

Значение пространственного угла QRS-T вычислительной векторэлектрокардиограммы и его изменений на вдохе для диагностики легочной гипертензии у больных аортальным стенозом

Т.А. Сахнова¹, Е.В. Блинова¹, А.Е. Комлев¹, М.А. Саидова¹, Т.В. Мартынюк^{1,2}, Д.В. Дроздов¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, г. Москва, Россия

² РНИМУ им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Легочная гипертензия (ЛГ) при аортальном стенозе (АС) отягощает прогноз. Векторкардиографические показатели функциональные пробы могут повысить информативность электрокардиографии в выявлении ЛГ. **Цель работы** – оценить возможности пространственного угла QRS-T (sQRS-Ta) и его изменений на вдохе для диагностики ЛГ у больных с АС. **Материалы и методы.** В исследование были включены 170 пациентов с тяжелым АС. Систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) определялось при эхокардиографии; sQRS-Ta рассчитывали как пространственный угол между интегральными векторами QRS и T. Данные представлены как медиана [Q25; Q75]. **Результаты.** У 138 (81%) пациентов СДЛА было <45 мм рт. ст., у 32 (19%) пациентов ≥45 мм рт. ст. Значения sQRS-Ta в покое имели слабые корреляции с площадью аортального клапана ($r = -0,3$; $p < 0,0001$), размером левого предсердия ($r = 0,3$; $p < 0,0001$), индексом массы миокарда левого желудочка ($r = 0,3$; $p < 0,0001$). При СДЛА <45 мм рт. ст. sQRS-Ta на вдохе уменьшался (125° [95°; 150°] и 117° [86°; 142°], соответственно, $p < 0,0001$), при СДЛА ≥45 мм рт. ст. не изменялся (146° [106°; 158°] и 141° [101°; 163°], соответственно, $p = 0,62$). По данным ROC-анализа как sQRS-Ta в покое (пороговое значение > 151°, чувствительность 44%, специфичность 78%), так и разница sQRS-Ta на вдохе и в покое (пороговое значение ≤ 2°, чувствительность 63%, специфичность 60%) позволяли разделить подгруппы с СДЛА ≥45 мм рт. ст. и <45 мм рт. ст. **Выводы.** У больных с тяжелым АС при СДЛА <45 мм рт. ст. sQRS-Ta на вдохе уменьшался, а при СДЛА ≥45 мм рт. ст. не изменялся. Как sQRS-Ta в покое, так и разница sQRS-Ta на вдохе и в покое позволяли разделить подгруппы с СДЛА ≥45 мм рт. ст. и <45 мм рт. ст.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрокардиограмма, вычислительная векторкардиограмма, угол QRS-T, функциональные пробы, вдох, легочная гипертензия, аортальный стеноз.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The importance of the spatial QRS-T angle and its changes during inspiration for the diagnosis of pulmonary hypertension in patients with aortic stenosis

T.A. Sakhnova¹, E.V. Blinova¹, A.E. Komlev¹, M.A. Saidova¹, T.V. Martynyuk¹, D.V. Drozdov¹

¹ National Medical Research Center for Cardiology named after Academician E.I. Chazov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Pulmonary hypertension (PH) in aortic stenosis (AS) worsens the prognosis. Vectorcardiographic parameters and functional tests can improve the informativeness of electrocardiography in detecting PH. **The aim** of this study was to evaluate the potential of the spatial QRS-T angle (sQRS-Ta) and its changes during inspiration for diagnosing PH in patients with AS. **Materials and methods.** The study included 170 patients with severe AS. Systolic pulmonary artery pressure (SPAP) was determined by echocardiography; sQRS-Ta was calculated as the spatial angle between the integral QRS and T vectors. Data are presented as median [Q25; Q75]. **Results.** SPAP was <45 mmHg in 138 (81%) patients and ≥45 mmHg in 32 (19%) patients. Resting sQRS-Ta values had weak correlations with aortic valve area ($r = -0,3$; $p < 0,0001$), left atrium size ($r = 0,3$; $p < 0,0001$), and left ventricular myocardial mass index ($r = 0,3$; $p < 0,0001$). At SPAP <45 mmHg, inspiratory sQRS-Ta decreased (125° [95°; 150°] and 117° [86°; 142°], respectively, $p < 0,0001$), while at SPAP ≥45 mmHg it did not change (146° [106°; 158°] and 141° [101°; 163°], respectively, $p = 0,62$). According to ROC analysis, both the resting sQRS-Ta (cutoff value > 151°, sensitivity 44%, specificity 78%) and the difference between inspiratory and resting sQRS-Ta (cutoff value ≤ 2°, sensitivity 63%, specificity 60%) allowed us to separate subgroups with SPAP ≥45 mmHg and <45 mmHg. **Conclusions.** In patients with severe AS, inspiratory sQRS-Ta decreased with SPAP <45 mmHg, while it remained unchanged with SPAP ≥45 mmHg. Both the resting sQRS-Ta and the difference between inspiratory and resting sQRS-Ta allowed us to separate subgroups with SPAP ≥45 mmHg and <45 mmHg.

KEYWORDS: electrocardiogram, computational vectorcardiogram, QRS-T angle, functional tests, inspiration, pulmonary hypertension, aortic stenosis.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Аортальный стеноз (АС) – один из наиболее распространенных клапанных пороков сердца, требующих хирургического или транскатетерного вмешательства. Особенно часто АС встречается среди лиц 75 лет и старше, поэтому по мере старения населения в развитых странах распространенность АС растет [1]. По прогнозам в России к 2030 году число пациентов с АС может достичь 1,3 млн человек [2].

У пациентов с тяжелым АС легочная гипертензия (ЛГ) встречается достаточно часто (по некоторым данным, более чем в 40% случаев). У таких пациентов ЛГ обычно развивается при истощении компенсаторных механизмов левого желудочка, поэтому ее наличие (при исключении иных причин) указывает на декомпенсированную стадию порока и связано с высоким риском сердечно-сосудистой и общей смертности. В связи с этим ранняя неинвазивная диагностика ЛГ у пациентов представляет собой важную научно-практическую задачу.

Электрокардиографическая диагностика ЛГ у больных АС затруднена, поскольку электрические вектора правого желудочка могут быть нейтрализованы векторами увеличенного левого желудочка. В настоящее время надежды на повышение диагностической информативности электрокардиографического исследования связывают с применением вычислительной вектор электрокардиографии и расчетом «трехмерных» вектор кардиографических показателей. Способствовать выявлению ЛГ может также применение функциональных проб, приводящих к увеличению объемной нагрузки на правые отделы сердца. В качестве одной из простейших проб такого рода может рассматриваться съемка ЭКГ на высоте глубокого вдоха.

Целью нашей работы было изучение возможностей оценки пространственного угла QRS-T (sQRS-Ta) и его изменений во время глубокого вдоха для диагностики ЛГ у больных с тяжелым АС.

Материалы и методы

В исследование были включены 170 пациентов с тяжелым симптомным АС: 64 мужчины и 106 женщин в возрасте 75 [69; 79] лет. В исследование не включались больные с фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) меньше 50% и пациенты с тромбоемболией легочной артерии в анамнезе.

Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась на ультразвуковом приборе GE Vivid 9 (США) в соответствии со стандартным протоколом обследования пациентов с клапанными пороками сердца. Критериями тяжелого АС считались пиковая скорость трансклапанного потока больше 4,0 м/с, средний трансклапанный градиент давления больше 40 мм рт. ст., площадь отверстия аортального клапана меньше 1,0 см². Систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) определялось как сумма максимального систолического градиента на трикуспидальном клапане и оценочного давления в правом предсердии. Максимальный систолический градиент на трикуспидальном клапане рассчитывался по скоро-

сти трикуспидальной регургитации с использованием упрощенного уравнения Бернулли. Давление в правом предсердии при диаметре нижней полой вены не больше 2,1 см и ее спадении на вдохе больше 50% оценивалось как 3 мм рт. ст.; при диаметре нижней полой вены больше 2,1 см и спадении на вдохе меньше 50% как 15 мм рт. ст.; в остальных случаях 8 мм рт. ст.

Регистрацию ЭКГ проводили с помощью модульной системы для регистрации и дистанционной передачи ЭКГ «EASY ECG» (ООО «АТЕС МЕДИКА софт», Россия). ЭКГ сначала регистрировали при свободном дыхании пациента и затем после команды «Сделать глубокий вдох и задержать дыхание». Продолжительность каждой записи составляла 10 с, частота дискретизации – 500 Гц, диапазон сигнала -7,4–7,4 мВ по каждому отведению, разрядность – 16 бит. Получение усредненного кардиокомплекса 10-секундной записи, его разметка, преобразование в вычислительную векторкардиограмму и расчет изучаемых количественных показателей осуществлялись средствами программного обеспечения системы «EASY ECG» в автоматическом режиме. Вычислительную векторкардиограмму (системы МакФи – Парунгао) (вЭКГ) получали при помощи специальных линейных преобразований; sQRS-Ta рассчитывали как пространственный угол между интегральными векторами QRS и T.

Статистический анализ данных проводили с помощью программного обеспечения MedCalc (MedCalcSoftware BVBA, Бельгия). Непрерывные переменные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения (при нормальном распределении); либо в виде медианы и межквартильного размаха (при распределении, отличном от нормального); качественные переменные в виде абсолютного значения и процентной доли. Для оценки различий двух независимых количественных переменных в зависимости от типа распределения использовались непарный t-тест Стьюдента или критерий Манна – Уитни, для зависимых переменных – парный тест Стьюдента или критерий Вилкоксона. Для сравнения качественных переменных использовались точный критерий Фишера и метод хи-квадрат. Корреляции между количественными показателями оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона или коэффициента ранговой корреляции Спирмена. За уровень статистической значимости принимали $p < 0,05$.

Результаты

У 93 (55%) пациентов СДЛА было меньше 35 мм рт. ст., у 45 (26%) от 35 до 44 мм рт. ст. и у 32 (19%) пациентов 45 мм рт. ст. и выше. В дальнейшем в качестве порогового значения наличия ЛГ был выбран уровень СДЛА 45 мм рт. ст. и выше.

Как видно из таблицы 1, пациенты с повышенным СДЛА отличались более высоким функциональным классом сердечной недостаточности, у них имелась более выраженная недостаточность митрального и трикуспидального клапана и были больше размеры предсердий и конечный систолический размер левого желудочка.

Значения sQRS-Ta в покое имели слабые, но достоверные корреляции с площадью аортального клапана ($r=-0,3$; $p<0,0001$), размером левого предсердия ($r=0,3$; $p<0,0001$), индексом массы миокарда левого желудочка ($r=0,3$; $p<0,0001$), а разница sQRS-Ta на вдохе и в покое – с индексом массы миокарда левого желудочка ($r=-0,3$; $p<0,0001$).

На вдохе sQRS-Ta в 120 (70%) случаев уменьшался, в 8 (5%) случаев не изменялся, а в 42 (25%) случаев увеличивался. Разница sQRS-Ta на вдохе и в покое в группе в целом составила 4° [0° ; 12°], $p<0,0001$. При этом в группе с СДЛА меньше 45 мм рт. ст. sQRS-Ta на вдохе по срав-

нению с покоем достоверно уменьшался (от $120\pm 37^\circ$ до $113\pm 37^\circ$, $p<0,0001$), а в группе с СДЛА 45 мм рт.ст. и выше – не изменялся (в покое $132\pm 36^\circ$, на вдохе $130\pm 36^\circ$, $p=0,63$).

Данные ROC анализа, характеризующие возможность использования sQRS-Ta для разделения групп больных с СДЛА меньше 45 мм рт. ст. и 45 мм рт. ст. и выше представлены в таблице 2.

Таким образом, по данным ROC анализа как sQRS-Ta на спокойном дыхании, так и его изменения на глубоком вдохе позволяли разделять группы больных с СДЛА меньше 45 мм рт. ст. и 45 мм рт. ст. и выше.

Таблица 1
Характеристики групп пациентов с разным СДЛА

Показатель		СДЛА меньше 45 мм рт. ст. N=138	СДЛА 45 мм рт. ст. и выше N=32	p
Мужской пол		53 (38%)	11 (34%)	0,84
Возраст, годы		73±9	75±6	0,39
ФК	II	89 (64,5%)	12 (37,5%)	0,009
	III	49 (35,5%)	20 (62,5%)	
ФП	нет	92 (67%)	20 (62,5%)	0,14
	пароксизмальная	29 (21%)	4 (12,5%)	
	постоянная	17 (12%)	8 (25%)	
ПАК, см ²		0,63±0,18	0,58±0,17	0,10
срГД, мм рт. ст.		58 [48; 69]	62±16	0,62
КДР ЛЖ, см		5,00±0,44	5,07±0,44	0,41
КСР ЛЖ, см		3,0 [2,8; 3,3]	3,30±0,57	0,038
ОТС		0,54±0,07	0,53±0,09	0,53
ММЛЖ, г		269±56	272±47	0,81
ИММЛЖ, г/м ²		141±27	140±26	0,80
ЛП, см		4,23±0,47	4,54±0,40	0,0008
ФВ ЛЖ, %		60 [60; 65]	60 [51; 62]	0,06
ПЗР ПЖ, см		2,65±0,29	2,66±0,27	0,80
ПП, см ²		16 [15; 18]	20±4	0,0002
СДЛА, мм рт. ст.		31±6	56±7	< 0,0001
Аортальная недостаточность	1 степени	68 (49%)	12 (37,5%)	0,25
	2 степени	70 (51%)	20 (62,5%)	
Митральная недостаточность	1 степени	68 (49%)	6 (19%)	0,0005
	2 степени	70 (51%)	23 (72%)	
	3 степени	0	3 (9%)	
Трикуспидальная недостаточность	1 степени	101 (73%)	7 (22%)	< 0,0001
	2 степени	37 (27%)	25 (78%)	
sQRS-Ta, °		120±37	132±36	0,10
sQRS-Ta _{ва} , °		113±37	130±36	0,017
sQRS-Ta – sQRS-Ta _{ва} , °		4 [0; 13]	1±16	0,03

ФК – функциональный класс, ФП – фибрилляция предсердий, ПАК – площадь отверстия аортального клапана, срГД – средний систолический градиент давления на аортальном клапане, КДР ЛЖ – конечный диастолический размер левого желудочка, КСР ЛЖ – конечный систолический размер левого желудочка, ОТС – относительная толщина стенок, ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка, ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, ЛП – левое предсердие, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ПЗР ПЖ – переднезадний размер правого желудочка, ПП – правое предсердие, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, sQRS-Ta – пространственный угол QRS-T на спокойном дыхании, sQRS-Ta_{ва} – пространственный угол QRS-T на глубоком вдохе.

Таблица 2
Данные ROC анализа по использованию ЭКГ показателей для разделения групп больных с СДЛА меньше 45 мм рт. ст. и 45 мм рт. ст. и выше

Показатель	AUC±SE	95% ДИ	Порог	Чувствительность, %	Специфичность, %
sQRS-Ta	0,60±0,06	0,52–0,68	> 151°	44	78
sQRS-Ta _{ва}	0,64±0,06	0,57–0,72	> 135°	63	69
sQRS-Ta – sQRS-Ta _{ва}	0,62±0,05	0,54–0,69	<3°	63	60

sQRS-Ta – пространственный угол QRS-T на спокойном дыхании, sQRS-Ta_{ва} – пространственный угол QRS-T на глубоком вдохе, AUC±SE – площадь под ROC кривой ± стандартная ошибка, ДИ – доверительный интервал.

Клинические примеры

На рисунке 1 приведены вЭКГ при спокойном дыхании и на вдохе больной 79 лет с диагнозом «Приобретенный порок сердца: АС тяжелой степени, недостаточность аортального клапана 1 степени. Ишемическая болезнь сердца: атеросклероз коронарных артерий. Хроническая сердечная недостаточность III функциональный класс по NYHA с сохранной фракцией выброса. Варикозная болезнь вен нижних конечностей». При спокойном дыхании sQRS-Ta 157°, на вдохе – 167°.

При эхокардиографии: АС тяжелой степени (средний градиент давления на аортальном клапане 83 мм рт. ст.; площадь отверстия аортального клапана 0,4 см²), недостаточность аортального клапана 1 степени. Выраженная концентрическая гипертрофия миокарда левого желудочка (индекс массы миокарда левого желудочка 155 г/м², относительная толщина стенок 0,61). Расширение полости левого предсердия (индекс объема левого предсердия 40 мл/м²). Диастолическая функция ЛЖ нарушена по 1 типу. Легочная гипертензия (СДЛА 47 мм рт. ст.). Недостаточность митрального клапана 2 степени, трикуспидального клапана 2 степени.

На рисунке 2 приведены вЭКГ при спокойном дыхании и на вдохе больной 77 лет с диагнозом «Приобретенный порок сердца: АС тяжелой степени, аортальная недостаточность 1 степени. Ишемическая болезнь сердца: атеросклероз коронарных артерий. Хроническая сердечная недостаточность II функциональный класс по NYHA с сохранной фракцией выброса. Варикозная болезнь вен нижних конечностей». При спокойном дыхании sQRS-Ta 155°, на вдохе – 122°.

При эхокардиографии: АС тяжелой степени (средний градиент давления на аортальном клапане 59 мм рт. ст.; площадь отверстия аортального клапана 0,4 см²), недостаточность аортального клапана 1 степени. Выраженная концентрическая гипертрофия миокарда левого желудочка (индекс массы миокарда левого желудочка 152 г/м², относительная толщина стенок 0,44). Левое предсердие не увеличено (индекс объема левого предсердия 32 мл/м²). СДЛА 27 мм рт. ст. Недостаточность митрального клапана 1 степени, трикуспидального клапана 1 степени.

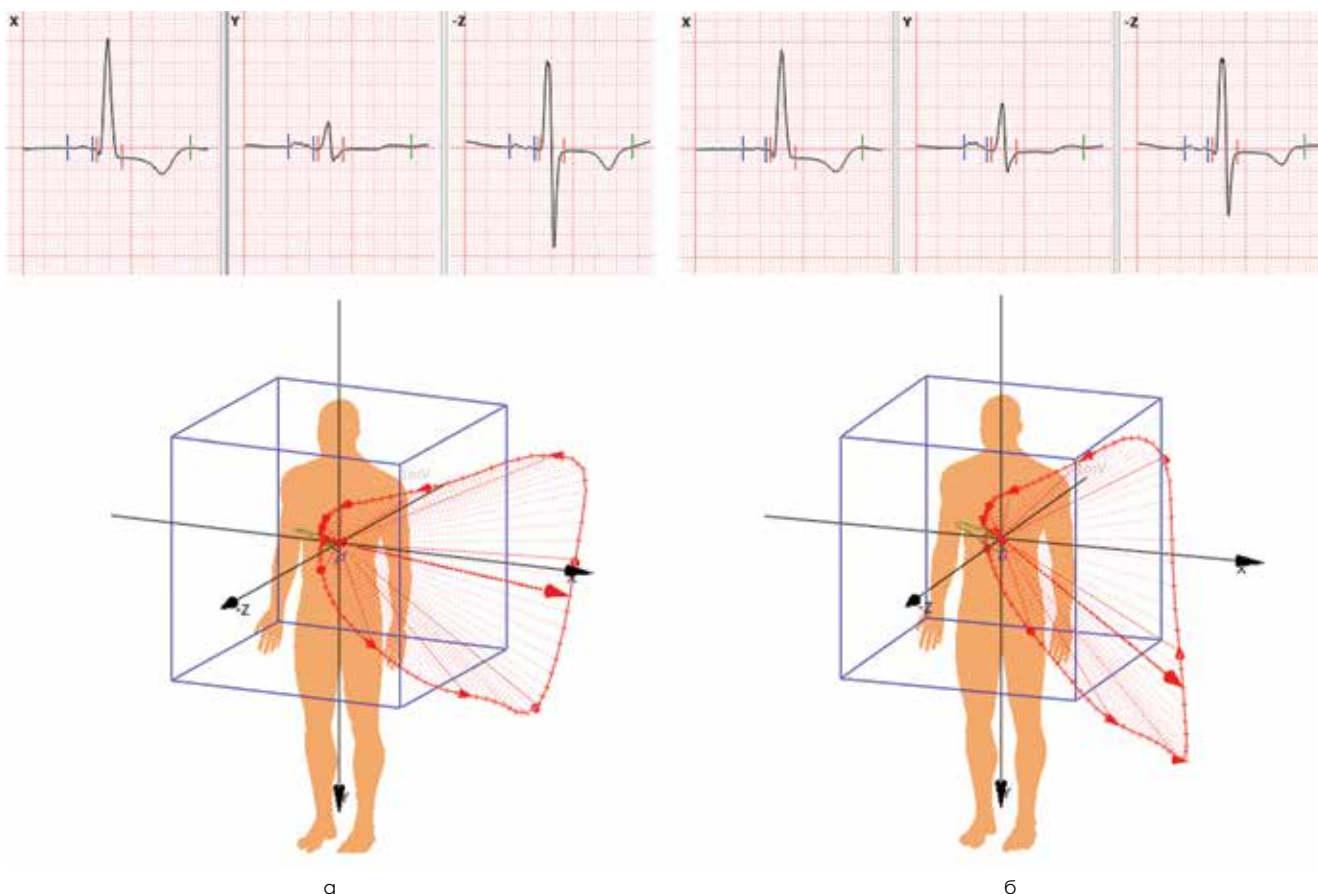


Рисунок 1. Ортогональные отведения X, Y, Z и в ЭКГ при спокойном дыхании (А) и на вдохе (Б) больной 79 лет с АС тяжелой степени. При спокойном дыхании sQRS-Ta 157°, на вдохе 167°

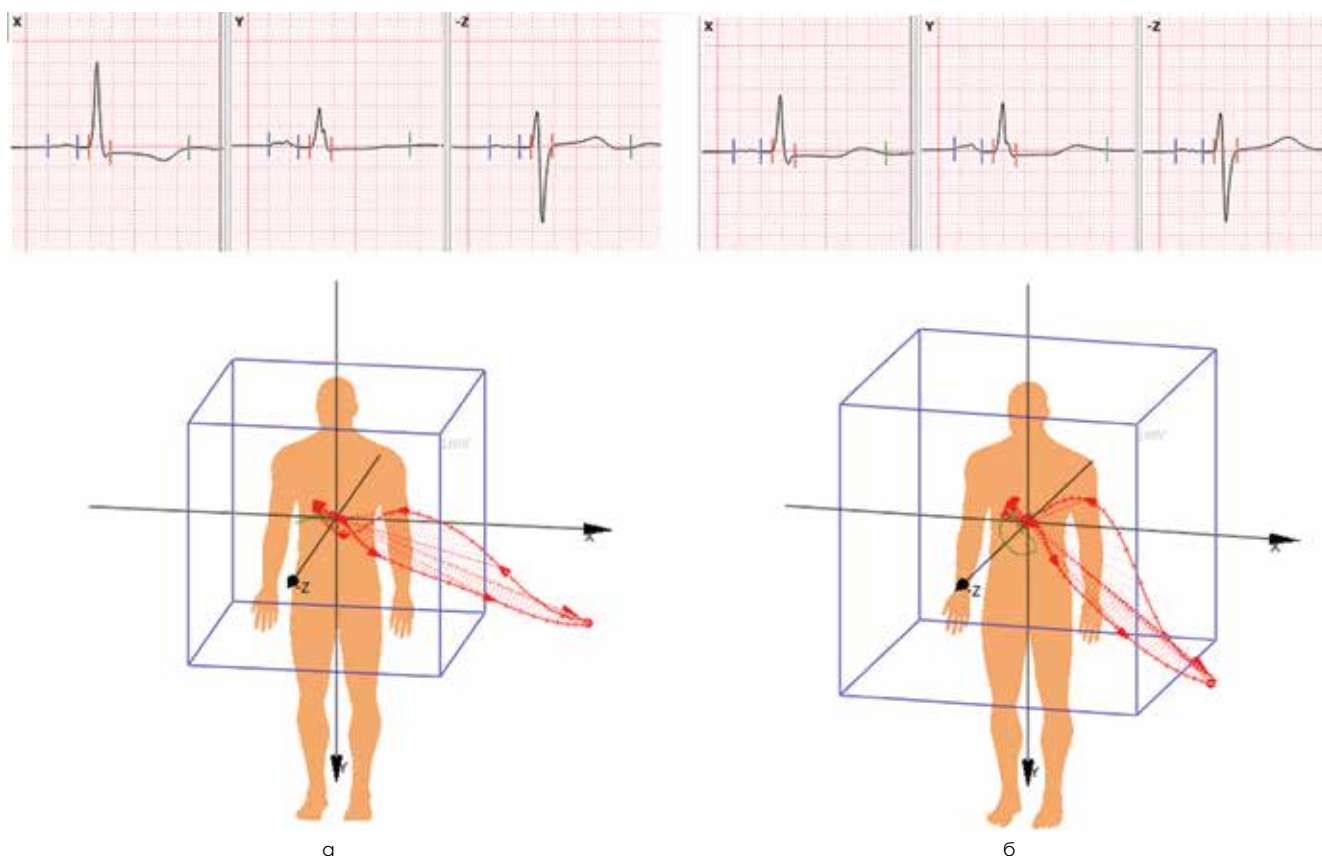


Рисунок 2. Ортогональные отведения X, Y, Z и в ЭКГ при спокойном дыхании (А) и на вдохе (Б) больной 77 лет с АС тяжелой степени. При спокойном дыхании sQRS-Ta 155°, на вдохе 122°

Обсуждение

У пациентов с тяжелым АС наличие ЛГ связано с увеличением риска сердечно-сосудистой и общей смертности [4, 5]. Однако тактика ведения таких больных пока не определена. К трудностям накопления доказательной базы могут приводить, в том числе, и различия в методах диагностики и пороговых значениях ЛГ, применяемых разными исследователями.

Согласно рекомендациям, трансвенозная катетеризация сердца, которая считается «золотым стандартом» в диагностике ЛГ, у больных АС проводится лишь в исключительных случаях. О наличии или отсутствии ЛГ у таких пациентов судят по уровню СДЛА, рассчитанного при проведении ЭхоКГ. При этом разные авторы использовали значения СДЛА от 35 до 50 мм рт. ст. Независимым предиктором худшего прогноза в отношении долгосрочной выживаемости была тяжелая ЛГ, определяемая как СДЛА 60 мм рт. ст. и выше [1].

В нашем исследовании СДЛА 45 мм рт. ст. и выше наблюдалось у 19% пациентов, поэтому это пороговое значение было выбрано для удобства статистической обработки.

Электрокардиографическая диагностика ЛГ у больных АС затруднена из-за нейтрализации электрических векторов правого желудочка увеличенными электрическими векторами левого желудочка.

Из параметров вЭКГ в последние годы внимание исследователей особенно привлекают так называемые показатели глобальной электрической гетерогенности

миокарда, и в частности, пространственный угол QRS-T, имеющий прогностическое значение при разных сердечно-сосудистых заболеваниях [6, 7].

Возможности в ЭКГ при обследовании больных АС недостаточно изучены. Было показано, что значения sQRS-Ta достоверно больше в группе тяжелого АС по сравнению с легким/умеренным и в группе с декомпенсированным АС (ФВ ЛЖ меньше 50%) по сравнению с тяжелым, но компенсированным АС [8]. В нашей работе значения sQRS-Ta в покое имели отрицательную корреляцию с площадью аортального клапана и положительную – с размером левого предсердия и индексом массы миокарда левого желудочка. Также была тенденция к более высоким значениям sQRS-Ta в покое у больных с СДЛА 45 мм рт. ст. и больше. Возможно, это было связано с более тяжелым поражением миокарда в данной группе.

Что касается влияния дыхания на вЭКГ, первым таким исследованием была работа Simonson E. и соавторов [9]. По их данным у здоровых мужчин на вдохе наблюдались статистически значимое смещение среднего вектора QRS назад и среднего вектора T вперед, таким образом, на вдохе угол между пространственными векторами QRS и T значительно увеличивался. Впоследствии аналогичные изменения вЭКГ на вдохе у здоровых лиц были подтверждены и другими исследователями [10].

Однако при анализе изменений вЭКГ на вдохе у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (в том числе, перенесенным инфарктом миокарда) простран-

ственный угол между максимальными векторами QRS и T на вдохе в 38% случаев увеличивался, а в 12% случаев уменьшался [11]. Увеличение угла QRS-T на вдохе происходило за счет разнонаправленных изменений максимальных векторов QRS и T как в горизонтальной, так и во фронтальной плоскости.

В работе [12] у пациентов, которым для оценки ишемии миокарда выполнялась однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда, глубокий вдох вызывал смещение оси QRS и оси зубца T вправо. При этом фронтальный угол QRS-T в среднем уменьшался на 2°, но разброс составлял от +34° до -38°. Изменение фронтального угла QRS-T имело значимую корреляцию с конечным диастолическим объемом левого желудочка: при высоких значениях конечного диастолического объема левого желудочка происходило увеличение фронтального угла QRS-T на вдохе.

В нашей группе пациентов sQRS-Ta увеличивался на вдохе лишь в 25% случаев, а в 70% случаев уменьшался. При этом достоверное уменьшение sQRS-Ta на вдохе наблюдалось в группе с СДЛА меньше 45 мм рт. ст., а в группе с СДЛА 45 мм рт. ст. и выше sQRS-Ta на вдохе не изменялся.

Обсуждая изменения в ЭКГ при дыхании большинство авторов приходили к выводу, что они не могут быть объяснены только изменением анатомического положения сердца. К другим возможным способствующим факторам относили изменение конфигурации грудной клетки со смещением положения электродов относительно сердца; изменение электрического сопротивления легких; изменение кровенаполнения камер сердца, в частности, снижение объема крови в левом желудочке, а также влияния вегетативной нервной системы. Уменьшение sQRS-Ta на вдохе в нашей группе могло быть связано с особенностями внутрисердечной и легочной гемодинамики и электрического ремоделирования миокарда у больных с тяжелым АС, однако это требует дальнейшего изучения.

К ограничениям нашей работы можно отнести отсутствие объективного контроля глубины и скорости производимого вдоха. В данной работе нами также не анализировались возможное влияние индекса массы тела, наличия хронической болезни легких и ассоциированной с ней легочной гипертензии, а также медикаментозной терапии на изменения sQRS-Ta. Поскольку в исследование не включались пациенты с систолической дисфункцией ЛЖ и соответствующей потребностью в активной мочегонной терапии, потенциальное влияние изменений волемического статуса на параметры в ЭКГ и ЭхоКГ не учитывалось.

Заключение

У больных с тяжелым АС значения sQRS-Ta в покое имели слабые корреляционные связи с площадью аортального клапана, размером левого предсердия и индексом

массы миокарда левого желудочка. На вдохе sQRS-Ta в 70% случаев уменьшался, в 5% случаев не изменялся, а в 25% случаев увеличивался. Как sQRS-Ta в покое, так и разница sQRS-Ta на вдохе и в покое позволяли с чувствительностью 44–63% и специфичностью 60–78% разделить подгруппы с СДЛА меньше 45 мм рт. ст. и с СДЛА 45 мм рт. ст. и выше. Полученные результаты являются заделом для изучения перспектив использования в ЭКГ как инструмента ранней диагностики ЛЖ у пациентов с тяжелым аортальным стенозом.

Причины изменений sQRS-Ta на вдохе пока недостаточно ясны. Поэтому для их объяснения, по-видимому, необходимы дальнейшие исследования в сопоставлении с результатами визуализирующих методов и с применением более совершенных способов обработки данных, включая использование глубокого машинного обучения.

Список литературы / References

- Boxhammer E, Berezin AE, Paar V, Bacher N, Topf A, Pavlov S, Hoppe UC, Lichtenauer M. Severe Aortic Valve Stenosis and Pulmonary Hypertension: A Systematic Review of Non-Invasive Ways of Risk Stratification, especially in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Pers Med.* 2022; 12(4):603. doi: 10.3390/jpm12040603.
- Хубулава Г.Г., Гуляев Н.И., Кравчук В.Н., Любимов А.И., Волков А.М., Сизенко В.В., Абдулаев З.М. Место дегенеративного стеноза клапана аорты в структуре приобретенных пороков сердца. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2018;60(1):28–35.
- Khbulava G.G., Gulyaev N.I., Kravchuk V.N., Lyubimov A.I., Volkov A.M., Sizenko V.V., Abdulaev Z.M. Incidence of degenerative aortic stenosis in the pattern of valvular heart disease. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya (Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery).* 2018;60(1):28–35. (in Russ.) doi:10.24022/0236-2791-2018-60-1-28-35.
- Kokkiniadis DG, Papanastasiou CA, Jonnalagadda AK, Oikonomou EK, Theochari CA, Palaiodimos L, Karvounis HI, Armstrong EJ, Faillace RT, Giannakoulas G. The predictive value of baseline pulmonary hypertension in early and long term cardiac and all-cause mortality after transcatheter aortic valve implantation for patients with severe aortic valve stenosis: A systematic review and meta-analysis. *Cardiovasc Revasc Med.* 2018; 19(7 Pt B):859–867. doi: 10.1016/j.carrev.2018.03.015.
- Maeder MT, Weber L, Rickli H. Pulmonary hypertension in aortic valve stenosis. *Trends Cardiovasc Med.* 2022; 32(2):73–81. doi: 10.1016/j.tcm.2020.12.005.
- Desai A, Desai DM, Jamil A, Csendes D, Gutlapalli SD, Prakash K, Swarnakari KM, Bai M, Manoharan MP, Raja R, Khan S. Outcomes of Preprocedural Pulmonary Hypertension on All-Cause and Cardiac Mortality in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation: A Systematic Review. *Cureus.* 2023; 15(11):e34300. doi: 10.7759/cureus.34300.
- Oehler A, Feldman T, Henrikson CA, Tereshchenko LG. QRS-T angle: a review. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2014; 19(6):534–542. doi: 10.1111/anec.12206.
- Waks JW, Tereshchenko LG. Global electrical heterogeneity: A review of the spatial ventricular gradient. *J Electrocardiol.* 2016; 49(6):824–830. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2016.07.025.
- Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Комлев А.Е., Саидова М.А., Имаев Т.Э. Увеличение пространственного угла QRS-T как возможный маркер систолической дисфункции левого желудочка у больных с аортальным стенозом. Российский кардиологический журнал. 2024, с. 42.
- Sakhnova T.A., Blinova E.V., Komlev A.E., Saidova M.A., Imaev T.E. Increase in the spatial QRS-T angle as a possible marker of left ventricular systolic dysfunction in patients with aortic stenosis. *Russian Journal of Cardiology.* 2024, 29(7S):42. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2024-7S.
- Simonson E, Nakagawa K, Schmitt OH. Respiratory changes of the spatial vectorcardiogram recorded with different lead systems. *American Heart Journal.* 1957; 54(6):919–939. doi: 10.1016/0002-8703(57)90198-9.
- Yamada N. Effects of respiration on the vectorcardiogram obtained with the Frank lead system. *Acta Med Okayama.* 1985; 39(4):297–313. doi: 10.18926/AMO/31492.
- Riekkinen H, Rautaharju P. Body position, electrode level, and respiration effects on the Frank lead electrocardiogram. *Circulation.* 1976; 53(1):40–45. doi: 10.1161/01.cir.53.1.40.
- Kurisu S, Nitta K, Sumimoto Y, Ikenaga H, Ishibashi K, Fukuda Y, Kihara Y. Effects of deep inspiration on QRS axis, T-wave axis and frontal QRS-T angle in the routine electrocardiogram. *Heart Vessels.* 2019; 34(9):1519–1523. doi: 10.1007/s00380-019-01380-7.

Статья поступила / Received 10.08.2025
 Получена после рецензирования / Revised 10.11.2025
 Принята в печать / Accepted 14.11.2025

Информация об авторах

Сахнова Тамара Анатольевна¹ – к.м.н., старший научный сотрудник Лаборатории ЭКГ
E-mail: tamara-sahnova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5543-7184

Блинова Елена Валентиновна¹ – к.м.н., научный сотрудник Лаборатории ЭКГ
ФГБУ ORCID: 0000-0001-8725-7084

Комлев Алексей Евгеньевич¹ – врач-кардиолог Лаборатории гибридных методов
лечения сердечно-сосудистых заболеваний
ORCID: 0000-0001-6908-7472

Саидова Марина Абдулатиповна¹ – д.м.н., профессор, главный научный
сотрудник Отдела ультразвуковых методов исследования
ORCID: 0000-0002-3233-1862

Мартынюк Тамара Витальевна^{1,2} – д.м.н., руководитель Отдела легочной
гипертензии и заболеваний сердца, профессор, кафедра кардиологии,
факультет дополнительного профессионального образования

Дроздов Дмитрий Владимирович¹ – к.м.н., руководитель Лаборатории ЭКГ, ФГБУ
ORCID: 0000-0001-7374-3604

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии
имени академика Е.И. Чазова» МЗ РФ, г. Москва, Россия

² РНИМУ им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия

Контактная информация:

Сахнова Тамара Анатольевна. E-mail: tamara-sahnova@mail.ru

Для цитирования: Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Комлев А.Е., Саидова М.А., Мартынюк Т.В., Дроздов Д.В. Значение пространственного угла QRS-T вычислительной векторэлектрокардиограммы и его изменений на вдохе для диагностики легочной гипертензии у больных аортальным стенозом. Медицинский алфавит. 2025;(31):7–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-31-7-13>

Author information

Sakhnova Tamara A.¹ – Cand. of Sci. (Medicine), Senior Researcher, ECG Laboratory
E-mail: tamara-sahnova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5543-7184

Blinova Elena V.¹ – Cand. of Sci. (Medicine), Research Officer, ECG Laboratory
ORCID: 0000-0001-8725-7084

Komlev Alexey E.¹ – cardiologist, Laboratory of hybrid methods of treatment of cardiovascular diseases
ORCID: 0000-0001-6908-7472

Saidova Marina A.¹ – Dr. of Sci. (Med.), Chief Researcher, Department of Ultrasound Research Methods
ORCID% 0000-0002-3233-1862

Martynyuk Tamara V.^{1,2} – Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of pulmonary hypertension and heart diseases; professor, Department of Cardiology, Faculty of Continuing Professional Education
ORCID: 0000-0002-9022-8097

Drozdov Dmitry V.¹ – Cand. of Sci. (Med.), Head of ECG Laboratory
ORCID% 0000-0001-7374-3604

¹ National Medical Research Center for Cardiology named after Academician E.I. Chazov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Contact information

Sakhnova Tamara A. E-mail: tamara-sahnova@mail.ru

For citation: Sakhnova T.A., Blinova E.V., Komlev A.E., Saidova M.A., Martynyuk T.V., Drozdov D.V. The importance of the spatial QRS-T angle and its changes during inspiration for the diagnosis of pulmonary hypertension in patients with aortic stenosis. Medical alphabet. 2025;(31):7–14. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-31-7-13>

