

Мазур Е. С., Мазур В. В., Баженов Н. Д., Нилова О. В., Николаева Т. О., Алексеев Д. В.
ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава РФ, Тверь, Россия

УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ АССОЦИИРУЕТСЯ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ РЕЗУЛЬТАТОМ ДИАСТОЛИЧЕСКОГО СТРЕСС-ТЕСТА У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Цель	Изучить взаимосвязь между изменением объема левого предсердия (ОЛП) при физической нагрузке и результатом диастолического стресс-теста (ДСТ) у больных артериальной гипертензией (АГ).
Материал и методы	В исследование включено 219 больных АГ без ишемической болезни сердца и фибрилляции предсердий. При выполнении ДСТ до и после нагрузки определялись отношение скорости трансмитрального кровотока и скорости смещения кольца митрального клапана (E/e'), глобальная продольная деформация левого предсердия в фазу резервуара (стрейн резервуара) и ОЛП. Критерием положительного ДСТ считалось повышение $E/e' \geq 15$.
Результаты	Положительный результат ДСТ констатирован у 90 (41,1%) пациентов. Больные с положительным ДСТ были старше (65,0 и 59,0 лет), среди них было меньше мужчин (24,4 и 41,1%), но больше лиц с ожирением (66,7 и 40,3%) и сахарным диабетом (36,7 и 8,5%). В покое у больных с положительным ДСТ были больше отношение E/e' (11,5 и 8,8), систолическое давление в легочной артерии (29,0 и 27,0 мм рт. ст.) и ОЛП (60,0 и 52,0 мл), но меньше стрейн резервуара левого предсердия (20,0 и 24,0%). При физической нагрузке отношение E/e' у больных с положительным и отрицательным ДСТ возросло соответственно на 5,46 и 0,47 единицы. Изменение при нагрузке ОЛП и стрейна резервуара в сравниваемых группах носило разнонаправленный характер. Стрейн резервуара левого предсердия у больных с положительным ДСТ снизился в среднем на 1,0 процентный пункт (п.п.), а у больных с отрицательным ДСТ возрос на 8,0 п.п. ОЛП у больных с положительным ДСТ при нагрузке возрос на 10,0 мл, а в альтернативной группе снизился на 8,5 мл. AUC для динамики ОЛП, как признака положительного ДСТ, составила 0,987, для стрейна резервуара левого предсердия в покое — 0,938. Прирост ОЛП >1 мл, как признак положительного ДСТ, обладает чувствительностью 96,9% и специфичностью 95,1%.
Заключение	У больных АГ изменение давления наполнения левого желудочка ассоциируется с однонаправленным изменением ОЛП. Увеличение ОЛП при физической нагрузке более чем на 1 мл может служить критерием положительного результата ДСТ. Такая оценка в 94,5% случаев совпадает с оценкой результата ДСТ по критерию $E/e' > 15$.
Ключевые слова	Сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса; артериальная гипертензия; диастолический стресс-тест; предсердная кардиомиопатия; технология speckle tracking; деформация миокарда левого предсердия; объем левого предсердия
Для цитирования	Mazur E.S., Mazur V.V., Bazhenov N.D., Nilova O.V., Nikolaeva T.O., Alekseev D.V. An Increase in the Left Atrium Volume During Exercise is Associated With a Positive Result of a Diastolic Stress Test in Patients With Arterial Hypertension. <i>Kardiologiia</i> . 2024;64(3):11–17. [Russian: Мазур Е.С., Мазур В.В., Баженов Н.Д., Нилова О.В., Николаева Т.О., Алексеев Д.В. Увеличение объема левого предсердия при физической нагрузке ассоциируется с положительным результатом диастолического стресс-теста у больных артериальной гипертензией. <i>Кардиология</i> . 2024;64(3):11–17].
Автор для переписки	Мазур Вера Вячеславовна. E-mail: vera.v.mazur@gmail.com

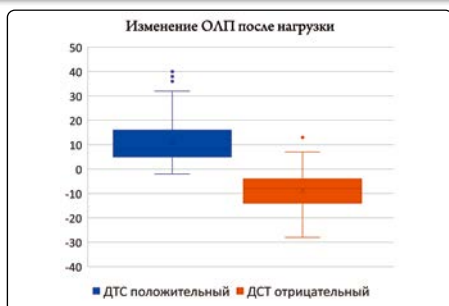
Введение

«Золотым стандартом» диагностики сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ) служит инвазивное измерение давления наполнения левого желудочка, однако широкая распространенность и высокая клиническая значимость этой патологии делает актуальной разработку методов ее диагностики, пригодных для использования в широкой клинической практике [1]. Одним из таких методов является диастолический

стресс-тест (ДСТ), то есть проба с физической нагрузкой под эхокардиографическим контролем, при которой реакция давления наполнения левого желудочка на физическую нагрузку оценивается по изменению отношения E/e' , то есть отношения скорости трансмитрального кровотока в фазу раннего наполнения (E) к скорости смещения кольца митрального клапана (e'). Критерием положительного ДСТ служит возрастание E/e' при нагрузке до 15 и более. Дополнительным критерием слу-

Центральная иллюстрация. Увеличение объема левого предсердия при физической нагрузке ассоциируется с положительным результатом диастолического стресс-теста у больных артериальной гипертензией

Диастолический стресс-тест (ДСТ) выполнен 219 больным артериальной гипертензией (мужчин 34,2%, средний возраст $60,5 \pm 8,7$ лет). Объем левого предсердия (ОЛП) после физической нагрузки увеличился у 88 (97,8%) из 90 больных с положительным результатом ДСТ и уменьшился у 118 (91,5%) из 129 больных с отрицательным ДСТ



У больных артериальной гипертензией увеличение ОЛП при физической нагрузке более чем на 1 мл может служить критерием положительного результата ДСТ (чувствительность 96,9%, специфичность 95,1%)

ОЛП – объем левого предсердия, ДСТ – диастолический стресс-тест.

жит повышение систолического давления в легочной артерии (СДЛА) до 50 мм рт. ст. и более [2, 3]. ДСТ может быть использован вместо инвазивного измерения давления наполнения [4], если существующие алгоритмы определения вероятности СНсФВ не позволяют отклонить или принять этот диагноз в связи с его крайне низкой или крайне высокой вероятностью [5, 6].

ДСТ значительно более доступен, чем инвазивное измерение давления наполнения, но не лишен недостатков. Прежде всего следует отметить, что результаты ДСТ в значительной мере зависят от точности измерения скоростей трансмитрального кровотока, смещения кольца митрального клапана и трикуспидальной регургитации при физической нагрузке, то есть при высокой частоте сердечных сокращений и глубоком учащенном дыхании. В таких условиях отношение E/e' не поддается измерению в 20% случаев, а скорость трикуспидальной регургитации – в 50% случаев, что делает актуальным поиск альтернативных методов оценки реакции давления наполнения левого желудочка на физическую нагрузку [7].

Известно, что при отсутствии фибрилляции предсердий и митральных пороков объем левого предсердия (ОЛП) зависит от давления наполнения левого желудочка [8], что позволило европейским экспертам включить дилатацию левого предсердия в число больших критериев диагностики СНсФВ [6]. Однако, судя по данным литературы, связь изменения ОЛП при физической нагрузке с результатами ДСТ ранее не изучалась.

Цель исследования

Цель исследования – изучить взаимосвязь между изменением ОЛП при физической нагрузке и результатом ДСТ у больных артериальной гипертензией (АГ).

Материал и методы

Одноцентровое, одномоментное исследование было одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Тверской ГМУ» Минздрава России (протокол №7 от 23.04.2020) и выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации. Все включенные в исследование пациенты подписали добровольное информированное согласие на использование результатов выполненных им исследований в научных целях.

В исследование включались больные с ранее диагностированной АГ, которым для выявления причины жалоб на одышку или боли в области сердца были выполнены трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ), стресс-эхокардиография и суточное мониторирование электрокардиограммы. Критерием ранее диагностированной АГ считался постоянный прием не менее двух антигипертензивных препаратов. Из исследования были исключены пациенты без гипертрофии левого желудочка, с фракцией выброса левого желудочка ниже 50%, с ранее диагностированной ишемической болезнью сердца или признаками транзиторной ишемии миокарда, выявленными при стресс-эхокардиографии, а также больные с ранее диагностированной или выявленной при суточном мониторировании ЭКГ фибрилляцией предсердий.

Учитывались пол и возраст пациентов, наличие сопутствующего сахарного диабета и ожирения, прием антигипертензивных средств и уровень артериального давления (АД) на момент исследования. Ожирение диагностировалось при индексе массы тела $30,0 \text{ кг/м}^2$ и более. Целевым считался уровень АД ниже 140/90 мм рт. ст.

ДСТ проводился в соответствии с действующими российскими и международными рекомендациями [2, 3, 7], в качестве физической нагрузки использовали велоэрго-

метрию в положении сидя с начальной нагрузкой в 25 Вт в течение 3 минут с последующим приростом на 25 Вт каждые 3 минуты до достижения целевой ЧСС (85% от максимальной) или появления симптомов (одышки), не позволяющих продолжить выполнение теста. На протяжении всего теста пациентами поддерживалась скорость педалирования 60 оборотов в минуту.

До начала и в течение не более 2 мин после завершения нагрузочной пробы выполнялось ЭхоКГ исследование (аппарат Vivid S70, GE, США), при котором измерялись пиковые скорости трансмитрального кровотока в раннюю (Е) и предсердную (А) фазы наполнения, скорость смещения кольца митрального кольца (е') и скорость трикуспидальной регургитации. Рассчитывались отношение E/e' и систолическое давление в легочной артерии (СДЛА). Критерием положительного ДСТ считалось повышение $E/e' \geq 15$, независимо от уровня СДЛА. Минимальный, пресистолический и максимальный объем левого предсердия (ОЛП) определялся с использованием бипланового метода, основанного на суммировании дисков в апикальных четырех- и двухкамерной позициях. Визуализация изучаемых структур, расчеты ультразвуковых параметров выполнялись с учетом действующих рекомендаций ASE и EACVI [9].

Двухмерная эхокардиография с технологией отслеживания серого пятна (speckle-tracking) и последующий анализ проводились на ультразвуковых изображениях с частотой кадров не менее 50 кадров в секунду. Кривые деформации левого предсердия были созданы путем ручного отслеживания эндокардиальной границы в апикальной четырехкамерной проекции в конце диастолы в соответствии с R-R алгоритмом (нулевой уровень деформации установлен на зубце R). Стрейн резервуара определялся как пиковый продольный стрейн левого предсердия [10].

Статистический анализ выполнен с помощью компьютерной программы MedCalc® Statistical Software version 22.006 (MedCalc Software Ltd, Belgium). Значения категориальных переменных представлены в виде абсолютно и относительного числа носителей признака – n (%); для оценки межгрупповых различий использовался критерий хи-квадрат, а при наличии в четырехпольной таблице ячеек с числом наблюдений менее 5 – точный двусторонний критерий Фишера. Поскольку распределение большинства числовых переменных отличалось от нормального, для характеристики их средних значений использовались медианы, которые при описании контингента обследованных больных представлены с межквартильным интервалом (Ме [Q1; Q3]), а при сравнении выделенных групп – с 95% доверительным интервалом – Ме (95% ДИ). Статистическая значимость межгрупповых различий оценивалась по критерию Манна-Уитни, а статистическая значимость динамики числовых пере-

менных – по критерию Уилкоксона. Для оценки прогностических возможностей переменных использовался ROC-анализ, площадь под кривыми ошибок (AUC) сравнивалась по методу DeLong et al. Для изучения взаимосвязи между числовыми переменными использовался корреляционный анализ. Результаты статистического анализа признавались значимыми при вероятности нулевой гипотезы менее 5% ($p < 0,05$).

Результаты

Среди 219 включенных в исследование пациентов было 75 (34,2%) мужчин; медиана возраста составила 61,0 [55,0; 67,0] год, анамнестическая продолжительность АГ – 7,0 [5,0; 10,0] лет. У 112 (51,1%) обследованных отмечалось ожирение, у 44 (20,1%) – сахарный диабет. Все пациенты получали комбинированную антигипертензивную терапию, которая в 213 (97,3%) случаях включала ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента или блокаторы рецепторов ангиотензина II, в 121 (55,3%) случае – бета-адреноблокаторы, в 111 (50,7%) – диуретики и в 108 (49,3%) случаях – антагонисты кальция. У 113 (51,6%) пациентов уровень АД на момент обследования был ниже 140/90 мм рт. ст. Медиана индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) у мужчин равнялась 127,0 [118,0; 137,8] г/м², у женщин – 112,0 [104,0; 123,0] г/м². Медиана индекса объема левого предсердия (ИОЛП) составила 28,0 [25,0; 34,0] мл/м².

Таблица 1. Клиническая характеристика больных артериальной гипертензией с отрицательным и положительным результатом диастолического стресс-теста

Показатель	Результат диастолического стресс-теста		
	Отрицательный (n=129)	Положительный (n=90)	P
Возраст, лет	59,0 (56,9–60,1)	65,0 (63,0–67,0)	<0,0001
Мужчины, n (%)	53 (41,1)	22 (24,4)	0,0109
Ожирение, n (%)	52 (40,3)	60 (66,7)	0,0001
Сахарный диабет, n (%)	11 (8,5)	33 (36,7)	<0,0001
Анамнез АГ, лет	6,0 (5,0–7,0)	9,0 (8,0–10,0)	<0,0001
иАПФ/БРА, n (%)	126 (97,7)	87 (96,7)	0,6538
Антагонисты кальция, n (%)	66 (51,2)	42 (46,7)	0,5136
Диуретики, n (%)	61 (47,3)	50 (55,6)	0,2296
Бета-адреноблокаторы, n (%)	61 (47,3)	60 (66,7)	0,0046
АД <140/90 мм рт. ст., n (%)	69 (53,5)	44 (48,9)	0,5038

Числовые значения представлены в виде медианы и ее 95% доверительного интервала – Ме (95% ДИ). Для категориальных переменных указано абсолютное и относительно число носителей признака – n (%). АГ – артериальная гипертензия, АД – артериальное давление, БРА – блокаторы рецепторов ангиотензина II, иАПФ – ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента.

Результат ДСТ оказался положительным у 90 (41,1%) из 219 обследованных пациентов. Как следует из представленных в таблице 1 данных, больные с положительным ДСТ в среднем были старше, имели более длительный гипертензивный анамнез, среди них реже встречались мужчины, но чаще лица с ожирением и сахарным диабетом. Больные с положительным ДСТ чаще получали бета-адреноблокаторы, но эффективность антигипертензивной терапии в сравниваемых группах практически не различалась.

В условиях физического покоя у больных с положительным результатом ДСТ в среднем были больше значения ИММЛЖ, ОЛП, ИОЛП и СДЛА, но ниже средние значения стрейна резервуара (табл. 2). Скорость трансмитрального кровотока в раннюю (Е) и предсердную (А) фазы наполнения в выделенных группах не различалась, однако скорость смещения кольца митрального клапана (е') у больных с положительным результатом ДСТ была меньше, чем в альтернативной группе. Вследствие этого у больных с положительным ДСТ было существенно больше отношение Е/е', отражающее давление наполнения левого желудочка.

На фоне физической нагрузки у больных с отрицательным результатом ДСТ возросла как скорость смещения кольца митрального клапана (е'), так и скорость трансмитрального кровотока в фазу раннего диастолического наполнения (Е), вследствие чего отношение Е/е' почти не изменилось. Следствием ускорения раннего трансмитрального кровотока стало и уменьшение пресистолического ОЛП. Наряду с этим возросла и скорость трансмитрального кровотока в фазу предсердного наполнения (А), что привело к уменьшению минимального ОЛП и возрастанию стрейна резервуара.

У больных с положительным результатом ДСТ скорость расслабления левого желудочка при нагрузке практически не изменилась, а скорость трансмитрального кровотока в раннюю фазу диастолического наполнения резко возросла, что привело к увеличению отношения Е/е до уровня, позволившего констатировать положительный результат ДСТ. Скорость трансмитрального кровотока в фазу предсердного наполнения (А) при физической нагрузке также возросла, но в значительно меньшей мере, чем у больных альтернативной группы. Следствием недостаточного ускорения трансмитрального кровотока в систолу предсердий стало увеличение минимального ОЛП и уменьшение стрейна резервуара.

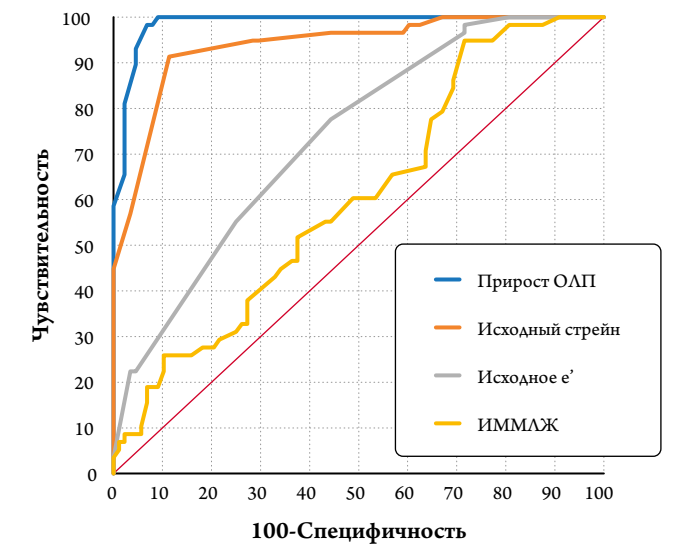
Таким образом, больные с положительным и отрицательным результатом ДСТ различались как по структурно-функциональному состоянию левых отделов сердца в покое, так и по их реакции на физическую нагрузку. Для изучения возможности использования указанных различий в качестве предикторов положительного ре-

Таблица 2. Состояние левых отделов сердца у больных артериальной гипертензией перед проведением диастолического стресс-теста

Показатель	Результат диастолического стресс-теста		
	Отрицательный (n = 129)	Положительный (n = 90)	P
ИММЛЖ у мужчин, г/м ²	122,0 (118,0–131,0)	137,0 (126,0–139,20)	0,0033
ИММЛЖ у женщин, г/м ²	107,5 (104,0–111,0)	115,5 (112,0–120,0)	<0,0001
Минимальный ОЛП, мл	18,0 (16,0–20,0)	23,0 (21,0–28,8)	<0,0001
Пресистолический ОЛП, мл	34,0 (31,0–37,0)	40,0 (39,2–43,8)	<0,0001
Максимальный ОЛП, мл	52,0 (48,0–55,1)	60,0 (56,2–64,0)	0,0001
ИОЛП, мл/м ²	27,0 (26,0–28,1)	30,0 (29,0–33,4)	0,0001
СДЛА, мм рт. ст.	27,0 (27,0–27,0)	29,0 (28,0–30,0)	<0,0001
Е, см/с	63,0 (59,9–65,0)	60,0 (56,2–63,0)	0,2473
А, см/с	74,0 (70,0–76,1)	74,0 (71,0–77,0)	0,9154
е', см/с	7,0 (7,0–7,0)	5,0 (5,0–6,0)	<0,0001
Е/е'	8,8 (8,7–9,4)	11,5 (11,0–11,8)	<0,0001
Стрейн резервуара, %	24,0 (23,0–25,0)	20,0 (19,0–21,0)	<0,0001

Числовые значения представлены в виде медианы и ее 95% доверительного интервала – Ме (95% ДИ). ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, ОЛП – объем левого предсердия, ИОЛП – индекс объема левого предсердия, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, е' – скорость смещения кольца митрального клапана, Е – скорость трансмитрального кровотока в раннюю диастолу, А – скорость трансмитрального кровотока в систолу предсердий.

Рисунок 1. Кривые ошибок для прироста объема левого предсердия (ОЛП) при физической нагрузке, стрейна левого предсердия в фазу резервуара и скорости смещения кольца митрального клапана (е') до нагрузки и индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), как предикторов положительного результата диастолического стресс-теста



зультата ДСТ все обследованные больные были случайным образом разделены на когорту деривации и когорту валидации в соотношении 2:1. В когорте деривации наиболее тесную связь с результатами ДСТ продемонстрировали стрейн резервуара в покое и прирост ОЛП при физической нагрузке (рис. 1). Площадь под кривой ошибок (AUC) для стрейна резервуара составила 0,938 (95% ДИ 0,886–0,971), а для прироста ОЛП – 0,987 (0,952–0,998).

Существенно меньше была площадь под кривой ошибок для показателей, отражающих структурно-функциональное состояние левого желудочка до физической нагрузки. Для скорости смещения кольца митрального клапана (e') AUC оказалась равна 0,735 (0,656–0,805), а для ИММЛЖ – 0,605 (0,521–0,685).

Отрезные точки для прироста ОЛП и стрейна резервуара оказались равны соответственно 1 мл и 21%. В когорте валидации AUC для критерия «прирост ОЛП >1 мл», как предиктора положительного результата ДСТ, оказалась равна 0,960 (0,886–0,992), чувствительность составила 96,9 (83,8–99,9) %, специфичность – 95,1 (83,5–99,4) %, отношение правдоподобия для положительного и отрицательного результата – 19,86 и 0,033. Коэффициент согласия (каппа Коэна) с результатами ДСТ – 0,917 (0,825–1,000). Для критерия «стрейн резервуара $\leq 21\%$ » AUC – 0,883 (0,787–0,947), чувствительность – 93,8 (79,2–99,2) %, специфичность – 82,9 (67,9–92,8) %, отношение правдоподобия для положительного и отрицательного результата – 5,49 и 0,075. Каппа Коэна – 0,754 (0,605–0,903).

Возможность использования прироста ОЛП для прогнозирования результата ДСТ объясняется наличием корреляционной связи между изменением при физической нагрузке отношения E/e' и изменением ОЛП (рис. 2). Коэффициент корреляции между этими показателями оказался равен 0,6047 (95% ДИ: 0,5133–0,6826), $p < 0,0001$. Таким образом, судя по результатам настоящего исследования, изменение при физической нагрузке ОЛП связано с изменением давления наполнения левого желудочка.

Обсуждение

По данным М. Obokata et al. [4], сопоставивших результаты ДСТ с результатами инвазивной диагностики СНсФВ, чувствительность ДСТ составляет 90 (79–96) %, специфичность 71 (51–85) %, отношение правдоподобия для положительного и отрицательного результатов – 3,1 и 0,1. Относительно невысокая дискриминирующая способность ДСТ в значительной мере связана с погрешностями доплеровского измерения скорости трансмитрального кровотока и скорости смещения кольца митрального клапана при резко воз-

Рисунок 2. Диаграмма рассеяния, отражающая связь между изменением при нагрузке давления наполнения левого желудочка (E/e') и изменением объема левого предсердия (ОЛП)

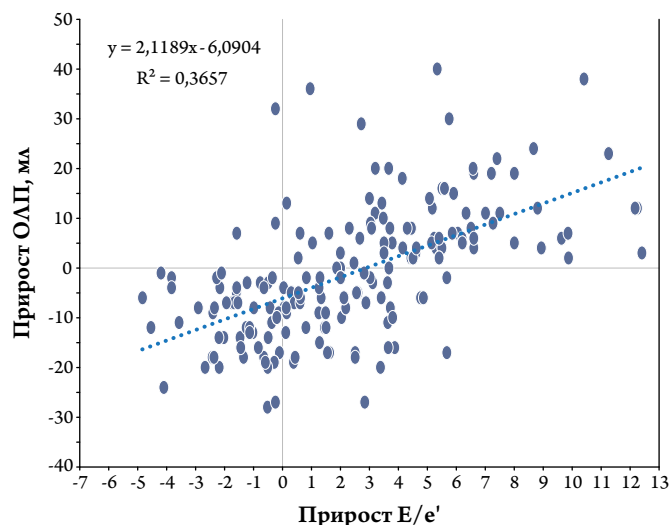


Таблица 3. Изменение при физической нагрузке состояния левых отделов сердца у больных артериальной гипертензией с отрицательным и положительным результатом диастолического стресс-теста

Изменение при нагрузке	Результат диастолического стресс-теста		
	Отрицательный (n = 129)	Положительный (n = 90)	P
Минимального ОЛП, мл	-5,0 (-6,0– -4,5)	7,5 (6,5–8,5)	<0,0001
Пресистолического ОЛП, мл	-7,0 (-8,0– -5,5)	9,0 (7,5–10,0)	<0,0001
Максимального ОЛП, мл	-8,5 (-10,0– -7,0)	10,0 (8,0–12,0)	<0,0001
e' , см/с	1,5 (1,5–2,0)	0,0 (0,0–0,5)	<0,0001
E , см/с	19,0 (16,5–22,0)	34,5 (31,0–37,5)	<0,0001
E/e'	0,47 (0,02–0,90)	5,46 (4,90–6,05)	<0,0001
СДЛА, мм рт. ст.	10,5 (10,0–11,0)	19,0 (18,5–20,0)	<0,0001
Стрейна резервуара, %	8,0 (6,8–9,5)	-1,0 (-1,5– -0,5)	<0,0001
A , см/с	17,5 (15,5–20,0)	6,0 (4,0–8,5)	<0,0001

Представлена разность медиан показателя при нагрузке и в покое и 95% доверительный интервал этой разности. ОЛП – объем левого предсердия, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, e' – скорость смещения кольца митрального клапана, E – скорость трансмитрального кровотока в раннюю диастолу, A – скорость трансмитрального кровотока в систолу предсердий.

росшей на фоне физической нагрузки частоте сердечных сокращений, что делает актуальным поиск новых, не связанных с доплеровским исследованием критериев положительного результата ДСТ [7]. Настоящее исследование показало, что таким критерием может быть увеличение при физической нагрузке ОЛП на 1 мл и более. Оценка результатов ДСТ по традиционным критериям и динамике ОЛП совпадает в 95,9% случаев (коэффициент согласия 0,917).

Следует отметить, что измерение ОЛП до и после физической нагрузки может быть выполнено при проведении обычного ишемического стресс-теста, что позволяет в рамках этого исследования выявить (исключить) не только транзиторную ишемию миокарда, но и оценить вероятность наличия у пациента СНсФВ.

Настоящее исследование подтвердило возможность использования значений стрейна резервуара в покое для прогнозирования результатов ДСТ [11, 12]. По данным Z. Ye et al. [11], площадь под кривой ошибок для стрейна резервуара как предиктора положительного результата ДСТ равна 0,79 (0,74–0,83), по нашим данным – 0,883 (0,787–0,947). При стрейне резервуара не более 21% вероятность положительного результата ДСТ составляет 83,0%, что делает целесообразным его проведение. Более высокие значения стрейна резервуара свидетельствуют о высокой вероятности отрицательного результата теста (94,1%), что позволяет отказаться от проведения нагрузочной пробы. Таким образом, определение при эхокардиографическом исследовании стрейна левого предсердия в фазу резервуара представляется вполне оправданным у пациентов с характерными для сердечной недостаточности жалобами и сохраненной фракцией выброса левого желудочка.

Результаты настоящего исследования в какой-то мере расширяют существующие представления о механизмах развития СНсФВ. Согласно действующим рекомендациям основным патогенетическим механизмом СНсФВ служит нарушение способности левого желудочка к расслаблению. Роль дисфункции левого предсердия в развитии СНсФВ не рассматривается, хотя признается, что фибрилляция предсердий может привести к ее декомпенсации [8, 13]. Между тем, по данным настоящего исследования, результат ДСТ зависит от исходного состояния и реакции на нагрузку не столько левого желудочка, сколько левого предсердия. Об этом свидетельствует тот факт, что стрейн резервуара, отражающий состояние левого предсердия, более тесно связан с результатом ДСТ, чем ИММЛЖ и скорость смещения кольца митрального клапана, отражающая способность левого желудочка к расслаблению.

Результаты многочисленных исследований позволяют считать, что снижение стрейна левого предсердия в фазу резервуара связано с развитием предсердного фиброза [14], служащего морфологическим субстратом предсердной кардиомиопатии (atrial cardiomyopathy) II типа [15]. Под предсердной кардиомиопатией понимают совокупность структурных, функциональных и электрофизиологических изменений миокарда предсердий, приводящих к появлению клинической симптоматики [15]. У больных с положительным результатом ДСТ структурным

проявлением предсердной кардиомиопатии можно считать увеличение ИОЛП, а функциональным – снижение стрейна резервуара. Типичным клиническим проявлением электрофизиологических нарушений при предсердной кардиомиопатии служит фибрилляция предсердий, однако такие больные были исключены из настоящего исследования.

В развитии предсердной кардиомиопатии важную роль играют старение, артериальная гипертензия, ожирение и сахарный диабет [15]. Эти же факторы рассматриваются в качестве индукторов системного воспаления, следствием которого становится эндотелиальная дисфункция коронарного микроциркуляторного русла и нарушение способности миокарда левого желудочка к расслаблению [13]. Действительно, больные с положительным результатом ДСТ, с одной стороны, были старше, у них чаще отмечались ожирение и сахарный диабет, а с другой стороны, у них были существенно меньше значения стрейна резервуара и скорости смещения кольца митрального клапана.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют считать, что результат ДСТ зависит не только от состояния левого желудочка, но и от состояния левого предсердия, в частности, от его способности повышать свою сократительную активность на фоне физической нагрузки.

Ограничения исследования

Исследование выполнено на весьма селективной группе пациентов, что не позволяет перенести его результаты на всю популяцию пациентов с потенциально возможной СНсФВ, в частности, на лиц с ишемической болезнью сердца и фибрилляцией предсердий. Кроме того, высокая дискриминирующая способность динамики ОЛП в отношении результата ДСТ не означает, что этот критерий окажется столь же эффективным в отношении СНсФВ, верифицированной при инвазивном исследовании. Очевидно, что оба эти вопроса требуют специального изучения.

Заключение

У больных АГ изменение давления наполнения левого желудочка ассоциируется с однонаправленным изменением ОЛП. Увеличение ОЛП при физической нагрузке более чем на 1 мл может служить критерием положительного результата ДСТ. Такая оценка в 94,5% случаев совпадает с оценкой результата ДСТ по критерию $E/e' > 15$.

Конфликт интересов не заявлен.

Статья поступила 21.01.2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shchendrygina A.A., Zhdanov K.A., Privalova E.V., Yusupova A.O., Danilovskaya Yu.A., Salakheeva E.Yu. et al. Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Current Diagnostic and Therapeutic Approaches. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2021;17(3):476–83. [Russian: Щендрыгина А.А., Жбанов К.А., Привалова Е.В., Юсупова А.О., Даниловская Ю.А., Салахеева Е.Ю. и др. Хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса: современное состояние проблемы. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии 2021;17(3):476–83]. DOI: 10.20996/1819-6446-2021-05-01
2. Ovchinnikov A.G., Ageev F.T., Alekhin M.N., Belenkov Yu.N., Vasyuk Yu.A., Galyavich A.S. et al. The role of diastolic transthoracic stress echocardiography with incremental workload in the evaluation of heart failure with preserved ejection fraction: indications, methodology, interpretation. *Kardiologiya*. 2020;60(12):48–63. [Russian: Овчинников А.Г., Агеев Ф.Т., Алехин М.Н., Беленков Ю.Н., Васюк Ю.А., Галевич А.С. и др. Диастолическая трансторакальная стресс-эхокардиография с дозированной физической нагрузкой в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: показания, методология, интерпретация результатов. Кардиология. 2020;60(12):48–63]. DOI: 10.18087/cardio.2020.12.n1219
3. Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W, Chaudhry FA, Donal E, Dulgheru R et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Non-Ischemic Heart Disease: Recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2017;30(2):101–38. DOI: 10.1016/j.echo.2016.10.016
4. Obokata M, Kane GC, Reddy YNV, Olson TP, Melenovsky V, Borlaug BA. Role of Diastolic Stress Testing in the Evaluation for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Simultaneous Invasive-Echocardiographic Study. *Circulation*. 2017;135(9):825–38. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822
5. Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, Redfield MM, Borlaug BA. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation*. 2018;138(9):861–70. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646
6. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2019;40(40):3297–317. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz641
7. Harada T, Kagami K, Kato T, Ishii H, Obokata M. Exercise Stress Echocardiography in the Diagnostic Evaluation of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2022;9(3):87. DOI: 10.3390/jcdd9030087
8. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2021;42(36):3599–726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2015;16(3):233–71. DOI: 10.1093/ehjci/jev014
10. Badano LP, Kolas TJ, Muraru D, Abraham TP, Aurigemma G, Edwardsen T et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2018;19(6):591–600. DOI: 10.1093/ehjci/jeu042
11. Ye Z, Miranda WR, Yeung DF, Kane GC, Oh JK. Left Atrial Strain in Evaluation of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2020;33(12):1490–9. DOI: 10.1016/j.echo.2020.07.020
12. Mazur E.S., Mazur V.V., Bazhenov N.D., Nilova O.V., Nikolaeva T.O. Left Atrial Strain as a Predictor of Diastolic Stress Test Results in Patients With Arterial Hypertension. *Kardiologiya*. 2022;62(9):9–17. [Russian: Мазур Е.С., Мазур В.В., Баженов Н.Д., Нилова О.В., Николаева Т.О. Стрейн левого предсердия как предиктор результата диастолического стресс-теста у больных артериальной гипертензией. Кардиология. 2022;62(9):9–17]. DOI: 10.18087/cardio.2022.9.n2206
13. Tereshchenko S.N., Galyavich A.S., Uskach T.M., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Begrambekova Yu.L. et al. 2020 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):311–74. [Russian: Терещенко С.Н. Галевич А.С., Ускач Т.М., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., Беграмбекова Ю.Л. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(11):311–74]. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-4083
14. Ma J, Chen Q, Ma S. Left atrial fibrosis in atrial fibrillation: Mechanisms, clinical evaluation and management. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2021;25(6):2764–75. DOI: 10.1111/jcmm.16350
15. Goette A, Kalman JM, Aguinaga L, Akar J, Cabrera JA, Chen SA et al. EHRA/HRS/APHRS/SOLAECE expert consensus on atrial cardiomyopathies: definition, characterization, and clinical implication. *Europace*. 2016;18(10):1455–90. DOI: 10.1093/europace/euw161