

Клиническое значение и преимущества стресс-эхокардиографии у пациентов с умеренным и тяжелым аортальным стенозом

С. Ю. Бартош-Зеленая¹, Т. В. Найденов¹, А. Е. Андреева¹, В. В. Степанова²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова»

² СПб ГБУЗ «Городская больница № 40 Курортного района», Санкт-Петербург, г. Сестрорецк

РЕЗЮМЕ

С целью определения клинического значения стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой у пациентов с тяжелым и умеренным аортальным стенозом производилась регистрация стресс-индуцированного увеличения среднего градиента давления на аортальном клапане и оценка сократительного резерва миокарда с помощью ряда параметров (фракция выброса, глобальная продольная деформация, индекс эластичности). Установлено, что при нормальных значениях ФВ в покое у пациентов с тяжелым и умеренным АС дефицит сократительной функции удалось выявить с помощью показателя GLS, который продемонстрировал снижение в обеих группах на пике нагрузки. Снижение контрактильного резерва по обоим показателям (ФВ и GLS) выявлено в группе пациентов с тяжелым АС, что в сочетании со значимым стресс-индуцированным увеличением градиента на АК (≥ 18 –20 мм рт. ст.), нарастанием СДЛА (> 60 мм рт. ст.) и снижением АД (> 20 мм рт. ст.) в соответствии с рекомендациями EACVI/ASE (2017) следует рассматривать как предикторы неблагоприятного прогноза естественного течения заболевания аортального клапана, а пациентов с подобными результатами нагрузочного теста — как возможных кандидатов на хирургическое лечение. Снижение прироста индекса эластичности ЛЖ на фоне ФН, которое было взаимосвязано с изменением других рассмотренных параметров сократимости, а также мощностью выполненной нагрузки в МЕТ, существенно дополняет функциональную характеристику поражения и способствует оптимальной стратегии ведения. Следовательно, стресс-эхокардиография с физической нагрузкой является незаменимым диагностическим инструментом для определения прогноза и сроков проведения хирургического вмешательства у пациентов с аортальным стенозом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стресс-эхокардиография, аортальный стеноз, глобальная продольная деформация, фракция выброса, индекс эластичности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы статьи сообщают о возможном конфликте интересов.

The Clinical Significance and advantages of Stress Echocardiography in patients with moderate to severe aortic stenosis

S. Yu. Bartosh-Zelenaya¹, T. V. Naidenov¹, V. V. Stepanova¹, A. E. Andreeva²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'North-West State Medical University named by I. I. Mechnikov'

St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution 'City Hospital No. 40 of the Kurortny District'

SUMMARY

In order to determine the clinical significance of exercise stress echocardiography in patients with severe to moderate aortic stenosis, a stress-induced increase in the mean pressure gradient across the aortic valve was recorded and myocardial contractile reserve was assessed using a number of parameters (ejection fraction, global longitudinal strain, elasticity index). It was found that, with normal values of EF at rest in patients with severe and moderate aortic stenosis, the deficit in contractile function was revealed using the GLS index, which demonstrated a decrease in both groups at the peak of exercise. A decrease in contractile reserve by both parameters (EF and GLS) was found in the group of patients with severe AS, which, combined with a significant stress-induced increase in the gradient on the aortic valve (≥ 18 –20 mm Hg), an increase in pulmonary artery pressure (> 60 mm Hg) and decrease in systemic systolic blood pressure (> 20 mm Hg) should be considered as a predictors of a poor prognosis of the natural course of aortic valve disease, and patients with similar stress test results should be possible candidates for surgical aortic valve replacement. A decrease in the in the LV elasticity index augmentation at the peak of exercise, strongly correlated with changes in other considered parameters of contractility and the metabolic power of exercise (MET), significantly complements the functional characteristics of the lesion for choosing the optimal management strategy. Consequently, exercise stress echocardiography is an indispensable diagnostic tool for determining the prognosis and timing of surgery in patients with aortic stenosis.

KEY WORDS: stress echocardiography, aortic stenosis, global longitudinal strain, ejection fraction, elasticity index.

CONFLICT OF INTEREST. The authors of the article report a possible conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Аортальный стеноз (АС) является наиболее распространенным клапанным пороком сердца (от 40 до 50% среди всех клапанных пороков) и является третьим по распространенности сердечно-сосудистым заболеванием после артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца (ИБС). Стеноз аортального клапана (АК) в популяции пациентов старше 65 лет встречается от 1–2 до 5% случаев [1]. Среди пациентов с острым коронарным синдромом в 4,8% случаев выявлено значительное поражение клапанов сердца, при этом наиболее часто регистрировались ишемическая митральная регургитация и АС, который сформировался вследствие кальцификации клапана. Распространенность ишемической болезни сердца (ИБС) также увеличивается с возрастом и присутствует более

чем у 50% пациентов с АС старше 70 лет и у 65% пациентов с АС старше 80 лет [2].

Согласно рекомендациям Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации и Американского общества по эхокардиографии (EACVI/ASE, 2017), наличие умеренного АС подразумевает ускорение кровотока на АК до 3,0–4,0 м/с со средним градиентом (mean peak gradient, MPG) 25–40 мм рт. ст. и площадью аортального отверстия (aortic valve area, AVA) 1,0–1,5 см², индексом AVA 0,60–0,85 см²/м². Тяжелый АС определяется при пиковой скорости на клапане $\geq 4,0$ м/с, $MP \geq 40$ мм рт. ст., AVA $< 1,0$ см², индекс AVA $< 0,6$ см²/м².

В настоящее время принято разделять пациентов с АС в зависимости от величины фракции выброса (ФВ $\geq 50\%$ и $< 50\%$)

и индекса ударного объема (Stroke volume index, $SV_i > 35$ мл/м² и ≤ 35 мл/м²). У пациентов с умеренным и бессимптомным тяжелым АС с сохранной ФВ и $SV_i > 35$ мл/м², согласно рекомендациям EACVI/ASE (2017), необходимо проводить тест с физической нагрузкой (ФН) для определения своевременных показаний к хирургическому лечению аортального стеноза. В этой связи основной задачей теста является регистрация стресс-индуцированного увеличения среднего градиента давления на АК (при умеренном АС), появление клинических симптомов и оценка контрактильного резерва миокарда (при тяжелом АС), который напрямую связан с дисфункцией ЛЖ и неблагоприятным послеоперационным прогнозом. Кроме того, известно, что у пациентов, перенесших замену аортального клапана по поводу АС, тяжелая легочная гипертензия является независимым предиктором смертности и выживаемости [3, 4]. Не подлежит сомнению факт, что в пожилом возрасте АС часто сочетается с ИБС и, соответственно, проведение стресс-ЭхоКГ-теста, направленного одновременно на выявление ишемии в виде появления зон нарушения локальной сократимости, определение контрактильного резерва, оценку градиента на АК и систолического давления в легочной артерии (СДЛА), может способствовать своевременному и оправданному проведению хирургической коррекции у пожилых пациентов.

Цель: исследовать гемодинамические показатели и сократительный резерв у пациентов с умеренным и тяжелым бессимптомным аортальным стенозом и определить клиническое значение стресс-эхокардиографии с ФН.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 39 человек (25 мужчин, 14 женщин; средний возраст $68,4 \pm 7,6$ года) с тяжелым и умеренным аортальным стенозом. Из них тяжелый бессимптомный АС в покое был выявлен у 22 человек (1-я группа), умеренный АС — у 17 человек (2-я группа). Группы не отличались по возрасту ($p > 0,05$).

Эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась с помощью ультразвуковой системы «Vivid E9» компании GE (США) с использованием «секторного» датчика с частотой 1,7–4,6 МГц. Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) с ФН выполнялась на горизонтальном велоэргометре e-Bike EL&BP (General Electric, USA). Пробы проводились с использованием программ для нагрузочных тестов GE CardioSoft (General Electric, USA) по протоколу «25x25» с увеличением нагрузки каждые 3 мин. в соответствии с рекомендациями EACVI/ASE (2017). В покое и на высоте ФН оценивали частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), максимальную скорость кровотока на аортальном клапане, максимальный и средний градиент давления на аортальном клапане, площадь аортального отверстия, индекс площади аортального отверстия, конечно-диастолический и конечно-систолический объемы левого желудочка (ЛЖ), фракцию выброса (ФВ) в 2D-режиме, глобальную продольную деформацию (GLS) левого желудочка (ЛЖ), СДЛА по скорости струи трикуспидальной регургитации.

Исходно все пациенты с умеренным и тяжелым АС не имели зон нарушения локальной сократимости и инфаркта миокарда в анамнезе. У 28 (72%) пациентов имелась

гипертоническая болезнь I или II стадии, компенсированная медикаментозной терапией до нагрузочного тестирования (за исключением бета-блокаторов и антагонистов кальция). Все пациенты имели концентрическую гипертрофию левого желудочка по данным ЭхоКГ. У 12 (31%) пациентов отмечалась приклапанная или легкая степень аортальной регургитации. В исследование включались пациенты с сохранной фракцией выброса в соответствии с рекомендациями Европейского общества по сердечно-сосудистой визуализации (EACVI/ASE, 2017) — ФВ более 50%, нормативом для GLS, считали значения, превышающие -20%. Для верификации ИБС и тактики дальнейшего хирургического лечения всем пациентам проводилась коронарография после стресс-ЭхоКГ. На фоне нагрузочного теста определяли зоны нарушения локальной сократимости, сократительный резерв — на основании прироста ФВ (ΔFV_{LJ}) и GLS (ΔGLS). Кроме ФВ и GLS одной из основных детерминант систолической функции сердца является эластичность ЛЖ (E_{es}), поэтому данный показатель также был включен в протокол настоящего исследования и его определяли в покое и на пике ФН по формуле: $E_{es} = ESP / ESV$, где E_{es} — slope of left ventricular end-systolic pressure-volume relation, ESP — конечное систолическое давление, ESV — конечный систолический объем ЛЖ. При этом ESP рассчитывали по формуле $ESP = 0,9 \times SBP$, где SBP — систолическое артериальное давление. Приводятся данные о том, что у здоровых лиц индекс эластичности ЛЖ составляет $2,0 \pm 0,6$ мм рт. ст./мл, при дилатации на фоне ИБС или дилатационной кардиомиопатии снижается менее 1,0 мм рт. ст./мл, при гипертрофии миокарда, связанной с гипертонической болезнью или гипертрофической кардиомиопатией, колеблется около 4,0 мм рт. ст./мл [5].

Для обработки полученных данных использовался статистический пакет программ Statistica 10.0, SPSS Statistics 17.0 (США). При анализе данных использовались стандартные расчеты статистики: среднеарифметическая средняя (M), стандартное отклонение (σ), медиана и квартили (Me [LQ; UQ]). Нормальность распределения оценивали по критерию Шапиро–Уилкса. Анализ качественных признаков проводился в абсолютных числах и процентах, по количественным — U-критерий Манна–Уитни. Оценка взаимосвязи параметров сократимости ЛЖ проводилась с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При стресс-эхокардиографии пациенты с умеренным и тяжелым АС выполнили нагрузку, сопоставимую по продолжительности и мощности: время нагрузки среди пациентов с умеренным АС составило в среднем 5,05 мин., что соответствует 5,4 MET (84 Вт); пациенты с тяжелым АС выполнили сравнимую нагрузку продолжительностью в среднем 5,23 мин. и мощностью 5,52 MET (86 Вт). Тем не менее в ходе исследования в группах были выявлены различия, связанные не только с гемодинамикой на АК, но и по показателям сократимости ЛЖ. В табл. 1 представлены средние значения эхокардиографических показателей пациентов с умеренным и тяжелым АС.

Таблица 1

Сравнительная характеристика средних значений параметров эхокардиографии в покое и при стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой у пациентов с тяжелым и умеренным аортальным стенозом

Показатели	Умеренный АС (n=17)		p ₁	Тяжелый АС (n=22)		p ₂	p ₃	p ₄
	rest	post		rest	post			
ЧСС, уд./мин.	80±17	133±13	0,0014	64±12	128±17	<0,0001	0,005	нз
САД, мм рт. ст.	135±17	178±23	0,0003	145±19	182±25	0,0007	нз	нз
ДАД, мм рт. ст.	84±11	90±14	0,025	83±11	90,5±17	0,023	нз	нз
ФВ, %	61±7	65±7	0,052	59±7	62±10	нз	нз	нз
GLS ЛЖ, %	14,4±2,4	15,9±3,1	нз	14,5±2,7	12,7±3,7	0,038	нз	0,027
PG _{max} , мм рт. ст.	48±11,8	69±14,2	0,0003	62±24,3	96±23,2	<0,0001	0,048	0,0003
PG _{mean} , мм рт. ст.	28±8,1	39±9,7	<0,0001	35,5±14,8	58±22	0,0004	нз	0,002
E _{es} , мм рт. ст./мл.	2,94±0,39	3,6±0,83	нз	2,92±0,78	4,5±3,2	нз	нз	нз
СДЛА, мм рт. ст.	33,8±7,2	52,4±9	0,0008	34,3±8,2	68±15,5	<0,0001	нз	0,003
AVA, см ²	1,12±0,31	1,1±0,2	нз	0,82±0,18	0,91±0,17	0,002	0,0008	0,002
iAVA	0,52±0,13	0,58±0,08	нз	0,4±0,09	0,46±0,08	0,0013	0,004	0,0001

Примечание. ЧСС — частота сердечных сокращений, САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, ФВ — фракция выброса, GLS — глобальная продольная деформация; PG_{max} — максимальный градиент на аортальном клапане, PG_{mean} — средний градиент на аортальном клапане; E_{es} — индекс эластичности, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, AVA — площадь аортального отверстия, iAVA — индекс площади аортального отверстия, rest — в покое; post — на пике нагрузки; нз — различия статистически незначимы (p>0,05), p₁ — уровень значимости различий между показателями, измеренными в покое и на фоне физической нагрузки в группе с умеренным аортальным стенозом; p₂ — уровень значимости различий между показателями, измеренными в покое и на фоне физической нагрузки в группе с тяжелым аортальным стенозом; p₃ — уровень значимости различий между показателями группы с умеренным АС и группы с тяжелым АС, измеренными в покое; p₄ — уровень значимости различий между показателями группы с умеренным АС и группы с тяжелым АС, измеренными на фоне физической нагрузки.

У 3 пациентов с тяжелым АС в процессе проведения теста было обнаружено снижение системного АД, у 4 пациентов — неадекватная реакция АД (прирост с последующим снижением).

В покое у пациентов в группе с тяжелым аортальным стенозом ФВ находилась в пределах нормы (59±7,2%), в то же время GLS ЛЖ была ниже принятых нормальных значений (-14,5±2,7%). На высоте нагрузки наблюдалось снижение GLS до -12,7±3,7% (p=0,038). Прирост ФВ на высоте ФН практически отсутствовал и составил всего 3,1%, в то время как по показателю GLS вообще отмечалось снижение GLS на 1,8%.

Средние значения в покое по ФВ и GLS ЛЖ у пациентов с умеренным и тяжелым АС не различались. Значимых различий прироста ФВ на пике ФН в исследуемых группах выявить не удалось, тогда как по показателю GLS в группе пациентов с умеренным аортальным стенозом отмечено небольшое увеличение GLS на 1,5% против снижения данного показателя в группе с тяжелым АС (p=0,027), что может свидетельствовать в пользу более сохранного контрактильного резерва ЛЖ у пациентов с умеренной степенью АС. К тому же при исследовании дополнительных показателей систолической функции ЛЖ было установлено, что на фоне ФН снижение прироста ФВ и GLS происходило в тесной корреляционной связи со снижением прироста E_{es}.

В настоящем исследовании было выявлено, что у пациентов с тяжелым АС на фоне ФН прирост СДЛА оказался выше, чем в группе с умеренным АС (ΔСДЛА 18,3 vs 33,7 мм рт. ст., p=0,003), при отсутствии значимых различий СДЛА в обеих группах в покое, что подразумевает необходимость использования этого параметра при стресс-эхокардиографии у данной категории пациентов. Всего среди обследованных лиц увеличение СДЛА >60 мм рт. ст. на пике физической нагрузки было отмечено у 21 (54%) пациента.

И наконец, рассматривая локальную систолическую функцию ЛЖ были выявлены зоны нарушения сократимости при стресс-ЭхоКГ у 15 (68,2%) человек с тяжелым АС и у 6 человек (35,3%) в группе лиц с умеренным аортальным стенозом. Эти данные могут служить косвенным признаком взаимосвязи кальцификации аортального клапана и степени тяжести АС с атеросклеротическим поражением коронарных артерий и развитием ИБС. Так, по данным коронароангиографии, двух- и трехсосудистое поражение коронарных артерий наблюдалось у 88% пациентов с тяжелым АС, тогда как в группе с умеренным АС доля таких поражений составила 50%.

Согласно современным данным, увеличение среднего градиента на АК ≥18–20 мм рт. ст., отсутствие или снижение контрактильного резерва ЛЖ (прирост ФВ ЛЖ <5%, снижение или отсутствие прироста GLS) и стресс-индуцированное по-

вышение систолического давления в легочной артерии (СДЛА >60 мм рт. ст.) во время ФН представляют собой критерии неблагоприятного прогноза заболевания аортального клапана [6]. В настоящем исследовании в группе с бессимптомным тяжелым АС средний градиент на АК на пике ФН увеличился на 22,5 мм рт. ст. ($p=0,0004$), контрактильный резерв был снижен (Δ ФВ 3,1%, снижение GLS на 1,8%), а СДЛА увеличивалось до 68 мм рт. ст., что позволяет рассматривать в данной группе возможность хирургического протезирования аортального клапана, поскольку TAVI асимптомным больным в настоящее время не рекомендовано [7]. В группе с умеренным АС перечисленных предикторов выявлено не было: средний градиент на АК на пике ФН увеличивался на 11 мм рт. ст. ($p<0,0001$), контрактильный резерв был сохранен (Δ ФВ и Δ GLS составили 4,4 и 1,5% соответственно), СДЛА увеличивалось до 52,4 мм рт. ст. Следовательно, в этой группе ранняя операция не показана и лучшей (безопасной) тактикой является динамическое наблюдение, в том числе с помощью стресс-эхокардиографии, и коррекция сопутствующей патологии (артериальной гипертензии, дислипидемии, нарушений углеводного обмена и т.д.).

Результаты положительного нагрузочного теста у пациента с умеренным АС представлены на рис. 1–2. У пациента М., 74 г., с умеренным аортальным стенозом, легкой аортальной недостаточностью с сохранной ФВ, проведена стресс-эхокардиография с ФН на горизонтальном велоэргометре по протоколу с 25х25 (3 мин.). На ЭхоКГ на фоне нагрузки (75 Вт) появилась гипо/акинезия апикального сегмента межжелудочковой перегородки и гипокинезия базального сегмента нижне-боковой стенки ЛЖ. Несмотря на зоны нарушения локальной сократимости, контрактильный резерв у пациента при этой мощности нагрузки сохранен (Δ ФВ 5%, GLS не меняется) (рис. 1). При этом увеличение среднего градиента на аортальном клапане составило 11 мм рт. ст., СДЛА 45 мм рт. ст., то есть АС остался умеренным, контрактильный резерв сохранен, значимой легочной гипертензии не выявлено, следовательно, хирургическое лечение данному пациенту на настоящем этапе не показано. Ишемический тест положительный и, по данным коронарографии, у пациента выявлено значимое двухсосудистое поражение коронарных артерий.

В другом случае у пациентки Г., 80 лет, с бессимптомным умеренным аортальным стенозом, легкой аортальной недоста-

точностью с сохранной ФВ, проведена стресс-эхокардиография с ФН на горизонтальном велоэргометре по протоколу с 25х25 (3 мин.). Исходно на ЭхоКГ — без зон нарушения локальной сократимости, ФВ 54%, GLS –15%. АД в покое 150/80 мм рт. ст. Максимальный градиент на АК 54 мм рт. ст., средний градиент 32 мм рт. ст. Расчетная S отверстия АК 0,8 см². СДЛА 34 мм рт. ст. (градиент струи трикуспидальной регургитации, 24 мм рт. ст. + давление в правом предсердии, 10 мм рт. ст.). Проба прекращена при достижении субмаксимальной ЧСС (100 Вт). Жалобы на одышку. На ЭхоКГ на фоне нагрузки — без нарушения локальной сократимости, ФВ 59%, GLS –16,4%, АД 210/110 мм рт. ст. Максимальный градиент на АК 90 мм рт. ст., средний градиент — 53 мм рт. ст. (рис. 4, справа вверху). Расчетная S отверстия АК 0,9 см². СДЛА 90 мм рт. ст. (градиент струи трикуспидальной регургитации, 80 мм рт. ст. + давление в правом предсердии, 10 мм рт. ст.) (рис. 4, справа внизу). Контрактильный резерв у пациентки сохранен (Δ ФВ 5%, Δ GLS –16,4%) (рис. 3). При этом увеличение среднего градиента на аортальном клапане составило 21 мм рт. ст., СДЛА 90 мм рт. ст., что обуславливает значимую легочную гипертензию, следовательно, пациентке показано хирургическое лечение. Ишемический тест отрицательный и, по данным коронарографии, у пациентки нет гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий.

Различий по показателю эластичности ЛЖ в покое и на пике нагрузки в исследуемых группах выявить не удалось. Однако заслуживает внимания тот факт, что на фоне ФН в группе лиц с тяжелым АС прирост индекса эластичности снижался в тесной связи со снижением прироста ФВ: была выявлена прямая взаимосвязь ФВ с E_{es} ($r=0,707$). При умеренном АС была обнаружена прямая корреляционная связь индекса эластичности с показателем GLS на пике нагрузки, то есть чем ниже GLS после ФН, тем меньше прирост E_{es} ($r=0,99$). Кроме того, отмечена умеренной силы прямая корреляционная связь мощности выполненной нагрузки в MET с E_{es} ($r=0,64$).

Обсуждение

Как российские, так и зарубежные исследователи в своих работах признают существенную роль стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой при АС [6, 8].

В ранних исследованиях было установлено, что у бессимптомных пациентов с тяжелым АС фракция выброса ЛЖ

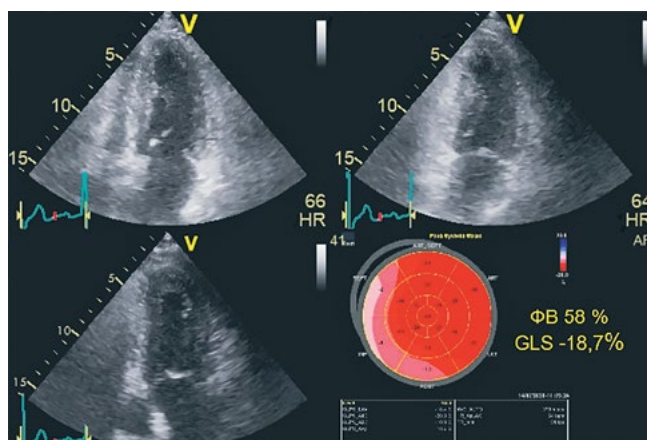
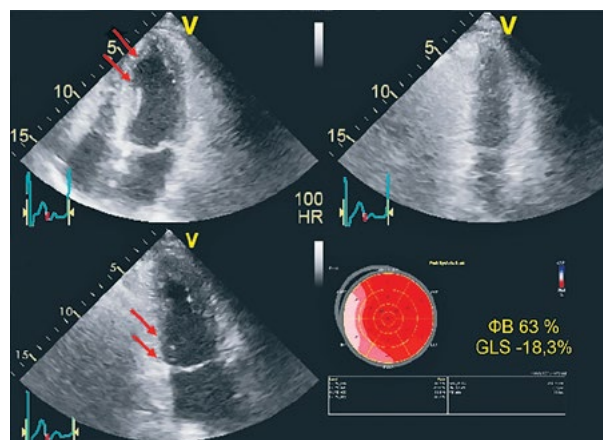


Рисунок 1. Пациент М., 74 г., с умеренным аортальным стенозом, легкой аортальной недостаточностью. В покое (слева) — зон нарушения локальной сократимости нет, ФВ 58%, GLS —18,7%. На фоне нагрузки 75 Вт (справа) — гипо/акинезия апикального сегмента межжелудочковой перегородки и гипокинезия базального сегмента нижне-боковой стенки левого желудочка. ФВ 63%, GLS —18,3. См. описания по тексту



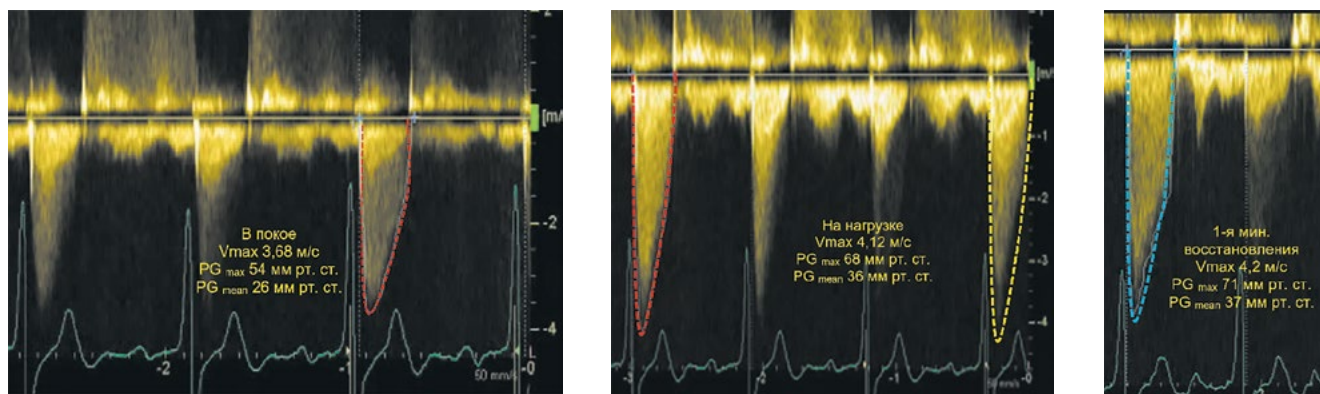


Рисунок 2. Пациент М., 74 г., с умеренным аортальным стенозом, легкой аортальной недостаточностью. Аортальный стеноз остается умеренным на нагрузке 75 Вт (градиенты увеличились на высоте нагрузки и в раннем восстановительном периоде). См. описания по тексту

не всегда отражает степень снижения систолической функции сердца, так как компенсаторная гипертрофия миокарда обеспечивает длительное сохранение нормального сердечного выброса, сдерживающего развитие сердечной декомпенсации [9]. В настоящем исследовании все пациенты имели концентрическую гипертрофию левого желудочка, по данным ЭхоКГ, и сохраненную ФВ ЛЖ. В другом исследовании были сделаны выводы о том, что снижение GLS, отражающее систолическую дисфункцию ЛЖ у пациентов с умеренным и тяжелым АС, часто предшествует симптомам и снижению ФВ ЛЖ [10]. По данным, полученным как в покое, так и при ФН у пациентов с тяжелым и умеренным АС, значения ФВ достоверно не различались (табл. 1). Показатель GLS в покое в обеих группах также имел сходные значения. Однако на фоне ФН у пациентов с умеренным АС отмечался прирост GLS, в то время как у пациентов с тяжелым АС глобальная деформация не только не увеличивалась при стресс-эхокардиографии, а значимо снижалась, что может свидетельствовать в пользу имеющейся дисфункции ЛЖ в последней группе и делает возможным использование GLS ЛЖ в качестве параметра, позволяющего выявить нарушение сократимости и значимое снижение сократительного резерва ЛЖ, прежде чем произойдет снижение ФВ. В 2017 году

J. V. Zalen et al. также отметили важность оценки сократительного резерва при обследовании бессимптомных пациентов с АС. Было выявлено, что GLS на пике физической нагрузки является самым сильным предиктором снижения сократительного резерва по сравнению с традиционными показателями тяжести АС, такими как средний трансортальный градиент [11].

Таким образом, стресс-индуцированное снижение GLS является сильным предиктором неблагоприятных сердечных событий, включая смертность от всех причин, и обеспечивает дополнительную прогностическую ценность по сравнению с подтвержденными маркерами риска, такими как гемодинамическая тяжесть, клинические симптомы и даже ФВ ЛЖ. В современных условиях измерение GLS представляется легко воспроизводимым методом оценки систолической функции ЛЖ, а, принимая во внимание снижение GLS в качестве критерия повышенного риска, клиницист получает возможность выбрать оптимальное время для хирургического вмешательства у пациентов с АС и, соответственно, снизить летальность в группе оперированных пациентов.

Эластичность левого желудочка является одной из основных детерминант систолической функции сердца. По данным K. R. Walley с соавт. (2016), соотношение «давление–объем»

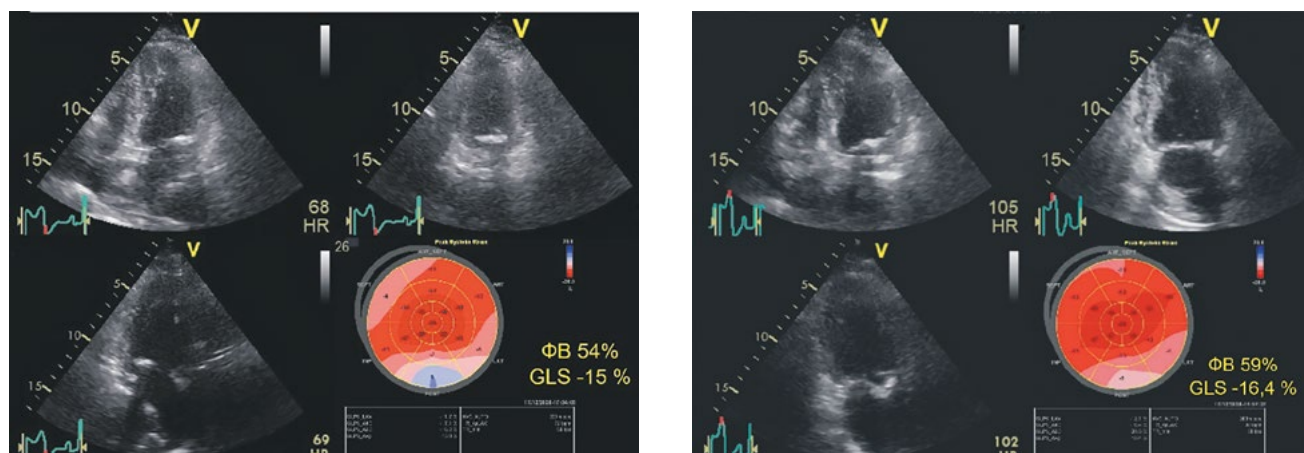


Рисунок 3. Пациентка Г., 80 лет, с умеренным аортальным стенозом, приклапанной аортальной регургитацией. В покое (слева) — зон нарушения локальной сократимости нет, ФВ 54%, GLS —15%. На фоне нагрузки 100 Вт (справа) — зон нарушения локальной сократимости нет, ФВ 59%, GLS —16,4. См. описания по тексту

(полезная механическая работа) и собственно E_{es} (энергия, затраченная без механической работы) линейно связаны не только с сократительной способностью миокарда, но также с эластичностью аорты, функциональными свойствами аортального клапана и, что важно в рамках настоящей работы, с потреблением миокардом кислорода в МЕТ [12]. Поэтому рассмотрение отношений желудочкового давления и объема (E_{es}) у пациентов с АС позволяет подчеркнуть особенности, которые позволяют сердцу эффективно реагировать на изменение потребности в величине сердечного выброса и уровне доставки кислорода, в том числе под влиянием ФН, в связи

По данным J. M. Paradis et al. (2014), при обследовании пациентов с кальцинозом аортального клапана и предшествующей коронарографией была выявлена ассоциация между степенью поражения АК и коронарных артерий [13]. Таким образом, кальцификация аортального клапана с развитием стеноза может служить маркером атеросклероза коронарных артерий и, вероятнее всего, возникает вследствие того же системного сосудистого атеросклеротического процесса, который приводит к прогрессированию ИБС. Подтверждают данное заключение результаты аутопсии лиц в возрасте >65 лет, среди которых в 100% случаев кальцификации аортального или митрального

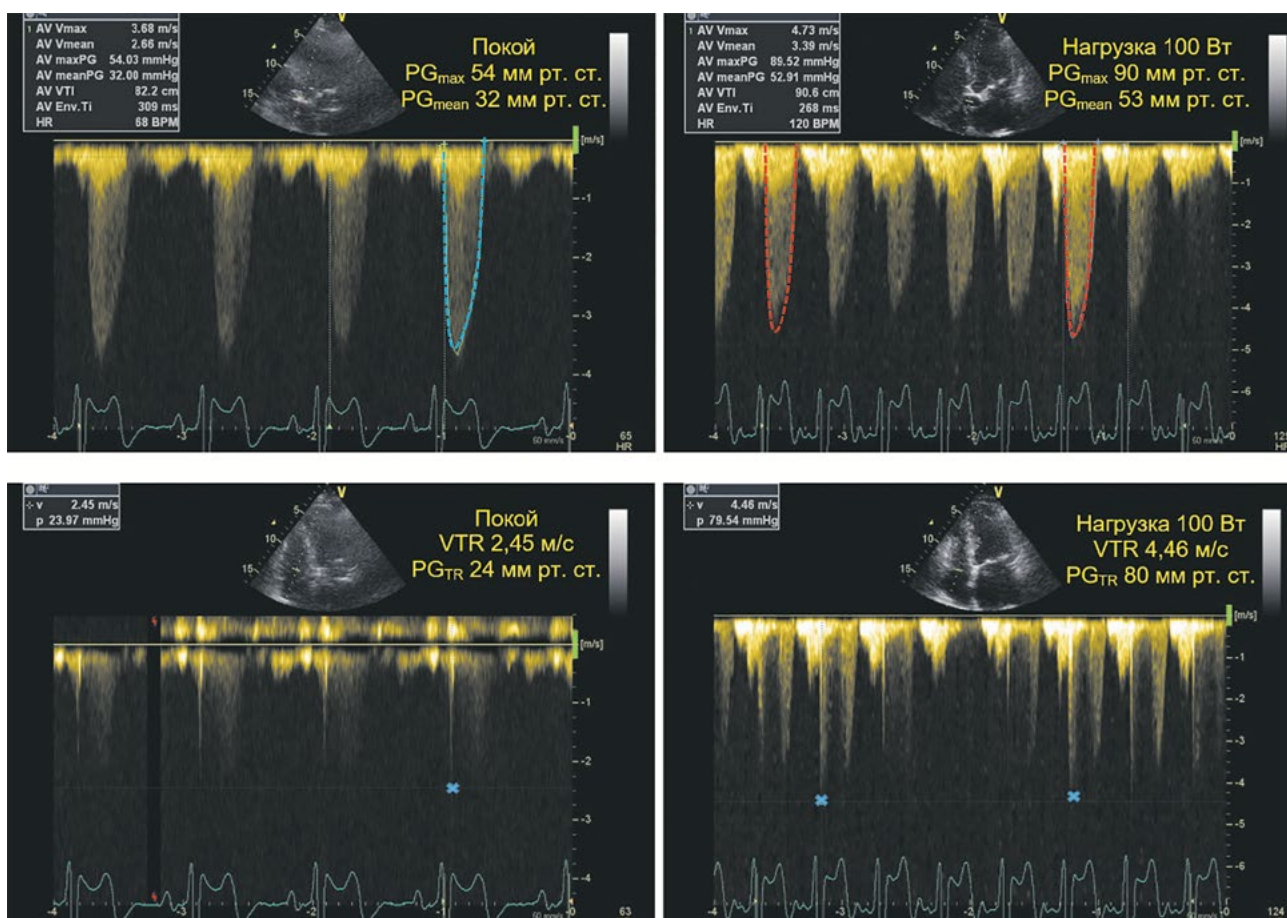


Рисунок 4. Пациентка Г., 80 лет, с умеренным аортальным стенозом, прикапанной аортальной регургитацией. В покое (слева сверху) — кровоток и градиент на аортальном клапане в покое, (слева внизу) — скорость и градиент струи трикуспидальной регургитации (VTR, PG_{TR}). На фоне нагрузки 100 Вт (справа сверху) — кровоток и градиент (PG_{max}, PG_{mean}) на аортальном клапане в покое, (справа внизу) — скорость и градиент струи трикуспидальной регургитации (VTR, PG_{TR}). См. описания по тексту

с чем данный показатель был включен в протокол настоящего исследования. Полученные прямые корреляции E_{es} с ФВ у пациентов с тяжелым АС, E_{es} с GLS у пациентов с умеренным АС, а также в обеих группах — E_{es} с мощностью выполненной нагрузки в МЕТ позволяют использовать индекс эластичности наряду с сократительным резервом для оценки толерантности к ФН при планировании реабилитационных мероприятий, а также для прогнозирования риска и тактики лечения. Так, по мнению K. R. Walley, клиническое значение индекса эластичности состоит также в определении показаний для назначения инотропных средств (при увеличении E_{es}) или препаратов, снижающих постнагрузку (при снижении E_{es}).

клапана сопутствовали кальцифицирующие отложения в одной или нескольких коронарных артериях [14]. В рамках настоящего исследования двух- и трехсосудистое поражение коронарного русла, подтвержденное данными коронароангиографии, имели 88% пациентов с тяжелым АС и 50% пациентов с умеренным АС. Следовательно, проведение стресс-ЭхоКГ-теста, позволяющего оценивать не только ишемические изменения и сократительный резерв, но и степень тяжести аортального стеноза на фоне нагрузки, является обоснованным для применения в современной клинической практике.

В исследованиях D. M. Zlotnick (2013) было установлено, что у пациентов, перенесших замену аортального клапана

по поводу АС, тяжелая ЛГ является независимым предиктором внутрибольничной смертности и пятилетней выживаемости [4]. В настоящем исследовании было выявлено, что у пациентов с тяжелым АС на фоне ФН прирост СДЛА оказался выше, чем в группе с умеренным АС при отсутствии значимых различий СДЛА в обеих группах в покое. Отсюда можно заключить, что оценка СДЛА на фоне физической нагрузки при стресс-ЭхоКГ также является необходимой для оценки послеоперационных рисков [15].

Выводы

Клиническое значение стресс-эхокардиографии у пациентов с умеренным и тяжелым бессимптомным аортальным стенозом заключается в возможности определения ряда гемодинамических параметров на фоне физиологической провокации с помощью физической нагрузки (увеличение градиента на АК, прирост ФВ и GLS, E_{es}), которые помогают определить оптимальные сроки проведения хирургического вмешательства.

При нормальных значениях ФВ в покое у пациентов с тяжелым и умеренным АС дефицит сократительной функции можно выявить с помощью показателя GLS. Отсутствие контрактильного резерва по обоим показателям (ФВ и GLS) выявлено в группе пациентов с тяжелым АС, что в сочетании со значимым стресс-индуцированным увеличением градиента на АК ($\geq 18-20$ мм рт. ст.) и нарастанием СДЛА (> 60 мм рт. ст.) рассматривается как предиктор неблагоприятного прогноза естественного течения заболевания аортального клапана, а пациентов с подобными результатами нагрузочного теста — как возможных кандидатов на хирургическое протезирование аортального клапана. Снижение прироста E_{es} на фоне ФН, которое было взаимосвязано с изменением других параметров сократимости и мощностью выполненной нагрузки в МЕТ, существенно дополняет функциональную характеристику поражения у пациентов с АС.

К преимуществам метода стресс-эхокардиографии у пациентов с аортальным стенозом можно отнести не только возможность неинвазивного определения тяжести порока (по увеличению градиентов на АК и градиента скорости струи трикуспидальной регургитации), но и сопутствующей ишемии миокарда и сократительного резерва левого желудочка с по-

мощью современных высокочувствительных параметров (ФВ, GLS, E_{es}), связанных непосредственно с метаболическими и функциональными характеристиками сердечно-сосудистой системы, а следовательно, во многом определяющими выбор стратегии консервативного и/или оперативного лечения.

Список литературы / Reference

1. Martinsson A., Li X., Andersson C. et al. Temporal trends in the incidence and prognosis of aortic stenosis: a nationwide study of the Swedish population. *Circulation*. 2015;131(11):988–94.
2. Dudink E., Peeters F., Allintas S. et al. Agatston score of the descending aorta is independently associated with coronary events in a low-risk population. *Open Heart Journal*. 2018;5:89–93. doi: 10.1136/openhrt-2018-000893.
3. Рябова Т. П., Соколов А. А., Рябов В. В. Стресс-эхокардиография при пороках аортального клапана. Современное состояние вопроса. Сердце: журнал для практикующих врачей. 2015; Т. 14, № 3(83):170–179. [Ryabova T. P., Sokolov A. A., Ryabov V. V. Stress echocardiography in aortic valve defects. *State of the art. Russian Heart Journal*. 2015;14(3):170–179].
4. Zlotnick David M. et al. Effect of Preoperative Pulmonary Hypertension on Outcomes in Patients With Severe Aortic Stenosis Following Surgical Aortic Valve Replacement. *American Journal of Cardiology*. 2013;112(10):1635–1640.
5. Chen C. H., Fetics B., Nevo E., Rochitte S. E. et al. Kawaguchi M, Kass DA. Noninvasive Single-Beat Determination of Left Ventricular End-Systolic Elastance in Humans. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001;38:2028–2034.
6. Lancellotti P., Pellikka P. A., Budts W. et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2017;17(11):1191–1229.
7. Baumgartner H., Hung J., Bermejo J. et al. 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. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2017;18(3):254–275.
8. Бобров А. Л., Бобров Л. А. Количественные методы анализа в стресс-эхокардиографии. Российский кардиологический журнал. 2014. № 2 (106). — С. 96–103. [Bobrov A. L., Bobrov L. A. Quantitative analytical methods in stress echocardiography. *Russian Journal of Cardiology*. 2014;(2):96–103. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2014-2-96-103>].
9. Lancellotti P., Donal E., Magne J., O'Connor K. et al. Impact of global left ventricular afterload on left ventricular function in asymptomatic severe aortic stenosis: a two-dimensional speckle-tracking study. *European Journal of Echocardiography*. 2010;11(6):537–543.
10. Kearney L. G., Lu K., Ord M. et al. Global longitudinal strain is a strong independent predictor of all-cause mortality in patients with aortic stenosis. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2012;13(10):827–833.
11. van Zalen J., Badiani S., Hart L. M. et al. The importance of contractile reserve in predicting exercise tolerance in asymptomatic patients with severe aortic stenosis. *Echo Research Practice*. 2019;6(3):43–52.
12. Walley K. R. Left ventricular function: time-varying elastance and left ventricular aortic coupling. *Critical Care*. 2016;20(1):270.
13. Paradis J.-M., Fried J., Nazif T. et al. Aortic stenosis and coronary artery disease: What do we know? What don't we know? A comprehensive review of the literature with proposed treatment algorithms. *European Heart Journal*. 2014;35(31):2069–2082.
14. Roberts W. C. Morphologic features of the normal and abnormal mitral valve. *American Journal of Cardiology*. 1983;51(6):1005–1028.
15. Бартош-Зеленая С. Ю., Найден Т. В., Гусева О. А., Андреева А. Е. Возможности современной стресс-эхокардиографии при аортальных пороках. Медицинский алфавит. 2017;3(39):39–45. [Bartosh-Zelenaya S. J., Naiden T. V., Guseva O. A., Andreeva A. E. Clinical use of modern stress echocardiography in aortic valve diseases summary. *Medical alphabet*. 2017; 3(39):39–45].

Сведения об авторах

Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна¹, д.м.н., профессор кафедры функциональной диагностики
Найден Татьяна Викторовна¹, ассистент кафедры функциональной диагностики
Андреева Алина Евгеньевна¹, заведующая отделением функциональной диагностики
Степанова Виктория Викторовна², врач отделения функциональной диагностики

¹ ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

² СПб ГБУЗ «Городская больница №40 Курортного района», Санкт-Петербург, г. Сестрорецк

Автор для переписки: Татьяна Викторовна Найден. E-mail: tatianan86@mail.ru

About authors

S. Yu. Bartosh-Zelenaya¹, MD, PhD, Department of Functional Diagnostics

T. V. Naiden, PhD¹, Assistant of the Department of Functional Diagnostics
A. E. Andreeva¹, Head of the Department of Functional Diagnostics

V. V. Stepanova², physician of the Department of Functional Diagnostics

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'North-West State Medical University named by I. I. Mechnikov'

² St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution 'City Hospital No.40 of the Kurortny District'

Corresponding author: Tatyana Viktorovna Naiden. E-mail: tatianan86@mail.ru

Статья поступила / Received 16.02.21
 Получена после рецензирования / Revised 17.02.21
 Принята к публикации / Accepted 18.02.21

Для цитирования: Бартош-Зеленая С. Ю., Найден Т. В., Андреева А. Е., Степанова В. В. Клиническое значение и преимущества стресс-эхокардиографии у пациентов с умеренным и тяжелым аортальным стенозом. Медицинский алфавит. 2021; (5):18–24. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-18-24>

For citation: Bartosh-Zelenaya S. Yu., Naiden T. V., Stepanova V. V., Andreeva A. E. The Clinical Significance and advantages of Stress Echocardiography in patients with moderate to severe aortic stenosis. *Medical alphabet*. 2021; (5):18–24. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-18-24>

