

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-281>

Исследование функции левого предсердия и диастолической функции левого желудочка во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой у пациентов с различными типами фибрилляции предсердий

Е.С. Калинина, О. Ханджыкова, И.Б. Бегидова, А.В. Загатина*

Научно-исследовательский кардиологический центр Медика;
197110 Санкт-Петербург, ул. Петрозаводская, д. 13, Российская Федерация

Цель исследования: выявить пороговые значения параметров функции левого предсердия (ЛП) в покое и при физической нагрузке, характерные для пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП).

Материал и методы. В данном проспективном одноцентровом исследовании был проведен скрининг 300 пациентов, в окончательный анализ вошло 297 человек. Основная когорта пациентов была поделена на 3 группы: пациенты с синусовым ритмом без указания на наличие ФП в анамнезе, группа с пароксизмальной/персистирующей формой ФП (ПФП) в анамнезе, пациенты с постоянной формой ФП. Всем пациентам выполнялась стресс-эхокардиография по протоколу ABCDE с дополнительной оценкой в покое и на пике нагрузки индекса объема и пикового значения фазы резервуара стрейна ЛП.

Результаты. Доступность исследования функции ЛП была у 99% пациентов (95% ДИ 98–100%). Группу с синусовым ритмом составили 240 человек (1-я группа), с ПФП – 38 человек (2-я группа), с постоянной формой ФП – 19 человек (3-я группа). Определены пороговые значения параметров: объема и функции ЛП и диастолической функции левого желудочка в покое и при физической нагрузке, которые достоверно отличали группу пациентов с синусовым ритмом от пациентов с ПФП (1-ю и 2-ю группы соответственно). Наилучшими параметрами, классифицирующими принадлежность к группе ПФП, были показатели объема и сократимости ЛП. При этом количественный параметр стрейна ЛП значительно лучше классифицировал эти группы пациентов при физической нагрузке (точность – 74%, чувствительность – 89%, специфичность – 49%), чем в покое (точность – 64%, чувствительность – 74%, специфичность – 51%), при $p < 0,004$.

Выводы. Полученные пороговые величины функции и объема левого предсердия, а также E/e' в покое и во время физической нагрузке помогут точнее дифференцировать пациентов с одышкой/

Калинина Елена Сергеевна – врач функциональной диагностики, врач-кардиолог Научно-исследовательского кардиологического центра Медика, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-4007-3322>

Ханджыкова Огуллейла – врач-терапевт Научно-исследовательского кардиологического центра Медика, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0009-0007-3010-1369>

Бегидова Ирина Беслановна – врач-терапевт Научно-исследовательского кардиологического центра Медика, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0009-0008-8967-4605>

Загатина Анжела Валентиновна – доктор мед. наук, врач функциональной диагностики, врач-кардиолог Научно-исследовательского кардиологического центра Медика, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-9085-4872>

Контактная информация*: Загатина Анжела Валентиновна – e-mail: smiangela@yandex.ru

дискомфортом в грудной клетке на группы с и без пароксизмальной/персистирующей ФП, наиболее точным параметром является стрейн левого предсердия во время физической нагрузки.

Ключевые слова: стресс-эхокардиография; стрейн левого предсердия; фибрилляция предсердий; функция левого предсердия; стресс-эхо с физической нагрузкой

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Калинина Е.С., Ханджыкова О., Бегидова И.Б., Загатина А.В. Исследование функции левого предсердия и диастолической функции левого желудочка во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой у пациентов с различными типами фибрилляции предсердий. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2024; 4: 82–92. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-281>

ВВЕДЕНИЕ

Фибрилляция предсердий (ФП) – одно из наиболее часто встречающихся нарушений ритма во взрослой популяции, приводящее к инсультам, сердечной недостаточности, инвалидизации и другим серьезным клиническим проявлениям сердечно-сосудистых заболеваний [1]. Этим видом аритмии по подсчетам страдают 2–4% взрослых людей [1], с 1990 по 2019 г. число пациентов с ФП увеличилось более чем на 100% [2]. Пароксизмальная и персистирующая формы ФП (ПФП) чаще всего являются промежуточными между стойким синусовым ритмом и постоянной формой ФП (ПостФП). Бессимптомные и малосимптомные формы ФП часто остаются недиагностированными, в этих ситуациях первым проявлением этой патологии может стать инсульт. Около 25% криптогенных инсультов могут быть связаны со скрытыми формами ФП [3]. Учитывая широкую распространенность этой патологии, диагностика наличия персистирующих/пароксизмальных форм ФП у пациентов с синусовым ритмом остается актуальной и нерешенной задачей. Ряд исследований показали связь атриопатии: изменения структуры и функции левого предсердия (ЛП), определяемые в покое, с развитием предсердных нарушений ритма, включая ФП [4–6]. Гипотетически изменения функции ЛП, связанные с атриопатией, могут отчетливее регистрироваться при увеличении нагрузки, которую легко спровоцировать при стресс-эхокардиографии. Поэтому изменение диастолической функции левого желудочка, сократительной способности ЛП и его объема во время

стресс-эхокардиографии при различных формах ФП представляется актуальным.

Цель исследования: выявить пороговые значения параметров функции ЛП в покое и во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой для пациентов с различными типами фибрилляции предсердий (ФП).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проведения одноцентрового проспективного исследования был проведен скрининг 300 пациентов, последовательно направленных на стресс-эхокардиографию для дифференциальной диагностики одышки, дискомфорта или болей в грудной клетке, с сентября 2022 г. по март 2023 г.

Критерии включения:

- возраст старше 18 лет;
- возможность анализа функции ЛП во время нагрузочного теста.

Критерии исключения:

- клинически значимые клапанные и врожденные пороки сердца.

Основная когорта пациентов была поделена на 3 группы: пациенты с синусовым ритмом без указания на наличие ФП в анамнезе, группа с ПФП в анамнезе, пациенты с ПостФП.

Всем пациентам проводился осмотр, сбор анамнестических данных и опрос по основным факторам риска. Все пациенты подписали информированное согласие перед исследованием. Исследование первоначально одобрено комитетом по биомедицинской этике при Клинике высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова СПбГУ, про-

токол от 23.01.2020, далее в клинике, в которой осуществлялся набор пациентов для исследования, в Научно-исследовательском кардиологическом центре Медика, протокол №2 от 18.03.2023.

Эхокардиография

Эхокардиографическое исследование проводили на аппарате Vivid E95 GE с использованием секторных датчиков M4S и M5S-D. Всем пациентам выполнялось эхокардиографическое исследование в покое. Все измерения выполнялись согласно действующим рекомендациям [8].

Стресс-эхокардиография

Всем пациентам проводилось стресс-эхокардиографическое исследование по протоколу ABCDE на горизонтальном велоэргометре [9]. Исследования выполнялись с отменой бета-блокаторов всем пациентам в день исследования, также не было пациентов, применявших нитраты.

Оценивались такие параметры, как регионарное нарушение сократимости стенок левого желудочка (ЛЖ); В-линии; резерв скорости коронарного кровотока в срединном сегменте передней межжелудочковой артерии (“коронарный резерв”); контрактильный резерв; резерв частоты сердечных сокращений. Петли 4- и 2-камерных изображений, полученные в покое и на пике физической нагрузки, использовались также для измерения объема и параметров функции ЛП. Анализ диастолической функции ЛЖ проводился на основании согласованного мнения экспертов [10] с использованием соотношения раннего диастолического пика трансмитрального кровотока E и усредненных скоростей e' , измеренных в медиальной и латеральной частях митрального фиброзного кольца с помощью тканевого импульсно-волнового доплеровского исследования (E/e'), максимальной скорости тока трикуспидальной недостаточности, рассчитывалось систолическое давление в легочной артерии до и на пике нагрузки. Ишемическим тестом считался тест с изменением сократимости ЛЖ в двух и более сегментах.

Оценка левого предсердия

Индекс объема ЛП измерялся в 4- и 2-камерных проекциях модифицированным

методом Симпсона (метод дисков) с индексированием к площади поверхности тела. Стрейн ЛП измерялся с помощью эхокардиографии с отслеживанием спеклов с частотой кадров от 60 до 80 в секунду.

Деформацию ЛП рассчитывали из комбинированных 4- и 2-камерных проекций (среднее значение по 12 сегментам ЛП), в случае неоптимального качества 2-камерной позиции из апикальной 4-камерной проекции (среднее по 6 сегментам ЛП), согласно рекомендациям [11]. Расчет стрейна ЛП проводился в конце диастолы ЛЖ, что на ЭКГ соответствовало вершине зубца R, которая использовалась в качестве нулевого значения на графике деформации. У пациентов с ПостФП усреднение было по трем сердечным циклам. Первый положительный пик соответствовал фазе резервуара, значения выражались в процентах. В исследовании использовалось пиковое значение фазы резервуара (далее в тексте приводятся данные этой фазы стрейн ЛП). Анализ функции проводился по петлям изображений в покое и на пике физической нагрузки автоматическим способом (AutoLA) под контролем визуального соответствия правильной трассировке и опорной точки времени на платформе EchoPAC, версия 204.

Пример измерения приведен на рис. 1.

Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США) и MedCalc Statistical Software 14.8.1 (MedCalc Software bvba, Бельгия). Качественные данные представлены в виде встречаемости в когорте в процентах с 95% доверительным интервалом (ДИ), тогда как количественные данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения или медианы с 25% и 75% квартилями с указанием минимального и максимального значений в зависимости от нормальности распределения. Сравнение непрерывных величин в группах осуществляли при помощи парного t-теста Стьюдента. Сопоставление пропорций проводилось с помощью теста Пирсона χ^2 и точного теста Фишера, при необходимости с поправкой Йетса. При множественных группах сравнения применялся метод ANOVA или Краскела–Уоллиса в зависимости от нормальности распределения количественных параметров. Для определения пороговых величин использовали

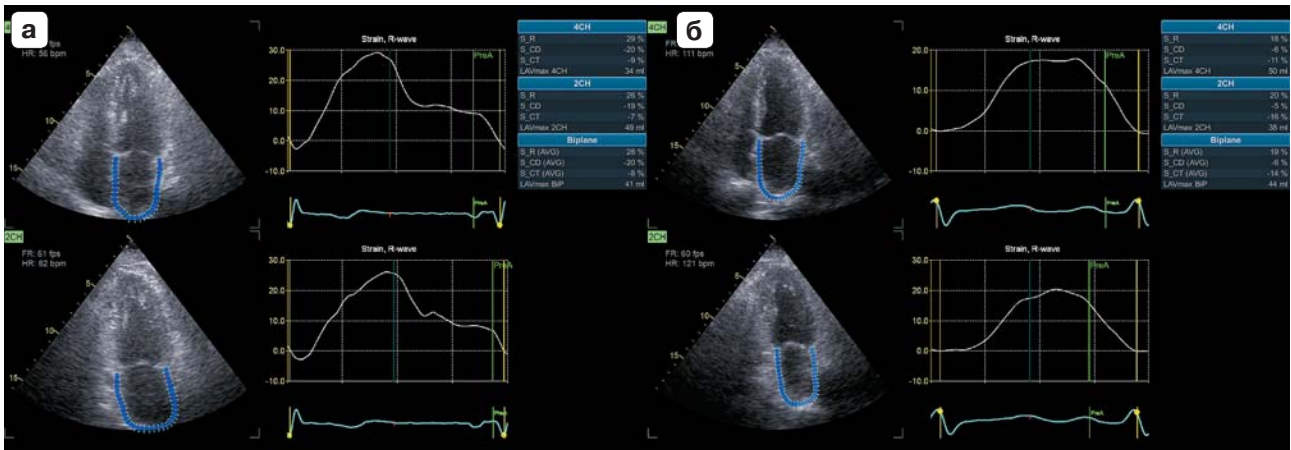


Рис. 1. Измерение стрейн левого предсердия в покое (а) и во время физической нагрузки (б). Количественные расчеты проводились по сохраненным в DICOM-формате петлям в анонимном режиме без знания анамнеза, данных пациента.

Fig. 1. Assessment of left atrial strain at rest (a) and during exercise (b). Quantitative analysis was carried out with the use of cine loops saved in DICOM format with no information on the patient's history and data.

метод бинарного классификатора (ROC-анализ). Корреляция непараметрических данных проводилась методом Спирмена. Значение $p < 0,05$ считалось статистически значимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В окончательный анализ включено 297 человек. Доступность исследования функции ЛП была у 99% пациентов (95% ДИ 98–100%). Группу с синусовым ритмом составили 240 человек, с ПФП – 38 человек, с ПостФП – 19 человек. У пациентов группы с ПФП был синусовый ритм в момент исследования. У 19 (6%) пациентов стрейн ЛП в 2-камерной позиции был неоптимален, значение определялось по 4-камерной позиции. Основные характеристики общей когорты и групп пациентов представлены в табл. 1, 2.

Анализ данных во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой

Основные параметры общей когорты и групп пациентов теста с физической нагрузкой представлены в табл. 3. В исследовании не было пациентов с сомнительными тестами, все тесты были расценены как наличие или отсутствие ишемических изменений по сократимости ЛЖ в двух и более сегментах, обозначено термином “ишемия”.

Степень изменений диастолической функции ЛЖ, в частности отношение E/e' , коррелировало с наличием ФП, то есть с принадлежностью пациентов ко 2-й или 3-й группе: определялась значимая ранговая корреляция в покое и при физической нагрузке E/e' и принадлежность к группам ФП (2-й и 3-й группам), $\rho = 0,338$, $p < 0,0001$; $\rho = 0,296$, $p < 0,0001$. При этом показатель диастолической функции ЛЖ – E/e' статистически значимо не различался между 2-й и 3-й группами. Данные группы, несмотря на разный ритм в момент исследования, были сопоставимы по этому показателю в покое и при физической нагрузке, и с высокой статистической значимостью обе группы отличались от 1-й группы (см. табл. 2, 3).

Анализ пороговых значений между 1-й и 2-й группами

Используя метод бинарного классификатора, определены пороговые значения параметров объема и функции ЛП и диастолической функции ЛЖ в покое и при физической нагрузке, достоверно различающихся у групп пациентов на синусовом ритме с и без ФП в анамнезе (между 2-й и 1-й группами соответственно). Пороговые значения представлены в табл. 4. Наилучшими параметрами, классифицирующими принадлежность к группе ПФП, были показатели объема и сократимости ЛП. При этом

Таблица 1. Клиническая характеристика общей когорты и групп пациентов
Table 1. Clinical characteristics of the general cohort and groups of patients

Параметры	Общая когорта n = 297	Группа без ФП n = 240 (1-я группа)	Группа с ПФП n = 38 (2-я группа)	Группа с ПостФП n = 19 (3-я группа)	p
Возраст, годы	60,5 ± 11,7 25–83	58,6 ± 11,4***††† 25–82	67,6 ± 9,7 37–83	70,6 ± 7,5 55–81	0,000001
Пол, м/ж	153/144	124/116	18/20	11/8	0,751
Масса тела, кг	82,6 ± 16,0 47–125	82,7 ± 16,4 48–125	80,6 ± 13,9 47–104	84,9 ± 15,6 65–125	0,610
Индекс массы тела, кг/м ²	28,4 (25,1÷31,2) 18,6–41,8	28,0 (24,9÷31,2) 18,6–41,4	29,1 (26,1÷32,1) 21,1–38,9	28,8 (25,5÷30,8) 21,8–41,8	0,304
Площадь поверхности тела, м ²	1,97 (1,80÷2,13) 1,39–2,61	1,97 (1,81÷2,14) 1,46–2,61	1,95 (1,77÷2,07) 1,39–2,24	2,00 (1,80÷2,16) 1,72–2,45	0,149
Артериальная гипертензия	256 (86%)	200 (83%)*†	37 (97%)	19 (100%)	0,002
Сахарный диабет	45 (15,2%)	35 (14,6%)	7 (18,4%)	3 (15,8%)	0,833
Статус курения: некурящий курение бывший курильщик	238 (80,1%) 29 (9,8%) 30 (10,1)	188 (78,3%) 25 (10,4%) 27 (11,3%)	34 (89,5%) 3 (7,9%) 1 (2,6%)	16 (84,2%) 1 (5,3%) 2 (10,5%)	0,337
Дислипидемия	279 (94%)	223 (93%)	37 (97%)	19 (100%)	0,122
ХОБЛ	52 (18%)	40 (17%)	7 (18%)	5 (26%)	0,590
Предшествующий инфаркт миокарда	65 (22%)	53 (22%)	10 (26%)	2 (11%)	0,348
ЧСС, уд/мин	72 (65÷81) 46–118	72††† (64÷80) 47–110	71†† (64÷77) 46–96	88 (74÷93) 64–118)	0,001
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	130 (122÷144) 90–179	130 (122÷144) 90–179	128 (124÷142) 100–164	130 (115÷140) 100–171	0,742
Диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.	84,9 ± 12,2 60–117	84,8 ± 12,1 60–117	84,0 ± 11,1 60–109	87,5 ± 15,8 60–107	0,585

Примечание. ФП – фибрилляция предсердий, ПФП – пароксизмальная/персистирующая формы ФП, ПостФП – постоянная форма ФП, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ЧСС – частота сердечных сокращений.

Здесь и в табл. 2, 3: * – p < 0,05 по отношению к группе с ПФП, ** – p < 0,005 по отношению к группе с ПФП, *** – p < 0,0005 по отношению к группе с ПФП, † – p < 0,05 по отношению к группе с ПостФП, †† – p < 0,005 по отношению к группе с ПостФП, ††† – p < 0,0005 по отношению к группе с ПостФП.

Данные представлены: среднее значение ± стандартное отклонение, минимальное–максимальное значение; медиана, квартильный размах (25÷75-й процентиля), минимальное – максимальное значение.

Таблица 2. Основные эхокардиографические параметры в покое
Table 2. Main echocardiography parameters at rest

Параметры	Общая когорта n = 297	Группа без ФП n = 240 (1-я группа)	Группа с ПФП n = 38 (2-я группа)	Группа с ПостФП n = 19 (3-я группа)	p
Пик E, см/с	85,4 ± 20,2 41-175	82,5 ± 17,8*††† 41-136	91,1 ± 22,0†† 56-158	111,9 ± 24,8 80-175	0,000001
e', см/с	9,5 (8,5÷11,5) 4,5-21,0	10,0** (8,5÷12,0) 5,0-21,0	8,5 (7,0÷11,0) 5,0-14,5	9,0 (8,5÷10,0) 4,5-11,5	0,008
E/e'	8,6 (6,7÷10,8) 3,6-26,3	8,2***††† (6,5÷10,1) 3,6-17,6	10,7 (8,5÷12,8) 4,0-26,3	12,4 (9,9÷14,4) 7,3-21,9	0,00001
Глобальная продольная функция ЛЖ, %	17,2 ± 2,8 4,7-25,5	17,6 ± 3,4††† 6,0-25,5	17,3 ± 3,7††† 9,2-22,8	11,7 ± 5,2 4,7-22,0	0,000001
Стрейн ЛП, %	26,5 ± 9,2 5-54	28,2 ± 8,0**††† 8-54	23,9 ± 9,6††† 6-52	10,1 ± 4,2 5-20	0,000001
Индекс объема ЛП, мл/м ²	23 (19÷29) 9-93	22***††† (18÷27) 9-52	29† (23÷38) 10-51	36 (28÷52) 23-93	0,00001
Фракция выброса ЛП, %	54 (46÷61) 8-74	56***††† (49÷62) 21-74	51††† (41÷57) 10-74	24 (17÷37) 8-50	0,00001
Пиковое систолическое давление в ЛА, мм рт.ст.	32,2 ± 7,9 18-63	31,5 ± 7,7† 18-63	34,0 ± 8,9 19-53	36,3 ± 6,0 27-51	0,020
Индекс КДО ЛЖ, мл/м ²	45,4 (39,2÷53,6) 21,8-109,2	45,3 (39,9÷53,2) 21,8-109,2	48,4 (38,6÷56,3) 26,6-87,3	40,4 (35,4÷51,1) 34,6-74,1	0,515
Индекс КСО ЛЖ	16,5 (13,4÷19,4) 5,4-75,9	16,3 (13,5÷19,2) 5,4-75,9	16,7 (12,9÷19,0) 8,7-50,9	18,6 (12,9÷23,4) 10,3-38,5	0,437
Фракция выброса ЛЖ, %	62,8 ± 7,4 30,5-78,5	63,3 ± 6,9††† 30,5-78,5	63,0 ± 8,0† 41,7-78,4	56,5 ± 10,5 35,5-70,8	0,0006
Индекс нарушения локальной сократимости ЛЖ	1,00 (1,00÷1,12) 1,00-2,70	1,00†† (1,00÷1,12) 1,00-2,70	1,00 (1,00÷1,12) 1,00-2,35	1,12 (1,00÷1,37) 1,00-2,12	0,009

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: ФП – фибрилляция предсердий, ПФП – пароксизмальная/персистирующая формы ФП, ПостФП – постоянная форма ФП, КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем, ЛА – легочная артерия, ЛЖ – левый желудочек, ЛП – левое предсердие.

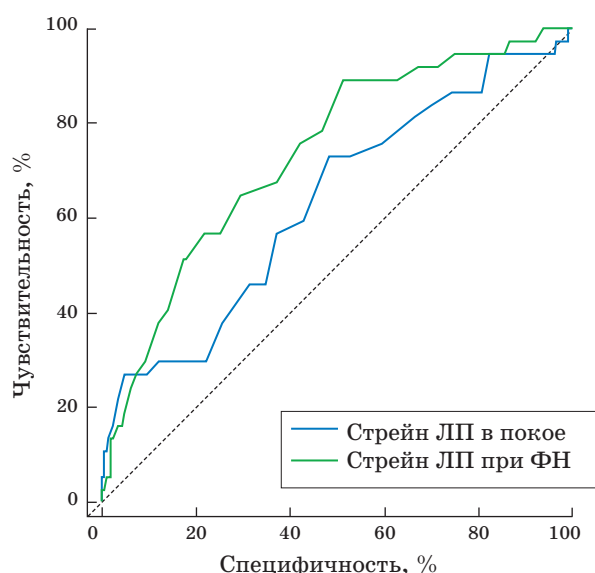
Таблица 3. Основные эхокардиографические параметры теста стресс-эхокардиографии во время физической нагрузки

Table 3. Main echocardiographic parameters of the exercise stress echocardiography

Параметры	Общая когорта n = 297	Группа без ФП n = 240 (1-я группа)	Группа с ПФП n = 38 (2-я группа)	Группа с ПостФП n = 19 (3-я группа)	p
Мощность нагрузки, Вт	100 (75÷125) 25–225	100*††† (75÷125) 25–225	75†† (75÷100) 50–200	50 (50÷75) 50–125	0,00001
ЧСС на пике нагрузки, уд/мин	124 ± 19 67–166	125 ± 19* 67–166	116 ± 20† 78–162	126 ± 12 100–150	0,007
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	179 ± 28 107–267	182 ± 27††† 107–267	175 ± 24††† 128–255	146 ± 23 110–195	0,000001
Диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.	93 ± 14 60–132	93 ± 14 60–132	92 ± 16 65–130	97 ± 18 60–125	0,422
Пик E, см/с	109,0 ± 25,5 50–193	106,9 ± 24,6*† 50–174	117,3 ± 28,1 72–191	119,0 ± 26,7 74–193	0,01
e' стресс, см/с	11,5 (9,5÷13,5) 4,5–22,0	12,0***†† (10,0÷13,5) 5,0–22,0	10,0 (9,0÷12,5) 6,0–17,5	9,8 (9,0÷11,5) 4,5–14,5	0,0002
E/e'	9,0 (7,4÷11,2) 3,8–25,2	8,6***††† (7,1÷10,6) 3,8–19,7	11,1 (8,5÷15,1) 5,1–25,2	11,3 (10,0÷15,3) 6,7–24,1	0,00001
Стрейн ЛП, %	28,4 ± 10,3 2,0–55,0	30,9 ± 8,9***††† 9,0–55,0	23,3 ± 8,5††† 4,0–45,0	10,1 ± 5,9 2,0–27,0	0,000002
Индекс объема ЛП, мл/м ²	24 (19÷31) 10–78	23***††† (18÷28) 10–52	27†† (22÷33) 13–63	35 (30÷52) 25–78	0,00001
Фракция выброса ЛП, %	59 (49÷67) 3–90	61***††† (53÷69) 25–90	53††† (42÷59) 13–74	27 (20÷32) 3–67	0,00001
Систолическое давление в ЛА, мм рт.ст.	41,9 ± 12,3 18–96	40,6 ± 11,4*† 18–75	47,0 ± 16,2 24–96	47,2 ± 9,5 32–62	0,007
Индекс КДО ЛЖ, мл/м ²	42,4 (36,9÷48,7) 19,6–104,9	42,4 (37,2÷48,8) 19,6–104,9	44,5 (36,7÷49,5) 23,8–98,2	39,2 (29,7÷48,0) 24,6–61,8	0,181
Индекс КСО ЛЖ, мл/м ²	12,3 (9,4÷16,4) 4,4–76,5	12,0 (9,3÷15,5) 4,4–76,5	13,6 (9,9÷20,6) 5,4–51,9	15,2 (10,0÷19,6) 5,5–36,4	0,092
Фракция выброса ЛЖ, %	71,1 (64,0÷75,6) 16,5–86,8	72,1*††† (65,1÷76,1) 27,1–86,8	68,0 (56,2÷74,7) 41,3–83,5	62,6 (46,0÷68,0) 16,5–83,7	0,0003
Индекс нарушения локальной сократимости ЛЖ	1,12 (1,00÷1,41) 1,00–3,30	1,12† (1,00÷1,41) 1,00–2,77	1,18 (1,00÷1,41) 1,00–3,30	1,30 (1,12÷2,41) 1,00–3,00	0,045
В-линии	66,7%	62,5%†††	76,3%†	100,0%	0,002
Ишемия	44,7%	42,2%	54,1%	57,9%	0,199
Контрактивный резерв ЛЖ	1,89 ± 0,74 0,62–4,80	1,96 ± 0,76*†† 0,62–4,80	1,65 ± 0,64 0,77–3,07	1,47 ± 0,43 0,97–2,51	0,002
“Коронарный резерв”	2,03 ± 0,56 0,80–3,94	2,08 ± 0,56††† 0,80–3,94	1,98 ± 0,55†† 1,07–3,09	1,46 ± 0,36 1,11–2,15	0,0003

Таблица 4. Пороговые значения эхокардиографических параметров, разделяющие группы пациентов с синусовым ритмом с и без фибрилляции предсердий в анамнезе**Table 4.** Threshold values of echocardiographic parameters distinguishing groups of patients with sinus rhythm with and without a history of atrial fibrillation

Параметр	Пороговое значение	Площадь под кривой	p
Пик E в покое, см/с	85	0,613	<0,02
e' в покое, см/с	9	0,645	<0,004
E/e' в покое	9,7	0,698	<0,0001
Индекс объема ЛП в покое, мл/м ²	27	0,707	<0,0001
Стрейн ЛП в покое, %	27	0,638	<0,007
Фракция выброса ЛП в покое, %	41	0,653	<0,003
Систолическое давление в ЛА в покое, мм рт.ст.			0,180
Пик E при нагрузке, см/с	116	0,604	<0,04
e' при нагрузке, см/с	10	0,652	<0,002
E/e' при нагрузке	10,2	0,685	<0,0004
Индекс объема ЛП при нагрузке, мл/м ²	19	0,655	<0,001
Стрейн ЛП при нагрузке, %	30	0,736	<0,0001
Фракция выброса ЛП при нагрузке, %	60	0,724	<0,0001
Систолическое давление в ЛА при нагрузке, мм рт.ст.	–		0,067

**Рис. 2.** Кривая ROC-анализа для определения порогового значения стрейна левого предсердия в покое и при физической нагрузке.**Fig. 2.** ROC curve for threshold value of left atrial strain at rest and during exercise.

количественный параметр стрейна ЛП классифицировал пациентов по группам достоверно лучше при физической нагрузке (точность – 74%, чувствительность – 89%, специфичность – 49%) по сравнению с покоем (точность – 64%, чувствительность – 74%, специфичность – 51%), $p < 0,004$ (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе получены данные изменения функции и размеров ЛП в покое и при физической нагрузке в зависимости от наличия ФП. Было показано прогрессивное изменение объема и ухудшение параметров сократительной функции ЛП от 1-й к 3-й группе. Ранее параметры ЛП во время стресс-эхокардиографии также были получены в подобном исследовании, где сравнивались все 3 группы пациентов [12].

В настоящем исследовании группа с ПФП была предсказуема старше с превалированием системной артериальной гипертензии, с наихудшими показателями диастолической (E/e' , давление в легочной

артерии) и систолической функции ЛЖ (индекс нарушения локальной сократимости ЛЖ, фракция выброса ЛЖ, глобальная продольная деформация ЛЖ, контрактильный резерв) как в покое, так и при физической нагрузке. Также изменение размеров ЛП, его функции и объективные признаки застойных явлений в легких были наиболее выражены в этой группе.

Более клинически значимым в данной работе является различие пациентов с синусовым ритмом в группах с и без ФП в анамнезе, учитывая дальнейшую перспективу диагностики малосимптомных/бесимптомных форм ФП. В покое изменение размеров ЛП и его функции было неоднократно описано как для постоянной, так и для пароксизмальной форм ФП [5–7, 13, 14]. Особенно точными являлись показатели стрейн ЛП, отображающие изменение функции ЛП, связанное с атриопатией [13]. Пороговый показатель стрейн ЛП в покое, полученный в исследовании (27%), близок к таковому, полученному в недавнем крупном проспективном многоцентровом исследовании (26%) [6]. Тем не менее ряд пациентов могут иметь нормальные значения параметров сократительной функции ЛП в покое с демаскированием во время физической активности. Работ с исследованием функции ЛП во время физической нагрузки для дифференцировки пациентов с синусовым ритмом на имеющих/не имеющих ФП в литературе не найдено. В данном пилотном исследовании были выявлены пороговые значения параметров, характеризующих дисфункцию ЛП во время стресс-эхокардиографии. Наибольшей точностью при классификации на группы с/без указаний в анамнезе ФП обладал параметр стрейн ЛП во время физической нагрузки. Точность классификации была 74% с высокой чувствительностью при приемлемой специфичности. В этом варианте акцент на чувствительность метода имеет наибольшее клиническое значение, так как теоретически таких пациентов в последующем можно выявлять для дальнейшей диагностики нарушений ритма, например с помощью безопасного и доступного метода многосуточного мониторинга ЭКГ. Это поможет диагностировать пациентов с целью профилактики дальнейших осложнений, включая инсульт головного мозга.

Обращает на себя внимание положительная достоверная корреляция E/e' во время стресс-теста, что логично связано с изменением функции ЛП и последующими нарушениями ритма. Корреляция не является сильной, так как изменение диастолической функции ЛЖ в покое и при физической нагрузке – неспецифичный признак для различных заболеваний и синдромов.

Ограничения выполнения исследования

Несмотря на высокую доступность метода, не всем пациентам удалось выполнить исследование, 1% пациентов был исключен из-за плохого качества измерения стрейн ЛП. У 6% пациентов измерения проводились только по 4-камерной позиции, что теоретически может влиять на полученный результат. Измерение параметров у группы пациентов с постоянной формой ФП проводилось по усреднению трех циклов, так как на сегодняшний день нет доказанных данных, каким образом наиболее точно стоит определять эти параметры у таких пациентов.

Требуются дальнейшие крупные проспективные исследования для определения точности выявления ФП с помощью параметров размера и функции ЛП у пациентов без указаний в анамнезе на ФП с целью диагностики скрытых форм или развития в будущем данной аритмии.

ВЫВОДЫ

1. Нарушение функции ЛП прогрессивно ухудшается от группы пациентов с синусовым ритмом до группы пациентов с постоянной формой ФП.

2. Среди пациентов с одышкой/дискомфортом в грудной клетке, направленных на стресс-эхокардиографию, определены пороговые значения функции и объема ЛП, дифференцирующие группы пациентов с синусовым ритмом от пациентов с пароксизмальной/персистирующей ФП. Наиболее точным параметром явился стрейн ЛП при физической нагрузке при пороговом значении 30% (с точностью – 64%, чувствительностью – 74 и специфичностью – 51%, площадь под кривой – 0,736).

3. Наличие ФП коррелирует с изменением диастолической функции в покое и при физической нагрузке.

4. Изменение систолической сократимости ЛЖ и объективных признаков застойных явлений во время стресс-эхокардиографии значимо связано с наличием у пациентов фибрилляции предсердий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

- Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 373–498. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 507. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 546–547. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021; 42 (40): 4194.
- Ma Q., Zhu J., Zheng P. et al. Global burden of atrial fibrillation/flutter: Trends from 1990 to 2019 and projections until 2044. *Heliyon.* 2024; 10 (2): e24052. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24052>.
- Healey J.S., Connolly S.J., Gold M.R. et al. ASSERT Investigators. Subclinical atrial fibrillation and the risk of stroke. *New Engl. J. Med.* 2012; 366: 120129.
- Goette A., Kalman J.M., Aguinaga L. et al. Document Reviewers: EHRA/HRS/APHRS/SOLAECE expert consensus on atrial cardiomyopathies: definition, characterization, and clinical implication. *Europace.* 2016; 18 (10): 1455–1490. <http://doi.org/10.1093/europace/euw161>
- Solberg M.G., Enger S., Berge T. et al. Left atrial function in middle-aged men and women with and without paroxysmal atrial fibrillation: Data from the Akershus Cardiac Examination (ACE) 1950 study. *Echocardiography.* 2024; 41 (6): e15852. <http://doi.org/10.1111/echo.15852>
- Gentile-Lorente D., Hernandez-Pinilla A., Satue-Gracia E. et al. Echocardiography and Electrocardiography in Detecting Atrial Cardiomyopathy: A Promising Path to Predicting Cardioembolic Strokes and Atrial Fibrillation. *J. Clin. Med.* 2023; 12 (23): 7315. <http://doi.org/10.3390/jcm12237315>
- Kim J., Yum B., Palumbo M.C. et al. Left Atrial Strain Impairment Precedes Geometric Remodeling as a Marker of Post-Myocardial Infarction Diastolic Dysfunction. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 13: 2099–2113. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.05.041>
- Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. 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. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 16 (3): 233–270. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>. Erratum in: *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 17 (4): 412. Erratum in: *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 17 (9): 969.
- Picano E., Zagatina A., Wierzbowska-Drabik K. et al. Sustainability and Versatility of the ABCDE Protocol for Stress Echocardiography. *J. Clin. Med.* 2020; 9 (10): 3184. <http://doi.org/10.3390/jcm9103184>
- Овчинников А.Г., Агеев Ф.Т., Алёхин М.Н., Беленков Ю.Н., Васюк Ю.А., Галевич А.С., Гиляревский С.П., Лопатин Ю.М., Мареев В.Ю., Мареев Ю.В., Митьков В.В., Потехина А.В., Простакова Т.С., Рыбакова М.К., Саидова М.А., Хадзегова А.Б., Чернов М.Ю., Ющук Е.Н., Бойцов С.А. 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. <http://doi.org/10.18087/cardio.2020.12.n1219>
Ovchinnikov A.G., Ageev F.T., Alekhin M.N. 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. Expert consensus developed under the auspices of the National Medical Research Center of Cardiology, Society of Experts in Heart Failure (SEHF), and Russian Association of Experts in Ultrasound Diagnosis in Medicine (REUDM). *Kardiologiia.* 2020; 60 (12): 48–63. <http://doi.org/10.18087/cardio.2020.12.n1219> (In Russian)
- Badano L.P., Koliass T.J., Muraru D. et al. Industry representatives; Reviewers: This document was reviewed by members of the 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. 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. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 19 (6): 591–600. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jey042>. Erratum in: *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018; 19 (7): 830–833. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jey071>.
- Zagatina A., Rivadeneira Ruiz M., Ciampi Q. et al. Stress Echo 2030 Study Group. Rest and Stress Left Atrial Dysfunction in Patients with Atrial Fibrillation. *J. Clin. Med.* 2023; 12 (18): 5893. <http://doi.org/10.3390/jcm12185893>
- Lenart-Migdalska A., Kaźnica-Wiatr M., Drabik L. et al. Assessment of Left Atrial Function in Patients with Paroxysmal, Persistent, and Permanent Atrial Fibrillation using Two-Dimensional Strain. *J. Atrial Fibrillation.* 2019; 12 (3): 2148. <http://doi.org/10.4022/jafib.2148>
- Abhayaratna W.P., Seward J.B., Appleton C.P. et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 47 (12): 2357–2363. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.02.048>

Evaluation of left atrial function and left ventricular diastolic function during exercise stress echocardiography in patients with different types of atrial fibrillation

*E.S. Kalinina, O. Hanjykova, I.B. Begidova, A.V. Zagatina**

*Cardiology Department, Research Cardiology Center Medika;
13, Petrozavodskaya str., St. Petersburg 197110, Russian Federation*

Elena S. Kalinina – doctor of functional diagnostics, doctor cardiologist, Cardiology Department, Research Cardiology Center Medika, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-4007-3322>

Ogulleyla Hanjykova – therapist, Cardiology Department, Research Cardiology Center Medika, St. Petersburg. <https://orcid.org/0009-0007-3010-1369>

Irina B. Begidova – therapist, Cardiology Department, Research Cardiology Center Medika, St. Petersburg. <https://orcid.org/0009-0008-8967-4605>

Angela V. Zagatina – Doct. of Sci. (Med.) doctor of functional diagnostics, doctor cardiologist, Cardiology Department, Research Cardiology Center Medika, St. Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-9085-4872>

Correspondence* to Dr. Angela V. Zagatina – e-mail: smiangela@yandex.ru

Objective: To determine cut-off values for left atrial function parameters at rest and during physical exercise that are specific to patients with atrial fibrillation (AF).

Materials and Methods. The prospective single-center study with screening tests of 300 patients was carried out; 297 of them were included in the final analysis. The main cohort of patients was divided into three groups: patients with sinus rhythm without a history of AF, a group with paroxysmal/persistent AF, and patients with permanent AF. Stress echocardiography was performed in all patients according to the ABCDE protocol with additional assessment of left atrial volume index and left atrial strain (reservoir phase) at rest and peak exercise.

Results. The left atrial function assessment was successful in 99% (95% CI 98–100%) of patients. The group with sinus rhythm included 240 patients (Group 1), with paroxysmal/persistent AF (PAF) – 38 patients (Group 2), with permanent AF (PermAF) – 19 patients (Group 3). The threshold values of the parameters were determined: left atrial volume and function and LV diastolic function at rest and during exercise, which reliably distinguished the group of patients with sinus rhythm from patients with paroxysmal/persistent AF (Groups 1 and 2, respectively). The best parameters for classifying belonging to the PAF group were the volume and contractility of the LA. Moreover, the quantitative parameter of LA strain classified these groups of patients significantly better during physical exercise (accuracy – 74%, sensitivity – 89%, specificity – 49%) than at rest (accuracy – 64%, sensitivity – 74%, specificity – 51%), with $p < 0.004$.

Conclusions. The obtained threshold values of the left atrial function and volume, as well as E/e' at rest and during physical exercise, provide more accurate differentiation of patients with dyspnea/chest discomfort into groups with and without paroxysmal/persistent AF. The most accurate parameter is the left atrial strain during the exercise stress test.

Keywords: stress echocardiography; left atrial strain; atrial fibrillation; left atrial function; exercise stress echo

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

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Kalinina E.S., Hanjykova O., Begidova I.B., Zagatina A.V. Evaluation of left atrial function and left ventricular diastolic function during exercise stress echocardiography in patients with different types of atrial fibrillation. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2024; 4: 82–92. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-281> (In Russian)