



Оригинальное исследование | Original research
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM678259>

This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2025

Увеличение индекса сферичности левого предсердия может служить маркером пароксизмальной фибрилляции предсердий у больных артериальной гипертензией

В.В. Мазур, О.В. Нилова, Т.О. Николаева, Н.Д. Баженов, Е.С. Мазур

ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России
(Тверь, Российская Федерация)

Аннотация

Цель – изучить возможность использования индекса сферичности (ИС) левого предсердия, рассчитанного по данным эхокардиографии (ЭхоКГ), для выявления больных артериальной гипертензией (АГ) с пароксизмальной фибрилляцией предсердий (ФП).

Материал и методы. В исследование включены 298 больных АГ, из которых у 77 (25,8%) при суточном мониторингировании электрокардиограммы была выявлена пароксизмальная ФП. Контрольную группу составили 58 пациентов без заболеваний сердечно-сосудистой системы. При ЭхоКГ определялся объем левого предсердия и измерялась его максимальная длина. ИС рассчитывался как отношение объема левого предсердия к объему сферы, диаметр которой равен максимальной длине левого предсердия.

Результаты. Средние значения ИС (представлены в виде медианы и 95% доверительного интервала) возрастали от контрольной группы к группе больных АГ без ФП и далее к группе больных АГ с ФП: 0,68 (0,64–0,72), 0,71 (0,69–0,72) и 0,92 (0,91–0,94), $p < 0,0001$. Анализ множественной линейной регрессии показал, что увеличение возраста пациента на 1 год ассоциируется с возрастанием ИС на 0,0015 единицы,

наличие ожирения сопровождается возрастанием ИС на 0,0241 единицы, а наличие пароксизмальной ФП ведет к возрастанию ИС на 0,2031 единицы. Для изучения дискриминирующей способности ИС в отношении ФП все включенные в исследование пациенты были случайным образом разделены на «обучающую» и «экзаменующую» когорты (238 и 118 пациентов). На «обучающей» когорте площадь под кривой ошибок для ИС, как предиктора ФП, оказалась равна 0,955 (0,920–0,977), а отрезная точка – 0,82. На «экзаменующей» когорте критерий «ИС > 0,82», как признак пароксизмальной ФП, продемонстрировал чувствительность 100 (86,8–100,0) % и специфичность 93,5 (86,3–97,6) %.

Заключение. ИС, рассчитанный по данным ЭхоКГ, обладает высокой дискриминирующей способностью в отношении пароксизмальной ФП у больных АГ.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, фибрилляция предсердий, эхокардиография, левое предсердие, индекс сферичности левого предсердия.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Мазур В.В., Нилова О.В., Николаева Т.О., Баженов Н.Д., Мазур Е.С. Увеличение индекса сферичности левого предсердия может служить маркером пароксизмальной фибрилляции предсердий у больных артериальной гипертензией. Наука и инновации в медицине. 2025;10(2):112–118. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM678259>

Сведения об авторах

Мазур В.В. – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры госпитальной терапии и профессиональных болезней.

ORCID: 0000-0003-4818-434X

E-mail: vera.v.mazur@gmail.com

Нилова О.В. – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры общей врачебной практики и семейной медицины.

ORCID: 0000-0002-0648-5358

E-mail: tevirp69@mail.ru

Николаева Татьяна Олеговна – канд. мед. наук, доцент,

заведующая кафедрой пропедевтики внутренних болезней.

ORCID: 0000-0002-1103-5001

E-mail: nikolaevato@mail.ru

Баженов Н.Д. – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой скорой медицинской помощи.

ORCID: 0000-0003-0511-7366

E-mail: bazhenovnd@mail.ru

Мазур Е.С. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии и профессиональных болезней.

ORCID: 0000-0002-8879-3791

E-mail: mazur-tver@mail.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

АГ – артериальная гипертензия; ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка; ИОЛП – индекс объема левого предсердия; ИС – индекс сферичности; ЛП – левое предсердие; МДЛП – механическая дисперсия левого предсердия; ОЛП – объем левого предсердия; ЭхоКГ – эхокардиография; АУС – площадь под кривой; E/e' – отношение скорости трансмитрального кровотока в раннюю фазу диастолического наполнения к скорости смещения кольца митрального клапана.

Получено: 01.04.2025

Одобрено: 25.04.2025

Опубликовано: 29.04.2025

An increase of the left atrium sphericity index can serve as a marker of paroxysmal atrial fibrillation in patients with hypertension

Vera V. Mazur, Oksana V. Nilova, Tatyana O. Nikolaeva, Nikolai D. Bazhenov, Evgenii S. Mazur

Tver State Medical University (Tver, Russian Federation)

Abstract

Aim – to study the possibility of using the left atrium sphericity index (SI), calculated by echocardiography (EchoCG), to identify patients with hypertension with paroxysmal atrial fibrillation (AF).

Material and methods. The study included 298 patients with hypertension, of whom 77 (25.8%) showed paroxysmal AF during 24-hour electrocardiogram monitoring. The control group included 58 patients without cardiovascular diseases. The left atrium volume was determined and the maximum left atrium length was measured. The SI was calculated as the ratio of the left atrium volume to the volume of a sphere whose diameter is equal to the maximum left atrium length.

Results. The average values of SI (presented as the median and 95% confidence interval) increased from the control group to the group of patients with hypertension without AF and to the group of patients with hypertension and AF: 0.68 (0.64–0.72), 0.71 (0.69–0.72) and 0.92 (0.91–0.94), $p < 0.0001$.

Multiple linear regression analysis showed that 1-year increase of the age is associated with increase in SI by 0.0015 units, the presence of obesity is accompanied by an increase of SI by 0.0241 units, and the presence of paroxysmal AF leads to an increase in SI by 0.2031 units. All patients included in the study were randomly divided into derivation and validation cohorts (238 and 118 patients). In the derivation cohort, the AUC for SI, as a predictor of AF, was 0.955 (0.920–0.977), and cut-off point was 0.82. In the validation cohort, the 'SI>0.82' criterion, a sign of AF, demonstrated sensitivity of 100 (86.8–100.0) % and specificity of 93.5 (86.3–97.6) %.

Conclusion. The SI calculated by EchoCG has a high discriminating ability in relation to paroxysmal AF in patients with hypertension.

Keywords: arterial hypertension, atrial fibrillation, echocardiography, left atrium, left atrium sphericity index.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Mazur VV, Nilova OV, Nikolaeva TO, Bazhenov ND, Mazur ES. **An increase of the left atrium sphericity index can serve as a marker of paroxysmal atrial fibrillation in patients with hypertension.** *Science and Innovations in Medicine*. 2025;10(2):112-118. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM678259>

Information about authors

Vera V. Mazur – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Professor the Department of Hospital Therapy and Occupational Diseases.

ORCID: 0000-0003-4818-434X

E-mail: vera.v.mazur@gmail.com

Oksana V. Nilova – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Associate professor of the Department of General Medical practice and Family Medicine.

ORCID: 0000-0002-0648-5358

E-mail: tevirp69@mail.ru

Tatyana O. Nikolaeva – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of internal diseases.

ORCID: 0000-0002-1103-5001

E-mail: nikolaevato@mail.ru

Nikolai D. Bazhenov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of Emergency Medical Care.

ORCID: 0000-0003-0511-7366

E-mail: bazhenovnd@mail.ru

Evgenii S. Mazur – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Hospital Therapy and Occupational Diseases.

ORCID: 0000-0002-8879-3791

E-mail: mazur-tver@mail.ru

*Corresponding Author

Received: 01.04.2025

Accepted: 25.04.2025

Published: 29.04.2025

ВВЕДЕНИЕ

Раннее выявление пароксизмальной фибрилляции предсердий (ФП) играет важную роль в профилактике тромбоэмболических осложнений, позволяя своевременно назначать антикоагулянтную терапию лицам с факторами риска мозгового инсульта [1, 2]. По мнению европейских экспертов, предикторами ФП могут служить признаки предсердной кардиомиопатии, под которой понимают совокупность структурных, функциональных и электрофизиологических изменений миокарда предсердий, способных привести к появлению клинически значимой симптоматики, в частности к ФП [3, 4].

Одним из ранних, еще доклинических, признаков предсердной кардиомиопатии считается изменение формы левого предсердия с относительно вытянутой (эллипсоидной) на шарообразную (сферическую). Шарообразность левого предсердия позволяет оценить индекс сферичности (ИС), то есть отношение фактического объема левого предсердия к объему сферы, диаметр которой равен максимальному диаметру левого предсердия. В исследовании S. Nakamori и соавт. [5] было показано, что ИС более 0,84 может служить предиктором позднего рецидива ФП после радиочастотной изоляции устьев легочных вен (чувствительность 88%, специфичность 59%).

Для расчета ИС используются данные, полученные при магнитно-резонансной томографии, однако его можно рассчитать и по данным трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ). Судя по данным литературы, такой подход ранее не использовался, что делает актуальным изучение его прогностических возможностей.

ЦЕЛЬ

Изучить возможность использования ИС, рассчитанного по данным ЭхоКГ, для выявления больных артериальной гипертензией (АГ) с пароксизмальной ФП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период с 01.07.2020 по 30.06.2023 гг. в исследование были последовательно включены 298 пациентов с ранее диагностированной АГ, проходивших обследование для уточнения причины жалоб на сердцебиение, одышку или боли в области сердца. В исследование не включались пациенты с ранее диагностированными или выявленными при обследовании ишемической болезнью сердца, постоянной и персистирующей ФП, патологией клапанного аппарата и систолической дисфункцией левого желудочка (фракция выброса менее 50%). При суточном мониторингировании электрокардиограммы (ЭКГ) у 77 (25,8%) пациентов была диагностирована пароксизмальная ФП. Критерием диагностики было выявление эпизода аритмии с характерными для ФП признаками длительностью не менее 30 с.

В контрольную группу были включены 58 пациентов без ранее диагностированных заболеваний сердечно-сосудистой системы и без признаков таких заболеваний на ЭКГ и по данным ЭхоКГ. Мониторирования ритма для исключения пароксизмальной ФП не проводилось, но пациенты с эпизодами сердцебиения в анамнезе в контрольную группу не включались.

Эхокардиографические исследования выполнялись на аппарате Vivid S70 (GE, США). Для оценки структурно-функционального состояния левого желудочка определялись индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) и отношение скорости трансмитрального кровотока в раннюю фазу диастолического наполнения к скорости смещения кольца митрального клапана (E/e'), отражающее давление наполнения левого желудочка. Объем левого предсердия (ОЛП) определялся по методу дисков в четырехкамерной и двухкамерной позициях. В этих же позициях измерялась длина левого предсердия. Большее из двух полученных значений (D) использовалось при расчете

Показатель	Первая группа (n = 58)	Вторая группа (n = 221)	Третья группа (n = 77)	p
Возраст, лет	50,5 (45,0–54,0) ^{2, 3}	61,0 (60,0–63,0) ^{1, 3}	66,0 (64,0–67,0) ^{1, 2}	<0,0001
Женщины, n (%)	32 (55,2) ³	147 (66,5)	58 (75,3) ¹	0,0488
Ожирение, n (%)	8 (13,8) ^{2, 3}	115 (52,0) ¹	42 (54,5) ¹	<0,0001
ИММЛЖ, г/м ²	86,5 (82,1–90,9) ^{2, 3}	117,0 (116,0–120,0) ¹	120,0 (117,0–126,1) ¹	<0,0001
E/e'	8,0 (7,1–8,6) ^{2, 3}	10,0 (9,6–10,5) ¹	10,2 (9,5–10,6) ¹	<0,0001
ИОЛП, мл/м ²	25,0 (24,0–27,0) ^{2, 3}	29,0 (27,3–30,0) ^{1, 3}	37,0 (34,2–40,0) ^{1, 2}	<0,0001
Стрейн ЛП, %	32,0 (28,0–33,0) ^{2, 3}	22,0 (21,0–22,4) ^{1, 3}	20,0 (19,0–20,7) ^{1, 2}	<0,0001
МДЛП, %	0,89 (0,72–1,01) ^{2, 3}	1,00 (0,95–1,14) ^{1, 3}	3,02 (2,87–3,28) ^{1, 2}	<0,0001
ИС	0,68 (0,64–0,72) ^{2, 3}	0,71 (0,69–0,72) ^{1, 3}	0,92 (0,91–0,94) ^{1, 2}	<0,0001

Примечания: p – статистическая значимость влияния группирующего фактора на значения переменной; верхний индекс соответствует номеру группы, с которой при посттестовом анализе выявлено статистически значимое различие показателей (p < 0,05). ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, E/e' – отношение скорости раннего трансмитрального кровотока к скорости смещения кольца митрального клапана, ИОЛП – индекс объема левого предсердия, ЛП – левое предсердие, МДЛП – механическая дисперсия левого предсердия, ИС – индекс сферичности.

Таблица 1. Характеристика обследованных пациентов

Table 1. Characteristics of the examined patients

индекса сферичности: $ИС = ОЛП/(\pi D/6)$, где $\pi D/6$ – объем сферы диаметром D.

Двухмерная эхокардиография с технологией отслеживания серого пятна (speckle-tracking) и последующий анализ проводились на ультразвуковых изображениях с частотой кадров не менее 50 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). Глобальная продольная деформация левого предсердия (стреин резервуара) рассчитывалась как среднее значение пиковых значений продольной деформации в фазу резервуара в шести сегментах левого предсердия [6, 7]. МДЛП рассчитывалась как процентное отношение стандартного отклонения времени достижения пикового значения резервуарной фазы продольной деформации миокарда в различных сегментах левого предсердия к продолжительности сердечного цикла [8, 9].

Статистический анализ выполнен в приложении MedCalc® Statistical Software version 20.218 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Поскольку распределение большинства числовых переменных отличалось от нормального, для характеристики средних значений использовались медианы и их 95% доверительные интервалы Me (95% ДИ), а для оценки влияния группирующей переменной на числовую – критерий Краскела – Уоллиса. Посттестовый анализ межгрупповых различий выполнялся по методу Коновера. Разности медиан также представлены с их 95% ДИ. Для оценки влияния группирующего фактора на распределение категориальных переменных использовался критерий хи-квадрат, а для посттестового сравнения выборочных долей – критерий хи-квадрат с внесением поправки Бонферрони на множественность межгрупповых сравнений. Для выявления факторов, оказывающих независимое влияние на показатели структурно-функционального состояния левого предсердия, использовался анализ множественной линейной регрессии,

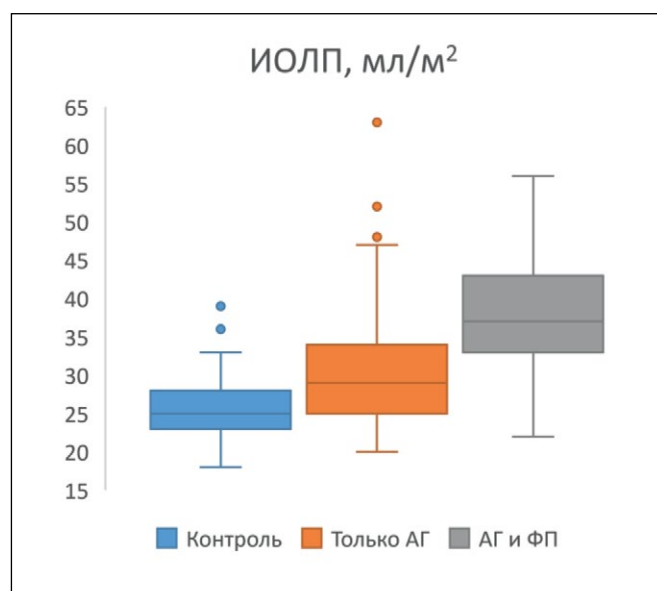


Рисунок 1. Индекс объема левого предсердия (ИОЛП) у пациентов без заболевания сердечно-сосудистой системы (Контроль) и больных артериальной гипертензией без нарушений ритма (Только АГ) и с пароксизмальной фибрилляцией предсердия (АГ и ФП).

Figure 1. Left atrium volume index (LAVI) in patients without cardiovascular disease (Control) and patients with arterial hypertension without rhythm disturbances (AH only) and with paroxysmal atrial fibrillation (AH+AF).

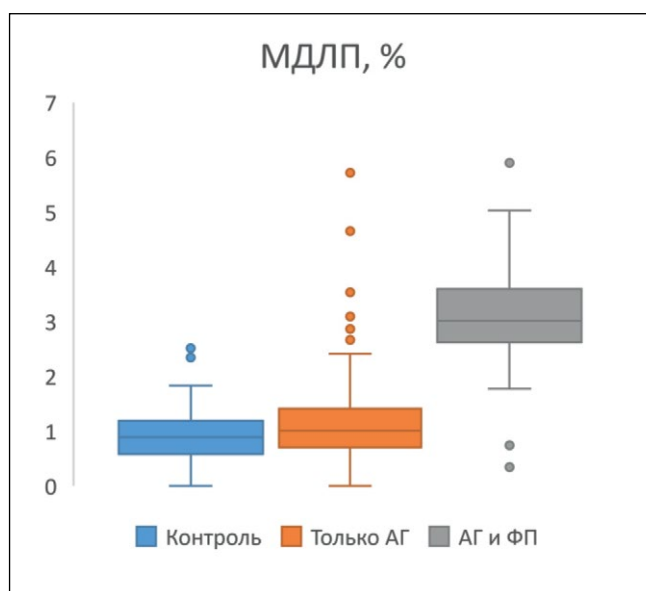


Рисунок 2. Механическая дисперсия левого предсердия (МДЛП) у пациентов без заболевания сердечно-сосудистой системы (Контроль) и больных артериальной гипертензией без нарушений ритма (Только АГ) и с пароксизмальной фибрилляцией предсердия (АГ и ФП).

Figure 2. Mechanical dispersion of the left atrium (MDLA) in patients without cardiovascular disease (Control) and patients with arterial hypertension without rhythm disturbances (AH only) and with paroxysmal atrial fibrillation (AH+AF).

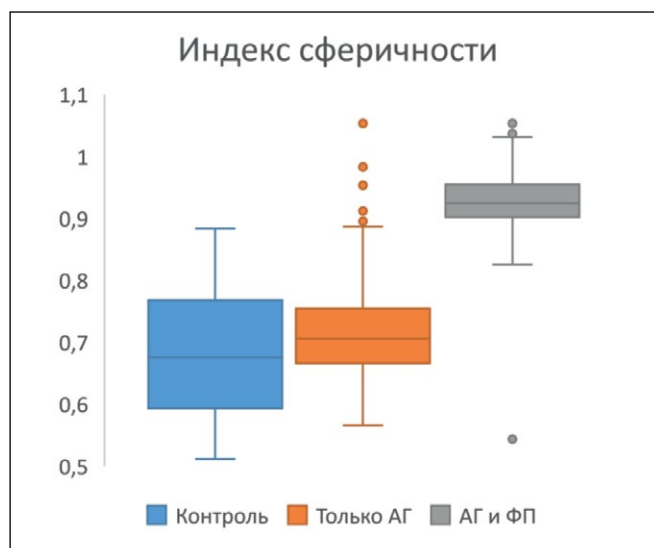


Рисунок 3. Индекс сферичности левого предсердия у пациентов без заболевания сердечно-сосудистой системы (Контроль) и больных артериальной гипертензией без нарушений ритма (Только АГ) и с пароксизмальной фибрилляцией предсердия (АГ и ФП).

Figure 3. Left atrium sphericity index in patients without cardiovascular disease (Control) and patients with arterial hypertension without rhythm disturbances (AH only) and with paroxysmal atrial fibrillation (AH+AF).

выполненный методом последовательного исключения независимых переменных. Прогностические возможности показателей структурно-функционального состояния левого предсердия как предикторов пароксизмальной ФП и обусловленных АГ изменений левого желудочка изучались с помощью анализа характеристических кривых (ROC-анализа) на «обучающей» когорте (238 пациентов). Площадь под кривыми ошибок (AUC) и их разности представлены с 95% ДИ. Характеристики прогностических критериев оценивались на «экзаменующей» когорте (118 пациентов). Во всех случаях результаты статистического анализа признавались значимыми при вероятности нулевой гипотезы менее 5% ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты обследования 58 пациентов контрольной группы (первая группа), 221 больного АГ без пароксизмальной ФП (вторая группа) и 77 больных АГ с пароксизмальной ФП (третья группа) представлены в **таблице 1**.

Зависимая переменная	Независимые переменные					Константа
	Возраст, лет	Пол	Ожирение	АГ	ФП	
Стрейн, %	-0,2018	—	-2,1290	-4,5478	-2,0624	41,254
ИОЛП, мл/м ²	0,1636	—	—	3,0849	6,6060	17,309
МДЛП, %	0,0160	—	—	—	1,8193	0,1893
ИС	0,0015	—	0,0241	—	0,2031	0,6099

Примечания: ИОЛП — индекс объема левого предсердия, МДЛП — механическая дисперсия левого предсердия, ИС — индекс сферичности, АГ — артериальная гипертензия, ФП — фибрилляция предсердий.

Таблица 2. Коэффициенты в уравнениях множественной линейной регрессии, отражающих зависимость характеристик левого предсердия от клинических особенностей пациента

Table 2. Factors in multiple linear regression equations reflecting the dependence of the characteristics of the left atrium on the clinical characteristics of the patient

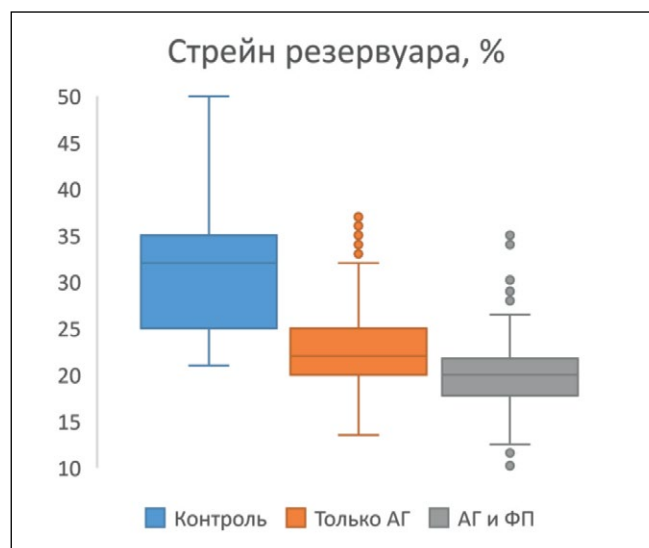


Рисунок 4. Стрейн левого предсердия в фазу резервуара у пациентов без заболевания сердечно-сосудистой системы (Контроль) и больных артериальной гипертензией без нарушений ритма (Только АГ) и с пароксизмальной фибрилляцией предсердия (АГ и ФП).

Figure 4. Strain of the left atrium in the reservoir phase in patients without cardiovascular disease (Control) and patients with arterial hypertension without rhythm disturbances (AH only) and with paroxysmal atrial fibrillation (AH+AF).

Независимо от наличия ФП больные АГ в среднем были старше пациентов контрольной группы, среди них было больше женщин и лиц с ожирением, значительно выше были средние значения ИММЛЖ и отношения E/e' . При этом между больными АГ с ФП и без таковой статистически значимых различий в состоянии левого желудочка сердца не отмечалось.

Характеристики левого предсердия статистически значимо различались во всех трех группах, но межгрупповые различия были выражены в разной мере. Так, разность медиан ИОЛП между первой и второй группами была в два раза меньше, чем между второй и третьей группами: 4,0 (2,0–5,6) и 8,0 (6,0–9,6) мл/м². Разность медиан МДЛП между первой и второй группами была на порядок меньше, чем между второй и третьей группами: 0,18 (0,02–0,33) и 1,99 (1,80–2,18) процентных пункта (п.п.). Столь же резко различались аналогичные разности медиан ИС: 0,04 (0,01–0,06) и 0,22 (0,21–0,24). Стрейн резервуара во второй группе был в среднем меньше, чем в первой, а в третьей — меньше, чем во второй, однако разность между первой и второй группами была в два с лишним раза меньше, чем между второй и третьей группами: 7,0 (9,0–5,0) и 2,9 (4,0–2,0) п.п.

Таким образом, на ИОЛП, МДЛП и ИС пароксизмальная ФП оказывает более сильное влияние, чем обусловленные АГ структурно-функциональные изменения левого желудочка, а на стрейн резервуара более сильное влияние оказывает состояние левого желудочка, а не ФП (**рисунки 1–4**). К такому же выводу приводят и результаты множественной линейной регрессии, в которой изучалась зависимость характеристик левого предсердия от возраста и пола пациента, наличия у него ожирения, АГ и пароксизмальной ФП (**таблица 2**).

Как следует из представленных в таблице данных, возраст пациента оказывает независимое, статистически

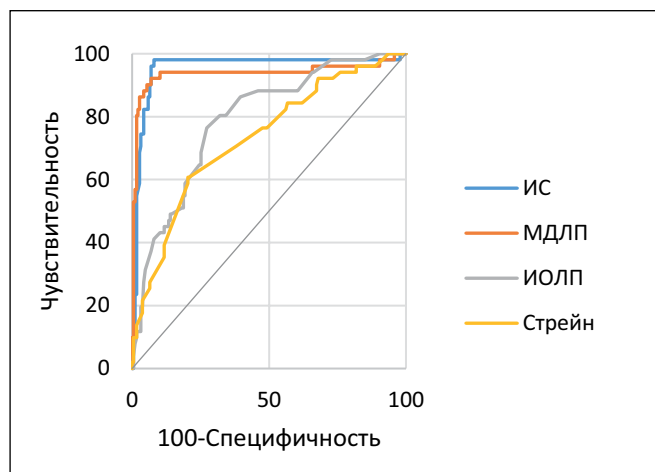


Рисунок 5. Кривые ошибок для индекса сферичности (ИС), механической дисперсии левого предсердия (МДЛП), индекса объема левого предсердия (ИОЛП) и стрейна резервуара как предикторов фибрилляции предсердий («обучающая» когорта).

Figure 5. Receiver operating characteristic curves for the sphericity index (SI), left atrium mechanical dispersion (LAMD), left atrium volume index (LAVI), and reservoir strain as predictors of atrial fibrillation (derivation cohort).

значимое и достаточно выраженное влияние на все изучаемые характеристики левого предсердия. С каждым десятилетием жизни стрейн резервуара снижается в среднем на 2 п.п., ИОЛП возрастает на 1,6 мл/м², МДЛП – на 0,16 п.п., а ИС – на 0,015 единицы. Пол пациента независимого влияния на характеристики левого предсердия не продемонстрировал и ни в одну из созданных моделей не вошел. Наличие ожирения не оказывает значимого влияния на ИОЛП и МДЛП, но ассоциируется со снижением стрейна резервуара и повышением индекса сферичности. ФП оказывает влияние на все изучаемые характеристики левого предсердия, а АГ – лишь на стрейн резервуара и ИОЛП. Причем на стрейн резервуара АГ влияет сильнее, чем ФП, а на ИОЛП более выраженное влияние оказывает ФП.

Для изучения возможности использования характеристик левого предсердия в качестве предикторов пароксизмальной ФП все включенные в исследование пациенты случайным образом были разделены на «обучающую» и «экзаменующую» когорты в соотношении 2:1 (238 и 118 пациентов). В «обучающую» когорту вошли 39 (16,4%) пациентов контрольной группы, 148 (62,2%) больных АГ без ФП и 51 (21,4%) больной АГ с пароксизмальной ФП. Для «экзаменующей» когорты соответствующие значения составили 19 (16,1%), 73 (61,9%) и 26 (22,0%) пациентов.

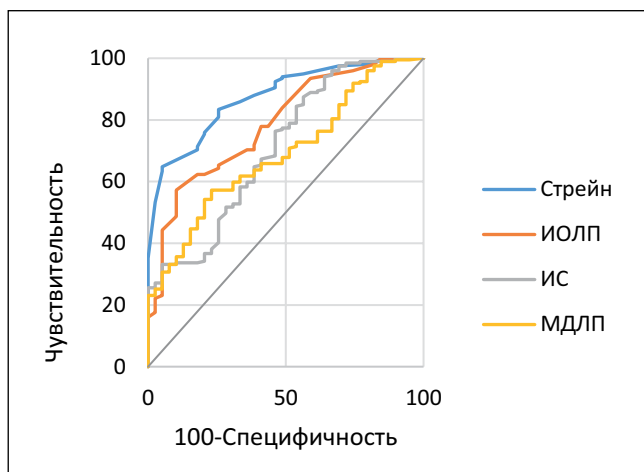


Рисунок 6. Кривые ошибок для индекса сферичности (ИС), механической дисперсии левого предсердия (МДЛП), индекса объема левого предсердия (ИОЛП) и стрейна резервуара как предикторов артериальной гипертензии («экзаменующая» когорта).

Figure 6. Receiver operating characteristic curves for the sphericity index (SI), left atrium mechanical dispersion (LAMD), left atrium volume index (LAVI), and reservoir strain as predictors of hypertension (validation cohorts).

Полученные на «обучающей» когорте кривые ошибок для характеристик левого предсердия как предикторов пароксизмальной ФП представлены на **рисунке 5**.

Площади под кривыми ошибок (AUC) для ИС и МДЛП между собой не различались и существенно превышали AUC для ИОЛП и стрейна резервуара (таблица 2). Полученные на «обучающей» когорте критерии предсказания пароксизмальной ФП по ИС и МДЛП продемонстрировали на «экзаменующей» когорте высокую дискриминирующую способность (таблица 3). При этом дискриминирующая способность ИОЛП и стрейна резервуара в отношении пароксизмальной ФП оказалась весьма низкой.

Полученные на «экзаменующей» когорте кривые ошибок для характеристик левого предсердия как предикторов АГ, вернее связанных с АГ изменений структурно-функционального состояния левого желудочка, представлены на **рисунке 6**. В данном случае наибольшую дискриминирующую способность продемонстрировал стрейн резервуара, наименьшую – МДЛП (таблица 4).

Таким образом, ИС и МДЛП продемонстрировали весьма высокую дискриминирующую способность в отношении пароксизмальной ФП и низкую в отношении АГ, что позволяет использовать эти показатели для выявления лиц с высокой вероятностью наличия недиагностированной

Переменная	«Обучающая» когорта (n = 238)		«Экзаменующая» когорта (n = 118)			
	AUC (95% ДИ)	Критерий	Se	Sp	+LR	-LR
ИС, единиц	0,955 (0,920–0,977)	>0,82	100,0	93,5	15,33	0,00
МДЛП, %	0,937 (0,899–0,965)	>1,91	92,3	85,9	6,53	0,090
ИОЛП, мл/м ²	0,791 (0,734–0,841)	>32,0	76,9	71,7	2,72	0,32
Стрейн, %	0,732 (0,671–0,787)	≤20,3	61,5	80,4	3,15	0,48

Примечания: AUC – площадь под кривой ошибок, Se – чувствительность, Sp – специфичность, +LR – отношение правдоподобия для положительного результата, -LR – отношение правдоподобия для отрицательного результата, ДИ – доверительный интервал, ИС – индекс сферичности, МДЛП – механическая дисперсия левого предсердия, ИОЛП – индекс объема левого предсердия.

Таблица 3. Характеристики показателей структурно-функционального состояния левого предсердия как предикторов пароксизмальной фибрилляции предсердий

Table 3. Characteristics of the structural and functional state of the left atrium as predictors of paroxysmal atrial fibrillation

Переменная	«Обучающая» когорта (n = 238)		«Экзаменуемая» когорта (n = 118)			
	AUC (95% ДИ)	Критерий	Se	Sp	+LR	-LR
Стрейн, %	0,875 (0,826–0,914)	≤22,5	59,6	84,2	3,77	0,48
ИОЛП, мл/м ²	0,787 (0,730–0,837)	>29	53,5	89,5	5,09	0,52
ИС, единиц	0,709 (0,647–0,766)	>0,65	82,8	42,1	1,43	0,41
МДЛП, %	0,690 (0,627–0,748)	>1,05	63,6	52,6	1,34	0,69

Примечания: AUC – площадь под кривой ошибок, Se – чувствительность, Sp – специфичность, +LR – отношение правдоподобия для положительного результата, -LR – отношение правдоподобия для отрицательного результата, ДИ – доверительный интервал, ИС – индекс сферичности, МДЛП – механическая дисперсия левого предсердия, ИОЛП – индекс объема левого предсердия.

Таблица 4. Характеристики показателей структурно-функционального состояния левого предсердия как предикторов артериальной гипертензии

Table 4. Characteristics of indicators of the structural and functional state of the left atrium as predictors of arterial hypertension

ФП как среди больных АГ, так и среди лиц без сердечно-сосудистой патологии.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе изучалась возможность использования ИС, рассчитанного по данным ЭхоКГ, для выявления пароксизмальной ФП у больных АГ. Основанием для проведения такого исследования послужили результаты ряда работ, показавших, что увеличение ИС, рассчитанного по данным компьютерной или магнитно-резонансной томографии, ассоциируется с возрастанием риска развития поздних рецидивов ФП после радиочастотной абляции устьев легочных вен [5, 10, 11].

Дискриминирующая способность ИС в отношении наличия ФП у больных АГ сравнивалась с дискриминирующей способностью еще трех показателей ремоделирования левого предсердия – ИОЛП, стрейна резервуара и МДЛП. Дискриминирующая способность ИС оказалась сопоставима с дискриминирующей способностью МДЛП (AUC = 0,955 и 0,937) и существенно превосходила показатели ИОЛП и стрейна резервуара (AUC = 0,791 и 0,732). Причина столь выраженных различий заключается в том, что на значения ИОЛП и стрейна резервуара выраженное влияние оказывает не только пароксизмальная ФП, но и обусловленные АГ структурно-функциональные изменения левого желудочка. Так, по данным анализа множественной линейной регрессии, наличие ФП ассоциируется с повышением ИОЛП в среднем на 6,6 мл/м² и со снижением стрейна резервуара на 2,1 п.п., а наличие АГ – с повышением ИОЛП на 3,1 мл/м² и снижением стрейна резервуара на 4,5 п.п. На ИС и МДЛП наличие АГ не оказывает статистически значимого влияния, в то время как наличие ФП ведет к увеличению ИС на 0,2 единицы и повышению МДЛП на 1,8 п.п. Таким образом, ИС и МДЛП отражают особенности ремоделирования левого предсердия, связанные с наличием ФП, в то время как ИОЛП и стрейн резервуара такой специфичностью не обладают.

Результаты настоящего исследования находят приемлемое объяснение в рамках концепции предсердной кардиомиопатии (atrial cardiomyopathy), под которой понимают совокупность структурных, функциональных и электрофизиологических изменений миокарда предсердий различного происхождения [3]. Причиной развития предсердной кардиомиопатии могут стать повышение нагрузки на предсердия при нарушении диастолической функции желудочков или пороках сердца, длительно сохраняющиеся тахикардии, а также ряд внесердечных факторов, включая старение, общее и эпикардиальное ожирение, сахарный

диабет и генетическую предрасположенность. Самыми частыми клиническими проявлениями предсердной кардиомиопатии являются ФП [4] и, возможно, не связанный с ФП тромбоз ушка левого предсердия [12].

В зависимости от доминирующих гистологических изменений миокарда выделяют четыре класса предсердной кардиомиопатии. Для I класса характерны изменения кардиомиоцитов в виде их гипертрофии и миоцитолита, для II – преимущественно фиброзные изменения, для III – сочетание изменений кардиомиоцитов и фиброза, для IV – внеклеточная инфильтрация амилоидом (IVa), жиром (IVf) или воспалительными клетками (IVi) без выраженного накопления коллагеновых волокон. Границы между выделяемыми классами достаточно условны, поскольку при прогрессировании кардиомиопатии характер гистологической картины может меняться. Более того, гистологическая картина в разных отделах миокарда предсердия может соответствовать разным классам кардиомиопатии [3].

АГ ведет к развитию гипертрофии и нарушению диастолической функции левого желудочка, что увеличивает нагрузку на левое предсердие и служит причиной развития предсердной кардиомиопатии I класса. Судя по результатам настоящего исследования, проявлением такой кардиомиопатии служит увеличение ИОЛП и снижение стрейна резервуара. Морфологическим субстратом ФП служит фиброз миокарда, то есть предсердная кардиомиопатия II класса. В ряде исследований было показано, что МДЛП позволяет оценить выраженность предсердного фиброза даже более точно, чем результаты магнитно-резонансной томографии [13, 14]. Этим, на наш взгляд, и объясняется высокая дискриминирующая способность МДЛП в отношении ФП. Столь же высокую дискриминирующую способность в настоящем исследовании продемонстрировал ИС, что позволяет рассматривать «сферизацию» левого предсердия в качестве признака предсердного фиброза.

Следует отметить, что в отличие от МДЛП, для определения которой требуется технология отслеживания серого пятна (спекл-трекинг эхокардиография), ИС рассчитывается по результатам рутинной ЭхоКГ. Это позволяет использовать определение ИС в широкой клинической практике для выявления больных АГ с высокой вероятностью наличия недиагностированной пароксизмальной ФП.

Ограничения исследования

В настоящем исследовании ИС продемонстрировал высокую дискриминирующую способность в отношении пароксизмальной ФП у больных АГ с гипертрофией левого желудочка. Вопросы о возможности использования

этого показателя для выявления изолированной ФП, а также ФП у лиц с систолической дисфункцией левого желудочка остаются открытыми и требуют дальнейшего изучения [15]. Требуется уточнения и значения ИС, превышение которого указывает на высокую вероятность наличия пароксизмальной ФП. Это тем более актуально, что значения ИС зависят от метода определения объема левого предсердия. Метод «площадь – длина» обычно дает более высокие значения объема левого предсердия, чем метод дисков, вследствие чего значения ИС, рассчитанные

при использовании метода «площадь – длина», в среднем выше, чем при использовании метода дисков.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИС, рассчитанный по данным ЭхоКГ, обладает высокой дискриминирующей способностью в отношении пароксизмальной ФП у больных АГ. Чувствительность критерия «ИС >0,82» как предиктора пароксизмальной ФП достигает 100% (95% ДИ 86,8–100,0), а специфичность составляет 93,5% (65% ДИ 86,3–97,6). ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, протокол №7 от 20.04.2019 г. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на использование результатов выполненных им исследований в научных целях.	Compliance with Ethical Standards. The study was approved by the local Ethics Committee of the Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Protocol No. 7 dated 04.20.2019; all patients signed a voluntary informed consent to use the results of their research for scientific purposes.
Участие авторов. В.В. Мазур – дизайн исследования, получение и интерпретация результатов. О.В. Нилова – получение данных, интерпретация результатов и написание статьи. Т.О. Николаева – получение, анализ данных и написание статьи. Н.Д. Баженов – получение результатов и внесение в рукопись существенной правки с целью повышения научной ценности статьи. Е.С. Мазур – концепция исследования, анализ данных и интерпретация результатов, внесение в рукопись существенной важной правки с целью повышения научной ценности статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. V.V. Mazur: study design, obtaining and interpreting of results. O.V. Nilova: collection of data, interpreting of results and writing of the article. T.O. Nikolaeva: data collection and analysis, writing of the article. N.D. Bazhenov: compilation of results and making of significant edits of the manuscript in order to increase the scientific value of the article. E.S. Mazur: research concept, data analysis and interpretation of results, making of significant edits of the manuscript in order to increase the scientific value of the article. The authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Arakelyan MG, Bockeria LA, Vasileva EYu, et al. 2020 Clinical guidelines for Atrial fibrillation and atrial flutter. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7):4594. [Аракелян М.Г., Бокерия Л.А., Васильева Е.Ю., и др. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7):4594]. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4594
2. Germanova OA, Galati G, Kunts LD, et al. Predictors of paroxysmal atrial fibrillation: Analysis of 24-hour ECG Holter monitoring. *Science and Innovations in Medicine*. 2024;9(1):44-48. [Германова О.А., Галати Дж., Кунц Л.Д., и др. Предикторы развития пароксизмальной фибрилляции предсердий: анализ данных суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру. *Наука и инновации в медицине*. 2024;9(1):44-48]. DOI: 10.35693/SIM626301
3. Goette A, Kalman JM, Aguinaga L, et al. EHRA/HRS/APHRS/SOLAECE expert consensus on atrial cardiomyopathies: definition, characterization, and clinical implication. *Europace*. 2016;18:1455-1490. DOI: 10.1093/europace/euw161
4. Schnabel RB, Marinelli EA, Arbelo E, et al. Early diagnosis and better rhythm management to improve outcomes in patients with atrial fibrillation: the 8th AFNET/EHRA consensus conference. *Europace*. 2023;25:6-2. DOI: 10.1093/europace/euac062
5. Nakamori S, Ngo LH, Tugal D, et al. Incremental Value of Left Atrial Geometric Remodeling in Predicting Late Atrial Fibrillation Recurrence After Pulmonary Vein Isolation: A Cardiovascular Magnetic Resonance Study. *J Am Heart Assoc*. 2018;7:e009793. DOI: 10.1161/JAHA.118.009793
6. Badano LP, Kolias Th, Muraru D, 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. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19:591-600. DOI: 10.1093/ehjci/ey042
7. Alekhin MN, Kalinin AO. Value of indicators of longitudinal deformation of the left atrium in patients with chronic heart failure. *Medical alphabet*. 2020;32:24-29. [Алехин М.Н., Калинин А.О. Значение показателей продольной деформации левого предсердия у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Медицинский алфавит*. 2020;32:24-29]. DOI: 10.33667/2078-5631-2020-32-24-29

8. Kawakami H, Ramkumar S, Nolan M, et al. Left Atrial Mechanical Dispersion Assessed by Strain Echocardiography as an Independent Predictor of New-Onset Atrial Fibrillation: A Case-Control Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32:1268-1276.e3. DOI: 10.1016/j.echo.2019.06.002
9. Mazur ES, Mazur VV, Bazhenov ND, et al. Epicardial obesity and left atrial mechanical dispersion in hypertensive patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(3):3513. [Мазур Е.С., Мазур В.В., Баженов Н.Д., и др. Эпикардальное ожирение и механическая дисперсия левого предсердия у больных артериальной гипертензией с пароксизмальной и персистирующей фибрилляцией предсердий. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(3):3513]. DOI: 10.15829/1728-8800-2023-3513
10. Bisbal F, Guiu E, Calvo N, et al. Left atrial sphericity: a new method to assess atrial remodeling. Impact on the outcome of atrial fibrillation ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013;24:752-9. DOI: 10.1111/jce.12116
11. Moon J, Lee HJ, Yu J, et al. Prognostic implication of left atrial sphericity in atrial fibrillation patients undergoing radiofrequency catheter ablation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2017;40:713-720. DOI: 10.1111/pace.13088
12. Tatarsky BA, Napalkov DA. Atrial Fibrillation: a Marker or Risk Factor for Stroke. *Rational pharmacotherapy in cardiology*. 2023;19(1):83-88. [Татарский Б.А., Напалков Д.А. Фибрилляция предсердий: маркер или фактор риска развития инсульта. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2023;19(1):83-88]. DOI: 10.20996/1819-6446-2023-01-06
13. Watanabe Y, Nakano Y, Hidaka T, et al. Mechanical and substrate abnormalities of the left atrium assessed by 3-dimensional speckle-tracking echocardiography and electroanatomic mapping system in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2015;12:490-497. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.12.007
14. Ciuffo L, Tao S, Ipek EG, et al. Intra-atrial Dyssynchrony During Sinus Rhythm Predicts Recurrence After the First Catheter Ablation of Atrial Fibrillation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(2):310-319. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.11.028
15. Hopman LHGA, Bhagirath P, Mulder MJ, et al. Left atrial sphericity in relation to atrial strain and strain rate in atrial fibrillation patients. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2023;39(9):1753-1763. DOI: 10.1007/s10554-023-02866-2