

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-9-21>

Факт или артефакт: проспективное исследование по изучению диагностических возможностей нового эхокардиографического показателя горизонтального артефакта расширения цветового доплера в оценке тяжести митральной регургитации

В.В. Базылев, Р.М. Бабуков, Ф.Л. Бартош, А.В. Лёвина, А.И. Микуляк*

*ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России;
440071 Пенза, ул. Стасова, 6, Российская Федерация*

Цель исследования: оценить диагностические возможности эхокардиографического показателя ширины горизонтального артефакта расширения цветового доплера (ГАРЦД) в оценке тяжести митральной регургитации (МР); определить пороговые значения для показателей ширины ГАРЦД для диагностики тяжелой МР.

Материал и методы. Проспективно собрана база данных из 81 пациента с эхокардиографическими признаками ГАРЦД. Для уточнения этиологии и тяжести МР всем исследуемым пациентам проводили чреспищеводную эхокардиографию, 33 (40%) пациентам для уточнения тяжести МР – фазово-контрастную магнитно-резонансную томографию.

Базылев Владлен Владленович – доктор мед. наук, профессор, врач-сердечно-сосудистый хирург, главный врач ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза.

<https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>. eLibrary SPIN: 3153-8026. E-mail: cardio-penza@yandex.ru

Бабуков Руслан Медарисович – врач-кардиолог, врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>. eLibrary SPIN: 2393-1170. E-mail: ruslan.babukov@mail.ru

Бартош Фёдор Леонидович – канд. мед. наук, заведующий отделением функциональной и ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза.

<https://orcid.org/0000-0001-5482-3211>. eLibrary SPIN: 1107-7579. E-mail: fbartosh@km.ru

Лёвина Алёна Витальевна – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза.

<https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>. eLibrary SPIN: 1392-0235. E-mail: goralen1@mail.ru

Микуляк Артур Иванович – канд. мед. наук, врач-сердечно-сосудистый хирург, заведующий кардиохирургическим отделением №1 ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза.

<https://orcid.org/0000-0002-9519-5036>

Контактная информация*: Бабуков Руслан Медарисович – e-mail: ruslan.babukov@mail.ru

Результаты. В анализируемой группе пациентов с помощью мультипараметрического подхода у 32 (39%) выявлена тяжелая МР, у 47 (58%) – умеренная МР и у 2 (3%) – легкая МР. У 79 (98%) пациентов струя регургитации была эксцентричной, из них у 58 (71%) пациентов резко эксцентричная струя. При сравнении групп пациентов с умеренной и тяжелой МР у пациентов с тяжелой МР значения ширины ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также их средние значения) были значительно больше по сравнению с пациентами с умеренной МР. Выявлена статистически значимая высокая корреляционная связь между показателями ширины ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях и их средние значения) и значениями V_{mr} , ФР, ЕРО и умеренная корреляционная связь со значениями ВС, КДО ЛЖ и объемом ЛП. ROC-анализ продемонстрировал самую высокую диагностическую способность в определении тяжелой МР для среднего значения ширины ГАРЦД по сравнению со значениями ГАРЦД площади под кривой $AUC\ 0,93 \pm 0,5$ ($p < 0,001$). Оптимальное пороговое значение для среднего значения ширины ГАРЦД для определения тяжелой МР составило >30 мм с чувствительностью 88% и специфичностью 71%.

Выводы. 1. ГАРЦД – эхокардиографический показатель, дающий дополнитель-

ные возможности в диагностике скрытой умеренной и тяжелой эксцентрически направленной МР.

2. Для увеличения диагностической чувствительности ширины ГАРЦД необходимо применять его средние значения.

3. Среднее значение ширины ГАРЦД >30 мм может с высокой долей вероятности диагностировать тяжелую МР.

Ключевые слова: митральная регургитация; splay; горизонтальный артефакт; эксцентричная митральная регургитация; артефакт боковых лепестков

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Базылев В.В., Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л., Лёвина А.В., Микуляк А.И. Факт или артефакт: проспективное исследование по изучению диагностических возможностей нового эхокардиографического показателя горизонтального артефакта расширения цветового доплера в оценке тяжести митральной регургитации. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2023; 4: 9–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-9-21>.

ВВЕДЕНИЕ

Митральная регургитация (МР) является вторым по распространенности клапанным пороком сердца, тяжелая МР связана со снижением выживаемости и требует хирургической коррекции [1–3]. На сегодняшний день эхокардиография является методом выбора в диагностике тяжести МР и определяет показания и время вмешательства [3–5]. Однако существующие показатели для оценки тяжести МР имеют ограниченную диагностическую чувствительность и технические ограничения [6], поэтому действующие рекомендации сообществ по сердечно-сосудистой визуализации для оценки тяжести МР подчеркивают необходимость мультипараметрического

подхода [7, 8]. Несмотря на комплексный подход, оценка тяжести МР с помощью эхокардиографии остается сложной задачей, особенно у пациентов с эксцентрическими потоками МР. В этом контексте очевидна актуальность изучения новых эхокардиографических параметров для достоверной оценки тяжести МР.

Недавно Р.С. Wiener и соавт. продемонстрировали, что ширина горизонтального артефакта расширения цветового доплера (ГАРЦД) может быть полезным эхокардиографическим показателем для определения тяжести скрытой эксцентрической МР [9]. Однако исследование имело ретроспективный характер и не обозначало пороговых значений для определения тяжелой МР.

Для детального изучения диагностических возможностей данного показателя нами было проведено проспективное исследование.

Цель исследования: оценить диагностические возможности эхокардиографического показателя ширины ГАРЦД в оценке тяжести МР; определить пороговые значения для показателей ширины ГАРЦД для диагностики тяжелой МР.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проспективно с 2020 по 2023 г. была собрана база данных из 81 пациента с эхокардиографическими признаками ГАРЦД.

Критерии включения: пациенты с признаками ГАРЦД.

Критерии исключения:

- пациенты с МР без наличия ГАРЦД;
- сопутствующий подклапанный аортальный стеноз или ускорение на выносящем тракте левого желудочка (ВТЛЖ) (более 1,2 м/с);
- низкое качество изображения;
- сопутствующая умеренная или тяжелая недостаточность на аортальном и трикуспидальном клапанах;
- умеренный и тяжелый стеноз митрального и трикуспидального клапанов.

Эхокардиография. Все пациенты прошли комплексное эхокардиографическое исследование. Эхокардиографические данные были получены с использованием ультразвуковых аппаратов GE Vivid 7 Pro, Vivid 9 (General Electric Healthcare) и Philips EPIQ (Medical Systems Philips). Эхокардиографические измерения проводили в соответствии с современными рекомендациями Общества сердечно-сосудистой визуализации [7, 8]. При каждом исследовании регистрировали артериальное давление и частоту сердечных сокращений. Конечного-диастолический объем левого желудочка (КДО ЛЖ), конечного-систолический объем левого желудочка (КСО ЛЖ), фракцию выброса (ФВ ЛЖ) и объем левого предсердия (ЛП) вычисляли по Симпсону методом Biplane. Тяжесть МР оценивали по мультипараметрическому принципу согласно рекомендациям. Vena contracta (VC) измерялась в парастернальной проекции по длинной оси как самая узкая часть струи.

Поток МР и интеграл линейной скорости потока определяли с использованием непрерывного доплеровского режима. Размер PISA измеряли в апикальной 3- или 4-камерной проекции в середине систолы с нижним пределом Найквиста, установленным на уровне от 30 до 40 см/с.

Площадь эффективного регургитирующего отверстия (ERO) и объем МР (V_{MP}) рассчитывали по формуле

$$ERO = \frac{Q_{max}}{V_{max}};$$

$$V_{MP} = ERO \cdot VTI,$$

где Q_{max} – объемная скорость регургитации, V_{max} – максимальная скорость потока МР, VTI – интеграл линейной скорости потока МР.

При эксцентрических струях МР применяли волюметрический метод.

Значения V_{MP} и ERO рассчитывали по формулам:

$$V_{MP} = УО ЛЖ - эфУО ЛЖ;$$

$$ERO = \frac{V_{MP}}{VTI_{(потока митральной регургитации)}},$$

где УО ЛЖ – ударный объем левого желудочка, вычисленный по методу Симпсона; эфУО ЛЖ – эффективный ударный объем левого желудочка, рассчитанный по уравнению непрерывности в ВТЛЖ; V_{MP} – объем МР; ERO – площадь эффективного регургитирующего отверстия; VTI – интеграл линейной скорости потока МР.

Измерения диаметра ВТЛЖ были произведены в парастернальной проекции по длинной оси в середине систолы от внутреннего края к внутреннему краю не более чем на 5 мм от аортального клапана. Эффективный ударный объем ЛЖ измеряли с помощью импульсволнового доплера в ВТЛЖ из интегралов линейной скорости по уравнению непрерывности потока.

Фракцию регургитации (ФР) вычисляли по формуле

$$ФР = \frac{V_{MP}}{УО ЛЖ} \times 100.$$

Измерения ширины ГАРЦД проводили в апикальной 4- и 2-камерной проекциях в середине систолы (рис. 1).

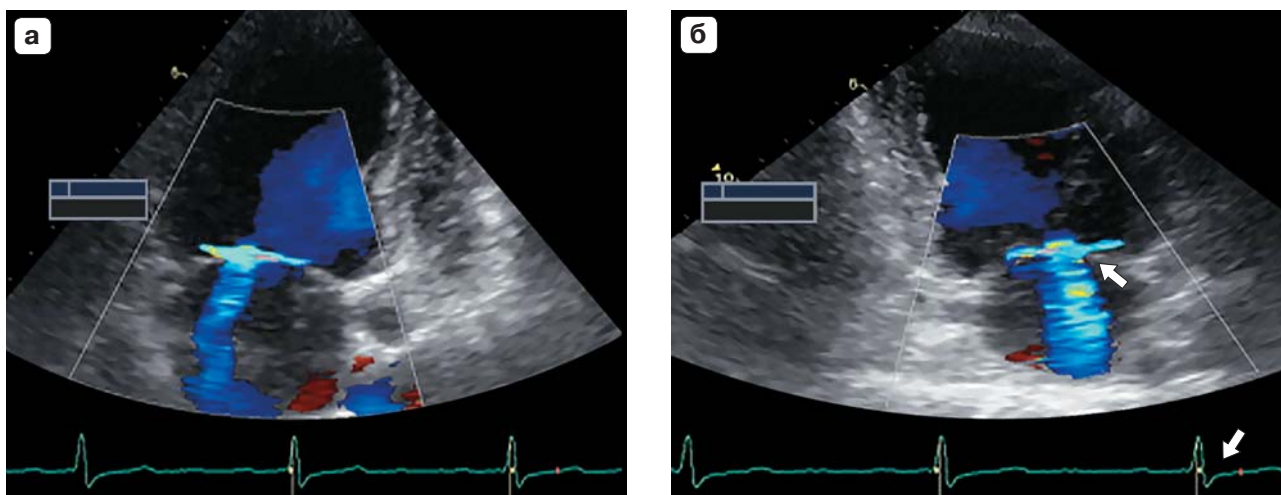


Рис. 1. Трансторакальная эхокардиография в 2- и 4-камерной проекциях измерения ширины ГАРЦД. а – измерение ширины ГАРЦД в 4-камерной проекции; б – измерение ширины ГАРЦД в 2-камерной проекции.

Fig. 1. Image of CDHSW measurement in transthoracic echocardiography in 2- and 4-chamber views. а – CDHSW measurement in a 4-chamber view; б – CDHSW measurement in a 2-chamber view.

Среднее значение ширины ГАРЦД рассчитывали:

$$\text{ГАРЦД}_{\text{среднее}} = \frac{\text{ГАРЦД}_{\text{4-камерной проекции}} + \text{ГАРЦД}_{\text{2-камерной проекции}}}{2}.$$

Для уточнения этиологии и тяжести МР всем исследуемым пациентам проводили чреспищеводную эхокардиографию, у 19 (23%) пациентов для уточнения морфологии митрального клапана была выполнена также 3D-эхокардиография.

У 33 (40%) пациентов для уточнения тяжести МР проводили фазово-контрастную магнитно-резонансную томографию (МРТ).

Статистика. База данных составлялась в виде электронных таблиц в программе Microsoft Office Excel. Обработка данных проводилась в демоверсии SPSS Statistics (англ. Statistical Package for the Social Sciences). Результаты представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение. Значимость различий между количественными признаками определялась при помощи t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при уровне $p < 0,05$. С помощью ROC-анализа (площади под кривой) была изучена прогностическая способность показателями ширины ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также среднего значения двух проекций). Опти-

мальное пороговое значение определяли по максимальному значению индекса Юдена (Youden's index). Корреляцию между значениями $V_{\text{МР}}$, ФР , ЕРО , ВС , КДО ЛЖ и объема ЛП и шириной ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также среднего значения двух проекций) оценивали с помощью метода корреляции Пирсона (r), для оценки величины коэффициента корреляции использовали шкалу Чаддока. С помощью анализа нейронных сетей изучалось независимое влияние эхокардиографических значений ширины ГАРЦД (измеренной в 4-, 2-камерной проекциях, а также их средние значения) на диагностику тяжелой МР. В качестве зависимой переменной использовали результат мультипараметрической оценки МР, в качестве независимых переменных – ширину ГАРЦД (измеренную в 4-, 2-камерной проекциях, а также их средние значения).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинико-эхокардиографические характеристики исследуемой группы пациентов представлены в табл. 1. В исследование были включены данные 15 (19%) пациентов со вторичной МР и 66 (81%) пациентов с первичной МР. Этиологические характеристики МР исследуемой группы пациентов представлены в табл. 2. В анализируе-

Таблица 1. Клинико-эхокардиографические характеристики исследуемой группы пациентов**Table 1.** Clinical and echocardiographic characteristics of the study group of patients

Показатели	n = 81
Возраст, годы	60 ± 8
Женщин, n (%)	21 (26)
Мужчин, n (%)	60 (74)
ИМТ, кг/м ²	30 ± 4
ППТ, м ²	1,93 ± 0,2
ПИМ, n (%)	15 (19)
Ревматическая болезнь, n (%)	4 (7)
Мультифокальный атеросклероз, n (%)	22 (27)
Пароксизмальная фибрилляция предсердий, n (%)	17 (32)
Гипертрофическая кардиомиопатия, n (%)	1 (1)
Сахарный диабет, n (%)	10 (12)
ХОБЛ, n (%)	2 (4)
Артериальная гипертензия, n (%)	65 (80)
ФК II (NYHA), n (%)	51 (63)
ФК III (NYHA), n (%)	28 (35)
ФК IV (NYHA), n (%)	2 (2)
КДО ЛЖ, мл	201 ± 60
КСО ЛЖ, мл	93 ± 58
УО ЛЖ, мл	108 ± 21
Эффективный УО ЛЖ, мл	58 ± 12
ФВ, %	56 ± 14
V _{MP} , мл	51 ± 18
ФР _{MP} , %	45 ± 13
ЕРО, см ²	0,27 ± 0,1
VC, мм	4,9 ± 1,6
Скорость пика E, м/с	1,4 ± 2
Объем ЛП, мл	110 ± 35
СДЛА, мм.рт.ст	38 ± 11
Средняя ширина ГАРЦД, мм	29 ± 7
Ширина ГАРЦД в 4-камерной проекции, мм	29 ± 8
Ширина ГАРЦД в 2-камерной проекции, мм	30 ± 8

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4, 5. ИМТ – индекс массы тела, ППТ – площадь поверхности тела, ПИМ – перенесенный инфаркт миокарда, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь сердца, ФК NYHA – функциональный класс, КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем ЛЖ, КСО ЛЖ – конечно-систолический объем ЛЖ, ФВ ЛЖ – фракция выброса ЛЖ, V_{MP} – объем митральной регургитации, ФР_{MP} – фракция митральной регургитации, ЕРО – эффективное регургитирующее отверстие, VC – *vena contracta*, ЛП – левое предсердие, СДЛА – систолическое давление легочной артерии.

Таблица 2. Этиологические характеристики МР исследуемой группы пациентов**Table 2.** Mitral regurgitation etiology in the study group of patients

Этиология митральной регургитации	n = 81
Пролапс задней створки МК вследствие удлинения хорд, n (%)	25 (31)
Пролапс задней створки МК вследствие отрыва хорд, n (%)	18 (22)
Пролапс передней створки МК вследствие отрыва хорд, n (%)	7 (9)
Пролапс передней створки МК вследствие удлинения хорд, n (%)	10 (12)
Дегенеративные изменения МК, n (%)	5 (6)
SAM, n (%)	1 (1)
Вторичная МР, тентеринг, n (%)	15 (19)

Примечание. МК – митральный клапан, SAM– переднесистолическое движение передней створки МК.

мой группе пациентов с помощью мультипараметрического подхода у 32 (39%) пациентов выявлена тяжелая МР, у 47 (58%) – умеренная МР и у 2 (3%) – легкая МР. У 79 (98%) пациентов с ГАРЦД был выявлен феномен “крика чайки”. У 79 (98%) пациентов струя регургитации была эксцентрической, из них у 58 (71%) пациентов – резко эксцентрической. При сравнении групп пациентов с умеренной и тяжелой МР у пациентов с тяжелой МР значения

ширины ГАРЦД (измеренной в 4-, 2-камерной проекциях, а также их средние значения) были значительно больше по сравнению с пациентами с умеренной МР (табл. 3). Выявлена статистически значимая высокая прямая корреляционная связь между показателями средних значений ширины ГАРЦД и показателями V_{MR} , ФР, ЕРО и заметная прямая корреляционная связь с показателями ВС, КДО ЛЖ и объема ЛП. Значения ГАРЦД, измеренные в 4-камер-

Таблица 3. Сравнительная таблица эхокардиографических характеристик пациентов с умеренной и тяжелой МР**Table 3.** Comparative table of echocardiography findings in patients with moderate and severe MR

Показатели	Умеренная МР (n = 49)	Тяжелая МР (n = 32)	p
КДО ЛЖ, мл	183 ± 40	228 ± 74	0,001
КСО ЛЖ, мл	85 ± 44	105 ± 78	0,2
УО ЛЖ, мл	97 ± 17	123 ± 17	0,004
Эффективный УО ЛЖ, мл	60 ± 12	54 ± 12	0,4
ФВ, %	55 ± 13	57 ± 14	0,4
V_{MR} , мл	39 ± 10	69 ± 10	<0,001
ФР _{MR} , %	38 ± 10	56 ± 7	<0,001
ЕРО, см ²	0,19 ± 0,03	0,4 ± 0,1	<0,001
ВС, мм	4,3 ± 1,4	5,9 ± 1,7	<0,001
Скорость пика Е, м/с	1,0 ± 2	1,4 ± 2	<0,001
Объем ЛП, мл	80 ± 15	101 ± 19	<0,001
СДЛА, мм рт.ст.	33 ± 9	43 ± 11	<0,001
Средняя ширина ГАРЦД, мм	25 ± 5	35 ± 7	<0,001
Ширина ГАРЦД в 4-камерной проекции, мм	24 ± 6	34 ± 8	<0,001
Ширина ГАРЦД в 2-камерной проекции, мм	25 ± 5	36 ± 8	<0,001

Таблица 4. Корреляционная взаимосвязь между эхокардиографическими показателями и показателем ширины ГАРЦД, измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также среднего значения ширины ГАРЦД
Table 4. Correlations between echocardiography parameters and CDHSW values measured in a 4- chamber and 2-chamber views, and mean CDHSW value

Показатели	ГАРЦД в 4-камерной проекции, г	р	ГАРЦД в 2-камерной проекции, г	р	Среднее значение ГАРЦД, г	р
КДО ЛЖ, мл	0,62	0,01	0,6	0,01	0,65	0,004
V _{МР} , мл	0,72	<0,001	0,7	<0,001	0,76	<0,001
ФР _{МР} , %	0,69	<0,001	0,68	<0,001	0,71	<0,001
ЕРОА, см ²	0,74	<0,001	0,7	<0,001	0,79	<0,001
VC, мм	0,5	<0,001	0,44	<0,001	0,55	<0,001
Объем ЛП, мл	0,6	0,01	0,6	0,01	0,63	0,003

Таблица 5. Корреляционная взаимосвязь между показателями МРТ и показателем ширины ГАРЦД, измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также среднего значения ширины ГАРЦД
Table 5. Correlation between MRI findings and CDHSW values measured in a 4- chamber and 2-chamber views, and mean CDHSW value

Показатели	ГАРЦД в 4-камерной проекции, г	р	ГАРЦД в 2-камерной проекции, г	р	Среднее значение ГАРЦД, г	р
КДО ЛЖ, мл	0,72	<0,001	0,72	<0,001	0,78	<0,001
V _{МР} , мл	0,82	<0,001	0,8	<0,001	0,88	<0,001
ФР _{МР} , %	0,78	<0,001	0,75	<0,001	0,8	<0,001
Объем ЛП, мл	0,72	<0,001	0,7	<0,001	0,74	<0,001
VC, мм	0,5	<0,001	0,44	<0,001	0,55	<0,001
Объем ЛП, мл	0,6	0,01	0,6	0,01	0,63	0,003

ной проекции, имели высокую прямую корреляционную связь с показателями V_{МР}, ЕРО и заметную прямую корреляционную связь с показателями ФР, VC, КДО ЛЖ и объема ЛП. Между показателями ширины ГАРЦД, измеренной 2-камерной проекции, и значениями V_{МР}, ФР, ЕРО, VC, КДО ЛЖ и объема ЛП отмечалась лишь заметная прямая корреляционная связь (табл. 4). Анализ корреляционной связи объемных показателей V_{МР}, ФР, КДО ЛЖ и объема ЛП, полученных при фазово-контрастной МРТ, и показателей ГАРЦД показал статистически значимую высокую прямую корреляционную связь (табл. 5).

РОС-анализ продемонстрировал более высокую диагностическую способность

в определении тяжелой МР для среднего значения ширины ГАРЦД по сравнению со значениями ГАРЦД в 4- и 2-камерной проекциях, значение площади под кривой AUC $0,93 \pm 0,5$ ($p < 0,001$), $0,89 \pm 0,44$ ($p < 0,001$), $0,84 \pm 0,40$ ($p < 0,001$) соответственно (рис. 2). Оптимальное пороговое значение для средней ширины ГАРЦД для определения тяжелой МР составило >30 мм с чувствительностью 88% и специфичностью 71%. Анализ нейронной сети выявил, что среднее значение ширины ГАРЦД обладает лучшей диагностической способностью по сравнению с шириной ГАРЦД, измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, нормализованная важность 100, 84 и 64% соответственно (рис. 3).

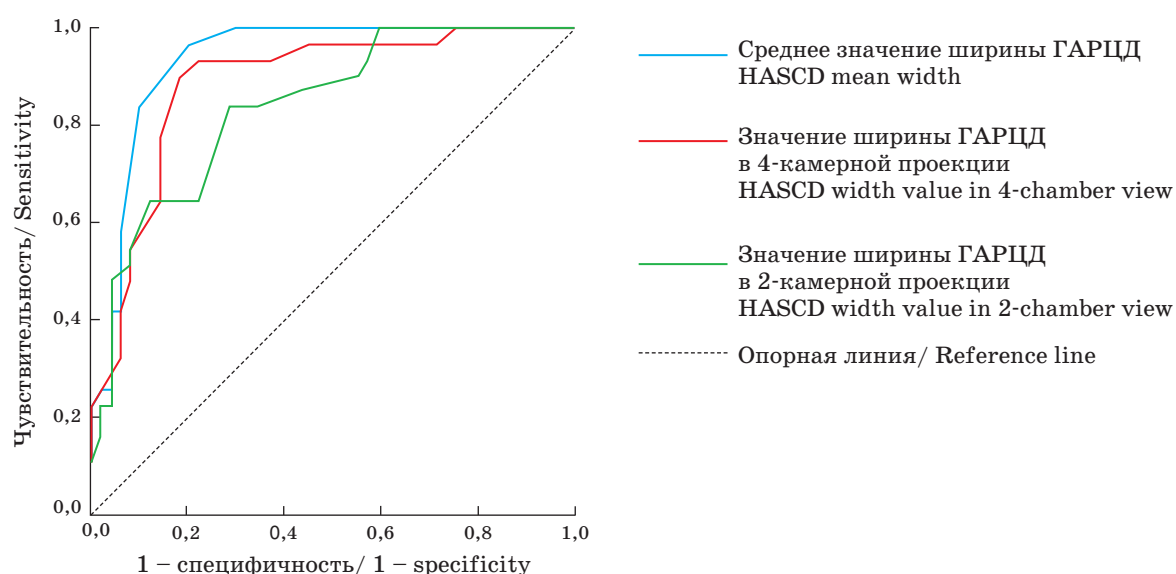


Рис. 2. График кривой ROC-анализа диагностической способности показателей ширины ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также их среднего значения) в оценке тяжелой митральной регургитации.

Fig. 2. ROC-curve for diagnostic value of CDHSW (measured in the 4- and 2-chamber view, and mean CDHSW values) in severe MR diagnosis.

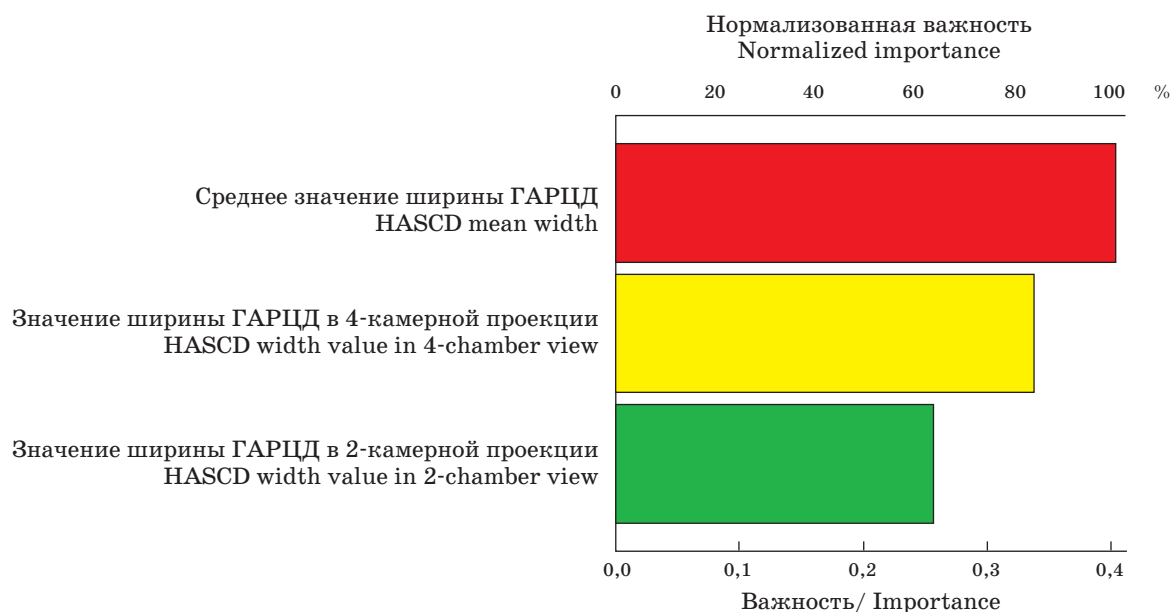


Рис. 3. Анализ нейронной сети, нормализованная важность показателей ширины ГАРЦД (измеренной в 4- и 2-камерной проекциях, а также их среднего значения) в диагностике тяжелой митральной регургитации.

Fig. 3. Neural network analysis, the normalized importance of indicators of the width of the ARCD (measured in the 4- and 2-chamber view, and mean CDHSW values) in severe MR diagnosis.

ОБСУЖДЕНИЕ

Горизонтальный цветовой сигнал МР, возникающий на предсердной стороне митрального клапана, который был назван ГАРЦД, является по сути артефактом боковых лепестков. Артефакты боковых лепестков нередко наблюдаются при двухмерной эхокардиографии. Образование таких артефактов связано с тем, что при формировании ультразвукового пучка не вся ультразвуковая энергия может быть сфокусирована в центральном ультразвуковом луче, а вместо этого меньшее количество излучаемой ультразвуковой энергии направлено в стороны от центрального луча, образуя так называемые боковые лепестки ультразвуковой энергии, которые распространяются вне оси [9, 10]. Как правило, эти небольшие части ультразвуковой энергии рассеиваются в тканях тела без соответствующих отражений. Однако при наличии сильного отражателя (кальцината или искусственного имплантируемого материала), отраженная энергия боковых лепестков может достигать датчика. Датчик предполагает, что эти отражения исходят из центрального луча, что приводит к отображению этого артефакта [10–12]. В случае же с ГАРЦД в качестве отражателя выступает турбулентный поток МР перед регургитирующим отверстием.

При этом чем больше площадь вихревых потоков возле регургитирующего отверстия, тем больше вероятность оказаться в поле сканирования боковых лепестков и быть отраженным в преобразователе в виде продольного артефакта.

В нашем исследовании у 79 (97%) пациентов выявлен феномен “крика чайки”, из них у 19 пациентов (кому была выполнена 3D-эхокардиография) выявлена продолговатая форма регургитирующего отверстия. На основании этих данных мы предположили, что возникновение ГАРЦД во многом может зависеть от геометрии регургитирующего отверстия и от вибрации краев створок (продольное регургитирующее отверстие действует как струна гитары). Чем более продолговатую/удлиненную форму имеет регургитирующее отверстие, тем более высокие колебания краев створок и тем обширнее площадь турбулентного потока возле регургитирующего отверстия и, соответственно, больше длина артефакта (рис. 4). Возможно, именно из-за ключевой роли геометрии регургитирующего отверстия ГАРЦД возникает не у всех пациентов с МР. Однако мы не исключаем, что существуют дополнительные факторы, от которых может зависеть возникновение данного артефакта, что требует дальнейшего изучения.

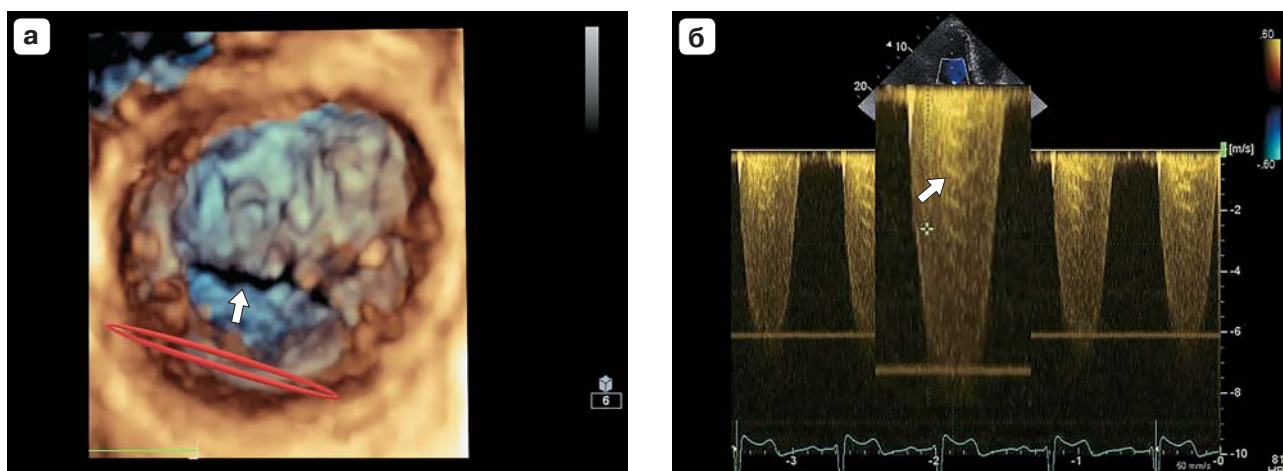


Рис. 4. а – 3D-эхокардиография, сканирование со стороны ЛЖ, пролапс задней створки митрального клапана в сегментах P1–P2 (указано стрелкой), регургитирующее отверстие митрального клапана продолговатой формы при ГАРЦД; **б** – постоянноволновой доплеровский спектр потока митральной регургитации с феноменом “крика чайки” при ГАРЦД (указано стрелкой).

Fig.4. а – 3D echocardiography, image from the left ventricular side, prolapse of the posterior leaflet of the mitral valve in the P1–P2 segments (arrow), regurgitant mitral valve oblong-shaped orifice with CDHS. **б** – continuous-wave Doppler spectrum of the MR flow with the phenomenon of “seagull cry” in CDHS (arrow).

Необходимо подчеркнуть уникальную значимость показателя ГАРЦД как качественного показателя для оценки скрытых эксцентрических потоков МР. В нашем исследовании у 79 (98%) пациентов струя МР была эксцентричной, из них у 58 (71%) пациентов струя МР была резкоэксцентрической, что затрудняло первоначальную диагностику тяжести МР и только наличие феномена ГАРЦД позволило заподозрить наличие значимой МР (рис. 5). Это согласуется с данными Р.С. Wiener и соавт., которым с помощью чреспищеводной эхокардиографии удалось реклассифицировать пациентов на умеренную или тяжелую МР, которым ранее при трансторакальной эхокардиографии была диагностирована лишь легкая МР [9]. В этом контексте очевидна навигационная уникальность показателя ГАРЦД в диагностике трудновизуализи-

руемой эксцентрической МР при трансторакальной эхокардиографии, для визуализации которой нередко необходимо выполнение чреспищеводной эхокардиографии.

В процессе исследования нам удалось выявить лишь двух пациентов с ГАРЦД, у которых присутствовала легкая МР, но и значения ширины ГАРЦД у этих пациентов были гораздо меньше (среднее значение менее 15 мм).

Приоритетными целями нашего исследования были оценка связи показателя ГАРЦД с существующими эхокардиографическими показателями для оценки тяжести МР и определение порогового значения ширины ГАРЦД для диагностики тяжелой МР. В исследовании была выявлена высокая корреляционная связь между средними показателями ширины ГАРЦД и показателями V_{MP} , ФР, ЕРО и заметная корре-

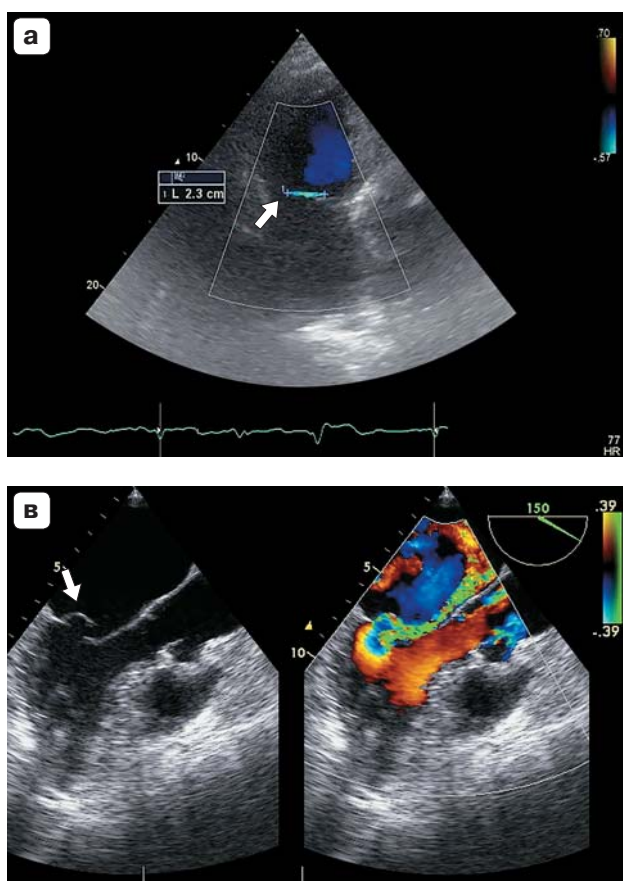


Рис. 5. а, б – трансторакальное эхокардиографическое сканирование в апикальной 4- и 2-камерной проекциях, над створками митрального клапана визуализируется ГАРЦД (указано стрелкой), эксцентрический скрытый поток митральной регургитации; в – чреспищеводная эхокардиография этого же пациента, эксцентрический поток умеренной митральной регургитации и пролапс задней створки в сегменте P2 (указано стрелкой).

Fig. 5. а, б – transthoracic echocardiography image in the apical 4- and 2-chamber views, the CDHS is seen above the mitral valve leaflets (indicated by the arrow), the eccentric latent flow of mitral regurgitation; в – transesophageal echocardiography of the same patient, eccentric flow of moderate mitral regurgitation and prolapse of the posterior leaflet in the P2 segment (arrow).

ляционная связь со значениями ВС, КДО ЛЖ и объема ЛП. Более низкая корреляционная связь ГАРЦД с показателем ВС связана с тем, что практически у всех пациентов была эксцентрическая МР, при которой данный параметр имеет существенные ограничения. Ограниченная корреляционная связь ГАРЦД с показателями КДО ЛЖ и объема ЛП, вероятно, связана с ограничениями двухмерной эхокардиографии в оценке объемов левых камер сердца, а также с тем, что 15 пациентов в исследуемой группе были с вторичной МР со сниженной ФВ, у которых дилатация левых камер сердца не всегда связана с тяжестью МР. При сравнении значений ГАРЦД с объемными показателями фазово-контрастной МРТ была выявлена высокая корреляционная связь со всеми значениями, что неудивительно, так как МРТ обладает лучшей воспроизводимостью объемных показателей сердца в отличие от эхокардиографии. В процессе исследования нами было отмечено, что ширина ГАРЦД имеет достаточно большую вариабельность в зависимости от сканируемой 2- или 4-камерной проекции, 30 (37%) анализируемых пациентов имели разницу ширины ГАРЦД более 5 мм с максимальной разницей до 14 мм. Такой большой разброс показателей ширины ГАРЦД в зависимости от сканирующей проекции может затруднить интерпретацию полученных результатов. Поэтому было логично, что среднее значение ГАРЦД продемонстрировало самую высокую диагностическую чувствительность в оценке тяжелой МР. По результатам ROC-анализа мы определили, что среднее значение ширины ГАРЦД >30 мм обладает высокой диагностической чувствительностью в оценке тяжелой МР (чувствительность 88% и специфичность 71%).

Важной характеристикой любого метода является его клиническая прогностическая значимость неблагоприятных исходов. В недавно опубликованном клиническом исследовании J. Verbeke и соавт. была продемонстрирована клиническая прогностическая значимость показателя ГАРЦД, пороговое значение ширины ГАРЦД >29 мм было идентифицировано как оптимальное для диагностики тяжелой МР и прогнозирования неблагоприятных событий [13].

Ограничения. Ограниченная выборка в нашем исследовании является его основным недостатком, что могло отразиться на полученных результатах. Кроме того, нужно отметить, что не всем пациентам для уточнения морфологии и тяжести МР выполнялась фазово-контрастная МРТ и 3D-эхокардиография, что могло отразиться на точности классификации тяжести МР.

ВЫВОДЫ

1. ГАРЦД – эхокардиографический показатель, дающий дополнительные возможности в диагностике скрытой умеренной и тяжелой эксцентрически направленной МР.

2. Для увеличения диагностической чувствительности ширины ГАРЦД необходимо применять его средние значения.

3. Среднее значение ширины ГАРЦД >30 мм может с высокой долей вероятности диагностировать тяжелую МР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Iung B., Baron G., Butchart E.G., Delahaye F., Gohlke-Bärwolf C., Levang O.W., Tornos P., Vanoverschelde J.L., Vermeer F., Boersma E., Ravaud P., Vahanian A. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur. Heart J.* 2003; 24 (13): 1231–1243. [http://doi.org/10.1016/s0195-668x\(03\)00201-x](http://doi.org/10.1016/s0195-668x(03)00201-x)
2. Baumgartner H., Falk V., Bax J.J., De Bonis M., Hamm C., Holm P.J., Iung B., Lancellotti P., Lansac E., Rodriguez Muñoz D., Rosenhek R., Sjögren J., Tornos Mas P., Vahanian A., Walther T., Wendler O., Windecker S., Zamorano J.L.; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur. Heart J.* 2017; 38 (36): 2739–2791. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx391>
3. Otto C.M., Nishimura R.A., Bonow R.O., Carabello B.A., Erwin J.P. 3rd, Gentile F., Jneid H., Krieger E.V., Mack M., McLeod C., O'Gara P.T., Rigolin V.H., Sundt T.M. 3rd, Thompson A., Toly C. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2021 Feb 2; 143(5): e35–e71. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000932>. Epub 2020 Dec 17. Erratum in: *Circulation.* 2021; 143 (5): e228. Erratum in: *Circulation.* 2021; 143 (10): e784. PMID: 33332149

4. O'Gara P.T., Grayburn P.A., Badhwar V., Afonso L.C., Carroll J.D., Elmariah S., Kithcart A.P., Nishimura R.A., Ryan T.J., Schwartz A., Stevenson L.W. 2017 ACC Expert Consensus Decision Pathway on the Management of Mitral Regurgitation: A Report of the American College of Cardiology Task Force on Expert Consensus Decision Pathways. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 70(19): 2421–2449. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.09.019>. Epub 2017 Oct 18. Erratum in: *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 71 (5): 587. PMID: 29055505
5. Zoghbi W.A., Asch F.M., Bruce C., Gillam L.D., Grayburn P.A., Hahn R.T., Inglessis I., Islam A.M., Lerakis S., Little S.H., Siegel R.J., Skubas N., Slesnick T.C., Stewart W.J., Thavendiranathan P., Weissman N.J., Yasukochi S., Zimmerman K.G. Guidelines for the Evaluation of Valvular Regurgitation After Percutaneous Valve Repair or Replacement: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Japanese Society of Echocardiography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019; 32 (4): 431–475. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2019.01.003>. Epub 2019 Feb 20. Erratum in: *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019; 32 (7): 914–917. PMID: 30797660
6. Bonow R.O., O'Gara P.T., Adams D.H., Badhwar V., Bavaria J.E., Elmariah S., Hung J.W., Lindenfeld J., Morris A.A., Satpathy R., Whisenant B., Woo Y.J. 2020 Focused Update of the 2017 ACC Expert Consensus Decision Pathway on the Management of Mitral Regurgitation: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 75 (17): 2236–2270. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.02.005>. Epub 2020 Feb 14. Erratum in: *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020 Jun 16; 75 (23): 3000. PMID: 32068084
7. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O., Enriquez-Sarano M., Foster E., Grayburn P.A., Hahn R.T., Han Y., Hung J., Lang R.M., Little S.H., Shah D.J., Shernan S., Thavendiranathan P., Thomas J.D., Weissman N.J. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30 (4): 303–371. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2017.01.007>
8. Lancellotti P., Tribouilloy C., Hagendorff A., Popescu B.A., Edvardsen T., Pierard L.A., Badano L., Zamorano J.L.; Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2013; 14 (7): 611–644. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jet105>
9. Wiener P.C., Friend E.J., Bhargava R., Radhakrishnan K., Kadem L., Pressman G.S. Color Doppler Splay: A Clue to the Presence of Significant Mitral Regurgitation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020; 33 (10): 1212–1219. e1. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2020.05.002>
10. Bertrand P.B., Levine R.A., Isselbacher E.M., Vandervoort P.M. Fact or Artifact in Two-Dimensional Echocardiography: Avoiding Misdiagnosis and Missed Diagnosis. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29 (5): 381–391. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.009>
11. Laing F.C., Kurtz A.B. The importance of ultrasonic side-lobe artifacts. *Radiology.* 1982; 145 (3): 763–768. <http://doi.org/10.1148/radiology.145.3.7146410>
12. Pamnani A., Skubas N.J. Imaging artifacts during transesophageal echocardiography. *Anesth. Analg.* 2014; 118 (3): 516–520. <http://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000084>
13. Verbeke J., Kamoen V., Calle S., De Buyzere M., Timmermans F. Color Doppler Splay in Mitral Regurgitation: Hemodynamic Correlates and Outcomes in a Clinical Cohort. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2022; 35 (9): 933–939. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2022.04.006>

Fact or artifact: a prospective study on diagnostic value of a new echocardiographic parameter of Color Doppler Horizontal Splay width in assessment of mitral regurgitation severity

V.V. Bazylev, R.M. Babukov *, F.L. Bartosh, A.V. Levina, A.I. Mikulyak

Federal Centre for Cardiovascular Surgery; 6, Stasova str., Penza 440071, Russian Federation

Vladlen V. Bazylev – Doct. of Sci. (Med.), Chief Physician of the Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza. <https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>. SPIN: 3153-8026. E-mail: cardio-penza@yandex.ru

Ruslan M. Babukov – cardiologist, ultrasound diagnosis doctor of the Department of ultrasound and functional diagnostics, Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza.

<https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>. eLibrary SPIN: 2393-1170. E-mail: ruslan.babukov@mail.ru

Fedor L. Bartosh – Cand. of Sci. (Med.), Head of the department of the of functional and ultrasound diagnostics Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza. <https://orcid.org/0000-0001-5482-3211>. eLibrary SPIN: 1107-7579. E-mail: fbartosh@km.ru

Alena V. Levina – ultrasound diagnosis doctor of the Department of ultrasound and functional diagnostics, Federal Center of Cardiovascular Surgery, Penza. <https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>. eLibrary SPIN: 1392-0235. E-mail: goralen1@mail.ru

Artur I. Mikulyak – Cand. of Sci. (Med.), Head of cardiovascular surgery department №1, Federal Center of Cardiovascular Surgery, Penza. <https://orcid.org/0000-0002-9519-5036>

Correspondence* to Dr. Ruslan M. Babukov – e-mail: ruslan.babukov@mail.ru

Objective: 1. To evaluate the diagnostic value of the echocardiographic parameter of Color Doppler Horizontal Splay width (CDHSW) in assessment the of mitral regurgitation (MR) severity.

2. To determine the cut-off values of CDHSW for the diagnosis of severe MR.

Material and methods. A prospective data collection of 81 patients with presence of CDHS on echocardiography was carried out. Transesophageal echocardiography was performed in all of them to clarify the etiology and severity of MR, and in addition, 33 (40%) patients underwent phase-contrast magnetic resonance imaging.

Results. After multiparametric examination severe MR was found in 32 (39%) patients, moderate MR in 47 (58%) and mild MR in 2 (3%). Regurgitation jet was eccentric in 79 (98%) patients, and sharply eccentric in 58 (71%) of them. The values of CDHSW (measured in 4-chamber, 2-chamber view, and mean CDHSW values) were significantly higher in the group of severe MR in comparison with the group of moderate MR. A statistically significant strong correlation was revealed between the CDHSW (measured in the 4- and 2-chamber view, and mean CDHSW values) with the values of MR volume, regurgitant fraction, size of effective regurgitant orifice, and a moderate correlation with the values of vena contracta width, left ventricle end-diastolic velocity and left atrium volume. ROC analysis showed the highest diagnostic value ($AUC\ 0,93 \pm 0,5$, $p < 0,001$) of mean CDHSW in diagnosis of severe MR in comparison with CDHSW. Optimal cutoff value for mean CDHSW for severe MR diagnosis was >30 mm with a sensitivity of 88% and specificity of 71%.

Conclusions. 1. CDHSW is an echocardiographic parameter that provides additional opportunities in the diagnosis of latent moderate and severe eccentric MR.

2. It is reasonable to use mean values for the increase of diagnostic sensitivity of CDHSW.

3. The mean value of CDHSW >30 mm is highly suggestive to severe MR.

Keywords: mitral regurgitation; splay; horizontal artifact; eccentric mitral regurgitation; side-lobe artifact

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Bazylev V.V., Babukov R.M., Bartosh F.L., Levina A.V., Mikulyak A.I. Fact or artifact: a prospective study on diagnostic value of a new echocardiographic parameter of Color Doppler Horizontal Splay width in assessment of mitral regurgitation severity. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2023; 4: 9–21. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-9-21> (In Russian)