкретные механизмы взаимосвязи электрического ремоделирования миокарда желудочков с увеличением ПП и наличием жидкости в полости перикарда у больных ЛГ. Тем не менее наиболее выраженное электрическое ремоделирование наблюдается у больных с более высоким СДЛА, более тяжелыми нарушениями систолической и диастолической функции ПЖ и наличием других изменений ЭхоКГ, отражающих тяжесть состояния пациентов.

Ограничением данной работы является отсутствие тестовой группы пациентов, что связано с малой распространенностью изучаемых форм патологии.

Заключение

У больных ИЛГ и ХТЭЛГ изменения угла QRS-T и VG коррелируют не только с размерами ПЖ и СДЛА, но и с параметрами систолической и диастолической функции ПЖ, а также с площадью ПП. Показана возможность использования угла QRS-T и VG для выделения из общей группы больных ИЛГ и ХТЭЛГ пациентов с прогностически неблагоприятными изменениями ЭхоКГ: наличием перикардиального выпота; S ПП больше 26 см² и TAPSE меньше 1,5 см.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чазова И.Е., Авдеев С.Н., Царева Н.А., Волков А.В., Мартынюк Т.В., Наконечников С.Н. Клинические рекомендации по диагностике и лечению легочной гипертензии. *Терапевтический архив*. 2014;86(9):4-23 [Chazova IE, Avdeev SN, Tsareva NA, Volkov AV, Martynuk TV, Nakonechnikov SN. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Therapeutic Archive*. 2014;86(9):4-23 (In Russ.)]. <https://www.mediasphera.ru/issues/terapevticheskij-arkhiv/2016/10/1004036602016101063>
2. Мартынюк Т.В., Чазова И.Е. Стратегия медикаментозного лечения легочной артериальной гипертензии в свете современных зарубежных рекомендаций. *Системные гипертензии*. 2016;2(13):46-65 [Martynuk TV, Chazova IE. Strategy of medical treatment of pulmonary arterial hypertension in the current international recommendations. *Systemic Hypertension*. 2016;2(13):46-65 (In Russ.)]. <https://con-med.ru/magazines/hypertension/231032/231026>
3. Акчурин Р.С., Мершин К.В., Табакьян Е.А., Латыпов Р.С., Газизов В.В., Цыренов Д.Д. Хирургическое лечение хронической тромбоэмболической легочной гипертензии: современные тенденции и собственный опыт. *Евразийский кардиологический журнал*. 2016;2:40-7 [Akchurin RS, Mershin KV, Tabakyan EA, Latypov RS, Gazizov VV, Tsyrenov DD. Surgical treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension: modern trends and own experience. *Eurasian Heart Journal*. 2016;2:40-7 (In Russ.)].
4. Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Чазова И.Е. Баллонная ангиопластика легочных артерий при неоперабельной хронической тромбоэмболической легочной гипертензии. *Consilium Medicum*. 2016; 5(18):59-61 [Danilov NM, Matchin YuG, Chazova IE. Balloon

- pulmonary angioplasty for inoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Consilium Medicum*. 2016;5(18):59-61 (In Russ.).
5. Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Саидова М.А., Юрасова Е.С., Архипова О.А., Мартынюк Т.В., Трунов В.Г., Айду Э.А., Чазова И.Е. Возможности электрокардиографических и декартографических параметров в диагностике перегрузки правого желудочка у больных артериальной легочной гипертензией. *Системные гипертензии*. 2015;2(12):62-5 [Sakhnova TA, Blinova EV, Saidova MA, Yurasova ES, Arkhipova OA, Martynyuk TV, Trunov VG, Aidu EA, Chazova IE. Possibilities of electrocardiographic and decartographic parameters in the diagnosis of right ventricular overload in patients with pulmonary arterial hypertension. *Systemic Hypertension*. 2015;2(12):62-5 (In Russ.).]
 6. Kamphuis VP, Haeck ML, Wagner GS, Maan AC, Maynard C, Delgado V, Vliegen HW, Swenne CA. Electrocardiographic detection of right ventricular pressure overload in patients with suspected pulmonary hypertension. *J Electrocardiol*. 2014 Mar-Apr;47(2):175-82. doi:10.1016/j.jelectrocard.2013.10.010
 7. Scherptong RW, Henkens IR, Kapel GF, Swenne CA, van Kralingen KW, Huisman MV, Schuerwegh AJ, Bax JJ, van der Wall EE, Schalij MJ, Vliegen HW. Diagnosis and mortality prediction in pulmonary hypertension: the value of the electrocardiogram-derived ventricular gradient. *J Electrocardiol*. 2012; 45(3):312-8. doi:10.1016/j.jelectrocard.2011.12.001
 8. Couperus LE, Vliegen HW, Henkens IR, Maan AC, Treskes RW, de Vries JK, Schouffoer AA, Swenne CA, Schalij MJ, Scherptong RW. Electrocardiographic detection of pulmonary hypertension in patients with systemic sclerosis using the ventricular gradient. *J Electrocardiol*. 2016;49(1):60-8. doi:10.1016/j.jelectrocard.2015.09.003
 9. Трунов В.Г., Айду Э.А., Блинова Е.В., Сахнова Т.А. Синтез сигналов скорректированных ортогональных отведений Макфи-Парунга по данным электрокардиограммы в 12 отведениях. *Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика*. 2017;14(311):16-20 [Trunov VG, Aidu EA, Blinova EV, Sakhnova TA. Synthesis of McFee-Parungo corrected orthogonal lead system signals from 12 lead electrocardiogram. *Meditsinskiy alfavit. Sovremennaya funktsional'naya diagnostika (Medical alphabet. Modern functional diagnostics)*. 2017;14(311):16-20 (In Russ.).]
 10. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, Solomon SD, Louie EK, Schiller NB. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010 Jul;23(7):685-713; quiz 786-8. doi:10.1016/j.echo.2010.05.010
 11. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В. В фокусе внимания – легочная артериальная гипертензия. *Медицинский алфавит. Артериальная гипертензия*. 2016;31(294):28-33 [Chazova IE, Martynyuk TV. Focus on pulmonary arterial hypertension. *Meditsinskiy alfavit. Arterial'naya gipertenziya (Medical alphabet. Arterial hypertension)*. 2016;31(294):28-33 (In Russ.).]
 12. Baggen VJ, Driessen MM, Post MC, van Dijk AP, Roos-Hesselink JW, van den Bosch AE, Takkenberg JJ, Sieswerda GT. Echocardiographic findings associated with mortality or transplant in patients with pulmonary arterial hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Neth Heart J*. 2016 Jun;24(6):374-89. doi:10.1007/s12471-016-0845-3
 13. Nagai T, Kohsaka S, Murata M, Okuda S, Anzai T, Fukuda K, Satoh T. Significance of electrocardiographic right ventricular hypertrophy in patients with pulmonary hypertension with or without right ventricular systolic dysfunction. *Intern Med*. 2012;51(17):2277-83. doi:10.2169/internalmedicine.51.7731
 14. Waligóra M, Kopeć G, Jonas K, Tyrka A, Sarnecka A, Miszański-Jamka T, Urbańczyk-Zawadzka M, Podolec P. Mechanism and prognostic role of qR in V1 in patients with pulmonary arterial hypertension. *J Electrocardiol*. 2017 Jul - Aug;50(4):476-83. doi:10.1016/j.jelectrocard.2017.02.007
 15. Cheng XL, He JG, Liu ZH, Gu Q, Ni XH, Zhao ZH, Luo Q, Xiong CM. The Value of the Electrocardiogram for Evaluating Prognosis in Patients with Idiopathic Pulmonary Arterial Hypertension. *Lung*. 2017 Feb;195(1):139-46. doi:10.1007/s00408-016-9967-z
 16. Rich JD, Thenappan T, Freed B, Patel AR, Thisted RA, Childers R, Archer SL. QTc prolongation is associated with impaired right ventricular function and predicts mortality in pulmonary hypertension. *Int J Cardiol*. 2013 Aug 10;167(3):669-76. doi:10.1016/j.ijcard.2012.03.071
 17. Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Юрасова Е.С. Пространственный угол QRS-T и желудочковый градиент: диагностическое и прогностическое значение. *Кардиологический вестник*. 2017;2:70-5 [Sakhnova TA, Blinova EV, Yurasova ES. The spatial QRS-T angle and ventricular gradient: diagnostic and prognostic value. *Kardiologicheskii vestnik (Cardiologic Herald)*. 2017;2:70-5 (In Russ.).]
 18. Patel C, Burke JF, Patel H, Gupta P, Kowey PR, Antzelevitch C, Yan GX. Is there a significant transmural gradient in repolarization time in the intact heart? Cellular basis of the T wave: a century of controversy. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2009 Feb;2(1):80-8. doi:10.1161/CIRCEP.108.791830
 19. Okada J, Washio T, Maehara A, Momomura S, Sugiura S, Hisada T. Transmural and apicobasal gradients in repolarization contribute to T-wave genesis in human surface ECG. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2011 Jul;301(1):H200-8. doi:10.1152/ajpheart.01241.2010
 20. Piao L, Fang YH, Cadete VJ, Wietholt C, Urboniene D, Toth PT, Marsboom G, Zhang HJ, Haber I, Rehman J, Lopaschuk GD, Archer SL. The inhibition of pyruvate dehydrogenase kinase improves impaired cardiac function and electrical remodeling in two models of right ventricular hypertrophy: resuscitating the hibernating right ventricle. *J Mol Med (Berl)*. 2010 Jan;88(1):47-60. doi:10.1007/s00109-009-0524-6
 21. Jeyaraj D, Wilson LD, Zhong J, Flask C, Saffitz JE, Deschênes I, Yu X, Rosenbaum DS. Mechano-electrical feedback as novel mechanism of cardiac electrical remodeling. *Circulation*. 2007 Jun 26;115(25):3145-55. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.688317
 22. Henkens IR, Mouchaers KT, Vliegen HW, van der Laarse WJ, Swenne CA, Maan AC, Draisma HH, Schalij I, van der Wall EE, Schalij MJ, Vonk-Noordegraaf A. Early changes in rat hearts with developing pulmonary arterial hypertension can be detected with three-dimensional electrocardiography. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007 Aug;293(2):H1300-7. doi:10.1152/ajpheart.01359.2006
 23. Блинова Е.В., Сахнова Т.А., Саидова М.А., Лоскутова А.С., Рябыкина Г.В., Архипова О.А., Мартынюк Т.В., Трунов В.Г., Айду Э.А., Чазова И.Е. Сопоставление параметров синтезированной векторкардиограммы со структурно-функциональным состоянием правого желудочка у больных легочной гипертензией. *Системные гипертензии*. 2015;12(4):57-60 [Blinova EV, Sakhnova TA, Saidova MA, Loskutova AS, Ryabykina GV, Arkhipova OA, Martynyuk TV, Trunov VG, Aidu EA, Chazova IE. Comparison of vectorcardiographic parameters with structural-functional state of the right ventricle in patients with pulmonary hypertension. *Systemic Hypertension*. 2015;12(4):57-60 (In Russ.).]

Поступила 21.03.2018