



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

## Сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения клапана

© Базылев В.В., Бабуков Р.М.\*, Бартош Ф.Л., Горшкова А.В.

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, Пенза;  
440071 Пенза, ул. Стасова, д. 6, Российская Федерация

**Цель исследования:** сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения аортального клапана (АК).

**Материал и методы.** Проведено исследование 180 пациентов с изолированным стенозом АК с дву- и трехстворчатым строением. Пациенты были ранжированы на 3 подгруппы сравнения по площади эффективного отверстия АК от 4 до 1,5 см<sup>2</sup>, от 1,5 до 1 см<sup>2</sup> и менее 1 см<sup>2</sup>. Проводилось эхокардиографическое исследование с вычислением всех необходимых параметров для исследования.

**Результаты.** Подгруппы сравнения были сопоставимы по показателям площади эффективного отверстия (AVA), индекса площади эффективного отверстия (IAVA), индекса массы тела (BMI), индекса УО ЛЖ и ФВ ЛЖ ( $p > 0,05$ ).

Однако показатели  $V_{\max}$ ,  $G_{\text{mean}}$  и показатель времени ускорения (AT) у пациентов с двустворчатым строением АК во всех подгруппах сравнения были значительно больше, чем у пациентов с трехстворчатым строением. Подгруппа сравнения с AVA от 4 до 1,5 см<sup>2</sup>:  $V_{\max}$  2,8 ± 9 и 2,5 ± 6 м/с,  $p = 0,02$ ;  $G_{\text{mean}}$  18,6 ± 7,2 и 15 ± 6 мм рт.ст.,  $p = 0,03$ ; AT 82 ± 12 и 70 ± 10 мс,  $p = 0,002$ . Подгруппа сравнения с AVA от 1,5 до 1 см<sup>2</sup>:  $V_{\max}$  3,7 ± 0,8 и 3,5 ± 0,6 м/с,  $p = 0,02$ ; средний трансаортальный градиент 37 ± 10 и 29 ± 5 мм рт.ст.,  $p = 0,04$ ; AT 103 ± 11 и 94 ± 10 мс,  $p = 0,02$ . Подгруппа сравнения с площадью эффективного отверстия менее 1 см<sup>2</sup>:  $V_{\max}$  5,7 ± 1,2 и 4,7 ± 0,7 м/с,  $p = 0,001$ ;  $G_{\text{mean}}$  54 ± 15 и 43 ± 11 мм рт.ст.,  $p < 0,001$ ; AT 127 ± 20 и 112 ± 10 мс,  $p = 0,002$ .

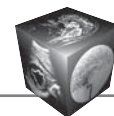
**Заключение.** Эхокардиографические показатели  $V_{\max}$ ,  $G_{\text{mean}}$  у пациентов с двустворчатым строением АК имеют более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК при сопоставимой площади отверстия.

**Ключевые слова:** аортальный стеноз, эхокардиография, площадь отверстия, градиент давления

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Базылев В.В., Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л., Горшкова А.В. Сравнение гемодинамических параметров трансаортального кровотока у пациентов с аортальным стенозом в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения клапана. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 74–80.  
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

**Поступила в редакцию:** 21.01.2020. **Принята к печати:** 19.06.2020. **Опубликована online:** 10.12.2020.



# Comparison of the hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid valve structure

© Vladlen V. Bazylev, Ruslan M. Babukov\*, Fedor L. Bartosh, Alena V. Gorshkova

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

**Purpose:** comparison of hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid structure of the aortic valve.

**Materials and methods.** A study of 180 patients with isolated aortic valve stenosis (AC) with two – and three-leaf structure was conducted. Patients were ranked into 3 comparison subgroups by the area of the effective AC opening from 4 to 1.5 cm<sup>2</sup>; 1.5 to 1 cm<sup>2</sup> and less than 1 cm<sup>2</sup>. An echocardiographic study was performed with the calculation of all the necessary parameters for the study.

**Results.** The comparison subgroups were comparable in terms of effective orifice area (AVA), effective orifice area index (IAVA), body mass index (BMI), LV UO index, and LV FV ( $p > 0.05$ ). However, the indicators  $V_{\max}$ ,  $G_{\text{mean}}$ , and AT in patients with a bicuspid AC structure in all comparison subgroups were significantly higher than in patients with a tricuspid structure. Comparison subgroup with AVA from 4 to 1.5 cm<sup>2</sup>:  $V_{\max}$   $2.8 \pm 9$  m/s and  $2.5 \pm 6$  m/s  $p = 0.02$ .  $G_{\text{mean}}$   $18.6 \pm 7.2$  mm Hg and  $15 \pm 6$  mm Hg  $p = 0.03$ , AT  $82 \pm 12$  ms and  $70 \pm 10$  ms  $p = 0.002$ . Comparison subgroup with AVA from 1.5 to 1 cm<sup>2</sup>:  $V_{\max}$   $3.7 \pm 0.8$  m/s and  $3.5 \pm 0.6$  m/s  $p = 0.02$ . Average transaortic gradient  $37 \pm 10$  mm Hg and  $29 \pm 5$  mm Hg  $p = 0.04$ , AT  $103 \pm 11$  ms and  $94 \pm 10$  ms  $p = 0.02$ . Comparison subgroup with an effective area of less than 1 cm<sup>2</sup>:  $V_{\max}$   $5.7 \pm 1.2$  m/s and  $4.7 \pm 0.7$  m/s  $p = 0.001$ ,  $G_{\text{mean}}$   $54 \pm 15$  and  $43 \pm 11$  mm Hg  $p < 0.001$ , AT  $127 \pm 20$  ms and  $112 \pm 10$  ms  $p = 0.002$ .

**Conclusion.** Echocardiographic indicators of  $V_{\max}$  and  $G_{\text{mean}}$  in patients with bicuspid AC structure have higher values than in patients with tricuspid AC structure with a comparable opening area.

**Keywords:** aortic stenosis, echocardiography, area of the valve, the pressure gradient

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Bazylev V.V., Babukov R.M., Bartosh F.L., Gorshkova A.V. Comparison of the hemodynamic parameters of transaortic blood flow in patients with aortic stenosis depending on the bicuspid or tricuspid valve structure. *Medical Visualization*. 2020; 24 (4): 74–80. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-74-80>

**Received:** 21.01.2020.

**Accepted for publication:** 19.06.2020.

**Published online:** 10.12.2020.

## Введение

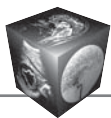
Точная оценка аортального стеноза (АС) необходима для оптимального ведения пациентов и своевременного оказания хирургической помощи. Эхокардиография на сегодняшний день является “золотым стандартом” в оценке тяжести АС. Согласно современным рекомендациям Американского колледжа кардиологии и Американской ассоциации сердца (АСС/АНА) 2016 г., эхокардиографическими критериями выраженного АС являются площадь отверстия (AVA)  $< 1$  см<sup>2</sup>, индекс площади эффективного отверстия (IAVA)  $< 0,6$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, средний трансортальный градиент ( $G_{\text{mean}}$ )  $> 40$  мм рт.ст., пиковая скорость трансортального кровотока ( $V_{\max}$ )  $> 4$  м/с. Критериями умеренного АС являются: AVA от 1,5 до 1 см<sup>2</sup>, IAVA от 0,85 до 0,6 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>,  $G_{\text{mean}}$  от 20 до 40 мм рт.ст.,

$V_{\max}$  от 3 до 4 м/с. К критериям малого АС относятся AVA от 3 до 1,5 см<sup>2</sup>, IAVA  $> 0,85$  см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>,  $G_{\text{mean}} < 20$  мм рт.ст.,  $V_{\max}$  от 2,5 до 3 м/с [1].

В клинической практике мы заметили, что эхокардиографические показатели у пациентов с двустворчатым строением аортального клапана (АК) часто диссонируют с критериями современных рекомендаций. Это побудило нас провести исследование, где мы сравнили эхокардиографические параметры тяжести стеноза АК у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым строением АК.

## Цель исследования

Сравнение гемодинамических параметров трансортального кровотока у пациентов с АС в зависимости от двустворчатого или трехстворчатого строения АК.



## Материал и методы

Исследование проводилось на базе ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России (Пенза). В работу было включено 180 пациентов с изолированным стенозом АК различной степени тяжести. Пациенты были разделены на 3 группы в зависимости от площади аортального отверстия, измеренной планиметрически с помощью чреспищеводной эхокардиографии. Данные подтверждались методом магнитно-резонансной томографии: 1-я группа – 48 пациентов с площадью отверстия более  $1,5 \text{ см}^2$ , 2-я группа – 58 пациентов с AVA от  $1,5$  до  $1 \text{ см}^2$ , 3-я группа – 74 пациента с AVA  $< 1 \text{ см}^2$ . В дальнейшем каждая из групп в зависимости от дву- или трехстворчатого строения клапана была разделена на 2 подгруппы. Критерии исключения из исследования: наличие умеренной или выраженной аортальной недостаточности, сопутствующего подклапанного и надклапанного стеноза аорты, фибрилляции предсердий, сопутствующей умеренной или выраженной митральной недостаточности или стеноза митрального клапана, диаметр восходящего отдела аорты менее 30 мм.

**Эхокардиография.** Все пациенты проходили комплексную эхокардиографию с использованием ультразвуковых аппаратов GE VIVID 7 PRO, VIVID 9 (Норвегия). Трансторакальная эхокардиографическая оценка изучаемых параметров у пациентов проводилась в интервале частоты сердечных сокращений (ЧСС) 60–80 в 1 мин и после нормализации значений артериального давления ( $<150$  и  $90$  мм рт.ст.). Эхокардиографические измерения проводили в соответствии с рекомендациями Американского и Европейского обществ эхокардиографии. Скорости и градиенты кровотока были получены из интегралов линейной скорости кровотока в соответствии с уравнением Бернулли. Измерение проводилось непрерывным волновым доплером на уровне АК в апикальной пятикамерной проекции. Конечно-диастолический объем левого желудочка (КДО ЛЖ), конечно-систолический объем левого желудочка (КСО ЛЖ), фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), ударный объем левого желудочка (УО ЛЖ) вычислялись по методу Симпсона (BIPLANE) (измерения производятся в апикальных позициях, во взаимно перпендикулярных плоскостях, в четырех- и двухкамерной проекциях). Систолические временные интервалы были измерены с использованием кривой трансаортального потока, полученных в 5-камерной апикальной проекции непрерывно-волновым доплером. Показатель времени ускорения (АТ) был определен как временной интервал

между началом систолического кровотока и его максимальной скоростью.

**Статистика.** База данных составлялась в виде электронных таблиц в программе Microsoft Office Excel 2007. Обработка данных производилась 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  $p \leq 0,05$ .

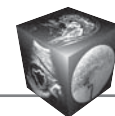
## Результаты

В результате проведенных нами исследований достоверных различий показателей: AVA, IAVA, ФВ ЛЖ, индекса УО ЛЖ у пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК во всех исследуемых подгруппах сравнения выявлено не было,  $p > 0,05$  (табл. 1–3).

Однако показатели  $V_{\max}$ ,  $G_{\text{mean}}$  во всех подгруппах сравнения у пациентов с двустворчатым строением АК были достоверно выше, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК. Так, показатель  $V_{\max}$  в первой подгруппе сравнения составил  $2,8 \pm 9$  и  $2,5 \pm 6$  м/с,  $p = 0,02$ , показатель  $G_{\text{mean}}$  –  $18,6 \pm 7,2$  и  $15 \pm 6$  мм рт.ст.,  $p = 0,03$ . Показатель  $V_{\max}$  во второй подгруппе сравнения составил  $3,7 \pm 0,8$  и  $3,5 \pm 0,6$  м/с,  $p = 0,02$ , показатель  $G_{\text{mean}}$  –  $37 \pm 10$  и  $29 \pm 55$  мм рт.ст.,  $p = 0,04$ . Показатель  $V_{\max}$  в третьей подгруппе сравнения составил  $5,7 \pm 1,2$  м/с и  $4,7 \pm 0,9$  м/с,  $p = 0,001$ , показатель  $G_{\text{mean}}$  –  $54 \pm 15$  и  $43 \pm 11$  мм рт.ст.,  $p = 0,001$ . Кроме того, во всех исследуемых подгруппах у пациентов с двустворчатым строением АК показатель АТ был значительно выше, чем у пациентов с трехстворчатым строением. В первой подгруппе сравнения с показатель составил  $82 \pm 12$  и  $70 \pm 10$  мс,  $p = 0,03$ ; во второй подгруппе сравнения –  $103 \pm 11$  и  $94 \pm 10$  мс,  $p = 0,02$ ; в третьей подгруппе сравнения –  $127 \pm 20$  и  $112 \pm 10$  мс,  $p = 0,02$  (см. табл. 1–3).

## Обсуждение

Эхокардиография является “золотым стандартом” в выявлении и оценке тяжести АС. Существует достаточно много эхокардиографических показателей для оценки степени стеноза АК. Гемодинамически значимыми из них являются  $V_{\max}$  на АК  $\geq 4$  м/с,  $G_{\text{mean}} \geq 40$  мм рт.ст., AVA  $\leq 1,0 \text{ см}^2$ , IAVA  $0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$ , так как эти показатели свидетельствуют о наличии значимого АС и плохом прогнозе для пациента [1–5]. Тем не менее оценка тяжести

**Таблица 1.** Сравнение пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA более 1, 5 см<sup>2</sup>**Table 1.** Comparison of patients with two-and three-leaf structure of the AC and the area of AVA more than 1, 5 cm<sup>2</sup>

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 24)		Трехстворчатое строение АК (n = 24)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	54 ± 8	40,5; 55,9	65 ± 10	59,6; 66,2	0,0003
BSA, м <sup>2</sup>	1,96 ± 0,8	1,84; 1,99	1,93 ± 0,8	1,9; 2,0	0,6
BMI	34 ± 6,4	28;39	34 ± 6,3	27;39	0,5
ФВ ЛЖ, %	63 ± 7	60,7; 67,7	61 ± 7	55,6; 62,7	0,15
Индекс УО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup>	38 ± 8	35,7; 42,7	36 ± 8	35,3; 38,9	0,29
ЧСС в 1 мин	74 ± 6	69,4; 79,7	70 ± 6	68,0; 74,1	0,2
V <sub>max</sub> , мс	2,8 ± 9	2,5; 3,2	2,5 ± 6	2,1; 2,9	0,002
G <sub>mean</sub> , мм рт.ст.	18,6 ± 7,2	13,1; 31,0	15 ± 6	9,6;18,3	0,03
IAVA, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	1,5 ± 0,6	1,26; 1,9	1,5 ± 0,05	1,2; 1,7	0,6
AVA, см <sup>2</sup>	2,3 ± 1,4	1,5;3,4	2,3 ± 1,2	1,5; 3,1	0,05
Время раскрытия створок АК, мс	70 ± 10	60; 88	82 ± 12	78; 97	0,01

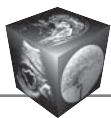
*Примечание.* Здесь и в табл. 2, 3: BSA (body surface area) – площадь поверхности тела, BMI (body mass index) – индекс массы тела, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, индекс УО ЛЖ – индекс ударного объема левого желудочка, V<sub>max</sub> – пиковая скорость кровотока через аортальный клапан, G<sub>mean</sub> – средний трансаортальный градиент давления, AVA (aortic valve area) – площадь эффективного отверстия аортального клапана, IAVA (Index of aortic valve area) – индекс площади эффективного отверстия аортального клапана.

**Таблица 2.** Сравнение пациентов с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA от 1 до 1, 5 см<sup>2</sup>**Table 2.** Comparison of patients with two-and three-leaf structure of AK and area AVA from 1 to 1, 5 cm<sup>2</sup>

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 29)		Трехстворчатое строение АК (n = 29)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	52 ± 8	45,1; 59,0	65 ± 10	53,9; 65,8	0,09
BSA, м <sup>2</sup>	1,98 ± 0,8	1,8; 1,99	1,96 ± 0,8	1,9;2,0	0,5
BMI	34 ± 6,4	29;40	34 ± 6,4	29;39	0,5
ФВ ЛЖ, %	61 ± 7	57,2; 66,4	67 ± 8	63,0; 68,1	0,3
Индекс УО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup>	40 ± 8	38,6; 44,5	41 ± 7	39,8; 48,0	0,6
ЧСС в 1 мин	70 ± 6	65,6; 76,0	72 ± 6	66,9; 73,4	0,5
V <sub>max</sub> , мс	3,7 ± 0,8	3,8; 4,1	3,5 ± 0,6	3,6; 3,8	0,02
G <sub>mean</sub> , мм рт.ст.	37 ± 10	35,4; 41,9	29 ± 5,8	29,4; 33,7	0,04
IAVA, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,64 ± 0,02	0,63; 0,75	0,63 ± 0,02	0,6; 0,69	0,3
AVA, см <sup>2</sup>	1,3 ± 0,3	1;1,5	1,4 ± 0,3	1;1,5	0,3
Время раскрытия створок АК, мс	103 ± 11	91 : 110	94 ± 10	84 : 99	0,01

**Таблица 3.** Сравнение третьей подгруппы с дву- и трехстворчатым строением АК и площадью AVA менее 1 см<sup>2</sup>**Table 3.** Comparison of the third subgroup with two-and three-leaf structure of AK and area AVA less than 1 cm<sup>2</sup>

Показатели	Двустворчатое строение АК (n = 37)		Трехстворчатое строение АК (n = 37)		p
	Me	95% ДИ	Me	95% ДИ	
Возраст, годы	60 ± 7	55,5; 63,5	68 ± 10	64,1; 74,2	0,007
BSA, м <sup>2</sup>	1,8 ± 0,8	1,84; 1,9	1,8 ± 0,7	1,7; 1,9	0,2
BMI	35 ± 6	30;41	35 ± 6	31;41	0,5
ФВ ЛЖ, %	66 ± 9	62,0; 69,4	65 ± 8	53,1; 65,9	0,3
Индекс УО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup>	37,5 ± 6	33,8; 42,1	41 ± 8	37,4; 43,6	0,14
ЧСС в 1 мин	68 ± 5	66,4; 71,0	69 ± 5	65,2; 74,9	0,7
V <sub>max</sub> , мс	5,7 ± 1,2	4,8; 6,0	4,7 ± 0,9	4,3; 5,0	0,001
G <sub>mean</sub> , мм рт.ст.	54 ± 15	66,0; 90,0	43 ± 11	47,8; 61,7	0,001
IAVA, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,39 ± 0,07	0,35; 0,43	0,4 ± 0,08	0,35; 0,43	0,9
AVA, см <sup>2</sup>	0,6 ± 0,4	0,3;0,8	0,6 ± 0,4	0,3;0,7	0,4
Время раскрытия створок АК, мс	127 ± 20	113 : 142	112 ± 10	100: 115	0,02



АС по-прежнему остается сложной. Несоответствие между показателями  $G_{mean}$ ,  $V_{max}$  и AVA встречаются у 30% пациентов, что затрудняет ведение пациентов с АС и проведение своевременной хирургической коррекции порока [6–9].

По данным ряда исследований причина расхождения показателей  $G_{mean}$  и AVA может быть связана с уменьшением УО ЛЖ вследствие уменьшения ФВ ЛЖ (<50%), встречающаяся примерно в 10% случаев. Несоответствие  $AVA < 1 \text{ см}^2$  и/или  $IAVA < 0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$  и  $G_{mean} < 40 \text{ мм рт.ст.}$  в этом случае может быть неправильно интерпретировано исследователем и, таким образом, привести к недооценке тяжести стеноза или переоценке его тяжести [10–13].

У 15% пациентов с выраженным АС это может быть связано с парадоксальным снижением УО ЛЖ при сохранной ФВ ЛЖ. Это наиболее сложная в клинической практике категория пациентов. Снижение индекса УО ЛЖ меньше  $35 \text{ мл}/\text{м}^2$  может быть связано с выраженным концентрическим ремоделированием левого желудочка, в результате чего нарушается диастолическое наполнение левого желудочка. В итоге эхокардиографически определяется небольшая  $AVA \leq 1 \text{ см}^2$  и / или  $IAVA \leq 0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$ , низкое значение  $G_{mean} < 40 \text{ мм рт.ст.}$  и  $V_{max} < 4 \text{ м}/\text{с}$  [12–16].

Это подтверждается исследованием Z. Nachi-sa и соавт., где подчеркивается важность связи между индексом УО ЛЖ и показателями  $G_{mean}$  [10].

В дальнейшем P. Lancellotti и соавт. подтвердили, что у пациентов с индексами УО ЛЖ менее  $35 \text{ мл}/\text{м}^2$  при выраженном АС показатели  $G_{mean}$  могут быть занижены и иметь значения менее  $40 \text{ мм рт.ст.}$  [17].

Кроме того, на показатели тяжести АС влияет масса тела пациента. Так, у пациента с низкой массой тела при  $AVA \leq 1,0 \text{ см}^2$  может не быть повышения  $V_{max} \geq 4 \text{ м}/\text{с}$  и  $G_{mean} \geq 40 \text{ мм рт.ст.}$  и имеется относительно адекватный для него сердечный выброс. И наоборот, у пациента с избыточной массой тела при  $AVA > 1,0 \text{ см}^2$  могут быть высокие показатели  $V_{max} \geq 4 \text{ м}/\text{с}$  и  $G_{mean} \geq 40 \text{ мм рт.ст.}$  [17–20]. По этой причине было предложено оценивать IAVA, при значениях которых менее  $0,6 \text{ см}^2/\text{м}^2$  можно считать АС выраженным [1].

Приблизительно у 80% взрослых пациентов с АС имеется сопутствующая аортальная регургитация, которая может завысить показатели  $G_{mean}$  и AVA за счет увеличения объема трансаортального потока через АК, что приводит к несоответствию гемодинамических показателей и площади эффективного отверстия АК [19].

Митральная регургитация достаточно часто встречается при выраженных АС. Тяжелая ми-

тральная регургитация может напрямую влиять на оценку тяжести АС, так как данная патология приводит к снижению эффективного УО ЛЖ, что, в свою очередь, может привести к снижению  $G_{mean}$  при тяжелом АС. Немаловажной является оценка АС при сопутствующем выраженном стенозе митрального клапана, так как в данном случае может быть низкий сердечной выброс, что может привести к занижению  $V_{max}$  и  $G_{mean}$  [1].

Немаловажное влияние на показатели  $G_{mean}$  оказывает диаметр восходящего отдела аорты. H. Baumgartner и соавт. показали, что при диаметре восходящего отдела аорты менее 30 мм возможно завышение значения трансаортальных градиентов. Авторы связали данное явление с недостаточно быстрым спадом градиента давления на выходе за счет высокой турбулентности потока при малом диаметре восходящего отдела аорты [21].

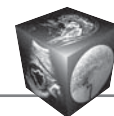
Кроме того, высокие значения ЧСС и показатели артериального давления имеют большое влияние на значения трансаортального градиента. По этой причине перед началом исследования необходимо скорректировать значения данных показателей [21].

По нашему мнению, при оценке тяжести АС нужно учитывать количество створок АК, а именно двустворчатое его строение, которое может провоцировать ускорение трансаортального кровотока. Данный феномен обусловлен значительной резистентностью створок АК, для эффективного раскрытия которого требуется больше времени и создание более высокого давления в левом желудочке. Это подтверждается результатами нашего исследования. У пациентов с двустворчатым строением АК во всех исследуемых подгруппах время раскрытия АК и  $G_{mean}$  достоверно имели более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК. Кроме того, у пациентов с двустворчатым строением АК из-за особенностей анатомического раскрытия створок, имеющих в большинстве случаев щелевидную форму, может создаваться турбулентный поток на АК, что отражается повышением  $G_{mean}$ . Учитывая эти обстоятельства, по нашему мнению, современные рекомендации не всегда применимы к данной категории пациентов, что требует более детального изучения данного вопроса.

## Заключение

Эхокардиографические показатели  $V_{max}$ ,  $G_{mean}$  у пациентов с двустворчатым строением АК имеют более высокие значения, чем у пациентов с трехстворчатым строением АК при одинаковой площади отверстия.





### Участие авторов

Базылев В.В. – участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Бабуков Р.М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Бартош Ф.Л. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне.

Горшкова А.В. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

### Authors' participation

Bazylev V.V. – participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Babukov R.M. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Bartosh F.L. – concept and design of the study, participation in scientific design.

Gorshkova A.V. – text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

### Список литературы [References]

- Baumgartner H., Hung J., Bermejo J., Chambers J.B., Edvardsen T., Goldstein S., Lancellotti P., LeFevre M., Miller F. Jr., Otto C.M., Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the european association of cardiovascular imaging and the american society of echocardiography *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30 (4): 372–392.
- Lancellotti P., Donal E., Magne J., Moonen M., O'Connor K., Daubert J.C. Risk stratification in asymptomatic moderate to severe aortic stenosis: the importance of the valvular, arterial and ventricular interplay. *Heart.* 2010; 96: 1364–1371.
- Vahanian A., Alfieri O., Andreotti F., Antunes M.J., Bar-Esquivias G., Baumgartner H., Borger M.A., Carrel T.P., De Bonis M., Evangelista A., Falk V., Jung B., Lancellotti P., Pierard L., Price S., Schäfers H.J., Schuler G., Stepinska J., Swedberg K., Takkenberg J., Von Oppell U.O., Windecker S., Zamorano J.L., Zembala M. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur. Heart J.* 2012; 33 (19): 2451–2496. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs109>
- Nishimura R.A., Otto C.M., Bonow R.O., Carabello B.A., Erwin J.P. 3rd, Guyton R.A., O'Gara P.T., Ruiz C.E., Skubas N.J., Sorajja P., Sundt T.M. 3rd, Thomas J.D. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the american college of cardiology/ American heart association task force on practice guidelines. ACC/AHA Task Force Members. *Circulation.* 2014; 10: 2438–2488.
- Baumgartner H., Hung J., Bermejo J., Chambers J.B., Edvardsen T., Goldstein S., Lancellotti P., LeFevre M., Miller F. Jr., Otto C.M. Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the european association of cardiovascular imaging and the American Society of Echocardiography journal of the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2017; 30: 372–392. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2017.02.009>.
- Minners J., Allgeier M., Gohlke-Baerwolf C., Kienzle R.P., Neumann F.J., Jander N. Inconsistent grading of aortic valve stenosis by current guidelines: haemodynamic studies in patients with apparently normal left ventricular function. *Heart.* 2010; 96: 1463–1468. <https://doi.org/10.1136/hrt.2009.181982>
- Minners J., Allgeier M., Gohlke-Baerwolf C., Kienzle R.P., Neumann F.J., Jander N. Inconsistencies of echocardiographic criteria for the grading of aortic valve stenosis. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 1043–1048.
- Jander N., Minners J., Holme I., Gerdtz E., Boman K., Brudi P., Chambers J.B., Egstrup K., Kesäniemi Y.A., Malbecq W., Nienaber C.A., Ray S., Rossebø A., Pedersen T.R., Skjærpe T., Willenheimer R., Wachtell K., Neumann F.J., Gohlke-Baerwolf C. Outcome of patients with low-gradient “severe” aortic stenosis and preserved ejection fraction. *Circulation.* 2011; 123: 887–895.
- Michelena H.I., Margaryan E., Miller F.A., Eleid M., Maalouf J., Suri R., Messika-Zeitoun D., Pellikka P.A., Enriquez-Sarano M. Inconsistent echocardiographic grading of aortic stenosis: is the left ventricular outflow tract important? *Heart.* 2013; 99: 921–931.
- Hachicha Z., Dumesnil J.G., Bogaty P., Pibarot P. Paradoxical low flow, low gradient severe aortic stenosis despite preserved ejection fraction is associated with higher afterload and reduced survival. *Circulation.* 2007; 115: 2856–2864.
- Ozkan A. Low gradient “severe” aortic stenosis with preserved left ventricular ejection fraction. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2012; 2: 19–27.
- Pibarot P., Dumesnil J.G. Low-flow, low-gradient aortic stenosis with normal and depressed left ventricular ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; 60: 1845–1853.
- Adda J., Mielot C., Giorgi R., Cransac F., Zirphile X., Donal E., Sportouch-Dukhan C., Réant P., Laffitte S., Cade S., Le Dolley Y., Thuny F., Touboul N., Lavoute C., Avierinos J.F., Lancellotti P., Habib G. Low-flow, low-gradient severe aortic stenosis despite normal ejection fraction is associated with severe left ventricular dysfunction as assessed by speckle-tracking echocardiography: A multicenter study. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 5: 27–35.
- Eleid M.F., Sorajja P., Michelena H.I., Malouf J.F., Scott C.G., Pellikka P.A. Flow-gradient patterns in severe aortic stenosis with preserved ejection fraction: clinical characteristics and predictors of survival. *Circulation.* 2013; 128: 1781–1789.



15. Lancellotti P., Magne J., Donal E., Davin L., O'Connor K., Rosca M., Szymanski C., Cosyns B., Piérard L.A. Clinical outcome in asymptomatic severe aortic stenosis insights from the new proposed aortic stenosis grading classification. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; 59: 235–243.
16. Saito T., Muro T., Takeda H., Hyodo E., Ehara S., Nakamura Y., Hanatani A., Shimada K., Yoshiyama M. Prognostic value of aortic valve area index in asymptomatic patients with severe aortic stenosis. *Am. J. Cardiol.* 2012; 110: 93–97.
17. Jander N., Gohlke-Bärwolf C., Bahlmann E., Gerdtz E., Boman K., Chambers J.B., Egstrup K., Nienaber C.A., Pedersen T.R., Ray S., Rossebø A.B., Willenheimer R., Kienzle R.P., Wachtell K., Neumann F.J., Minners J. Indexing aortic valve area by body surface area increases the prevalence of severe aortic stenosis. *Heart.* 2014; 100: 28–33.
18. Jander N., Gohlke-Bärwolf C., Bahlmann E., Gerdtz E., Boman K., Chambers J.B., Egstrup K., Nienaber C.A., Pedersen T.R., Ray S., Rossebø A.B., Willenheimer R., Kienzle R.P., Wachtell K., Neumann F.J., Minners J. Adjusting parameters of aortic valve stenosis severity by body size. *Heart.* 2014; 100: 1024–1030.
19. Zoghbi W.A., Enriquez-Sarano M., Foster E., Grayburn P.A., Kraft C.D., Levine R.A., Nihoyannopoulos P., Otto C.M., Quinones M.A., Rakowski H., Stewart W.J., Waggoner A., Weissman N.J. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2003; 16: 777–802.
20. Baumgartner H., Stefenelli T., Niederberger J., Schima H., Maurer G. 'Overestimation' of catheter gradients by Doppler ultrasound in patients with aortic stenosis: a predictable manifestation of pressure recovery. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 33: 1655–1661.
21. Mascherbauer J., Fuchs C., Stoiber M., Schima H., Pernicka E., Maurer G. Systemic pressure does not directly affect pressure gradient and valve area estimates in aortic stenosis *in vitro*. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 2049–2057.

**Для корреспонденции\*:** Бабуков Руслан Медарисович – 440071 Пенза, ул. Стасова, 6. Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Минздрава России. Тел.: +7-937-421-69-69. E-mail: cardio-penza@yandex.ru; ruslan.babukov@mail.ru

**Базылев Владлен Владленович** – доктор мед. наук, профессор, главный врач ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>

**Бабуков Руслан Медарисович** – врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>

**Бартош Федор 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>

**Горшкова Алёна Витальевна** – врач ультразвуковой диагностики ФГБУ “Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии” Минздрава России, Пенза. <https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>

**Contact\*:** Ruslan M. Babukov – 6, Stasova str., Penza, 440071, Russian Federation. Phone: +7-937-421-69-69. E-mail: cardio-penza@yandex.ru; ruslan.babukov@mail.ru

**Vladlen V. Bazylev** – Doct. of Sci. (Med.), Chief doctor of the Federal Centre for Cardiovascular Surger, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>

**Ruslan M. Babukov** – doctor cardiologist, ultrasound diagnosis doctor Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7338-9462>

**Fedor L. Bartosh** – Cand. of Sci. (Med.), Heads of the department of the of functional and ultrasound diangistics Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5482-3211>

**Alena V. Gorshkova** – ultrasound diagnosis doctor Federal Centre for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3210-3974>