



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1417>

## Показатель деформации миокарда левого предсердия, оцененный методом стрейн-эхокардиографии, как маркер фиброза у пациентов с ишемическим инсультом

© Хамидова Л.Т., Рыбалко Н.В., Иванников А.А. \*,  
Баширова Е.А., Рамазанов Г.Р., Каниболоцкий А.А.

ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы»; 129090 Москва, Большая Сухареvская площадь, д. 3, Российская Федерация

**Введение.** Кардиоэмболический инсульт (КЭ) является одним из основным этиопатогенетических под-типов ишемического инсульта (ИИ) и составляет примерно 17% от всех пациентов с ИИ. В настоящее время ведется поиск широкодоступных методов лучевой диагностики, позволяющих с высокой точностью диагностировать дисфункцию левого предсердия (ЛП). К таким методам относят трансторакальную стрейн-эхокардиографию (ЭхоКГ), что дает дополнительное представление о мере деформации и изменении формы ЛП во время сердечного цикла. На сегодняшний день остается не изученной ассоциация между показателями стрейн-ЭхоКГ и выраженностью фибротических изменений ЛП у пациентов с ИИ.

**Цель исследования:** оценить взаимосвязь между показателями деформации миокарда ЛП и степени выраженности его фиброза у пациентов с ИИ, а также влияние изменения деформации миокарда ЛП на прогноз пациентов с ИИ.

**Материал и методы.** В проспективное поперечное исследование включено 132 пациента, проходивших обследование и лечение в отделении неотложной неврологии в ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы» в период с 2020 по 2022 г. В 1-ю группу включено 12 пациентов, умерших в ходе госпитализации, во 2-ю – 120 пациентов, выписанных из отделения после проведенного лечения.

**Результаты.** Умершие пациенты по сравнению с выжившими характеризовались наличием ремоделирования миокарда ЛП. В исследуемых группах были выявлены статистически значимые различия в показателях деформации миокарда ЛП. При проведении корреляционного анализа были выявлены статистически значимые взаимосвязи между показателями деформации миокарда ЛП с выраженностью фиброзных изменений. В многофакторной модели логистической регрессии статистически значимое влияние на прогноз пациентов оказывали такие показатели, как деформация миокарда ЛП в фазу проводника и деформация миокарда ЛП в сократительную фазу, повышавшие шансы летального исхода при каждом последующем увеличении показателя на 1% в 1,128 и 1,075 раза соответственно (ОШ 1,128, 95% ДИ 1,021–1,25,  $p = 0,017$  и ОШ 1,075, 95% ДИ 1,009–1,15,  $p = 0,025$ ).

**Выводы.** В ходе проведенного исследования было установлено, что показатель деформации миокарда ЛП сильно коррелирует с фиброзом ЛП и степенью фиброза ЛП. Показатели деформации миокарда ЛП могут быть использованы в стратификации риска развития летального исхода у пациентов с ИИ.

**Ключевые слова:** ишемический инсульт; предсердная кардиомиопатия; спекл-трекинг-эхокардиография; фиброз миокарда

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Хамидова Л.Т., Рыбалко Н.В., Иванников А.А., Баширова Е.А., Рамазанов Г.Р., Каниболоцкий А.А. Показатель деформации миокарда левого предсердия, оцененный методом стрейн-эхокардиографии, как маркер фиброза у пациентов с ишемическим инсультом. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (3): 106–116. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1417>

**Поступила в редакцию:** 27.10.2023. **Принята к печати:** 23.05.2024. **Опубликована online:** 08.07.2024.



# Left atrial myocardial strain, assessed by the method of speckle-tracking echocardiography, as a marker of fibrosis in patients with ischemic stroke

© Layla T. Khamidova, Natalia V. Rybalko, Alexander A. Ivannikov\*,  
Eva A. Bashirova, Ganipa R. Ramazanov, Alexander A. Kanibolotsky

Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Moscow Healthcare Department; 3, Bolshaya Suharevskaya pl., Moscow 129090, Russian Federation

**Introduction.** Cardioembolic stroke (CE) is one of the main etiopathogenetic subtypes of ischemic stroke and accounts for approximately 17% of all patients with ischemic stroke. Currently, there is a search for widely accessible radiological diagnostic methods that allow for the accurate diagnosis of left atrial (LA) dysfunction. Among these methods is transthoracic strain echocardiography (EchoCG), which provides additional information about the degree of deformation and change in shape of the LA during the cardiac cycle. To date, the association between strain EchoCG parameters and the severity of fibrotic changes in the LA among patients with CE remains unstudied.

**Objective.** To evaluate the relationship between myocardial deformation parameters of the left atrium and the degree of fibrosis in patients with CE, as well as the impact of LA myocardial deformation changes on the prognosis of patients with CE.

**Materials and Methods.** A prospective cross-sectional study included 132 patients who underwent evaluation and treatment in the Department of Emergency Neurology at the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine from 2020 to 2022. Group 1 consisted of 12 patients who died during hospitalization, while Group 2 comprised 120 patients who were discharged from the department after receiving treatment.

**Results.** Deceased patients, compared to survivors, were characterized by the presence of LA myocardial remodeling. Statistically significant differences in LA myocardial deformation parameters were found between the study groups. Correlation analysis revealed statistically significant associations between LA myocardial deformation parameters and the severity of fibrotic changes. In the multifactorial logistic regression model, significant effects on the prognosis of patients were observed for LA strain peak systolic circumferential strain rate (LA-Scs) and LA strain peak systolic longitudinal strain rate (LA-Sls), with each 1% increase in the parameter associated with a 1.128-fold and 1.075-fold increase in the odds of a lethal outcome, respectively (OR: 1.128, 95% CI: 1.021–1.25,  $p = 0.017$ , and OR: 1.075, 95% CI: 1.009–1.15,  $p = 0.025$ ).

**Conclusions.** The conducted study established a strong correlation between LA myocardial deformation and LA fibrosis and the degree of fibrosis in the LA. LA myocardial deformation parameters can be used in risk stratification for the development of a lethal outcome in patients with CE.

**Keywords:** ischemic stroke; atrial cardiomyopathy; speckle-tracking echocardiography; myocardial fibrosis

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

**For citation:** Khamidova L.T., Rybalko N.V., Ivannikov A.A., Bashirova E.A., Ramazanov G.R., Kanibolotskii A.A. Left atrial myocardial strain, assessed by the method of speckle-tracking echocardiography, as a marker of fibrosis in patients with ischemic stroke. *Medical Visualization*. 2024; 28 (3): 106–116. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1417>

**Received:** 27.10.2023.

**Accepted for publication:** 23.05.2024.

**Published online:** 08.07.2024.

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания остаются значимой медико-социальной проблемой. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2019 г. сердечно-сосудистые заболевания были причиной смерти более 17,9 млн человек, что составляет 32% от общего числа смертей в мире [1].

В Российской Федерации патологии системы кровообращения головного мозга занимают второе место в числе всех сердечно-сосудистых заболеваний. Острое нарушение мозгового кровообращения составляет 21,4% от общей смертности [2].

Смертность от инфаркта мозга составляет 175 случаев на 100 тыс. жителей, а инвалидизация – 3,2 случая на 10 тыс. населения, что делает эту проблему одной из значимых [3]. По данным Американской ассоциации сердца, распространенность инсульта в Соединенных Штатах Америки в 2016 г. составляла 2,5%, став причиной смертей около 150 000 человек [4].

Кардиоэмболический инсульт (КЭ) является одним из основных этиопатогенетических подтипов ИИ и составляет примерно 17% от всех пациентов с ишемическим инсультом (ИИ) [5]. Одной из причин развития КЭ является дисфункция ле-



вого предсердия (ЛП), в основе которого лежит структурное ремоделирование, выраженное в увеличении его размеров и объема, а также развитии фибротических изменений миокарда [6].

Диагностика дисфункции ЛП является комплексной задачей, “золотым стандартом” лучевой диагностики фиброза ЛП является магнитно-резонансная томография сердца [7]. Данный метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью, однако недостатками данного метода являются высокая стоимость и труднодоступность данного метода исследования. В настоящее время ведется поиск альтернативных методов лучевой диагностики, позволяющих с высокой точностью диагностировать дисфункцию ЛП. К таким методам относят трансторакальную стрейн-эхокардиографию (ЭхоКГ), суть которой заключается в отслеживании движения акустических маркеров, так называемых спеклов в миокарде, что дает дополнительное представление о мере деформации и изменении формы ЛП во время сердечного цик-

ла [8]. Ранее в исследованиях была доказана диагностическая и прогностическая значимость спеклтрекинг-ЭхоКГ при обследовании пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН), фибрилляцией предсердий (ФП) и гипертрофической кардиомиопатией [8, 9]. В исследовании S. Bouwmeester и соавт. (2022) было доказано, что показатель стрейна ЛП в фазу резервуара может быть предиктором сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с ХСН [9]. Было установлено, что показатель деформации ЛП коррелирует с наличием фиброза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [10]. Однако на сегодняшний день остается не изученной ассоциация между показателями стрейн-ЭхоКГ и выраженностью фибротических изменений ЛП у пациентов с ИИ.

**Цель исследования:** оценить взаимосвязь между показателями деформации миокарда ЛП и степени выраженности его фиброза у пациентов с ИИ, а также влияние изменения деформации миокарда ЛП на прогноз пациентов с ИИ.

## Материал и методы

В проспективное когортное исследование включено 132 пациента, проходивших обследование и лечение в отделение неотложной неврологии НИИ СП имени Н.В. Склифосовского в период с 2020 по 2022 г. Клинико-демографическая характеристика пациентов, включенных в исследование, представлена в табл. 1.

Наиболее распространенным заболеванием явилась артериальная гипертензия (АГ), которая встречалась у 130 (98,4%) пациентов. Заболевания из группы ишемической болезни сердца (ИБС) и сахарный диабет 2 типа (СД 2 типа) диагностированы у 34 (25,8%) и 25 (18,9%) пациентов соответственно. Нарушения ритма сердца наблюдались у 31 (23,5%), в том числе постоянная форма ФП, выявленная у 19 (14,4%) пациентов.

Всем пациентам было выполнено ЭхоКГ-исследование по стандартному протоколу в соответствии с современными рекомендациями Американского общества эхокардиографии и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (ASE и EACVI) [11]. В ходе проведения ЭхоКГ была оценена степень деформации миокарда ЛП с помощью метода speckle-tracking. Speckle-tracking-ЭхоКГ (speckle – пятно, метка, tracking – отслеживание) представляет собой современный и эффективный метод, используемый для оценки глобальной и локальной кинетики, а также деформации миокарда. В отличие от традиционных методов ЭхоКГ, этот особый подход направлен на оценку сократительной функции миокарда с помощью векторного анализа дефор-

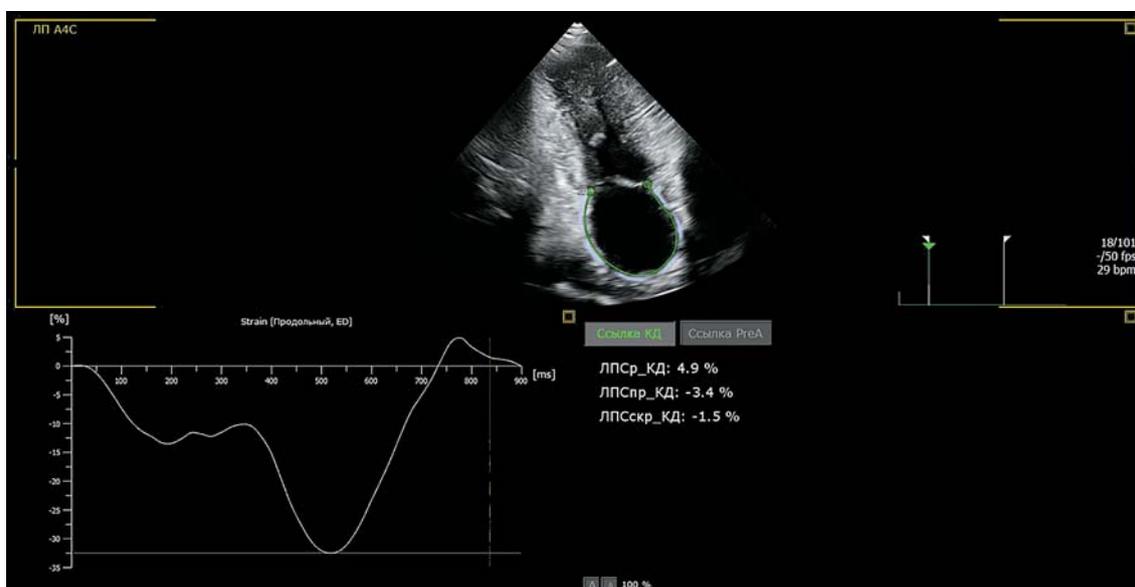
**Таблица 1.** Общая клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование

**Table 1.** General clinical characteristics of patients included in the study

Показатель Clinical characteristic (n = 132)	
Возраст, годы, Me [Q1; Q3] Age, years, Me [Q1; Q3]	68.5 [60.0; 76.3]
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3] BMI, kg/m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	27.4 [25.0; 31.7]
ППТ, м <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3] BSA, m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	1.94 [1.75; 2.15]
Длительность госпитализации, дни, Me [Q1; Q3] Hospitalization duration, days, Me [Q1; Q3]	15 [12; 25]
Артериальная гипертензия, n (%) Arterial hypertension, n (%)	130 (98.4%)
Ишемическая болезнь сердца, n (%) Ischemic heart disease, n (%)	34 (25.8%)
Сахарный диабет 2 типа, n (%) Type 2 diabetes mellitus, n (%)	25 (18.9%)
Постоянная форма ФП, n (%) Permanent form of AF, n (%)	19 (14.4%)
Нарушение ритма сердца, n (%) Cardiac arrhythmia, n (%)	31 (23.5%)

*Примечание.* Здесь и в табл. 2: ИМТ – индекс массы тела, ППТ – площадь поверхности тела, ФП – фибрилляция предсердий.

*Note.* AF – atrial fibrillation, BMI – body mass index, BSA – body surface area.



**Рис. 1.** Технология speckle-tracking-ЭхоКГ.

**Fig. 1.** Speckle-tracking echocardiography technology.

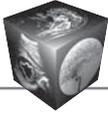
мации миокарда, что позволяет уменьшить ошибки, обычно связанные с тканевой доплеровской ЭхоКГ. Фундаментальная концепция speckle-tracking-ЭхоКГ с отслеживанием спеклов заключается в используемой технологии анализа двухмерного изображения в виде объединения отдельных пикселей. Уникальное сочетание пикселей в градациях серого в каждом сегменте позволяет отслеживать движение в определенных областях структур миокарда на протяжении всего сердечного цикла. Система способна исследовать любые точки и сегменты миокарда, указанные оператором, на уровне эндокарда, миокарда или эпикарда. Затем данные, полученные в результате этого анализа после вычислительной обработки, визуально представляются с помощью различных средств, таких как кривые, цветовые шкалы, таблицы и векторы [12] (рис. 1).

С целью оценки прогностической значимости показателей стрейн-ЭхоКГ пациенты исследуемой выборки были разделены на 2 группы: 1-ю группу ( $n = 12$ ) составили пациенты, скончавшиеся в ходе госпитализации, 2-ю группу ( $n = 120$ ) – пациенты, выписанные после проведенного обследования и лечения.

Во всех 12 случаях смерти пациентов проведено патологоанатомическое вскрытие, исследован миокард ЛП, фрагменты которого фиксировали в 10% растворе забуференного формалина, парафиновые блоки микротомировали, срезы окрашивали гематоксилином и эозином, по Ван-Гизону для определения выраженности фиброза. Иссле-

дование морфологических изменений проводилось в проходящем свете с использованием микроскопа ZEISS Imager.Z2 с увеличением от 50 до 400 и масляной иммерсией с увеличением 1000, оценивали выраженность фиброза, используя полуколичественные методы оценки. Фотофиксация выявленных микроскопических изменений выполнена с использованием цифровой камеры AxioCam MRC 5. Выраженность фиброза миокарда ЛП оценивалась полуколичественно с использованием 4 степеней: выраженный, умеренно выраженный, слабо-выраженный фиброз и отсутствие фиброза.

**Статистический анализ.** Статистический анализ полученных данных проводился на персональном компьютере с операционной системой macOS версии 13.4 Ventura с использованием программного обеспечения jamovi версии 2.3.26 и языка программирования Python версии 3.9 с использованием библиотек pandas, numpy и seaborn. Количественные данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]). Категориальные данные представлены с указанием абсолютного показателя и процентного соотношения  $n$  (%). Сравнение количественных переменных проводилось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Для сравнения категориальных данных использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона. Корреляционный анализ выполнен с помощью рангового критерия Спирмена. Для определения прогностической значимости переменных применен метод одно- и многофакторной логистической регрессии с расчетом отношения шансов (ОШ)

**Таблица 2.** Клинико-anamnестическая характеристика пациентов в исследуемых группах**Table 2.** Clinical and anamnestic characteristics of patients in the study groups

Клиническая характеристика Clinical characteristic	1-я группа Group 1 (n = 12)	2-я группа Group 2 (n = 120)	p-value
Возраст, годы, Me [Q1; Q3] Age, years, Me [Q1; Q3]	71 [67; 77]	67 [59; 75.5]	0.09
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3] BMI, kg/m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	24.5 [23.8; 25.9]	27.7 [24.8; 30.7]	<b>0.009</b>
ППТ, м <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3] BSA, m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	1.78 [1.70; 1.91]	1.96 [1.81; 2.12]	<b>0.004</b>
Длительность госпитализации, дни, Me [Q1; Q3] Hospitalization duration, days, Me [Q1; Q3]	25 [10.0; 39.0]	14.5 [12.0; 23.3]	0.16
NIHSS при поступлении, баллы, Me [Q1; Q3] NIHSS at admission, score, Me [Q1; Q3]	12 [6; 26]	3 [1; 5]	<b>0.003</b>
Артериальная гипертензия, n (%) Arterial Hypertension, n (%)	13 (100%)	123 (99.19%)	0.745
Ишемическая болезнь сердца, в том числе постинфарктный кардиосклероз, n (%) Ischemic heart disease, incl. postinfarction cardiosclerosis, n (%)	7 (53.84%)	31 (25%)	<b>0.027</b>
Сахарный диабет 2 типа, n (%) Type 2 diabetes mellitus, n (%)	6 (46.15%)	21 (16.93%)	<b>0.012</b>
Постоянная форма ФП, n (%) Permanent form of AF, n (%)	4 (30.76%)	15 (12.09%)	0.064

*Примечание.* NIHSS – (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH STROKE SCALE) – шкала инсульта Национального института здоровья.

*Note.* NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale.

и 95% доверительного интервала (95% ДИ). Пороговое значение логистической функции  $p$ , а также определение диагностической эффективности в полученной многофакторной модели было определено с помощью ROC-анализа и построения классификационной таблицы. Пороговый уровень критической значимости составил 95%, статистически значимыми различия признавались при  $p < 0,05$ .

## Результаты

После формирования исследуемых групп была изучена клинико-anamnестическая характеристика пациентов, что представлено в табл. 2.

Пациенты в исследуемых группах были сопоставимы по возрасту. Медиана возраста пациентов 1-й группы составила 71 [67; 77] год, 2-й – 67 [59; 75,5] лет ( $p = 0,09$ ). Длительность госпитализации между группами также не имела статистически значимых различий и составила 25 [10,0; 39,0] дней у пациентов 1-й группы и 14,5 [12,0; 23,3] дня у пациентов 2-й группы ( $p = 0,16$ ).

Медиана индекса массы тела (ИМТ) у пациентов 1-й группы была статистически значимо ниже и составила 24,5 [23,8; 25,9] кг/м<sup>2</sup>, в то время как у пациентов 2-й группы медиана ИМТ была 27,7 [24,8; 30,7] кг/м<sup>2</sup>.

Умершие пациенты по сравнению с выжившими имели более высокий балл по шкале NIHSS при поступлении – 12 [6; 26] и 3 [1; 5] ( $p = 0,003$ ) соответственно.

Пациенты в исследуемых группах значимо не различались по таким сопутствующим нозологиям, как АГ и постоянная форма ФП. АГ диагностирована у 12 (100%) пациентов 1-й группы и 123 (99,19%) пациентов 2-й группы ( $p = 0,745$ ). Постоянная форма ФП встречалась у 4 (30,76%) и 15 (12,09%) пациентов 1-й и 2-й групп соответственно ( $p = 0,064$ ).

В 1-й группе чаще встречались сопутствующие заболевания группы ИБС – 7 (53,84%) и 31 (25%) ( $p = 0,027$ ) пациент и СД 2 типа – 6 (46,15%) и 21 (16,93%) ( $p = 0,012$ ) пациент соответственно.



**Таблица 3.** Показатели анализа крови пациентов в исследуемых группах

**Table 3.** Indicators of the blood test of patients in the study groups

Показатель	1-я группа Group 1 (n = 12)	2-я группа Group 2 (n = 120)	p-value
Глюкоза, ммоль/л, Me [Q1; Q3] Glucose, mmol/l, Me [Q1; Q3]	6.72 [6.23; 7.96]	6.57 [5.70; 7.87]	0.274
Холестерин, ммоль/л, Me [Q1; Q3] Cholesterol, mmol/l, Me [Q1; Q3]	4.06 [2.63; 5.92]	5.41 [3.93; 6.35]	0.199
Липопротеиды низкой плотности, ммоль/л, Me [Q1; Q3] Low density lipoproteins, mmol/l, Me [Q1; Q3]	2.70 [2.58; 3.69]	3.19 [2.30; 4.09]	0.614
Активированное частичное тромбопластиновое время, с, Me [Q1; Q3] Activated partial thromboplastin time, sec, Me [Q1; Q3]	23.7 [21.1; 26.3]	23.7 [22.1; 26.2]	0.66
Международное нормализованное отношение, с, Me [Q1; Q3] International normalized ratio, sec, Me [Q1; Q3]	1.23 [1.12; 1.46]	1.13 [1.08; 1.24]	0.10
Протромбиновое время, с, Me [Q1; Q3] Prothrombin time, sec, Me [Q1; Q3]	14.0 [13.2; 17.0]	13.2 [12.7; 14.4]	0.10
Протромбин, %, Me [Q1; Q3] Prothrombin, %, Me [Q1; Q3]	80.2 [64.8; 87.7]	84.6 [74.3; 90.3]	0.45
Фибриноген, г/л, Me [Q1; Q3] Fibrinogen, g/l, Me [Q1; Q3]	2.82 [2.43; 3.70]	3.23 [2.69; 3.88]	0.40
D-димер, нг/мл, Me [Q1; Q3] D-dimer, ng/ml, Me [Q1; Q3]	2.39 [0.96; 7.62]	0.67 [0.363; 2.0]	<b>0.01</b>

В ходе госпитализации у всех пациентов был выполнен забор крови из периферических вен с целью оценки показателей углеводного и липидного обмена, а также оценки состояния системы гемостаза (табл. 3).

Как видно из данных табл. 3, пациенты в исследуемых группах не различались по таким показателям анализа крови, как глюкоза, холестерин, липопротеиды низкой плотности, а также основным показателям коагулограммы. Однако пациенты 1-й группы имели более высокие значения показателя концентрации D-димера в плазме крови. Медиана концентрации D-димера в 1-й группе составила 2,39 [0,96; 7,62], во 2-й – 0,67 [0,363; 2,0] ( $p = 0,01$ ).

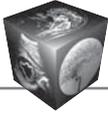
В ходе госпитализации всем пациентам в исследуемых группах была проведена трансторакальная ЭхоКГ, результаты представлены в табл. 4.

Как видно из данных табл. 4, у пациентов в исследуемых группах не было статистически значимых отличий в таких показателях, как объем ЛП, толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП), задняя стенка левого желудочка (ЗСЛЖ), конечно-диастолический (КДР) и конечно-систолический размеры (КСР), конечно-диастолический (КДО) и конечно-систолический объемы (КСО).

Обращает на себя внимание, что у пациентов в исследуемых группах наблюдаются значения показателей ТМЖП и ЗСЛЖ выше нормы, что, по-видимому, является следствием высокой частоты встречаемости АГ и ИБС.

При анализе степени выраженности продольной деформации миокарда левого желудочка было установлено, что у пациентов 1-й группы имелось более выраженное нарушение сократительной функции миокарда, что подтверждается результатами стрейн-ЭхоКГ. Значение показателя глобального продольного стрейна ЛЖ в 1-й группе составило 9,25 [–18,0; –6,0]%, во 2-й – –20,4 [–23,1; –16,9] ( $p = 0,029$ ). Показатели деформации миокарда ЛП в исследуемых группах также различались. Показатель деформации ЛП в фазу проводника (ЛПСпрКД) в 1-й группе составил 14,7 [12,2; 18,9]%, во 2-й – 27,0 [20,3; 36,8] ( $p = 0,005$ ), а показатель деформации ЛП в сократительную фазу (ЛПСскрКД) –5,60 [–10,1; –3,30] и –13,2 [–17,9; –7,8] у пациентов 1-й и 2-й групп соответственно.

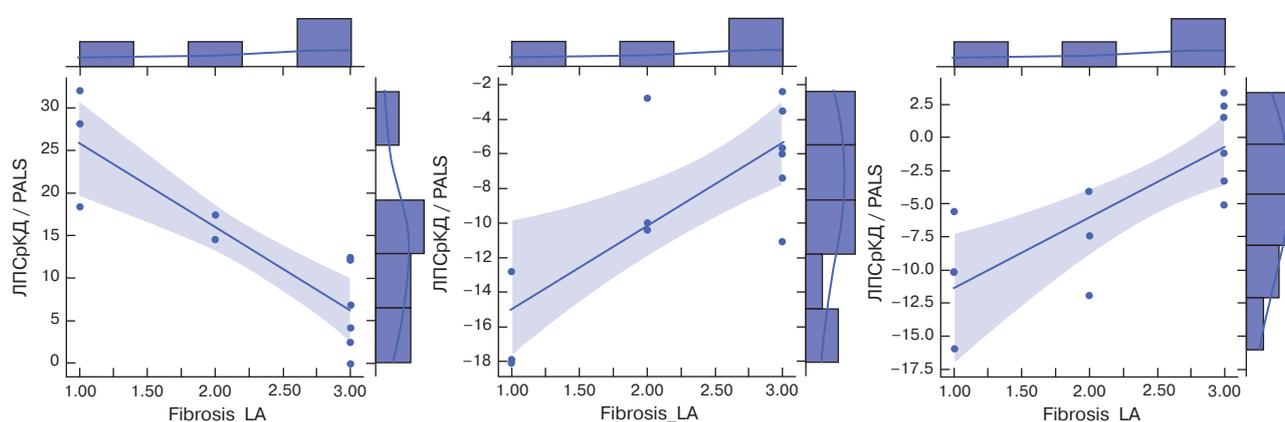
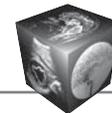
Диаметр ЛП в 1-й группе составил 39 [36,0; 40,5], во 2-й группе – 35,5 [33,0; 38,0] ( $p = 0,012$ ). Индекс КСО ЛП составил 33,5 [28,3; 44,3] и 25,1 [21,9; 32,2] у пациентов 1-й и 2-й групп соответственно ( $p = 0,012$ ).

**Таблица 4.** Результаты показателей трансторакальной ЭхоКГ в исследуемых группах**Table 4.** Results of transthoracic echocardiography in the study groups

Переменная	1-я группа Group 1 (n = 12)	2-я группа Group 2 (n = 120)	p-value
Диаметр ЛП, мм, Ме [Q1; Q3] LA diameter, mm, Me [Q1; Q3]	39 [36.0; 40.5]	35.5 [33.0; 38.0]	<b>0.012</b>
Объем ЛП, мл, Ме [Q1; Q3] LA volume, ml, Me [Q1; Q3]	62.0 [49; 78]	50.0 [41.8; 65.0]	0.054
ЛП КСО индекс, мл/м <sup>2</sup> , Ме [Q1; Q3] LA ESV index, ml/m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	33.5 [28.3; 44.3]	25.1 [21.9; 32.2]	<b>0.012</b>
ЛПСрКД, %, Ме [Q1; Q3] PALS, %, Me [Q1; Q3]	14.7 [12.2; 18.9]	27.0 [20.3; 36.8]	<b>0.005</b>
ЛПСпрКД, %, Ме [Q1; Q3] LACS, %, Me [Q1; Q3]	-10.4 [-12.8; -6.00]	-14.6 [-20.1; -8.57]	0.06
ЛПСскрКД, %, Ме [Q1; Q3] LACTs, %, Me [Q1; Q3]	-5.60 [-10.1; -3.30]	-13.2 [-17.9; -7.8]	<b>0.008</b>
GLS ЛЖ (средний) Ме [Q1; Q3] GLS LV (average), % Me [Q1; Q3]	-9.25 [-18.0; -6.0]	-20.4 [-23.1; -16.9]	<b>0.029</b>
ТМЖП, мм, Ме [Q1; Q3] VST, mm, Me [Q1; Q3]	12 [10.5; 14.5]	13 [12.0; 13.0]	0.637
ЗСЛЖ, мм, Ме [Q1; Q3] LV PW, mm, Me [Q1; Q3]	11 [10.0; 13.0]	12 [10.0; 12.0]	0.94
КДР, мм, Ме [Q1; Q3] EDS, mm, Me [Q1; Q3]	43 [38.0; 53.0]	45.0 [41.0; 48.0]	0.68
иКДР, мм/м <sup>2</sup> , Ме [Q1; Q3] iEDS, mm/m <sup>2</sup> , Me [Q1; Q3]	24.5 [21.9; 28.3]	22.6 [21.2; 24.2]	0.199
КСР, мм, Ме [Q1; Q3] ESS, mm, Me [Q1; Q3]	27 [25.5; 32.5]	31.0 [29.0; 33.0]	0.157
КДО, мл, Ме [Q1; Q3] EDV, ml, Me [Q1; Q3]	68 [60.0; 104]	89 [72.0; 106]	0.310
КСО, мл, Ме [Q1; Q3] ESV, ml, Me [Q1; Q3]	29 [26.0; 69.0]	35 [29.0; 42.0]	0.651
ФВ ЛЖ, %, Ме [Q1; Q3] LV EF, %, Me [Q1; Q3]	55 [45.0; 60.0]	58.0 [55.0; 62.0]	<b>0.043</b>
Скорость эвакуации, см/с, Ме [Q1; Q3] Evacuation speed, sm/sec. Me [Q1; Q3]	61.0 [48.5; 76.5]	40.0 [31.0; 74.0]	0.361

*Примечание.* ЗСЛЖ – задняя стенка левого желудочка, КДО – конечно-диастолический объем, КДР – конечно-диастолический размер, КСО – конечно-систолический объем, КСР – конечно-систолический размер, ЛП – левое предсердие, ЛПСпрКД – показатель деформации миокарда в фазу кондуита, ЛПСрКД – показатель деформации миокарда в фазу резервуара, ЛПСскрКД – показатель деформации миокарда в сократительную фазу, иКДР – индексированный КДР, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, GLS (global longitudinal strain) – глобальная продольная деформация миокарда.

*Note.* EDS – end diastolic size, ESS – end systolic size, EDV – end diastolic volume, ESV – end systolic volume, iEDS – indexed end diastolic size, LA – left atrium, LACS – left atrial conduit strain, LACTs – peak atrial contraction strain, LV EF – left ventricle ejection fraction, LV PW – left ventricle posterior wall, PALS – Peak atrial longitudinal strain, VST – ventricular septal thickness.



**Рис. 2.** Корреляционные взаимосвязи показателей деформации миокарда ЛП в разные фазы с выраженностью фиброза.

**Fig. 2.** Correlation of myocardial deformation parameters in different phases with the severity of fibrosis.

Фракция выброса (ФВ) ЛЖ у пациентов 1-й группы составила 55 [45,0; 60,0] и была статистически значимо ниже по сравнению с пациентами 2-й группы, где ФВ ЛЖ была 58,0 [55,0; 62,0] ( $p = 0,043$ ).

С целью выявления ассоциации между показателями деформации миокарда ЛП и степенью выраженности фиброза в миокарде ЛП был проведен корреляционный анализ (рис. 2).

При проведении корреляционного анализа были выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи сильной степени между показателями деформации миокарда ЛП с выраженностью фиброза. Так, коэффициент корреляции между выраженностью фиброза и показателем ЛПСрКД составил  $-0,922$  ( $r = -0,922$ ,  $p < 0,001$ ), показателем ЛПСпрКД  $-0,683$  ( $r = 0,683$ ,  $p = 0,014$ ), показателем ЛПСскрКД  $-0,819$  ( $r = 0,819$ ,  $p = 0,001$ ).

Следующим этапом исследования была разработка прогностической модели летального исхода пациентов с ИИ на основании комплексной оценки сердечно-сосудистой системы с привлечением данных стрейн-ЭхоКГ. С этой целью был проведен одно- и многофакторный регрессионный анализ, результаты которого представлены в табл. 5.

С помощью однофакторного регрессионного анализа было установлено, что каждое последующее увеличение показателя ЛПСрКД на 1% повышало шансы летального исхода в 1,05 раза (ОШ 0,944, 95% ДИ 0,906–0,982,  $p = 0,004$ ), каждое последующее увеличение показателя ЛПСпрКД на 1% – в 1,15 раза (ОШ 1,15, 95% ДИ 1,034–1,28,  $p = 0,009$ ) и каждое последующее увеличение показателя ЛПСскрКД на 1% – в 1,076 раза (ОШ 1,076, 95% ДИ 1,014–1,143,  $p = 0,016$ ).

**Таблица 5.** Результаты регрессионного анализа

**Table 5.** Results of regression analysis

Показатель деформации ЛП LA deformation index	Однофакторный регрессионный анализ Univariate regression analysis			Многофакторный регрессионный анализ Multivariate regression analysis		
	ОШ OR	95% ДИ 95% CI	p-value	ОШ OR	95% ДИ 95% CI	p-value
ЛПСрКД, % PALS, %	0.944	0.906–0.982	0.004			
ЛПСпрКД, % LACS, %	1.15	1.034–1.28	0.009	1.128	1.021–1.25	0.017
ЛПСскрКД, % LACTs, %	1.076	1.014–1.143	0.016	1.075	1.009–1.15	0.025

*Примечание.* ДИ – доверительный интервал, ЛПСрКД – показатель деформации миокарда в фазу кондукта, ЛПСпрКД – показатель деформации миокарда в фазу резервуара, ЛПСскрКД – показатель деформации миокарда в сократительную фазу, ОШ – отношение шансов.

*Note.* CI – confidence interval, LACS – left atrial conduit strain, LACTs – peak atrial contraction strain, OR – odds ratio, PALS – Peak atrial longitudinal strain.

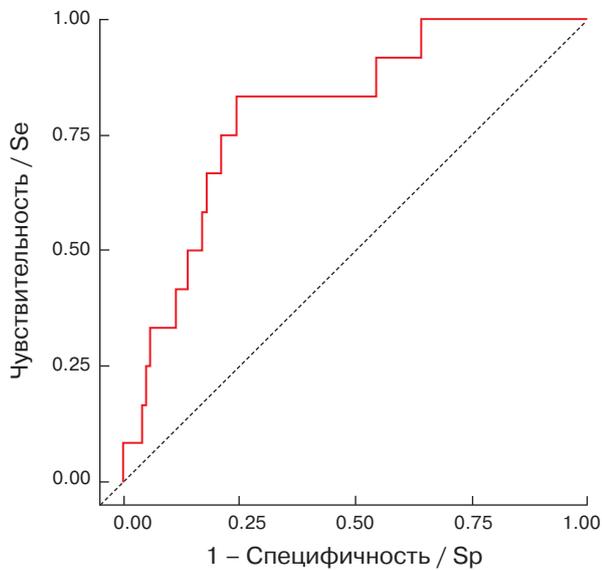
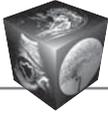


Рис. 3. Результат ROC-анализа.

Fig. 3. ROC-analysis results.

В многофакторной модели статистически значимое влияние на прогноз оказывали такие показатели, как ЛПСпрКД и ЛПСскрКД, повышавшие шансы летального исхода при каждом последующем увеличении показателя на 1% в 1,128 и 1,075 раза соответственно (ОШ 1,128, 95% ДИ 1,021–1,25,  $p = 0,017$  и ОШ 1,075, 95% ДИ 1,009–1,15,  $p = 0,025$ ). Коэффициент детерминации Найджелера составил 20,8%, таким образом изменения в показателях ЛПСпрКД и ЛПСскрКД составляли 20,8% дисперсии вклада в развитие летального исхода у пациентов с ИИ. С целью оценки диагностической эффективности полученной модели нами был проведен ROC-анализ, результаты представлены на рис. 3 и в табл. 6.

При проведении ROC-анализа (см. рис. 3) было установлено пороговое значение логистической функции  $p$ , равное 10%. При  $p > 10\%$  прогнозировался риск развития летального исхода. Чувствительность многофакторной модели логистической регрессии составила 75%, специфичность – 76,4%, диагностическая эффективность – 76,3%, площадь под ROC-кривой – 0,801.

## Обсуждение

Как видно из результатов нашего исследования, группа умерших пациентов характеризовалась более выраженной частотой встречаемости сопутствующих заболеваний из группы ИБС и СД 2 типа. Данные заболевания характеризуются общностью патогенеза, который включает в себя гипергликемию, хроническое воспаление, эндотелиальную и митохондриальную дисфункцию [13]. Эти патологические процессы оказывают прямое воздействие на сердце, провоцируя развитие фиброзных изменений в миокарде, что впоследствии сказывается на сократительной функции. Так, согласно полученным результатам, ФВ ЛЖ у умерших пациентов составила 55 [45,0; 60,0]% и была статистически значимо ниже по сравнению с группой выживших пациентов, где медиана ФВ ЛЖ составила 58,0 [55,0; 62,0]% ( $p = 0,043$ ).

При анализе полученного материала установлено, что у умерших пациентов по данным трансторакальной ЭхоКГ регистрировались статистически значимо более высокие показатели размеров ЛП. Также было установлено, что каждое последующее увеличение диаметра ЛП на 1 мм увеличивало шансы летального исхода в 1,08 раза (ОШ 1,089, 95% ДИ 1,0 – 1,188,  $p = 0,05$ ). Расширение размеров ЛП ведет к нарушениям внутрисердечной гемодинамики, приводя к развитию таких патологических состояний, как ХСН, ФП а также посткапиллярной легочной гипертензии, что значимо влияет на прогноз [14].

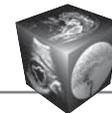
В ходе исследования нами были выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между показателями деформации ЛП и степенью выраженности фибротических изменений миокарда у пациентов с ИИ. Ранее в исследованиях была доказана ассоциация между показателями стрейн-ЭхоКГ и фибротическими изменениями ЛП у пациентов с ФП, ожидающих криобаллонную абляцию [15].

Согласно полученным результатам, показатели speckle-tracking ЛП могут обладать определенной прогностической информацией в отношении развития летального исхода у пациентов с ИИ. В ходе однофакторного регрессионного анализа нами

Таблица 6. Классификационная таблица многофакторной модели

Table 6. Classification table of the multifactorial model

Наблюдаемый Observable	Предсказанный / Predicted		% правильно диагностированных % correctly diagnosed
	Да / Yes	Нет / No	
Да	9	3	76.4
Нет	29	94	75.0



было установлено, что каждое последующее повышение показателя speckle-tracking ЛП в фазу резервуара увеличивало шансы развития летального исхода в 1,05 раза (ОШ 0,948, 95% ДИ 0,907–0,99,  $p = 0,015$ ), а в контрактильную фазу – в 1,058 раза (ОШ 1,058, 95% ДИ 1,0003–1,118,  $p = 0,048$ ).

Ранее в исследованиях была показана прогностическая роль определения деформации миокарда ЛП в определении риска развития летального исхода у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. По данным систематического обзора и метаанализа, выполненного F. Jia и соавт. (2022), было показано, что показатель продольной деформации ЛП у умерших в ходе наблюдения пациентов с ХСН был статистически значимо ниже по сравнению с выжившими (средневзвешанная разница 6,17, 95% ДИ 3,09–9,26,  $p < 0,001$ ). Также было установлено, что каждое последующее увеличение показателя продольной деформации миокарда ЛП было независимо связано со снижением риска первичной конечной точки (относительный риск 0,96, 95% ДИ 0,94–0,98,  $p < 0,001$ ) [16].

Таким образом, показатель деформации ЛП оказался полезным показателем для диагностики и прогнозирования летального исхода у пациентов с ИИ, а также предиктором наличия фиброза ЛП. Спекл-трекинг-ЭхоКГ может быть важным инструментом для оценки функции ЛП у пациентов с ИИ. Она может помочь выявить пациентов с риском возникновения ИИ и предсказать тяжесть инсульта. Кроме того, она может быть полезна для прогнозирования ФП после ИИ. Однако для полного понимания роли спекл-трекинг-ЭхоКГ в диагностике пациентов с ИИ требуются дальнейшие дополнительные исследования и анализ полученных результатов.

## Выводы

1. Показатель деформации миокарда ЛП сильно коррелирует с фиброзом ЛП и степенью фиброза ЛП. Коэффициент корреляции между выраженностью фиброза и показателем ЛПСрКД составил  $-0,922$  ( $r = -0,922$ ,  $p < 0,001$ ), показателем ЛПСпрКД –  $0,683$  ( $r = 0,683$ ,  $p = 0,014$ ), показателем ЛПСскрКД –  $0,819$  ( $r = 0,819$ ,  $p = 0,001$ ).

2. Показатели деформации миокарда ЛП могут быть использованы в стратификации риска развития летального исхода у пациентов с ИИ. В многофакторной модели статистически значимое влияние на прогноз оказывали такие показатели, как ЛПСрКД и ЛПСскрКД. Чувствительность многофакторной модели логистической регрессии составила 75%, специфичность – 76,4%, диагностическая эффективность – 76,3%, площадь под ROC-кривой – 0,801.

## Участие авторов

Хамидова Л.Т. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Рыбалко Н.В. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Иванников А.А. – статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Баширова Е.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, написание текста.

Рамазанов Г.Р. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Каниболоцкий А.А. – сбор и обработка данных, утверждение окончательного варианта статьи.

## Authors' participation

Khamidova L.T. – concept and design of the study, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Rybalko N.V. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Ivannikov A.A. – statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work.

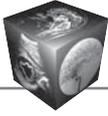
Bashirova E.A. – conducting research, collection and analysis of data, writing text.

Ramazanov G.R. – concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Kanibolotskii A.A. – collection and analysis of data, approval of the final version of the article.

## Список литературы [References]

1. Воеводина И.В., Майчук Е.Ю., Иванова О.С. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и их структура среди здоровых женщин. Основные результаты проекта "Три возраста женщины". *Клиническая практика*. 2020; 11 (1): 73–80. doi: 10.17816/clinpract18967  
Voevodina I.V., Maychuk E.Y., Ivanova O.S. The prevalence of cardiovascular risk factors and their structure among healthy women. The main results of the project "Three ages of women". *Journal of Clinical Practice*. 2020; 11 (1): 73–80. <https://doi.org/10.17816/clinpract18967> (In Russian)
2. Пирадов М.А., Максимова М.Ю., Танащян М.М. Инсульт: пошаговая инструкция. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 272 с.  
Piradov M.A., Maksimova M.Yu., Tanashyan M.M. Insult: poshagovaya instrukciya [Stroke: step-by-step instructions]. M.: GE'OTAR-Media, 2019. 272 p. (In Russian)
3. Козловский В.И., Занько С.Н., Крылов Ю.В. Фармакоэкономика в кардиологии, онкологии и акушерстве. Изд. 2-е. Витебск: ВГМУ, 2016. 285 с.  
Kozlovskij V.I., Zan'ko S.N., Kry'lov Yu.V. Farmakoe'konomika v kardiologii, onkologii i akusherstve [Pharmacoeconomics in cardiology, oncology and obstetrics]. Izd. 2-e. Vitebsk: VGMU, 2016. 285 p. (In Russian)
4. Feske S.K. Ischemic stroke. *Am. J. Med.* 2021; 134 (12): 1457–1464. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2021.07.027>



5. Ntaios G. Embolic stroke of undetermined source: JACC review topic of the week. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 75 (3): 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.024>
6. Kawakami H., Inoue K., Nagai T. et al. Left atrial dysfunction still exists in patients who obtain normal left atrial volume after successful ablation of atrial fibrillation. *Eur. Heart J.* 42 (Suppl. 1): ehab724.0504. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab724.0504>
7. To A.C., Flamm S.D., Marwick T.H., Klein A.L. Clinical utility of multimodality LA imaging: assessment of size, function, and structure. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2011; 4 (7): 788–798. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2011.02.018>
8. Ancona R., Comenale Pinto S., Caso P. et al. Left atrium by echocardiography in clinical practice: from conventional methods to new echocardiographic techniques. *ScientificWorldJournal.* 2014; 2014:451042. <https://doi.org/10.1155/2014/451042>
9. Bouwmeester S., van der Stam J.A., van Loon S.L.M. et al. Left atrial reservoir strain as a predictor of cardiac outcome in patients with heart failure: the HaFaC cohort study. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2022; 22 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02545-5>
10. Oike F., Usuku H., Yamamoto E. et al. Clinical significance of left atrial function estimated by two dimensional speckle tracking echocardiography for diagnosis of concomitant transthyretin amyloid cardiomyopathy in patients with aortic stenosis. *Circulation.* 2021; 144 (Suppl. 1): A10841–A10841. <https://doi.org/10.1002/ehf2.13909>
11. 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): 233–271. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
12. Медведев П.И., Алехин М.Н., Сидоренко Б.А. Диагностические возможности спекл-трекинг эхокардиографии у больных ишемической болезнью сердца. *Кардиология.* 2016; 56 (2): 79–84. <https://doi.org/10.18565/cardio.2016.2.79-84>
13. Ritchie R.H., Abel E.D. Basic mechanisms of diabetic heart disease. *Circ. Res.* 2020; 126 (11): 1501–1525. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.315913>
14. Zhang M.J., Norby F.L., Lutsey P.L. et al. Association of left atrial enlargement and atrial fibrillation with cognitive function and decline: the ARIC-NCS. *J. Am. Heart Assoc.* 2019; 8 (23): e013197. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.013197>
15. Dal Porto M., Dematte C., Maines M. et al. Left atrial functional remodeling assessed by echocardiography in patients undergoing ablation for atrial fibrillation: correlation with the presence of fibrosis and invasive atrial pressure. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging.* 2022; 23 (Suppl. 1): jeab289.103. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab289.103>
16. Jia F., Chen A., Zhang D. et al. Prognostic Value of Left Atrial Strain in Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022; 9: 935103. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.935103>

**Для корреспонденции\***: Иванников Александр Александрович – email: [ivannikov\\_a95@mail.ru](mailto:ivannikov_a95@mail.ru)

**Хамидова Лайла Тимарбековна** – доктор мед. наук, заведующая научным отделением лучевой диагностики, врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9669-9164>

**Рыбалко Наталья Владимировна** – доктор мед. наук, заведующая отделением функциональной диагностики, врач функциональной диагностики ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6973-4430>

**Иванников Александр Александрович** – младший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9738-1801>

**Баширова Ева Аликовна** – врач функциональной диагностики ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0009-3850-2683>

**Рамазанов Ганипа Рамазанович** – канд. мед. наук, заведующий региональным сосудистым центром, врач-невролог ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6824-4114>

**Каниболоцкий Александр Алексеевич** – канд. мед. наук, заведующий отделением патологической анатомии ГБУЗ “НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6118-1405>

**Contact\***: Alexander A. Ivannikov – email: [ivannikov\\_a95@mail.ru](mailto:ivannikov_a95@mail.ru)

**Layla T. Khamidova** – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Radiation Diagnostics, Ultrasound Diagnostics Doctor of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9669-9164>

**Natalia V. Rybalko** – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of Functional Diagnostics, Doctor of Functional Diagnostics of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6973-4430>

**Alexander A. Ivannikov** – Junior Researcher, Department of Radiation Diagnostics of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9738-1801>

**Eva A. Bashirova** – Doctor of Functional Diagnostics of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0009-0009-3850-2683>

**Ganipa R. Ramazanov** – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Regional Vascular Center, neurologist of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6824-4114>

**Alexander A. Kanibolotsky** – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Pathological Anatomy of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6118-1405>