



## Использование искусственного интеллекта для оценки степени митральной регургитации

©Ю.В. Голощапова<sup>1\*</sup>, Д.В. Лукьяненко<sup>1</sup>, О.М. Мещерякова<sup>1</sup>, А.Н. Катрич<sup>1,2</sup>, А.А. Халафян<sup>3</sup>, В.А. Акиншина<sup>3</sup>, О.В. Астафьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

<sup>2</sup> Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

<sup>3</sup> Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

\* Ю.В. Голощапова, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, [goloshchapova.82@bk.ru](mailto:goloshchapova.82@bk.ru)

Поступила в редакцию 26 октября 2025 г. Исправлена 20 ноября 2025 г. Принята к печати 9 декабря 2025 г.

### Резюме

**Цель исследования:** Разработка нейросетевой модели с высоким уровнем точности для диагностики и прогнозирования степени митральной недостаточности, определяемой при помощи эхокардиографии.

**Материалы и методы:** Обследованные 80 пациентов разделены на две группы: в 1-ю группу вошли 42 пациента с эксцентричной струей митральной регургитации; во 2-ю группу – 37 пациентов с центральной струей митральной регургитации. Всем пациентам выполнена трансторакальная эхокардиография с оценкой степени митральной регургитации по процентному отношению площади струи регургитации к площади левого предсердия. Измерены *vena contracta*, радиус проксимальной зоны регургитации, величина горизонтального артефакта расширения цветного доплера. Вычислены эффективная площадь отверстия митральной регургитации и объём регургитации на митральном клапане.

**Результаты.** Построена нейросетевая модель, которая по показателям эхокардиографии с максимально возможной достоверностью (100%) прогнозирует «умеренную» и «тяжелую» формы митральной недостаточности; несколько ниже достоверность предсказания «легкой» формы (83,33%).

**Ключевые слова:** трансторакальная эхокардиография, митральная недостаточность, искусственный интеллект, нейросетевая модель

**Цитировать:** Голощапова Ю.В., Лукьяненко Д.В., Мещерякова О.М. и др. Использование искусственного интеллекта для оценки степени митральной регургитации. *Иновационная медицина Кубани.* 2026;11(1):16–23. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2026-11-1-16-23>

## Use of Artificial Intelligence to Assess the Severity of Mitral Regurgitation

©Yulia V. Goloshchapova<sup>1\*</sup>, Daria V. Lukyanenko<sup>1</sup>, Olga M. Meshcheryakova<sup>1</sup>, Aleksey N. Katrich<sup>1,2</sup>, Alexan A. Khalafyan<sup>3</sup>, Vera A. Akinshina<sup>3</sup>, Olga V. Astafeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>3</sup>Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

\* Yulia V. Goloshchapova, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, 167 1 Maya St., Krasnodar, 350086, Russian Federation, [goloshchapova.82@bk.ru](mailto:goloshchapova.82@bk.ru)

Received: October 26, 2025. Received in revised form: November 20, 2025. Accepted: December 9, 2025.

### Abstract

**Objective:** To develop high-accuracy neural network model for the diagnosis and prediction of the severity of mitral regurgitation as assessed by echocardiography.

**Materials and methods:** A total of 80 patients were divided into two groups: Group 1 included 42 patients with an eccentric mitral regurgitation jet, and Group 2 included 37 patients with a central mitral regurgitation jet. All patients underwent transthoracic echocardiography with assessment of mitral regurgitation severity based on the percentage ratio of the regurgitation jet area to the left atrial area. The *vena contracta*, proximal isovelocity surface area radius, and the magnitude of the horizontal color Doppler expansion artifact were measured. The effective regurgitant orifice area and mitral regurgitant volume were calculated.



**Results.** A neural network model was developed that predicts “moderate” and “severe” forms of mitral regurgitation based on echocardiography data with highest possible accuracy (100%). The accuracy for predicting the “mild” form was slightly lower (83.33%).

**Keywords:** transthoracic echocardiography, mitral regurgitation, artificial intelligence, neural network model

**Cite this article as:** Goloshchapova YuV, Lukyanenko DV, Meshcheryakova OM, et al. Use of artificial intelligence to assess the severity of mitral regurgitation. *Innovative Medicine of Kuban.* 2026;11(1):16–23. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2026-11-1-16-23>

## Введение

Искусственный интеллект (ИИ) стремительно преобразует современные реалии, что, безусловно, является вызовом для науки и здравоохранения [1]. Этот термин стал символом технологического прогресса и вызывает оживленные дискуссии среди ученых и медицинских работников. Основной целью цифровых технологий является облегчение человеческого труда и повышение его продуктивности. Особое значение приобретает внедрение ИИ в сферу здравоохранения, поскольку оно позволяет минимизировать врачебные ошибки и ускорить процессы диагностики сложных заболеваний [2].

Применение ИИ открывает перспективы для значительного повышения точности диагностики, профилактики и терапевтической поддержки пациентов, способствует оптимизации процесса принятия клинических решений. Важнейшей областью для интеграции ИИ становится эхокардиография, метод визуализации, играющий ключевую роль в диагностике патологии сердечно-сосудистой системы. Эксперты ожидают, что использование алгоритмов искусственного интеллекта позволит увеличить эффективность ЭхоКГ-исследований, исключить избыточные медицинские вмешательства и снизить общую стоимость лечения сердечных болезней [3].

Одна из задач, которая стоит перед врачом ультразвуковой диагностики – это определение степени митральной недостаточности (МН). Частота развития этого вида порока возрастает. По прогнозам ВОЗ, количество пациентов с митральной МН может удвоиться к 2030 г. Несмотря на развитие инвазивных и неинвазивных методов оценки внутрисердечной гемодинамики (ЭхоКГ, рентгенконтрастные технологии, магнитно-резонансная томография и др.), проблема адекватного определения митральной регургитации (МР) остаётся. Выполнение ЭхоКГ позволяет определить степень выраженности МН, её патогенез (первичная или вторичная) играет важную роль при определении тактики лечения пациентов и показаний к хирургическому лечению [4]. Принятие клинических решений, особенно у пациентов с тяжёлой степенью МН, зависит от точной количественной оценки МН. Оценка митральной недостаточности представляет собой одну из наиболее сложных задач в клинической практике, особенно в ситуациях наличия эксцентрических потоков крови, сложных анатомических особенностей клапана, низкого качества ультразвуковых изображений или противоречия результатов разных

оценочных критериев. Значительную роль играет уровень квалификации специалиста, проводящего ультразвуковую диагностику, так как возможны случаи заниженной оценки реальной тяжести заболевания. Для точной оценки митральной недостаточности при выполнении эхокардиографии необходим интегральный подход, объединяющий качественный осмотр, полуколичественные методы и точные количественные измерения [5].

Трудности диагностики могут быть обусловлены тем фактом, что даже при выраженной митральной недостаточности клинические и эхокардиографические признаки могут быть малозаметны. Вместе с тем, около 40–60% здоровых людей демонстрируют незначительные формы митральной регургитации, выявляемые при доплерографическом исследовании митрального клапана. Чёткое различие между этими состояниями зачастую затруднено, поэтому критически важным становится всесторонняя оценка всей доступной клинической информации, проведение последовательного эхокардиографического мониторинга и точное измерение параметров выраженности клапанной недостаточности [6]. ИИ может стать незаменимым помощником в решении этих задач [7].

## Материалы и методы

Проанализированы результаты диагностики и лечения 80 пациентов (41 мужчина и 39 женщин), проходивших обследование в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевой клинической больницы № 1 им. проф. С.В. Очаповского». По результатам обследования пациенты разделены на две группы. В 1-ю группу вошли 42 пациента с эксцентричной струей МР. Во 2-ю группу – 38 пациентов с центральной струей МР. Критерии включения в исследование: пациенты с удовлетворительной визуализацией сердечных структур, доплеровских внутрисердечных потоков; а также с признаками горизонтального артефакта расширения цветного доплера (ГАРЦД).

Исследование исключало участие пациентов с сердечными аритмиями и комбинированными пороками сердца. Степень митральной регургитации определяли мультипараметрическим методом в соответствии с рекомендациями Общества сердечно-сосудистой визуализации [5, 8] (табл. 1).

Всем обследуемым выполнили трансторакальную ЭхоКГ на ультразвуковом аппарате Siemens ACUSON SC2000 с использованием секторного датчика (2–4 МГц) по общепринятой методике.

**Таблица 1**  
**Степень тяжести МР**  
**Table 1**  
**Degree of MR severity**

Степень МР	ScтMP/СЛП (%)	r PISA (мм)	ЭПОР (см <sup>2</sup> )	VC (см)	V рег.
лёгкая	<20	<5	<0,2	<0,3	<30
умеренная	20–40	6–9	0,2–0,39	0,3–0,69	30–59
тяжёлая	40–80	>9	>0,39	>0,7	>60

Прим.: ScтMP/СЛП – процентное отношение площади струи митральной регургитации к площади левого предсердия, r PISA – радиус проксимальной зоны регургитации, ЭПОР – эффективная площадь отверстия регургитации, VC – vena contracta, V рег. – объём регургитации

Note: SstMR/СЛП, percentage ratio of the mitral regurgitation jet area to the left atrial area; r PISA, radius of the proximal isovelocity surface area; ЭПОР, effective regurgitant orifice area; VC, vena contracta; V рег. – regurgitant volume

**Таблица 2**  
**Исходная характеристика пациентов**  
**Table 2**  
**Baseline characteristics of patients**

Показатель	Группа с эксцентричной струей МР n = 42	Группа с центральной струей МР n = 38	p	p'
Возраст, лет	67,52±13,00 69,0 [60,0;75,0]	65,11±11,22 64,0 [61,0;72,0]	0,383	0,271
Мужчины, чел. (%)	22 (52)	18 (47)	0,655	
Папиллярная дисфункция, чел. (%)	11 (26)	13 (34)	0,434	
Кальциноз, чел. (%)	13 (30)	21 (55)	0,002	
Миксоматозная дегенерация створок, чел. (%)	9 (21)	4 (11)	0,226	
Повреждение хордального аппарата, чел. (%)	9 (21)	0	0,003	

Прим.: Для количественных показателей: p и p' – уровни значимости критериев Стьюдента и Манна-Уитни; для категориальных показателей p – уровень значимости двухстороннего критерия Стьюдента

Note: For quantitative variables: p and p', indicate the significance levels of the Student's t-test and the Mann-Whitney U test; for categorical variables, p indicates the significance level of the two-sided Student's t-test

Работа выполнена в соответствии с Хельсинкской декларацией, протокол исследования утвержден локальным этическим комитетом организации, все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Статистический анализ данных проведен при помощи пакета STATISTICA (USA, Tibco), для построения нейросетевой модели использовали программу «Автоматизированные нейронные сети» [9, 10].

Демографические и клинические особенности пациентов каждой группы приведены в таблице 2. Из-за ограниченного числа участников исследования не представилось возможным установить тип распределения числовых характеристик, вследствие чего для описания средней величины использовались среднее арифметическое значение M и медиана Me, а для оценки вариабельности – стандартное отклонение m и нижний и верхний квартили [Q1, Q3]. Оценку статистической значимости отличия количественных показателей в группах проводили соответственно при помощи критериев Стьюдента и Манна-Уитни, значимости отличия относительных частот (%)

категориальных показателей – при помощи двухстороннего критерия Стьюдента. При  $p < 0,05$  отличие считали статистически значимым.

Согласно данным таблицы 2, исследуемые группы пациентов схожи по таким параметрам, как возраст ( $p=0,383$ ,  $p'=0,271$ ), пол ( $p=0,655$ ), наличие папиллярной дисфункции ( $p=0,434$ ) и миксоматозной дегенерации створок митрального клапана ( $p=0,226$ ). Однако выявлены значимые различия по следующим признакам: наличие кальциноза ( $p=0,002$ ) и повреждение хордального аппарата митрального клапана ( $p=0,003$ ).

### Результаты

Процентное отношение площади струи МР к площади левого предсердия (ЛП) оценивалось из 4-х камерной позиции верхушечного доступа по формуле  $ScтMP/СЛП \times 100\%$ , где ScтMP – площадь струи митральной регургитации, СЛП – площадь левого предсердия. Vena contracta (VC) измерялась из парастерального доступа по длинной оси как минимальный диаметр струи регургитации

сразу после выхода её из отверстия. Радиус PISA определяли из апикальной 4-х камерной позиции как радиус полусферической зоны, образующейся под митральным клапаном при скорости предела Найквиста 30–40 см/с. Величину ГАРЦД измеряли в апикальной 4-х камерной позиции в режиме цветового доплеровского картирования как «разброс» цветового сигнала вдоль предсердной поверхности митрального клапана. МР расценивалась нами как лёгкая при величине ГАРЦД менее 15 мм, как умеренная – при ГАРЦД 15–29 мм, как тяжёлая – при величине ГАРЦД более 30 мм [11]. Эффективную площадь отверстия регургитации (ЭПОР) и объём регургитации ( $V_{\text{рег}}$ ) на митральном клапане вычисляли по формулам.  $\text{ЭПОР} = (6.28 \times r^2 \times V_{\text{н}}) / V_{\text{max}}$ , где  $r$  – радиус PISA,  $V_{\text{max}}$  – максимальная скорость потока МР,  $V_{\text{н}}$  – скорость предела

Найквиста,  $V_{\text{рег}} = \text{ЭПОР} \times V_{\text{TI}}$ , где ЭПОР – эффективная площадь отверстия регургитации,  $V_{\text{TI}}$  – интеграл линейной скорости потока МР.

При сопоставлении полученных параметров (процентное отношение площади струи МР к площади ЛП, VC, радиус PISA, ГАРЦД, ЭПОР, объём регургитации на митральном клапане), индексированного объёма ЛП, систолического давления в легочной артерии были определены итоговые формы митральной недостаточности (лёгкая, умеренная, тяжёлая).

Результаты сравнительного анализа параметров эхокардиографии для определения степени митральной недостаточности представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3 отличие по критериям Стьюдента и Манна-Уитни статистически значимо для всех количественных показателей, за исключением фракции выброса (ФВ) левого желудочка.

**Таблица 3**  
**Показатели эхокардиографии**  
**Table 3**  
**Echocardiographic parameters**

Параметр	Группа с эксцентричной струей МР n = 42	Группа с центральной струей МР n = 38	p	p'
ScrMP/СЛП (%)	38,62±5,53 43,0 [32,0; 43,0]	28,35±6,62 32,0 [22,0; 43,0]	<0,001	<0,001
VC, мм	4,89±1,25 4,7 [4,0; 5,5]	3,72±1,59 3,5 [2,5; 4,0]	<0,001	<0,001
r PISA, мм	5,75±1,25 5,7 [4,8; 6,0]	4,15±1,46 4,0 [3,0; 5,0]	<0,001	<0,001
$V_{\text{рег}}$ , мл	39,07±24,57 32,0 [24,0; 47,0]	24,03±16,31 19,0 [10,0; 32,0]	0,002	0,001
ЭПОР, см <sup>2</sup>	0,23±0,12 0,2 [0,2; 0,3]	0,14±0,09 0,11 [0,08; 0,18]	<0,001	<0,001
ГАРЦД, мм	23,19±5,97 23,5 [19,0; 28,0]	18,16±5,03 19,0 [14,0; 21,0]	<0,001	<0,001
Индексированный объём ЛП, мл\м <sup>2</sup>	45,29±19,77 41,0 [35,0; 50,0]	33,54±7,12 33,0 [25,0; 40,0]	0,002	<0,001
СДЛА, мм рт. ст.	38,5±13,64 34,5 [29,0; 45,0]	31,54±7,12 32,0 [27,0; 36,0]	0,007	0,024
ФВ, %	56,4±8,76 55,0 [51,0; 63,0]	55,05±14,76 58,0 [50,0; 66,0]	0,617	0,510

*Прим.:* ФВ – фракция выброса, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ScrMP/СЛП – процентное отношение площади струи митральной регургитации к площади левого предсердия, r PISA – радиус проксимальной зоны регургитации, ЭПОР – эффективная площадь отверстия регургитации, VC – vena contracta,  $V_{\text{рег}}$  – объём регургитации, ГАРЦД – горизонтальный артефакт разброса цветного доплера, p и p' – уровни значимости критериев Стьюдента и Манна-Уитни

*Note:* ФВ, ejection fraction; СДЛА, systolic pulmonary artery pressure; ScrMP/СЛП, percentage ratio of the mitral regurgitation jet area to the left atrial area; r PISA, radius of the proximal isovelocity surface area; ЭПОР, effective regurgitant orifice area; VC, vena contracta;  $V_{\text{рег}}$ , regurgitant volume; ГАРЦД, horizontal color Doppler dispersion artifact; p and p', significance levels of the Student's t-test and the Mann-Whitney U test

**Таблица 4**  
**Распределение пациентов в группах по градациям**  
**Table 4**  
**Distribution of patients among groups by grading**

Градация	Группа с эксцентричной струей			Группа с центральной струей		
	Лёгкая (%)	Умеренная (%)	Тяжёлая (%)	Лёгкая (%)	Умеренная (%)	Тяжёлая (%)
Итоговая форма	7 (17)	28 (66)	7 (17)	18 (48)	19 (50)	1 (2)
ScT/SЛП	2 (5)	30 (71)	10 (24)	13 (34)	24 (64)	1 (2)
VC	35 (83)	7 (17)	0 (0)	11 (30)	22 (55)	6 (15)
V рег.	18 (43)	18 (43)	6 (14)	26 (68)	11 (30)	1 (2)
ГАРЦД	1 (2)	36 (86)	5 (12)	11 (30)	26 (68)	1 (2)

*Прим.:* ScT/SЛП – процентное отношение площади струи митральной регургитации к площади левого предсердия, VC – vena contracta, V рег. – объём регургитации, ГАРЦД – горизонтальный артефакт разброса цветного доплера. Данные представлены в виде абсолютного числа больных (%)

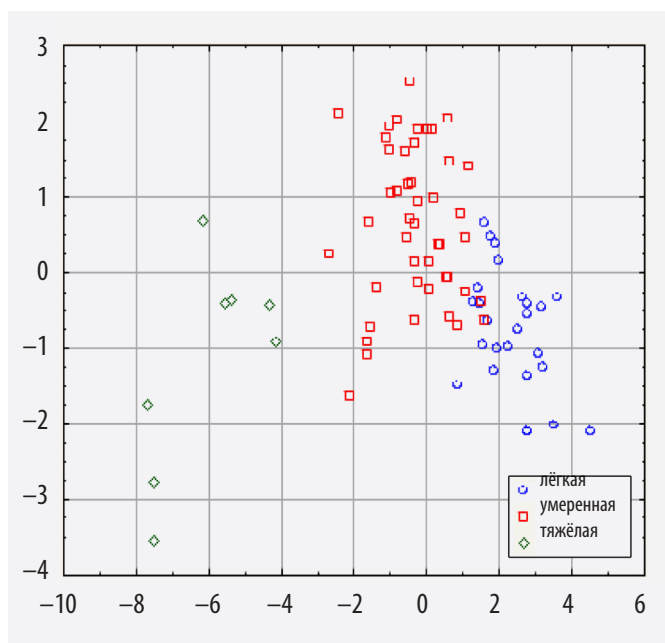
*Note:* ScT/SЛП, percentage ratio of the mitral regurgitation jet area to the left atrial area; VC, vena contracta; V рег., regurgitant volume; ГАРЦД, horizontal color Doppler dispersion artifact; Data are presented as absolute numbers of patients (%)

Согласно классификациям, рекомендованным Обществом сердечно-сосудистой визуализации [5], полученные нами показатели в группах пациентов с эксцентричной и центральной струей МР распределены по градациям: градация процентного отношения площади струи МР к площади ЛП, градация объёма регургитации, градация VC, градация ГАРЦД – лёгкая, умеренная, тяжёлая (табл. 4). Также пациенты обеих групп по совокупности клинических данных и параметров ЭхоКГ были разделены на три итоговые формы тяжести митральной недостаточности – лёгкая, средняя и тяжёлая.

Анализ итоговых форм тяжести митральной недостаточности пациентов, характеризуемых совокупностью показателей: группа (с эксцентричной струей, с центральной струей), пол, патогенез, воз-

раст, степень, VC, радиус PISA, объём регургитации, ЭПОР, индексированный объём ЛП, систолическое давление легочной артерии (СДЛА), ФВ показал, что они обладают кластерной структурой. Графическим подтверждением является диаграмма рассеяния канонических значений (рис. 1), которая позволяет перенести объекты многомерного пространства на плоскость с сохранением порядка расстояний между ними, так что объекты (в нашем случае пациенты) близкие/неблизкие в многомерном пространстве остаются близкими/неблизкими после их отображения на плоскости. В многомерном анализе сходство или однородность объектов определяется расстоянием между ними – чем ближе объекты, тем больше сходство между ними. На диаграмме пациенты каждой формы обозначены одинаковыми геометрическими фигурками и цветом. Из графика видно, что пациенты одной формы находятся на близком расстоянии друг от друга, то есть обладают сходством, образуя кластеры – группы однородности пациентов; напротив, пациенты разных форм находятся на удалении. Из графика видно, что кластеры лёгкой и умеренной формы расположены рядом, имея зону «соприкосновения», в то же время пациенты тяжёлой формы дистанцируются от них. Это означает, что по совокупности показателей, характеризующих пациентов, между тяжёлой формой и двумя другими значительно больше отличия, чем между умеренной и лёгкой формами.

Наличие кластерной структуры пациентов является предпосылкой разработки нейросетевой модели с высокими прогностическими свойствами [12] для предсказания итоговых форм по показателям: группа, пол, патогенез, возраст, процентное отношение площади струи МР к площади ЛП, VC, радиус PISA, объём регургитации, эффективная площадь отверстия регургитации (ЭПОР), ГАРЦД, индексированный объём ЛП, СДЛА, ФВ.



*Рисунок 1. Диаграмма рассеяния канонических значений*  
*Figure 1. Scatter plot of canonical values*

**Митральная регургитация**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИТОГОВОЙ ФОРМЫ МИТРАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ**

Пол	муж <input checked="" type="checkbox"/>	ЭПОР	0.2
Возраст	65	ГАРЦД	28
Направление струи	эксцентричное <input checked="" type="checkbox"/>	Индексированный объём ЛП	40
Струи/СЛП	35	СДЛА	37
VC	5	ФВ	55
Радиус PISA	6	Патогенез	вторичная <input checked="" type="checkbox"/>
Объём регургитации	55		

**Прогноз формы: умеренная**

Кнопки: **Рассчитать**, **Сброс**, **Выход**

Рисунок 2. Программа прогнозирования степени тяжести МН нейронными сетями  
Figure 2. Neural network-based prediction program for mitral regurgitation severity

Для построения модели, её обучения и валидации 80 больных при помощи датчика случайных чисел разделены на обучающую и тестовую выборки по 60 (75%) и 20 (25%) человек соответственно. Обучающая выборка использовалась для обучения сети, тестовая – для выполнения финальных проверочных тестов, чтобы определить, насколько хорошо сеть прогнозирует «новые» данные, которые не использовались для обучения модели. Точность предсказания на обучающей выборке составила 100%; на тестовой выборке для умеренной и тяжёлой формы также достигла максимально возможного значения (100%), для лёгкой формы точность оказалась несколько ниже – 83,33% (один пациент умеренной формы ошибочно предсказан как пациент лёгкой формы). Ошибка имеет объективный характер и объясняется сходством больных лёгкой и умеренной формы (рис. 1), не носит фатальный характер, так как более важным является достоверный прогноз больных тяжёлой формы. По коду нейросетевой модели разработано программное приложение с удобным для пользователя интерфейсом [13]. На рисунке 2 приведен пример использования приложения для предсказания формы митральной недостаточности пациента.

### Обсуждение

Идея оценки степени тяжести МР с применением технологий ИИ появилась в рамках развития методов автоматической диагностики и прогнозирования возможных осложнений при данном заболевании. Классические подходы к диагностике характеризуются дороговизной, трудоёмкостью и необходимостью привлечения опытных клиницистов, что создает

препятствия для массового скрининга населения. Применение инструментов искусственного интеллекта позволяет эффективно оценивать тяжесть регургитации посредством алгоритмов машинного обучения.

Развитие цифровой медицины, внедрение современных медицинских информационных систем и оснащение рабочих мест врачей специализированными компьютерными комплексами открывает возможности для автоматического анализа результатов ультразвукового исследования сердца. Современные программы позволяют вводить соответствующие эхокардиографические показатели и получать автоматический расчёт степени тяжести митральной регургитации [14]. Такие системы оптимизируют ведение баз данных пациентов и упрощают работу врачей-диагностов, включая тех, кто занят первичной медицинской помощью. Они сокращают затраты времени на подготовку отчётов благодаря стандартизированным формам заключения и ускоряют процесс обработки данных.

Однако существующие коммерческие решения имеют ряд недостатков. Во-первых, многие из них отличаются высокой стоимостью, ограничивая доступность таких сервисов для широкой практики. Альтернативой являются онлайн-калькуляторы, доступные бесплатно в сети Интернет, однако точность их расчётов значительно ниже из-за учёта меньшего числа ключевых факторов. Напротив, модели на основе искусственного интеллекта способны учитывать гораздо больше переменных, обеспечивая более точное определение степени поражения митрального клапана.

В 2024 г. в исследовании, опубликованном в журнале Американской медицинской ассоциации (JAMA), учёные из Йельской школы медицины и Техасского

университета в Остине разработали инструмент на основе ИИ, который может точно интерпретировать результаты эхокардиограммы. Программа получила название PanEcho. PanEcho – новая модель ИИ, которая использует многозадачное глубокое обучение на более чем миллионе стандартных 2D-видеозаписей в В-режиме и цветных доплеровских эхокардиограмм и автоматически выполняет 39 ключевых задач по интерпретации эхокардиографических данных. Согласно результатам исследования, PanEcho правильно диагностировала митральную недостаточность умеренной и тяжелой степени в 91% случаев [15].

В программе, представленной в статье, общая доля правильно классифицированных больных на тестовой выборке составила 95%.

### Вывод

Программы с применением технологий искусственного интеллекта для оценки выраженности митральной регургитации обладают несомненными преимуществами благодаря своей простоте, доступности и универсальности. Быстрое внедрение и понятный интерфейс облегчают специалистам ультразвуковой диагностики освоение этих инструментов в повседневной работе, делая их незаменимыми помощниками в точной оценке степени митральной недостаточности.

### Вклад авторов

*Разработка концепции и дизайна:* Ю.В. Голощапова, Д.В. Лукьяненко, А.Н. Катрич  
*Проведение исследования:* Ю.В. Голощапова, Д.В. Лукьяненко, О.М. Мешерякова  
*Сбор, анализ и интерпретация данных:* Ю.В. Голощапова, Д.В. Лукьяненко, О.М. Мешерякова  
*Подготовка и редактирование текста:* Ю.В. Голощапова  
*Проведение статистического анализа и разработка нейросетевой модели:* А.А. Халафян, В.А. Акиншина  
*Утверждение окончательной версии:* А.Н. Катрич, О.В. Астафьева, А.А. Халафян

### Author contributions

*Concept and design:* Goloshchapova, Daria V Lukyanenko, Alexsey N Katrich  
*Investigation:* Goloshchapova, Lukyanenko. Meshcheryakova  
*Acquisition, analysis, or interpretation of data:* Goloshchapova, Lukyanenko. Meshcheryakova  
*Manuscript drafting and revising:* Goloshchapova  
*Statistical analysis:* Khalafyan, Akinshina  
*Final approval of the version to be published:* Katrich, Astafeva, Khalafyan

### Литература/References

1. Di Costanzo A, Spaccarotella CAM, Esposito G, Indolfi C. An Artificial Intelligence Analysis of Electrocardiograms for the Clinical Diagnosis of Cardiovascular Diseases: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2024;13(4):1033. PMID: 38398346. PMCID: PMC10889404. <https://doi.org/10.3390/jcm13041033>  
 2. Алиперова Н.В. Искусственный интеллект в здравоохранении: риски и возможности. *Здоровье мегаполиса*. 2023;4(3):41-49. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2023.v.4i3;41-49>

Alikperova N.V. Artificial Intelligence in Healthcare: Risks and Opportunities. *City Healthcare*. 2023;4(3):41-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2023.v.4i3;41-49>

3. Zhou J, Du M, Chang S, Chen Z. Artificial intelligence in echocardiography: detection, functional evaluation, and disease diagnosis. *Cardiovasc Ultrasound*. 2021;19(1):29. PMID: 34416899. PMCID: PMC8379752. <https://doi.org/10.1186/s12947-021-00261-2>

4. Шевченко Ю.Л., Волкова Л.В., Гудымович В.Г. и др. Выраженная митральная недостаточность: оценка степени регургитации. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2016;11(3):93-98.

Shevchenko YuL, Volkova LV, Gudymovich VG et al. Severe Mitral Insufficiency: Evaluation of the Degree of Regurgitation. *Bulletin of Pirogov National Medical and surgical center*. 2016;11(3):93-98. (In Russ.).

5. 2021 Рекомендации ESC/EACTS по ведению пациентов с клапанной болезнью сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(7):5160. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5160>

2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(7):5160. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5160>

6. Голухова Е.З., Шанаурина Н.В. Роль изучения проксимальной зоны регургитации в количественной оценке недостаточности митрального клапана. *Креативная кардиология*. 2007;1(1-2):243-255.

Golukhova EZ, Shanaurina NV The Role of Studying the Proximal Zone of Regurgitation in the Quantitative Assessment of Mitral Valve Insufficiency. *Creative Cardiology*. 2007;1(1-2):243-255. (In Russ.).

7. Аббасов И.Б., Дешмух Р.Р. Применение искусственного интеллекта для медицинской визуализации. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021;12(114). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.005>

Abbasov I, Deshmukh R. Application of Application of artificial intelligence for medical imaging. *International Research Journal*. 2021;12(114). (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.005>

8. Lang RM, Badano LP, 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. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14. PMID: 25559473. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>

9. Халафян А.А. Методы машинного обучения в Data Mining пакета STATISTICA. М.: Горячая линия – Телеком; 2022. 260 с.

Khalafyan AA Methods of Machine Learning in Data Mining Using the STATISTICA Package. Moscow: Goryachaya Liniya – Telekom; 2022. 260 p. (In Russ.).

10. Халафян А.А. Методы искусственного интеллекта в медицинских задачах классификации и регрессии. М.: Горячая линия – Телеком; 2023. 352 с.

Khalafyan AA Methods of Artificial Intelligence in Medical Classification and Regression Tasks. Moscow: Goryachaya Liniya – Telekom; 2023. 352 p. (In Russ.).

11. Базылев В.В., Бабуков Р.М., Бартош Ф.Л., Лёвина А.В., Микуляк А.И. Факт или артефакт: проспективное исследование по изучению диагностических возможностей нового эхокардиографического показателя горизонтального артефакта расширения цветного доплера в оценке тяжести митральной регургитации. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2023;(4):9-21. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-9-21>

Bazylev V.V., Babukov R.M., Bartosh F.L., Levina A.V., Miku-lyak A.I. Fact or Artifact: A prospective study on diagnostic value of a new echocardiographic parameter of Color Doppler Horizontal Splay width in assessment of mitral regurgitation severity. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2023;(4):9-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2023-4-9-21>

12. Халафян А.А., Темердашев З.А., Абакумов А.Г. О влиянии кластерной структуры данных на прогностические свойства нейросетевой модели. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2025;2:19-31. <https://doi.org/10.14357/20718594250202>

Khalafyan AA, Temerdashev ZA, Abakumov AG. On the Influence of the Cluster Data Structure on the Predictive Properties of a Neural Network Model. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2025;2:19-31. (In Russ.). <https://doi.org/10.14357/20718594250202>

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Прогнозирование итоговой формы состояния пациентов по результатам УЗИ нейронными сетями. / Акиншина В.А., Голощапова Ю.В., Лукьяненко Д.В., Халафян А.А., правообладатель: ФГБОУ ВПО КубГУ (RU) – N2024666182, заявл. 12.07.2024, опублик. 23.07.2024.

Certificate of State Registration of a Computer Program. Prediction of the final form of patients' condition based on ultrasound results using neural networks. / Akinshina V.A., Goloshchapova Yu.V, Lukyanenko D.V., Khalafyan A.A., copyright holder: Kuban State University (RU) – N2024666182, applied for on 12.07.2024, published on 23.07.2024

14. Толстикова А.А., Левин В.И. Анализ параметров оценки митральной недостаточности: клиническое применение. *Медицинский алфавит*. 2018;4(37):51-56.

Tolstikhina AA, Levin VI Analysis of parameters of mitral valve insufficiency assessment: clinical application. *Medical alphabet*. 2018;4(37):51-56. (In Russ.)

15. Holste G, Oikonomou EK, Tokodi M, Kovács A, Wang Z, Khera R. PanEcho: Complete AI-enabled echocardiography interpretation with multi-task deep learning. Preprint. medRxiv. 2025;2024.11.16.24317431. PMID: 40321248. PMCID: PMC12047937. <https://doi.org/10.1101/2024.11.16.24317431>

## Сведения об авторах

**Голощапова Юлия Владимировна**, врач ультразвуковой диагностики, отделение ультразвуковой диагностики, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-3310-5207>

**Лукьяненко Дарья Владимировна**, врач ультразвуковой диагностики, отделение ультразвуковой диагностики, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0009-0004-7650-4915>

**Мещерякова Ольга Михайловна**, врач ультразвуковой диагностики, отделение ультразвуковой диагностики, НИИ –

ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9863-1243>

**Катрич Алексей Николаевич**, д. м. н., заведующий отделением ультразвуковой диагностики, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1508-203X>

**Халафян Алексан Альбертович**, д. т. н., профессор кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, Кубанский государственный университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-2324-3649>

**Акиншина Вера Александровна**, к. п. н., доцент кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, Кубанский государственный университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4136-4313>

**Астафьева Ольга Викторовна**, д. м. н., профессор кафедры лучевой диагностики № 1, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-8195-5930>

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Author credentials

**Yulia V. Goloshchapova**, Diagnostic Ultrasound Physician, Department of Diagnostic Ultrasound, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-3310-5207>

**Daria V. Lukyanenko**, Diagnostic Ultrasound Physician, Department of Diagnostic Ultrasound, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0004-7650-4915>

**Olga M. Meshcheryakova**, Diagnostic Ultrasound Physician, Department of Diagnostic Ultrasound, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9863-1243>

**Aleksey N. Katrich**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Diagnostic Ultrasound, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1508-203X>

**Alexan A. Khalafyan**, Dr. Sci. (Tech), Professor, Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, Kuban State University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1394-3011>

**Vera A. Akinshina**, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, Kuban State University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4136-4313>

**Olga V. Astafeva**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Radiation Diagnostics No. 1, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-8195-5930>

**Conflict of interest:** none declared.