

## Пространственный угол QRS-T и электрокардиографический желудочковый градиент при разных формах прекапиллярной легочной гипертензии

Т.А. САХНОВА, Е.В. БЛИНОВА, О.А. АРХИПОВА, Е.С. ЮРАСОВА, М.А. САИДОВА, Т.В. МАРТЫНИУК

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

**Введение.** Прекапиллярная легочная гипертензия (ЛГ), в том числе легочная артериальная гипертензия (ЛАГ) и хроническая тромбоэмболическая ЛГ (ХТЭЛГ), является тяжелым заболеванием, приводящим к правожелудочковой сердечной недостаточности и смерти. У таких пациентов чрезвычайно важное значение имеют своевременная диагностика, стратификация риска и лечение. **Цель исследования** — изучить изменения электрокардиографического желудочкового градиента (VG) и пространственного угла QRS-T при разных формах прекапиллярной ЛГ. **Материал и методы.** Обследовали три группы женщин, страдающих ЛГ: 21 пациентку с идиопатической ЛГ (ИЛГ, средний возраст 50±6 лет); 18 с ЛАГ, ассоциированной с системной склеродермией (ЛАГ-ССД, 58±10 лет); 21 с ХТЭЛГ (54±8 лет). Контрольную группу составили 30 практически здоровых женщин (55±9 лет). Пространственный угол QRS-T и VG рассчитывали с использованием цифровой синтезированной векторкардиограммы. Систолическое давление в легочной артерии (СДЛА), переднезадний размер правого желудочка (ПЗР ПЖ) и площадь правого предсердия (S ПП) оценивали с использованием трансторакальной эхокардиографии. **Результаты.** По сравнению с нормальной группой у пациенток с ЛГ угол QRS-T был значительно увеличен, а VG значительно уменьшен. Эти изменения были наиболее выраженными у пациенток с ЛАГ-ССД: QRS-T угол в нормальной группе 49±20 градусов; в группе ИЛГ 90±41 градус; в группе ХТЭЛГ 89±40 градусов; в группе ЛАГ-ССД 122±31 градус; VG в нормальной группе 77±13 мс; в группе ХТЭЛГ 48±26 мс; в группе ИЛГ 34±14 мс; в группе ЛАГ-ССД 30±17 мс. Группы пациенток с ЛГ не имели статистически значимых различий в СДЛА и ПЗР ПЖ. S ПП была достоверно больше в группе ЛАГ-ССД (27±7 см<sup>2</sup>) по сравнению с ИЛГ (23±6 см<sup>2</sup>) и ХТЭЛГ (22±7 см<sup>2</sup>). Значения угла QRS-T коррелировали с S ПП ( $r=0,4$ ,  $p<0,01$ ). VG коррелировал с S ПП ( $r=-0,4$ ,  $p<0,01$ ), СДЛА ( $r=-0,3$ ,  $p<0,05$ ), ПЗР ПЖ ( $r=-0,3$ ,  $p<0,05$ ) и частотой сердечных сокращений ( $r=-0,4$ ,  $p<0,01$ ). **Заключение.** Пациенты с ЛАГ-ССД характеризовались наиболее выраженными изменениями пространственного угла QRS-T и VG по сравнению с ИЛГ и ХТЭЛГ. У пациенток с прекапиллярной ЛГ пространственный угол QRS-T и VG имел статистически значимые корреляции с S ПП — важным эхокардиографическим предиктором плохого прогноза.

*Ключевые слова:* синтезированная векторкардиограмма, прекапиллярная легочная гипертензия, пространственный угол QRS-T, желудочковый градиент.

## Spatial QRS-T angle and electrocardiographic ventricular gradient in different forms of pre-capillary pulmonary hypertension

T.A. SAKHNOVA, E.V. BLINOVA, O.A. ARKHIPOVA, E.S. YURASOVA, M.A SAIDOVA, T.V. MARTYNIUK

Institute of the Clinical Cardiology named after A.L. Myasnikov of National Medical Research Center for Cardiology, Moscow, Russia

**Introduction.** Pre-capillary pulmonary hypertension (PH), including pulmonary arterial hypertension (PAH) and chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH), is a severe condition leading to right heart failure and death. In these patients timely diagnosis, risk stratification and treatment are of extreme importance. The aim of the study was to investigate the changes of the electrocardiogram-derived ventricular gradient (VG) and spatial QRS-T angle in different forms of pre-capillary PH. **Methods.** We examined 3 groups of female PH patients: 21 with idiopathic PAH (IPH, mean age 50±6 years); 18 with PAH associated with systemic sclerosis (SS, 58±10 years); 21 with CTEPH (54±8 years). 30 healthy females (55±9 years) comprised the control group. Spatial QRS-T angle and VG were calculated using digital derived vectorcardiogram. Systolic pulmonary artery pressure (SPAP), right ventricular anterior-posterior dimension (RV APD) and right atrial area (RAA) were estimated using transthoracic echocardiography. **Results.** As compared with normal group in PH patients QRS-T angle was significantly increased, VG significantly decreased. These changes were the most pronounced in patients with SS: QRS-T angle, degrees: 49±20 in normal group; 90±41 in IPH; 89±40 in CTEPH; 122±31 in SS; VG, mV\*ms: 77±13 in normal group; 48±26 in CTEPH; 34±14 in IPH; 30±17 in SS. Groups of PH patients had no statistically significant differences in SPAP and RV APD. RAA was greater in SS (27±7 cm<sup>2</sup>) as compared with IPH (23±6 cm<sup>2</sup>) and CTEPH (22±7 cm<sup>2</sup>). QRS-T angle correlated with RAA ( $r=0.4$ ,  $p<0.01$ ). VG correlated with RAA ( $r=-0.4$ ,  $p<0.01$ ), SPAP ( $r=-0.3$ ,  $p<0.05$ ), RV APD ( $r=-0.3$ ,  $p<0.05$ ) and heart rate ( $r=-0.4$ ,  $p<0.01$ ). **Conclusions.** Patients with PAH associated with SS were characterized with the most pronounced changes in spatial QRS-T angle and VG as compared with IPH and CTEPH. In patients with pre-capillary PH spatial QRS-T angle and VG had statistically significant correlations with RAA — important echocardiographic predictor of poor prognosis.

*Keywords:* derived vectorcardiogram, precapillary pulmonary hypertension, systemic sclerosis, spatial QRS-T angle, ventricular gradient.

## Сведения об авторах:

**Сахнова Тамара Анатольевна** — к.м.н., ст. научный сотрудник лаборатории ЭКГ ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: tamara-sakhnova@mail.ru; тел.: +7(495)414-6407; <https://orcid.org/0000-0002-5543-7184> (автор, ответственный за переписку)

**Блинова Елена Валентиновна** — к.м.н., научный сотрудник лаборатории ЭКГ ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: blinova2009.73@mail.ru; тел.: +7(495)414-6407; <https://orcid.org/0000-0001-8725-7084>

**Архипова Ольга Александровна** — к.м.н., научный сотрудник Отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: olga\_ark@list.ru; тел.: +7(495)414-6833

**Юрасова Елена Сергеевна** — к.м.н., ведущий научный сотрудник Организационно-методического отдела ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: yurakis@mail.ru; тел.: +7(495)414-6270

**Саидова Марина Абдулатиповна** — д.м.н., проф., руководитель Отдела ультразвуковых методов исследования ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: m.saidova@gmail.com; тел.: +7(495)414-6357

**Мартынюк Тамара Витальевна** — д.м.н., руководитель Отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца ИКК им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ; e-mail: trukhiniv@mail.ru; тел.: +7(495)414-6450

## Введение

Легочная гипертензия (ЛГ) — это группа заболеваний, при которых наблюдается прогрессирующее повышение давления в легочной артерии (ДЛА) и легочного сосудистого сопротивления, что в итоге приводит к развитию правожелудочковой сердечной недостаточности. Различают посткапиллярную (характерную для ЛГ вследствие патологии левых отделов сердца) и прекапиллярную формы ЛГ. Критериями прекапиллярной ЛГ являются среднее ДЛА 25 мм рт.ст. и больше и давление заклинивания в легочной артерии 15 мм рт.ст. и меньше при нормальном или сниженном сердечном выбросе [1]. Все указанные параметры измеряются в покое при катетеризации правых отделов сердца. Прекапиллярная форма ЛГ наблюдается при легочной артериальной гипертензии (ЛАГ), ЛГ вследствие патологии легких, хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (ХТЭЛГ).

Успехи в лечении ЛАГ и ХТЭЛГ, достигнутые в последние годы, делают очень важным как можно более раннее выявление таких больных и стратификацию риска неблагоприятных исходов для своевременного выбора адекватных методов лечения.

Электрокардиография (ЭКГ) в силу ее широкой доступности остается одним из методов, используемых на этапе верификации диагноза ЛГ [1]. Внедрение компьютерной ЭКГ вызывает все больший интерес к сложным интегральным ЭКГ-показателям — пространственному углу QRS-T и ЭКГ-желудочковому градиенту (VG). У больных ЛГ были продемонстрированы их высокая диагностическая информативность [2], корреляция с показателями систолической функции правого желудочка (ПЖ) [3], а также прогностическое значение в отношении смертности [4, 5].

Цель данного исследования — изучение изменений пространственного угла QRS-T и VG при разных формах прекапиллярной ЛГ.

## Материал и методы

В исследование были включены 60 больных ЛГ (женщин), находившихся на лечении в НИИ кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ: 21 пациентка с идиопатической ЛГ (ИЛГ), 21 с ХТЭЛГ и 18 пациенток с ЛАГ, ассоциированной с системной склеродермией (ЛАГ-ССД). Диагноз был установлен согласно современным рекомендациям на основании комплексного клинико-инструментального обследования. Контрольную группу составили 30 практически здоровых женщин (средний возраст 55±9 лет).

У всех пациенток были зарегистрированы цифровые ЭКГ в 12 отведениях и проведена трансторакальная эхокардиография.

### ЭКГ

ЭКГ регистрировали с помощью компьютерного электрокардиографа Easy ECG («Атес Медика», Россия) и обрабатывали при помощи программного обеспечения Easy ECG («Атес Медика», Россия). Кардиокомплекс PQRS-T, полученный путем усреднения сходных по конфигурации кардиоциклов 10-секундной записи, подвергался автоматической разметке с определением границ зубца P, комплекса QRS и конца зубца T. При необходимости была возможна ручная коррекция границ. С помощью описанных ранее линейных преобразований [6] были синтезированы ортогональные векторкардиографические отведения X, Y, и Z. Угол QRS-T вычисляли как пространственный угол между интегральными векторами QRS и T. Для получения VG вычисляли интегралы (площади под кривой ЭКГ) за период QRST в отведениях X, Y и Z, которые считались компонентами вектора VG. Затем строили вектор с компонентами VG-X, VG-Y и VG-Z, нормированный на максимальный вектор комплекса QRS. Таким образом, мы анализировали модуль VG и его компоненты VG-X, VG-Y и VG-Z. Считали, что ось x направлена налево, ось y — вниз, а ось z — вперед. Для более наглядного представления VG строили его дипольные карты («карты ускорения реполяризации»); способ их построения и электрофизиологическое значение подробнее описаны ранее [7]. На этих картах изображаются два полюса, между которыми наблюдается наибольшая разница в длительности потенциала действия, и указывается величина этой разницы в миллисекундах.

### Эхокардиография

Трансторакальную эхокардиографию проводили на ультразвуковом приборе экспертного класса Vivid E9 («GE Healthcare», США) с использованием датчика M5S-D. Измерение размеров ПЖ и площади правого предсердия (ПП) проводили в соответствии с рекомендациями по эхокардиографической оценке правых камер сердца [8]. Систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) определяли как сумму максимального систолического градиента на трикуспидальном клапане и давления в ПП, которое оценивали в зависимости от диаметра нижней полой вены и степени ее коллабирования на вдохе.

### Статистический анализ

Данные были проанализированы с помощью статистического программного обеспечения MedCalc, версия 12.7.8 («MedCalc Software BVBA», Остенде, Бельгия). Непрерывные переменные представлены в виде среднего ± SD, качественные переменные — в процентах. Для оцен-

ки различий двух независимых количественных переменных использовали непарный *t*-тест, для качественных переменных — точный критерий Фишера. Для определения взаимосвязи переменных был проведен корреляционный анализ Пирсона.

## Результаты

Клинические и эхокардиографические характеристики пациентов разных групп на момент обследования представлены в **табл. 1**.

У всех пациенток наблюдали значительное повышение СДЛА (минимальное значение составило 55 мм рт.ст.), у большинства больных отмечали дилатацию ПЖ и ПП; площадь правого предсердия (S ПП) превышала 26 см<sup>2</sup> у 24% пациентов с ИЛГ, 28% пациенток с ХТЭЛГ и 53% пациенток с системной склеродермией. У значительной части больных (56,7%) присутствовал такой неблагоприятный признак, как перикардиальный выпот.

Значения векторкардиографических параметров практически здоровых женщин и пациентов разных групп представлены в **табл. 2**.

По сравнению с контрольной группой у пациенток с ЛГ угол QRS-T был значительно увеличен, а модуль VG и его компоненты уменьшены. Изменения угла QRS-T были наиболее выражены у пациенток с системной склеродермией; изменения VG и его компонент — у пациенток с системной склеродермией и ИЛГ.

У здоровых лиц отмечены достоверные корреляционные связи модуля VG с ЧСС ( $r = -0,5, p < 0,01$ ) и VG-X с ЧСС ( $r = -0,5, p < 0,01$ ).

У больных с наличием перикардиального выпота был увеличен угол QRS-T (109,4±36,5 градусов, у больных без перикардиального выпота 86,4±41,4 градусов,  $p < 0,05$ ) и уменьшена компонента VG-X (7,4±14,3 мс, у больных без перикардиального выпота 16,6±13,1 мс,  $p < 0,05$ ).

На **рисунке** представлены ЭКГ и дипольные карты VG (карты ускорения реполяризации) практически здоровой женщины 58 лет и больных с разными формами прекапиллярной ЛГ, а именно:

*Больная* 55 лет с диагнозом ХТЭЛГ. Функциональный класс III (ВОЗ). Легочное сердце: относительная недостаточность трикуспидального клапана 2-й степени. Гипертоническая болезнь II стадии.

**Таблица 1.** Клинические и эхокардиографические характеристики пациенток на момент обследования

Характеристика	ИЛГ	ХТЭЛГ	ЛАГ-ССД
Возраст, годы	50,0±6,1	53,8±8,3	57,9±10,3*
Функциональный класс (ВОЗ)			
II	7 (33,3%)	5 (23,8%)	5 (29,4%)
III	11 (52,4%)	14 (66,7%)	9 (52,9%)
IV	3 (14,3%)	2 (9,5%)	3 (17,6%)
Сопутствующие заболевания			
АГ	6 (29%)	8 (38%)	8 (44%)
ИБС	0	3 (14%)	3 (17%)
ЧСС, уд/мин	76,0±16,2	76,5±11,6	82,7±16,6
СДЛА, мм рт.ст.	89,5±13,2	84,9±12,4	88,5±15,8
ПЗР ПЖ, см	3,63±0,47	3,62±0,54	3,63±0,59
S ПП, см <sup>2</sup>	23,4±6,2	22,4±7,2	27,0±7,2
КДР ЛЖ, см	4,08±0,57	4,32±0,50	4,12±0,59
Перикардиальный выпот, в том числе:	13 (61,9%)	12 (57,1%)	9 (50,0%)
минимальный	8 (38,1%)	8 (38,1%)	6 (33,3%)
значительный	5 (23,8%)	4 (19,0%)	3 (16,7%)

*Примечание.* \* —  $p < 0,05$  по сравнению с группой ИЛГ; ЧСС — частота сердечных сокращений, ПЗР — переднезадний размер, КДР — конечно-диастолический размер.

**Таблица 2.** Значения векторкардиографических показателей у практически здоровых женщин и пациентов разных групп

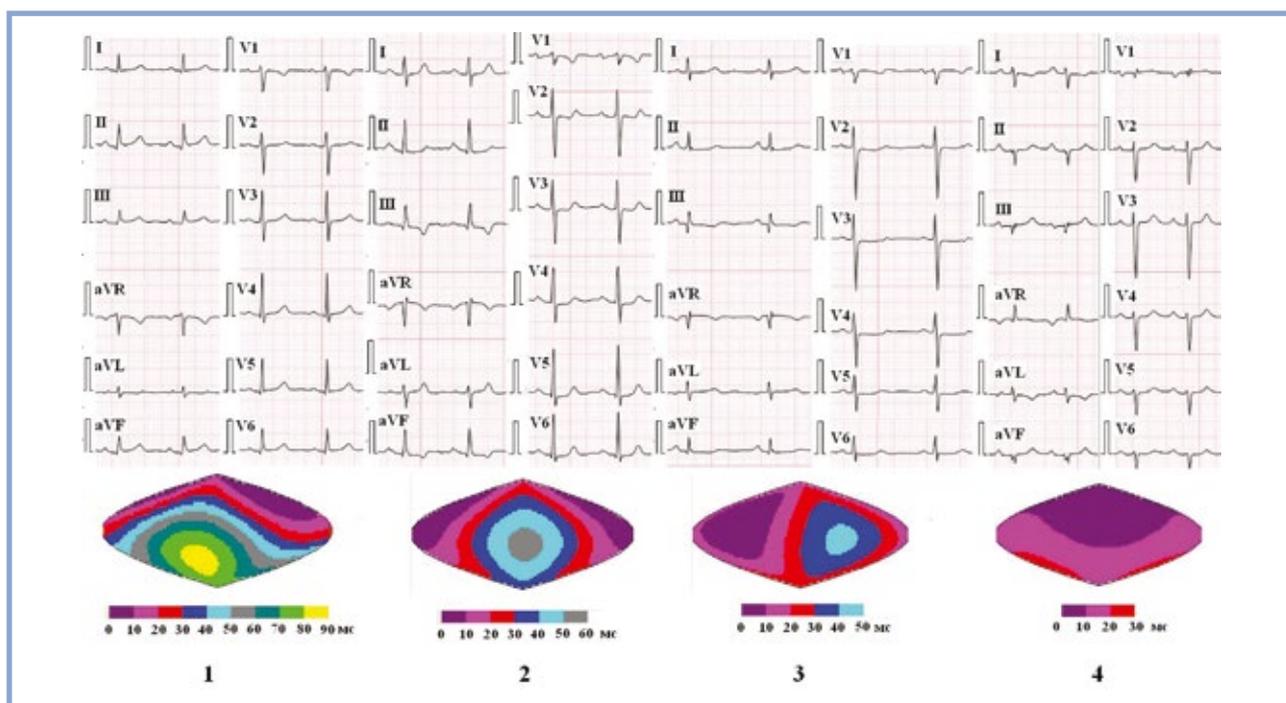
Показатель	Норма	ИЛГ	ХТЭЛГ	ЛАГ-ССД
Угол QRS-T, градусы	49,0±19,9	90,6±41,1*	88,9±39,6*	122,1±31,0*#
Модуль VG, мс	76,6±13,3	33,8±14,1*	48,2±25,8*†	29,7±17,2*
VG-X, мс	42,3±8,8	7,0±10,6*	16,4±17,4*†	10,5±13,4*
VG-Y, мс	29,0±10,7	8,8±11,0*	10,3±9,6*	11,7±11,1*
VG-Z, мс	25,1±11,8	-13,4±16,5*	-7,9±31,4*	-3,1±12,6*

*Примечание.* \* —  $p < 0,05$  по сравнению с группой нормы; # —  $p < 0,05$  по сравнению с группами ИЛГ и ХТЭЛГ; † —  $p < 0,05$  по сравнению с группой ИЛГ.

**Таблица 3.** Коэффициенты корреляции векторкардиографических показателей с эхокардиографическими показателями и частотой сердечных сокращений (ЧСС) у больных ЛГ

Показатель	Угол QRS-T	Модуль VG	VG-X	VG-Y
СДЛА		-0,3*	-0,3*	
ПЗР ПЖ		-0,3*	-0,4**	-0,3*
S ПП	0,4**	-0,4**	-0,4**	
ЧСС		-0,3*		

*Примечание.* \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ . ПЗР — переднезадний размер.



ЭКГ и дипольные карты VG практически здоровой женщины (1), больной ХТЭЛГ (2), больной ИЛГ (3) и больной ЛАГ-ССД (4).

По данным эхокардиографии КДР ЛЖ 4,6 см; толщина межжелудочковой перегородки 0,9 см; толщина задней стенки левого желудочка 0,8 см; S ПП 25 см<sup>2</sup>; ПЗР ПЖ 3,3 см, апикально 4,8 см; толщина передней стенки ПЖ 0,7 см; СДЛА 85 мм рт.ст.

*Больная 53 лет с диагнозом ИЛГ. Функциональный класс III (ВОЗ). Легочное сердце: относительная недостаточность трикуспидального клапана 2-й степени. Гипертоническая болезнь II стадии.*

По данным эхокардиографии КДР ЛЖ 4,0 см; толщина межжелудочковой перегородки 1,1 см; толщина задней стенки левого желудочка 1,1 см; S ПП 22 см<sup>2</sup>; ПЗР ПЖ 4,4 см, апикально 4,3 см; толщина передней стенки ПЖ 0,7 см; СДЛА 73 мм рт.ст.; следовое количество жидкости в полости перикарда.

*Больная 58 лет с диагнозом ЛАГ-ССД. Функциональный класс III (ВОЗ). Системная склеродермия, хроническое течение, лимитированная форма. Легочное сердце: относительная недостаточность трикуспидального клапана 2-й степени. Гипертоническая болезнь II стадии.*

По данным эхокардиографии КДР ЛЖ 4,7 см; толщина межжелудочковой перегородки 0,8 см; толщина задней стенки левого желудочка 0,8 см; S ПП 24 см<sup>2</sup>; ПЗР ПЖ 3,3 см, апикально 4,6 см; толщина передней стенки ПЖ 0,7 см; СДЛА 85 мм рт.ст.

## Обсуждение

В данное исследование были включены больные с редкими тяжелыми заболеваниями, которые при отсутствии необходимого лечения имеют крайне неблагоприятный прогноз. Особенно тяжелое течение и быстрое прогрессирование заболевания с развитием правожелудочковой сердечной недостаточности характерно для пациенток с ЛАГ-

ССД, выживаемость которых хуже даже по сравнению с ИЛГ [9]. Залогом улучшения прогноза как при ЛАГ, так и при ХТЭЛГ являются ранняя диагностика и своевременное применение адекватного лечения. В настоящее время выбор стратегии лечения таких больных основывается на оценке риска летальности, для которой используют целый ряд клинических, гемодинамических, лабораторных показателей, а также данные эхокардиографии [10].

Интерес к повышению диагностической информативности ЭКГ за счет более сложной компьютерной обработки ее сигналов обусловлен несколькими причинами. С одной стороны, это простой метод, доступный в медицинских учреждениях любого уровня, хорошо поддающийся дистанционному анализу. С другой стороны, этот метод предоставляет уникальную информацию об электрических процессах в сердце, более точное понимание которых потенциально могло бы пролить новый свет на механизмы прогрессирования сердечной недостаточности.

В последнее время большое внимание исследователей привлекают такие интегральные ЭКГ-показатели, как пространственный угол QRS-T и VG. Было продемонстрировано их диагностическое и прогностическое значение у больных ЛГ, в том числе при ССД [2, 4].

Данные показатели характеризуют соотношения процессов де- и реполяризации желудочков, однако механизмы их изменений еще не до конца ясны. На экспериментальной модели ЛГ у крыс было показано, что изменения этих показателей начинаются уже на ранних стадиях формирования ЛГ и еще более усугубляются при развитии гипертрофии ПЖ [11]. В основе этих изменений может лежать увеличение длительности потенциалов действия за счет снижения экспрессии белков калиевых каналов [12], которое может запускаться при изменении локального напряжения стенки желудочков [13]. На клиническом мате-

риале была продемонстрирована взаимосвязь угла QRS-T и VG с показателями систолической и диастолической функций ПЖ у больных с прекапиллярной ЛГ [3].

В данной работе у всех изученных групп пациенток с прекапиллярной ЛГ по сравнению с группой практически здоровых лиц угол QRS-T был увеличен, а VG и его компоненты уменьшены. Эти изменения были наиболее выражены у больных ЛАГ-ССД. Известно, что из всех подгрупп ЛАГ у пациенток с системной склеродермией отмечается самое тяжелое течение заболевания и самое быстрое наступление летального исхода. Это объясняют более старшим возрастом подобных пациенток, более частым наличием сопутствующих заболеваний, а также вовлечением в патологический аутоиммунный процесс миокарда [9]. Есть данные, что у больных ЛАГ-ССД сократимость ПЖ меньше по сравнению с больными ИЛГ [14].

В нашей работе сопутствующие АГ и ИБС несколько чаще встречались у больных ЛАГ-ССД по сравнению с больными ИЛГ и ХТЭЛГ, однако эти различия не достигли уровня статистической значимости. Мы старались сделать изучаемые группы сопоставимыми по полу и возрасту. Больные ИЛГ оказались достоверно моложе больных ЛАГ-ССД, однако они были старше, чем это характерно для больных ИЛГ по данным Российского регистра [15]. Возможно, у этих больных имелись какие-то особенности патогенеза заболевания. В этом отношении можно вспомнить, что до принятия усовершенствованных критериев диагностики системной склеродермии в 2013 г. ее висцеральная форма часто оставалась недиагностированной [9].

Анализируя приведенные нами клинические примеры, хочется подчеркнуть следующее. Из ЭКГ-критериев гипертрофии ПЖ у больной ХТЭЛГ превышал норму показатель «максимальная амплитуда зубца R в отведении V1 или V2 + максимальная амплитуда зубца S в отведении I или aVL — амплитуда зубца S в отведении V1 больше 6 мм». У больной ЛАГ-ССД присутствовали критерии «амплитуда зубца S в отведении V6 больше 3 мм», «амплитуда зубца r в отведении V5 меньше 3 мм» и «соотношение r/S в отведении V6 меньше 1». У больной ИЛГ имелись зубец S в от-

ведении I и зубец Q в отведении III, что считается «вспомогательным» ЭКГ-критерием гипертрофии ПЖ. Во всех трех случаях, несмотря на высокие уровни СДЛА, на ЭКГ в 12 отведениях отсутствовали вторичные изменения реполяризации в виде отрицательных зубцов T в отведениях V2 и V3, в связи с чем по обычной ЭКГ можно было недооценить тяжесть ЛГ, однако дипольные карты VG существенно отличались от нормы. У больной ЛАГ-ССД по ЭКГ можно было заподозрить наличие рубцового поражения миокарда нижней локализации, однако при эхокардиографии у этой больной зон нарушения локальной сократимости выявлено не было.

В настоящей работе мы не сопоставляли ЭКГ-показатели с показателями систолической и диастолической функций ПЖ. Это входит в планы наших дальнейших исследований.

## Заключение

У пациенток с прекапиллярной ЛГ по сравнению с группой практически здоровых лиц отмечены изменения интегральных ЭКГ-показателей, характеризующих соотношения процессов де- и реполяризации желудочков. Пространственный угол QRS-T у этих больных был увеличен, а VG и его компоненты уменьшены. Изменения пространственного угла QRS-T при ЛАГ-ССД были более выраженными, чем при ИЛГ и ХТЭЛГ. У пациенток с прекапиллярной ЛГ пространственный угол QRS-T и VG имели статистически значимые корреляции с площадью ПП — эхокардиографическим предиктором плохого прогноза.

## Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Т.С.  
Сбор и обработка материала: Е.Б., О.А., Е.Ю.  
Статистическая обработка: Е.Б.  
Написание текста: Е.Б., О.А., Е.Ю.  
Редактирование: Т.С., М.С., Т.М.

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;9:4-23. [Chazova IE, Avdeev SN, Tsareva NA, Volkov AV, Martynyuk TV, Nakonechnikov SN. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Terapevicheskij arkhiv (Therapeutic archive)*. 2014;9:4-23. (In Russ.)].
2. 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;47(2):175-182. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2013.10.010>
3. 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.)].
4. 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):312-318. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2011.12.001>
5. 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):60-68. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2015.09.003>
6. Трунов В.Г., Айду Э.А., Блинова Е.В., Сахнова Т.А. Синтез сигналов скорректированных ортогональных отведений Макфи-Парунгао 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-Parungao 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.)].
7. Блинова Е.В., Сахнова Т.А. Векторкардиография. В кн.: *Руководство по кардиологии*. Под ред. Чазова Е.И. Т. 2. М.: Практика; 2014. [Blinova EV, Sakhnova TA. Vectorcardiography. In: *Rukovodstvo po kardiologii*. Ed. Chazov Ye.I. V. 2. M.: Praktika; 2014. (In Russ.)].
8. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, Solomon SD, Louie EK, Schiller NB. Guidelines for the echocardi-

- diographic 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;23(7):685-713; 786-788.  
<https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
9. Юдкина Н.Н., Волков А.В. Особенности легочной артериальной гипертензии, ассоциированной с системной склеродермией: обзор литературы. *Евразийский кардиологический журнал*. 2015;4:32-39. [Yudkina NN, Volkov AV. Pulmonary arterial hypertension associated with a systemic sclerosis: review of literature. *Eurasian heart journal*. 2015;4:32-39. (In Russ.)].
  10. 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.)].
  11. 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;293(2):1300-1307.  
<https://doi.org/10.1152/ajpheart.01359.2006>
  12. 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;88(1):47-60. <https://doi.org/10.1007/s00109-009-0524-6>
  13. Jeyaraj D, Wilson LD, Zhong J, Flask C, Saffitz JE, Deschênes I, Yu X, Rosenbaum DS. Mechanoelectrical feedback as novel mechanism of cardiac electrical remodeling. *Circulation*. 2007;115(25):3145-3155.  
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.688317>
  14. Overbeek MJ, Lankhaar JW, Westerhof N, Voskuyl AE, Boonstra A, Bronzwaer JG, Marques KM, Smit EF, Dijkmans BA, Vonk-Noordegraaf A. Right ventricular contractility in systemic sclerosis-associated and idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J*. 2008;31(6):1160-1166.  
<https://doi.org/10.1183/09031936.00135407>
  15. Архипова О.А., Валиева З.С., Мартынюк Т.В., Наконечников С.Н., Чазова И.Е. Особенности легочной артериальной гипертензии по данным Российского регистра. *Евразийский кардиологический журнал*. 2014;4:44-53. [Arkhipova OA, Valieva ZS, Martynyuk TV, Nakonechnikov SN, Chazova IYe. Features of pulmonary arterial hypertension in the Russian register. *Eurasian heart journal*. 2014;4:44-53. (In Russ.)].

Поступила 22.11.2018