

## Анализ предиктивной ценности электрокардиографических, эхокардиографических и гематологических показателей для прогнозирования "новой" фибрилляции предсердий у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства

Гельцер Б. И.<sup>1,2</sup>, Шахгельдян К. И.<sup>1,2</sup>, Пак Р. Л.<sup>1,3</sup>, Куksин Н. С.<sup>1,2</sup>, Домжалов И. Г.<sup>1,3</sup>, Кокарев Е. А.<sup>3</sup>, Котельников В. Н.<sup>1</sup>

**Цель.** Сравнительная оценка предиктивного потенциала электрокардиографических, эхокардиографических и гематологических показателей для прогнозирования "новой" фибрилляции предсердий (ФП) у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) и разработка новых прогностических моделей на основе методов машинного обучения.

**Материал и методы.** Проведено одноцентровое проспективное исследование, в рамках которого анализировали данные 733 больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Было выделено 2 группы лиц, в первую из которых вошли 57 (7,8%) пациентов с впервые зарегистрированной ФП в послеоперационном периоде ЧКВ, а во вторую — 676 (92,2%) больных без нарушения сердечного ритма. Для прогнозирования ФП использовали методы однофакторной и многофакторной логистической регрессии, деревья решений, градиентный бустинг CatBoost.

**Результаты.** Сравнительный анализ электрокардиографии, эхокардиографии, гематологических и клинических показателей демонстрировал, что наиболее высоким предиктивным потенциалом обладают соотношение нейтрофилов к эозинофилам (NER) >48,7 усл.ед. (отношение шансов (ОШ) 7,1), класс острой сердечной недостаточности по Т. Killip >2 (ОШ 4,44), скорость оседания эритроцитов >36 мм/ч (ОШ 4) и индекс системного воспалительного ответа (SIRI) >5 усл.ед. (ОШ 3,8). Лучшая прогностическая модель "новой" ФП после ЧКВ (AUC=0,806) включала в свою структуру 9 категориальных предикторов: NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., скорость оседания эритроцитов >36 мм/ч, PQ >200 мс, 600 мс < RR >1200 мс, систолическое давление в легочной артерии >33,5 мм рт.ст., возраст >66 лет, TIMI <3 и класс острой сердечной недостаточности по Т. Killip >2.

**Заключение.** Повышение точности прогноза "новой" ФП после ЧКВ может быть достигнуто за счет расширения спектра потенциальных предикторов и использования современных технологий объяснимого искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, фибрилляция предсердий, чрескожное коронарное вмешательство, машинное обучение, прогнозирование.

**Отношения и деятельность.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 25-21-00165.

<sup>1</sup>ФГАУ ВО Дальневосточный федеральный университет, Владивосток; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО Владивостокский государственный университет, Владивосток; <sup>3</sup>ГБУЗ Приморская краевая клиническая больница № 1, Владивосток, Россия.

Гельцер Б. И. — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, зам. директора по научной работе, Школа медицины и наук о жизни; г.н.с., научный образовательный центр "Искусственный интеллект", ORCID: 0000-0002-9250-557X, Шахгельдян К. И. —

д.т.н., доцент, зав. лабораторией анализа больших данных в здравоохранении и медицине, Школа медицины; директор, научный образовательный центр "Искусственный интеллект", ORCID: 0000-0002-4539-685X, Пак Р.Л. — ассистент, Школа медицины и наук о жизни, Департамент клинической медицины; отделение реанимации и интенсивной терапии регионального сосудистого центра, врач, ORCID: 0009-0004-3745-5399, Куksин Н. С. — аспирант, Институт математики и компьютерных технологий; м.н.с., научный образовательный центр "Искусственный интеллект", ORCID: 0009-0005-9106-0117, Домжалов И. Г. — аспирант, Школа медицины и наук о жизни, Департамент клинической медицины; отделение реанимации и интенсивной терапии регионального сосудистого центра, врач, ORCID: 0000-0002-6722-2535, Кокарев Е. А. — к.м.н., зав. отделением реанимации и интенсивной терапии отделения реанимации и интенсивной терапии регионального сосудистого центра, ORCID: 0000-0002-8726-0491, Котельников В. Н.\* — д.м.н., профессор, Школа медицины и наук о жизни, Департамент клинической медицины, ORCID: 0000-0001-5830-1322.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): 671235@mail.ru

ДИ — доверительный интервал, ИМнСТ — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, ЛЖ — левый желудочек, МЛР — многофакторная логистическая регрессия, ОЛР — однофакторная логистическая регрессия, ОЧН — острая сердечная недостаточность, ОШ — отношение шансов, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, ФВ — фракция выброса, ФП — фибрилляция предсердий, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ЭКГ — электрокардиографический/электрокардиограмма, ЭхоКГ — эхокардиографический/эхокардиография, NER — нейтрофильно-эозинофильный индекс, NLR — нейтрофильно-лимфоцитарный индекс, SII — индекс системного иммунного воспаления, SIRI — индекс системного воспалительного ответа.

Рукопись получена 16.04.2025

Рецензия получена 09.05.2025

Принята к публикации 08.07.2025



**Для цитирования:** Гельцер Б. И., Шахгельдян К. И., Пак Р. Л., Куksин Н. С., Домжалов И. Г., Кокарев Е. А., Котельников В. Н. Анализ предиктивной ценности электрокардиографических, эхокардиографических и гематологических показателей для прогнозирования "новой" фибрилляции предсердий у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(8):6353. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6353. EDN: JXFOOY

## Predictive value of electrocardiographic, echocardiographic and hematological parameters for predicting new-onset atrial fibrillation in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention

Geltser B. I.<sup>1,2</sup>, Shakhgelyan K. I.<sup>1,2</sup>, Pak R. L.<sup>1,3</sup>, Kuksin N. S.<sup>1,2</sup>, Domzhalov I. G.<sup>1,3</sup>, Kokarev E. A.<sup>3</sup>, Kotelnikov V. N.<sup>1</sup>

**Aim.** To assessment predictive potential of electrocardiographic, echocardiographic and hematological parameters for predicting new-onset atrial fibrillation (AF) in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention (PCI), as well as to develop novel prognostic models based on machine learning.

**Material and methods.** This single-center prospective study included 733 patients with ST-segment elevation myocardial infarction. Two following groups were identified: the first — 57 (7,8%) patients with new-onset postoperative AF after PCI, and the second — 676 (92,2%) patients without cardiac arrhythmia. To pre-

dict AF, univariate and multivariate logistic regression, decision trees, CatBoost gradient boosting were used.

**Results.** Comparative analysis of electrocardiography, echocardiography, hematological and clinical data demonstrated that following parameters has the highest predictive potential: neutrophil-to-eosinophil ratio (NER) >48,7 (odds ratio (OR) 7,1), Killip class >2 acute heart failure (OR 4,44), erythrocyte sedimentation rate (ESR) >36 mm/h (OR 4) and systemic inflammatory response index (SIRI) >5 (OR 3,8). The best prognostic model of new-onset AF after PCI (AUC=0,806) included 9 following categorical predictors: NER >48,7 conventional units, SIRI >5 conventional units, erythrocyte sedimentation rate >36 mm/h, PQ >200 ms, 600 ms< RR >1200 ms, pulmonary artery systolic pressure >33,5 mm Hg, age >66 years, TIMI <3 and Killip class >2 acute heart failure.

**Conclusion.** Improving the accuracy of predicting new-onset AF after PCI can be achieved by expanding the range of potential predictors and using modern explainable artificial intelligence technologies.

**Keywords:** ST-segment elevation myocardial infarction, atrial fibrillation, percutaneous coronary intervention, machine learning, prediction.

**Relationships and Activities.** The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation 25-21-00165.

<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok; <sup>2</sup>Vladivostok State University, Vladivostok;

<sup>3</sup>Primorsky Regional Clinical Hospital № 1, Vladivostok, Russia.

Geltser B.I. ORCID: 0000-0002-9250-557X, Shakhgeldyan K.I. ORCID: 0000-0002-4539-685X, Pak R.L. ORCID: 0009-0004-3745-5399, Kuksin N.S. ORCID: 0009-0005-9106-0117, Domzhalov I.G. ORCID: 0000-0002-6722-2535, Kokarev E.A. ORCID: 0000-0002-8726-0491, Kotelnikov V.N.\* ORCID: 0000-0001-5830-1322.

\*Corresponding author:  
671235@mail.ru

**Received:** 16.04.2025 **Revision Received:** 09.05.2025 **Accepted:** 08.07.2025

**For citation:** Geltser B.I., Shakhgeldyan K.I., Pak R.L., Kuksin N.S., Domzhalov I.G., Kokarev E.A., Kotelnikov V.N. Predictive value of electrocardiographic, echocardiographic and hematological parameters for predicting new-onset atrial fibrillation in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(8):6353. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6353. EDN: JXFOOY

## Ключевые моменты

- Наиболее высоким предиктивным потенциалом для прогнозирования "новой" фибрилляции предсердий (ФП) у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) обладают: соотношение нейтрофилов к эозинофилам, класс острой сердечной недостаточности по Т. Killip, скорость оседания эритроцитов, индекс системного воспалительного ответа.
- Электрокардиографические и эхокардиографические показатели в изолированной форме имели меньшую прогностическую ценность.
- Структура лучшей прогностической модели "новой" ФП у больных ИМпST после ЧКВ, разработанной на основе многофакторной логистической регрессии, включала 9 предикторов в категориальной форме.

Фибрилляция предсердий (ФП) является одним из наиболее распространенных нарушений ритма сердца у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST). Впервые возникшая или "новая" ФП фиксируется у 6-21% больных ИМпST и ассоциируется прежде всего со значительным увеличением нежелательных сердечно-сосудистых событий и госпитальной летальности [1, 2]. Широкая вариативность показателей распространенности этой формы ФП в различных исследованиях обусловлена клинικο-демографическими особенностями анализируемых когорт, локализацией и тяжестью ИМпST, профилем и выраженностью коморбидной патологии, эффективностью чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) и другими факторами.

## Key messages

- The highest predictive potential for new-onset atrial fibrillation (AF) in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) after percutaneous coronary intervention (PCI) has neutrophil-to-eosinophil ratio, acute heart failure Killip class, erythrocyte sedimentation rate, systemic inflammatory response index.
- Electrocardiographic and echocardiographic parameters in isolated form had lower prognostic value.
- The structure of the best prognostic model of new-onset AF in patients with STEMI after PCI, developed on the basis of multivariate logistic regression, included 9 categorical predictors.

Развитие "новой" ФП в остром периоде ИМпST обусловлено реализацией комплекса патофизиологических механизмов, ключевыми из которых являются ишемия предсердий, их перегрузка, острое ремоделирование и нарушение электрической активности [3]. В ряде работ к электрокардиографическим (ЭКГ) предикторам этой формы ФП относили расширение зубца Р (>110 мс), его дисперсию, удлинение интервала PQ >200 мс или его укорочение <120 мс [4]. Прогностическими свойствами в отношении "новой" ФП обладают также эхокардиографические (ЭхоКГ) показатели дилатации левого предсердия, сниженной фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ), клапанной патологии [5]. В последние годы в качестве индикаторов воспалительного ответа, демонстрирующих его интенсивность, помимо изолированных показателей клинического анализа крови, все чаще используют различные варианты их соотношений, наиболее известными из которых являются

ся нейтрофильно-лимфоцитарный индекс (NLR), индексы системного иммунного воспаления (SII), системного воспалительного ответа (SIRI), совокупный системный индекс воспаления (AISI) и др. Некоторые из них в ряде исследований были представлены как предикторы жизнеугрожающих аритмий после ЧКВ, что подтверждает важную роль провоспалительных факторов в патогенезе данного осложнения [6]. ЧКВ является доминирующей стратегией реваскуляризации миокарда, эффективность которой оценивают по шкале TIMI (Thrombolysis in Myocardial Infarction). В патогенезе ФП, возникшей после ЧКВ, важное значение принадлежит ишемическим и реперфузионным факторам, интенсивность влияния которых на аритмогенез зависит от сроков и качества выполненной реваскуляризации [7]. Необходимо также отметить, что в настоящее время не разработаны общепринятые инструменты стратификации риска "новой" ФП у больных ИМпСТ, в т.ч. после ЧКВ [8]. Это обусловлено отсутствием надежных предикторов этого осложнения, что является поводом для более детальной оценки прогностической ценности инструментальных и лабораторных показателей, используемых в повседневной клинической практике.

Цель исследования состояла в сравнительной оценке предиктивного потенциала ЭКГ, ЭхоКГ и гематологических показателей для прогнозирования "новой" ФП у больных с ИМпСТ после ЧКВ.

### Материал и методы

**Данные.** Проведено одноцентровое проспективное когортное исследование, в рамках которого анализировали данные 733 больных ИМпСТ (499 мужчин и 234 женщины) в возрасте от 23 до 97 лет с медианой (Ме) 63 года и 95% доверительным интервалом (ДИ) [55; 71], поступивших в Региональный сосудистый центр ГБУЗ "Приморская краевая клиническая больница № 1" г. Владивостока с апреля 2024 по февраль 2025 гг. Критерии включения: пациенты с диагнозом ИМпСТ, которым было выполнено ЧКВ. Критерии исключения: пациенты с ИМпСТ, у которых фиксировалась любая форма ФП при поступлении в стационар или имеющая место в анамнезе. Было выделено 2 группы лиц, в первую из которых вошли 57 (7,8%) пациентов с впервые зарегистрированной ФП после выполнения ЧКВ, а во вторую — 676 (92,2%) больных без нарушения сердечного ритма. Наличие ФП подтверждали посредством непрерывного мониторинга ЭКГ в отделении реанимации и интенсивной терапии и ежедневного ЭКГ-контроля в кардиологическом отделении. Всем пациентам в первые сутки нахождения в стационаре проведен забор венозной крови, выполнена ЭхоКГ.

Конечная точка исследования была представлена впервые возникшей ФП у больных ИМпСТ в форме категориального бинарного признака ("отсутствие"

или "развитие"). Входные признаки — подгруппа потенциальных предикторов выражалась в форме непрерывных и категориальных переменных.

**Статистический анализ.** Для обработки и анализа данных использовали методы статистического анализа и машинного обучения. Первые включали тесты хи-квадрат, Фишера, Манна-Уитни, однофакторную логистическую регрессию (ОЛР). Вторые — многофакторную логистическую регрессию (МЛР), градиентный бустинг CatBoost и деревья решений, с помощью которых разрабатывали прогностические модели "новой" ФП. Показатели были представлены Ме и их 95% ДИ, т.к. их распределение не соответствовало нормальному. Статистическая значимость подтверждалась значением  $p\text{-value} < 0,05$ . Качество моделей оценивали по 3 метрикам: площадь под ROC-кривой (AUC), чувствительность (Sen) и специфичность (Sp). Метрики Sen и Sp определялись с учетом несбалансированности выборки по критерию равенства Sen и Sp ( $\text{Sen} \approx \text{Sp}$ ).

При построении моделей данные были разделены следующим образом: 80% — для обучения и кросс-валидации, которая проводилась методом стратифицированного KFold по 10 выборкам, и 20% — для заключительного тестирования. Разделение данных для обучения и заключительного тестирования повторялось случайным образом 100 раз, все метрики качества усредняли с вычислением 95% ДИ.

**Дизайн исследования.** Дизайн исследования включал 4 этапа. На первом из них проведен статистический анализ 38 показателей в группах сравнения. На втором этапе с помощью метода CatBoost разрабатывали прогностические модели ФП, используя показатели в непрерывной или дискретной форме. Отбор предикторов выполнялся пошаговым включением отдельных признаков в структуру моделей с последующей оценкой их метрик качества. При увеличении последних, включенный в модель показатель рассматривали как предиктор ФП. На третьем шаге с помощью деревьев решений определяли пороговые значения предикторов, выделенных на втором этапе, критериями отбора которых были максимальные уровни AUC при итоговом тестировании.

Показатели, значения которых отклонялись за пределы пороговых границ, относили к факторам риска ФП. Последние валидировали методом ОЛР, максимально увеличивая AUC. На четвертом этапе на основе МЛР были разработаны прогностические модели "новой" ФП с использованием предикторов в дихотомической форме. Анализ данных и разработка моделей выполнялись на языке Python.

### Результаты

Межгрупповой анализ клинко-функциональных параметров показал, что статистически значимые различия имеют место у 19 из 38 показателей (табл. 1).

Таблица 1

Клинико-функциональные показатели больных ИМпСТ при поступлении в стационар

Показатели	Группа 1 (n=57)	Группа 2 (n=676)	p-value
Возраст, лет	68 [61; 75]	63 [55; 70,25]	0,0017
Женский пол, n (%)	22 (39%)	205 (31%)	0,3
ГЛ, n (%)	5 (8,8%)	21 (3,2%)	0,049
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	28,08 [25,71; 32,05]	27,46 [25,14; 30,48]	0,136
САД, мм рт.ст.	130 [110; 140]	130 [120; 150]	0,068
ДАД, мм рт.ст.	80 [70; 90]	80 [80; 90]	0,055
ЧСС, уд./мин	75 [70; 80]	72 [70; 80]	0,49
ОСН по Т. Killip >2, n (%)	16 (28%)	99 (15%)	0,016
Параметры ЭКГ			
P, мс	100 [80; 100]	100 [80; 100]	0,98
PQ, мс	170 [160; 195]	160 [160; 180]	0,568
QRS, мс	80 [60; 80]	70 [60; 80]	0,253
QT, мс	360 [340; 400]	360 [340; 400]	0,88
QTc, мс	417,76 [371,1; 438,75]	408,6 [381,88; 434,06]	0,64
RR, мс	760 [620; 1000]	800 [700; 920]	0,672
Эхокардиографические данные			
ФВ, n (%)	50 [45; 54]	54 [48; 60]	0,013
ФВ ≤45%, n (%)	15 (26%)	105 (16%)	0,081
МН 1 степени, n (%)	29 (51%)	269 (41%)	0,022
МН 2 степени, n (%)	8 (14%)	57 (8,6%)	0,029
НТК 1 степени, n (%)	17 (30%)	164 (25%)	0,057
КДР ЛЖ, см	5 [4,6; 5,3]	4,9 [4,6; 5,3]	0,23
КСР ЛЖ, см	3,6 [3,3; 3,9]	3,4 [3,1; 3,8]	0,02
La1, см	4 [3,7; 4,3]	3,8 [3,5; 4,1]	0,025
La2, см	5,1 [4,7; 5,6]	4,9 [4,6; 5,2]	0,0049
Ra1, см	3,6 [3,5; 3,9]	3,6 [3,3; 3,8]	0,14
Ra2, см	4,8 [4,6; 5,1]	4,6 [4,4; 4,9]	0,043
СДЛА, мм рт.ст.	30 [26; 37]	28 [25; 30]	0,025
Гематологические индикаторы воспалительного ответа			
NLR, усл.ед.	4,39 [2,93; 6,74]	3,16 [2,23; 4,99]	0,0012
PLR, усл.ед.	114,36 [78,27; 144,83]	113,1 [86,18; 151,44]	0,72
MLR, усл.ед.	0,53 [0,33; 0,62]	0,39 [0,29; 0,52]	0,0092
NER, усл.ед.	125,06 [69,53; 294,42]	60,38 [32,73; 149,6]	0,000002
NBR, усл.ед.	341 [144,32; 422,83]	185,33 [119,8; 308,5]	0,00093
SII, усл.ед.	939,25 [592,53; 1468,45]	735,38 [478,1; 1165,16]	0,038
SIRI, усл.ед.	3,81 [2,28; 6,69]	2,52 [1,59; 4,2]	0,0013
AlSI, усл.ед.	835,94 [409,3; 1386,46]	557,93 [336,06; 1017,43]	0,029
СОЭ, мм/ч	31 (14; 46)	16 (9; 29)	0,00023
Результат ЧКВ			
TIMI =3	4 (77%)	599 (91%)	0,024
TIMI <3	13 (23%)	57 (9%)	0,0013

**Сокращения:** ГЛ — госпитальная летальность, ДАД — диастолическое артериальное давление, ИМТ — индекс массы тела, КДР ЛЖ — конечно-диастолический размер левого желудочка, КСР ЛЖ — конечно-систолический размер левого желудочка, МН — митральная недостаточность, НТК — недостаточность трикуспидального клапана, ОСН — острая сердечная недостаточность, САД — систолическое артериальное давление, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, ФВ — фракция выброса, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ЧСС — частота сердечных сокращения, ЭКГ — электрокардиография, AlSI — совокупный системный индекс воспаления, La1 — медиально-латеральный размер левого предсердия в апикальной проекции, La2 — верхне-нижний размер левого предсердия в апикальной проекции, MLR — моноцитарно-лимфоцитарный индекс, NBR — отношение нейтрофилов к базофилам, NER — отношение нейтрофилов к эозинофилам, NLR — нейтрофильно-лимфоцитарный индекс, NRL — нейтрофильно-лимфоцитарный индекс, PLR — тромбоцитарно-лимфоцитарный индекс, Ra1 — медиально-латеральный размер правого предсердия в апикальной проекции, Ra2 — верхне-нижний размер правого предсердия в апикальной проекции, QTc — скорректированная величина интервала QT, рассчитанная по формуле Bazett, SII — индекс системного иммунного воспаления, SIRI — индекс системного воспалительного ответа, TIMI — шкала The thrombolysis in myocardial infarction.



Таблица 2

## Оценка точности прогностических моделей "новой" ФП после ЧКВ у больных ИМпСТ, разработанных на основе предикторов в непрерывной форме (Me, 95% ДИ)

№	Предикторы моделей	Тестовые выборки			Выборки для валидации		
		Auc	Sen	Sp	Auc	Sen	Sp
1	NER, MLR, SIRI, СОЭ	0,726 [0,713; 0,738]	0,659 [0,634; 0,683]	0,659 [0,642; 0,676]	0,723 [0,688; 0,758]	0,692 [0,634; 0,752]	0,653 [0,615; 0,691]
2	NER, MLR, SIRI, СОЭ, СДЛА	0,73 [0,725; 0,734]	0,681 [0,672; 0,69]	0,685 [0,682; 0,688]	0,74 [0,729; 0,752]	0,703 [0,68; 0,727]	0,681 [0,673; 0,69]
3	NER, MLR, SIRI, СОЭ, СДЛА, RR, PQ, возраст	0,754 [0,75; 0,758]	0,7 [0,69; 0,711]	0,673 [0,669; 0,677]	0,762 [0,751; 0,774]	0,712 [0,687; 0,737]	0,68 [0,671; 0,688]
4	NER, MLR, SIRI, СОЭ, СДЛА, RR, PQ, возраст, TIMI	0,758 [0,753; 0,762]	0,713 [0,704; 0,721]	0,695 [0,691; 0,699]	0,761 [0,747; 0,775]	0,697 [0,668; 0,726]	0,7 [0,692; 0,709]
5	NER, MLR, SIRI, СОЭ, СДЛА, RR, PQ, возраст, TIMI, класс ОЧН по Т. Killip	0,763 [0,758; 0,767]	0,719 [0,71; 0,728]	0,708 [0,704; 0,711]	0,767 [0,754; 0,78]	0,723 [0,695; 0,751]	0,714 [0,706; 0,721]

**Сокращения:** ОЧН — острая сердечная недостаточность, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, MLR — моноцитарно-лимфоцитарный индекс, NER — отношение нейтрофилов к эозинофилам, SIRI — индекс системного воспалительного ответа, TIMI — шкала "Thrombolysis In Myocardial Infarction".

Таблица 3

## Пороговые значения предикторов "новой" ФП у больных ИМпСТ после ЧКВ

№	Параметр	Группа 1 (n=57)	Группа 2 (n=676)	ОШ (95%) ДИ	p-value	AUC
1	СДЛА >33,5 мм рт.ст.	20 (35,1%)	99 (15%)	2,96 [1,65; 5,31]	0,00065	0,596
2	La2 >5,5 см и Ra2 >5,2 см	19 (33,3%)	120 (18,3%)	2,17 [1,2; 3,9]	0,014	0,578
3	NER >48,7 усл.ед.	52 (91%)	370 (56%)	7,1 [2,8; 18,05]	<0,000001	0,66
4	MLR >0,526 усл.ед.	29 (49%)	154 (23,5%)	3,2 [1,85; 5,55]	0,000058	0,638
5	SIRI >5 усл.ед.	26 (45,6%)	114 (17,4%)	3,8 [2,17; 6,64]	0,000007	0,641
6	СОЭ >36 мм/ч	23 (40,4%)	89 (13,6%)	4 [2,26; 7,13]	0,000006	0,633
7	PQ >200 мс	10 (17,5%)	140 (21,3%)	0,82 [0,4; 1,7]	0,718	0,516
8	RR <600 мс или RR >1200 мс	18 (31,5%)	98 (14,9%)	2,7 [1,48; 4,98]	0,002	0,594
9	Возраст >66 лет	36 (63,1%)	263 (40,1%)	2,56 [1,46; 4,49]	0,0011	0,6112
10	TIMI <3	13 (22,8%)	57 (8,7%)	3,1 [1,58; 6,1]	0,0014	0,572
11	Класс ОЧН по Т. Killip >2	10 (17,5%)	30 (4,6%)	4,44 [2; 9,6]	0,00062	0,567

**Сокращения:** ДИ — доверительный интервал, ОЧН — острая сердечная недостаточность, ОШ — отношение шансов, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, La2 — верхне-нижний размер левого предсердия, MLR — моноцитарно-лимфоцитарный индекс, NER — отношение нейтрофилов к эозинофилам, Ra2 — верхне-нижний размер правого предсердия, SIRI — индекс системного воспалительного ответа, TIMI — шкала "Thrombolysis In Myocardial Infarction".

Так, пациенты первой группы отличались более старшим возрастом, преобладанием лиц женского пола, значительным (в 2,75 раза) ростом госпитальной летальности и 2-кратным увеличением случаев тяжелой сердечной недостаточности (класс острой сердечной недостаточности (ОЧН) по Т. Killip >2). При этом медианные значения индекса массы тела, систолического артериального давления, диастолического артериального давления, частоты сердечных сокращений и всех показателей ЭКГ не отличались между собой. По данным ЭхоКГ у больных ИМпСТ с впервые возникшей ФП после ЧКВ чаще фиксировались признаки митральной недостаточности 1-2 степени, более высокий уровень систолического давления в легочной артерии (СДЛА), конечно-систолический размер, увеличение медиально-латерального (La1) и верхне-нижнего (La2)

размеров левого предсердия, медиально-латерального (Ra2) размера правого предсердия, более низкое значение ФВ ЛЖ. Среди 9 гематологических показателей, характеризующих выраженность системного воспалительного ответа на острую ишемию и некроз кардиомиоцитов, только тромбоцитарно-лимфоцитарный индекс (PLR) не имел линейной взаимосвязи с "новой" ФП (p-value=0,72). Остальные параметры этого пула демонстрировали статистически значимые различия в группах сравнения.

Предварительный анализ предиктивной ценности гематологических показателей, проведенный на 1 этапе исследования, показал, что более высокая статистическая значимость ассоциируется с нейтрофильно-эозинофильным индексом (NER) (p-value=0,000002), скоростью оседания эритроци-

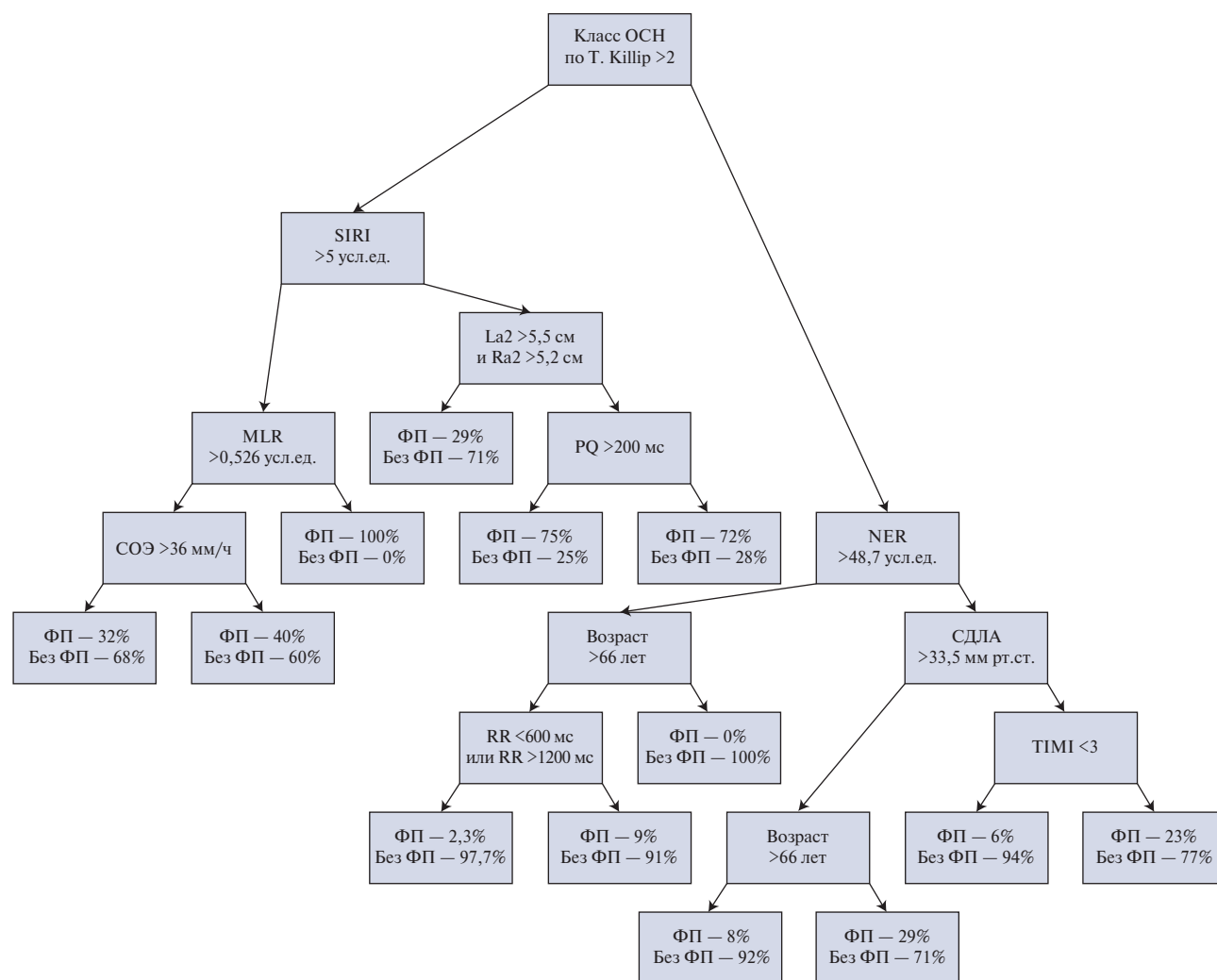


Рис. 1. Дерево решений для выделения пороговых значений предикторов "новой" ФП.

**Сокращения:** ОЧН — острая сердечная недостаточность, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, ФП — фибрилляция предсердий, La2 — верхне-нижний размер левого предсердия, MLR — моноцитарно-лимфоцитарный индекс, NER — нейтрофильно-эозинофильный индекс, Ra2 — верхне-нижний размер правого предсердия, SIRI — индекс системного воспалительного ответа.

тов (СОЭ) ( $p$ -value=0,00023), нейтрофильно-базофильным индексом (NBR) ( $p$ -value=0,00093), SIRI ( $p$ -value=0,0013), моноцитарно-лимфоцитарным индексом (MLR) ( $p$ -value=0,0092), совокупным системным индексом воспаления (AISI) ( $p$ -value=0,023). Анализ качества реваскуляризации миокарда по критерию TIMI показал, что у пациентов с "новой" ФП признак неполного восстановления коронарной перфузии после ЧКВ (TIMI <3) фиксировался значительно чаще, чем у лиц без нарушения сердечного ритма (23% vs 9%,  $p$ -value=0,0013).

На втором этапе исследования предиктивный потенциал анализируемых факторов уточняли в процессе разработки прогностических моделей ФП, где все показатели использовались в непрерывной форме (табл. 2). Структура базовой модели включала комбинацию только гематологических показателей (NER, MLR, SIRI и СОЭ), т.к. при тестировании предска-

зательной ценности изолированных параметров ЭКГ, ЭхоКГ или их комплексов прогностическая точность моделей на их основе не соответствовала приемлемому уровню ( $AUC < 0,7$ ). Наилучшие показатели метрик качества были у модели 5, включающей помимо гематологических индикаторов показатели СДЛА, RR, PQ, возраст, TIMI и класс ОЧН по Т. Killip ( $AUC=0,763$ ;  $Sen=0,719$ ;  $Sp=0,708$ ).

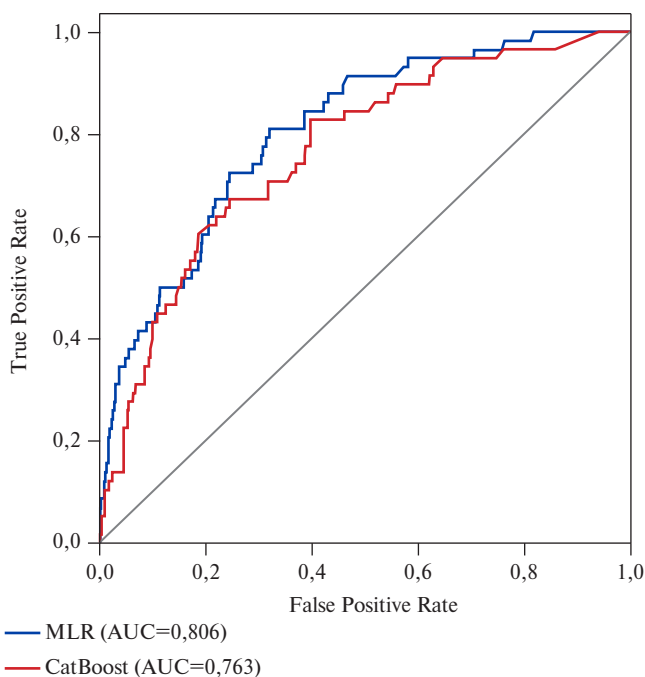
На третьем этапе исследования с помощью деревьев решений и ОЛР у ранее отобранных предикторов, входящих в структуру лучшей модели (5), выделяли и валидировали пороговые значения, отклонение от которых повышало их прогностическую ценность и позволяло отнести к факторам риска ФП, развившейся после ЧКВ (табл. 3, рис. 1). Установлено, что наибольшая вероятность возникновения последней ассоциировалась с NER >48,7 усл.ед. (отношение шансов (ОШ) 7,1), класс ОЧН по Т. Killip >2 (ОШ 4,44),

Таблица 4

## Оценка точности прогностических моделей "новой" ФП у больных ИМпСТ после ЧКВ, разработанных на основе категориальных предикторов (Me, 95% ДИ)

№	Предикторы моделей	Тестовые выборки			Выборки для валидации		
		Auc	Sen	Sp	Auc	Sen	Sp
1	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч	0,757 [0,753; 0,76]	0,686 [0,676; 0,695]	0,7 [0,682; 0,718]	0,774 [0,763; 0,786]	0,715 [0,69; 0,74]	0,713 [0,685; 0,741]
2	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч, СДЛА >33,5 усл.ед.	0,776 [0,773; 0,78]	0,732 [0,721; 0,743]	0,733 [0,73; 0,736]	0,785 [0,774; 0,796]	0,782 [0,76; 0,803]	0,724 [0,716; 0,732]
3	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч, PQ >200 мс, RR >1200 мс или RR <600 мс, СДЛА >33,5 мм рт.ст.	0,783 [0,779; 0,786]	0,716 [0,706; 0,725]	0,729 [0,725; 0,732]	0,785 [0,773; 0,797]	0,724 [0,698; 0,75]	0,728 [0,719; 0,737]
4	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч, PQ >200 мс, RR >1200 мс или RR <600 мс, СДЛА >33,5 мм рт.ст., возраст >66 лет	0,789 [0,786; 0,793]	0,735 [0,727; 0,742]	0,74 [0,735; 0,745]	0,791 [0,78; 0,802]	0,743 [0,718; 0,768]	0,747 [0,736; 0,758]
5	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч, PQ >200 мс, RR >1200 мс или RR <600 мс, СДЛА >33,5 мм рт.ст., возраст >66 лет, TIMI <3	0,802 [0,798; 0,805]	0,768 [0,761; 0,776]	0,757 [0,754; 0,759]	0,8 [0,789; 0,812]	0,761 [0,737; 0,785]	0,759 [0,751; 0,767]
6	NER >48,7 усл.ед., SIRI >5 усл.ед., COЭ >36 мм/ч, PQ >200 мс, RR >1200 мс или RR <600 мс, СДЛА >33,5 мм рт.ст., возраст >66 лет, TIMI <3, класс ОЧН Т. Killip >2	0,806 [0,802; 0,81]	0,769 [0,76; 0,779]	0,769 [0,767; 0,771]	0,809 [0,797; 0,82]	0,769 [0,742; 0,796]	0,769 [0,763; 0,776]

**Сокращения:** ОЧН — острая сердечная недостаточность, СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, COЭ — скорость оседания эритроцитов, NER — отношение нейтрофилов к эозинофилам, SIRI — индекс системного воспалительного ответа, TIMI — шкала "Thrombolysis In Myocardial Infarction".



**Рис. 2.** График ROC AUC лучших моделей с непрерывными (CatBoost) и категориальными (MLR) предикторами.

**Сокращение:** MLR — моноцитарно-лимфоцитарный индекс.

COЭ >36 (ОШ 4), SIRI >5 усл.ед. (ОШ 3,8), MLR усл.ед. >0,256 (ОШ 3,2) и TIMI <3 (ОШ 3,1), СДЛА >33,5 мм рт.ст. (ОШ 2,96), длительностью RR <600 мс

или RR >1200 мс (ОШ 2,7). Более чем 2-кратное увеличение риска послеоперационной ФП было связано с возрастом пациентов старше 66 лет (ОШ 2,56), верхне-нижними размерами правого (>5,2 см) и левого (>5,5 см) предсердий (ОШ 2,17).

На четвертом этапе исследования на основе МЛР были разработаны прогностические модели "новой" ФП, структура которых была представлена предикторами в категориальной форме (факторами риска) (табл. 4). Базовая модель (1), включающая только гематологические параметры (NER, SIRI и COЭ), имела приемлемую точность прогноза (AUC=0,757). Последовательное расширение состава предикторов этой модели за счет показателей ЭхоКГ (СДЛА >33,5 мм рт.ст.), ЭКГ (PQ >200 мс, RR <600 мс или RR >1200 мс) позволило увеличить метрику AUC до 0,783 (модель 3). Наиболее высокий уровень AUC, соответствующий хорошей точности прогноза (AUC=0,806 — на тестовой выборке и 0,809 — на выборке для валидации), был достигнут в модели (6), при включении в ее структуру показателя возраста больных >66 лет, ангиографического критерия TIMI <3 и класса ОЧН по Т. Killip >2 (рис. 2).

### Обсуждение

ФП относится к наиболее распространенным вариантам нарушений сердечного ритма при ИМ. Её клиническое значение определяется ухудшением прогноза ближайших и отдаленных результатов реваскуляриза-

ции миокарда и возрастающим риском госпитальной летальности [9]. Выделяют две основных формы ФП, ассоциированные с ИМ: хроническую, предшествующую его развитию и впервые возникшую или "новую" ФП, доля которой может достигать 70% [3]. К подтипам "новой" ФП относят варианты ее развития в периоды до или после реваскуляризации миокарда, выделение которых может быть полезным для более точной оценки инициирующих ее факторов и патофизиологических механизмов [10]. Реперфузионные аритмии, связанные с ЧКВ, имеют место у 11% больных ИМпСТ и могут быть проявлениями как успешного восстановления коронарного кровотока, так и продолжающегося ишемического повреждения кардиомиоцитов [11]. Многообразие и сложность причинно-следственных взаимосвязей различных патогенетических факторов "новой" ФП являются препятствием для разработки универсального прогностического инструмента, позволяющего стратифицировать риск развития данного осложнения после ЧКВ [9]. Вместе с тем интерес к решению данной задачи иллюстрируется многочисленными публикациями, связанными с поиском надежных предикторов ФП [5, 8, 9]. К последним чаще всего относят высокий класс ОЧН по Т. Killip, пожилой или старческий возраст больных, увеличение размеров левого предсердия, ИМ в анамнезе, низкую ФВ ЛЖ, неуспешность реваскуляризации миокарда [8]. Одной из проблем этих исследований является недостаточная точность разработанных прогностических моделей, на что указывали значения  $AUC < 0,7$  [6]. В ряде работ авторы добивались приемлемой точности прогноза ( $AUC$  в диапазоне 0,7-0,79) [6, 12]. В нашем исследовании сопоставимый результат ( $AUC = 0,726-0,763$ ) был получен уже при разработке моделей машинного обучения методом CatBoost на основе предикторов в непрерывной форме (табл. 2, модели 1-5). В ряде работ было показано, что категоризация непрерывных переменных с определением их пороговых значений повышает качество прогноза за счет клинического обоснования предсказанной вероятности неблагоприятных событий [13]. Результаты настоящего исследования демонстрировали взаимосвязь "новой" ФП после ЧКВ с комплексом клинико-инструментальных и лабораторных показателей в категориальной форме, а построение на их основе моделей МЛР позволило не только повысить точность прогноза ( $AUC = 0,806$ ), но и расширить возможности для интерпретации генерируемых заключений. Необходимо отметить, что несмотря на невысокий уровень  $AUC$  изолированных факторов риска, их комбинация в многофакторной модели обеспечивала хорошее качество прогноза за счет взаимосвязанного и модифицирующего влияния на конечную точку.

Сравнительный анализ предиктивной ценности показателей ЭКГ, ЭхоКГ и индикаторов воспалительного ответа показал, что приемлемый результат про-

гноза могла обеспечить только комбинация гематологических маркеров как в непрерывной ( $AUC = 0,726$ ), так и в категориальной ( $AUC = 0,757$ ) формах. При этом более заметными предсказательными свойствами обладали  $NER > 48,7$  усл.ед. (ОШ 7,1),  $СОЭ > 36$  мм/ч (ОШ 4) и  $SIRI > 5$  (ОШ 3,8). В ряде исследований была доказана информативность SIRI как индикатора воспалительного ответа, обладающего предиктивным потенциалом для решения прогностических задач при различных заболеваниях, в т.ч. инфаркта миокарда [14]. При этом NER в качестве прогностического маркера упоминается значительно реже, несмотря на доказанное значение эозинопении и нейтрофильного лейкоцитоза как маркеров неблагоприятных клинических событий [6]. Установлено, что качество восстановления коронарного кровотока после ЧКВ тесно связано с вероятностью развития ФП. Неуспешность ЧКВ или проявления реперфузионного синдрома миокарда усиливают процессы его повреждения, стимулируя ремоделирование и электрическую нестабильность предсердий [15]. В нашем исследовании включение в структуру модели (5) критерия TIMI  $< 3$  повышало точность прогноза (табл. 4). Клинические признаки нарастающей левожелудочковой недостаточности при ИМпСТ являются классическим предиктором неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, риск развития которых чаще всего стратифицируется по шкале GRACE. В нашей работе на этапе категоризации анализируемых факторов класс ОЧН по Т. Killip  $> 2$  ассоциировался с высокой вероятностью "новой" ФП после ЧКВ (ОШ 4,44). Расширение спектра предикторов модели (6) за счет этого показателя увеличивало метрику  $AUC$ . Среди ЭКГ параметров прогностическими свойствами в отношении "новой" ФП после ЧКВ обладали только два показателя:  $PQ > 200$  мс и  $600 \text{ мс} < RR < 1200$  мс. Реализация их предиктивного потенциала обеспечивалась при комбинации с гематологическими показателями и  $СДЛА > 33,5$  мм рт.ст. в модели (3) ( $AUC = 0,783$ ). Категориальный признак СДЛА был единственным ЭхоКГ-параметром, имеющим прогностический ресурс для оценки вероятности развития "новой" ФП.

**Ограничения исследования.** Ограничения исследования связаны с его одноцентровым характером, необходимостью увеличения выборки больных, валидации моделей на когортах больных ИМпСТ из других лечебных учреждений.

### Заключение

Прогнозирование "новой ФП" у больных ИМпСТ после ЧКВ остается актуальной задачей кардиологической практики ввиду ее высокой распространенности и возрастающего риска госпитальной летальности. В нашем исследовании "новая ФП" фиксировалась у 7,8% больных, а госпитальная летальность в этой группе была



почти в 3 раза выше, чем среди больных без нарушений сердечного ритма. Сравнительный анализ ЭКГ, ЭхоКГ, гематологических и клинических показателей продемонстрировал, что наиболее высоким предиктивным потенциалом обладают  $NER >48,7$  усл.ед. (ОШ 7,1), класс ОШН по Killip  $>2$  (ОШ 4,44),  $COЭ >36$  мм/ч (ОШ 4) и  $SIRI >5$  усл.ед. (ОШ 3,8). Лучшая прогностическая модель "новой" ФП после ЧКВ ( $AUC=0,806$ ) имела

в своей структуре 9 предикторов:  $NER >48,7$  усл.ед.,  $SIRI >5$  усл.ед.,  $COЭ >36$  мм/ч,  $PQ >200$  мс,  $600 \text{ мс} < RR >1200$  мс,  $СДЛ\Delta >33,5$  мм рт.ст., возраст  $>66$  лет,  $TIMI <3$  и класс ОШН Т. Killip  $>2$ .

**Отношения и деятельность.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 25-21-00165.

## Литература/References

- Karataş MB, Çanga Y, İpek G, et al. Association of admission serum laboratory parameters with new-onset atrial fibrillation after a primary percutaneous coronary intervention. *Coronary Artery Disease*. 2016;27:128-34. doi:10.1097/MCA.0000000000000333.
- Obayashi Y, Shiomi H, Morimoto T, et al. Newly Diagnosed Atrial Fibrillation in Acute Myocardial Infarction. *Journal of the American Heart Association*. 2021;10:e021417. doi:10.1161/JAHA.121.021417.
- Zykov MV, Barbarash OL. Pathogenesis and clinical significance of atrial fibrillation in myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(2):4307. (In Russ.) Зыков М.В., Барбараш О.Л. Патогенетические и клинические аспекты фибрилляции предсердий при инфаркте миокарда. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(2):4307. doi:10.15829/1560-4071-2021-4307.
- Maksakova AY, Kim SA, Ashurova MA, et al. Identification of atrial fibrillation predictors on an electrocardiogram using a neural network. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11S):5907. (In Russ.) Максакова А.Ю., Ким С.А., Ашурова М.А. и др. Выявление предикторов развития фибрилляции предсердий на электрокардиограмме с помощью нейросети. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11S):5907. doi:10.15829/1560-4071-2024-5907.
- Kotlyarov SN, Lyubavin AV. Neural network-based prediction of incident atrial fibrillation using the trans-thoracic echocardiography parameters: a prospective study. *Almanac of Clinical Medicine*. 2024;52(8):417-425. (In Russ.) Котляров С.Н., Любавин А.В. Эффективность прогнозирования развития фибрилляции предсердий на основании показателей трансторакальной эхокардиографии, анализируемых нейронной сетью: проспективное исследование. *Альманах клинической медицины*. 2024;52(8):417-425. doi:10.18786/2072-0505-2024-52-041.
- Pak RL, Geltser BI, Shakheldyan KI, et al. Complete blood count parameters as prognostic factor of new-onset atrial fibrillation in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2025;18(1):48-56. (In Russ.) Пак Р.Л., Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И. и др. Показатели клинического анализа крови в прогнозировании фибрилляции предсердий у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства. *Вестник современной клинической медицины*. 2025;18(1):48-56. doi:10.20969/VSKM.2025.18(1).48-56.
- Goit LN, Yang Sh. Slow Blood Flow after Percutaneous Coronary Intervention in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction, Unstable Angina and Coronary Total Occlusion. *Global Journal of Life Sciences*. 2021;2(1):37. doi:10.46633/gjls.020105.
- Al-Obaidi F, Al-Kinani T, M. Al-Ali H, Al-Myahy MH. New-onset atrial fibrillation in the post-primary PCI setting: a systematic review. *Acta Medica Bulgarica*. 2019;46(2):62. doi:10.2478/amb-2019-0021.
- Shishkina EA, Khlynova OA, Lebedeva YuL, et al. Atrial Fibrillation and Myocardial Infarction: Clinical and Pathogenic Correlations and Impact for the Prognosis. *Doctor. Ru*. 2023;22(8):23-8. (In Russ.) Шишкина Е.А., Хлынова О.В., Лебедева Ю.И. и др. Фибрилляция предсердий и инфаркт миокарда: клинко-патогенетические взаимосвязи и влияние на прогноз. *Доктор.Ру*. 2023;22(8):23-8. doi:10.31550/1727-2378-2023-22-8-23-28.
- Pak RL, Geltser BI, Shakheldyan KI, et al. Efficiency of prognostic scores in predicting the new-onset atrial fibrillation in patients with ST-elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(12):6125. (In Russ.) Пак Р.Л., Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И. и др. Эффективность прогностических шкал в оценке риска впервые возникшей фибрилляции предсердий у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(12):6125. doi:10.15829/1560-4071-2024-6125. EDN: ZDFYDZ.
- Khbulava GG, Kozlov KL, Shishkevich AN, et al. Predictors of myocardial reperfusion syndrome: a modern view of the issue and current problems. Part 1: Reperfusion arrhythmias, injury and stunning myocardium (review of literature). *Regional blood circulation and microcirculation*. 2021;20(2):20-6. (In Russ.) Хубулава Г.Г., Козлов К.Л., Шишкевич А.Н. и др. Предикторы реперфузионного синдрома миокарда: современный взгляд на вопрос и актуальные проблемы. Часть 1: Реперфузионные аритмии, необратимое повреждение и оглушение миокарда (обзор литературы). *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2021;20(2):20-6. doi:10.24884/1682-6655-2021-20-2-20-26.
- Mazzone A, Scalese M, Paradossi U, et al. Development and validation of a risk stratification score for new-onset atrial fibrillation in STEMI patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Int J Clin Pract*. 2018;e13087. doi:10.1111/ijcp.13087.
- Shakheldyan KI, Kuksin NS, Domzhalov IG, et al. Performance of the Models Predicting In-Hospital Mortality in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction with Predictors in Categorical and Continuous Forms. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2024;16(1):15. (In Russ.) Шахгельдян К.И., Куksин Н.С., Домжалов И.Г. и др. Анализ эффективности прогностических моделей внутригоспитальной летальности у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST на основе предикторов в категориальной и непрерывной формах. *Современные технологии в медицине*. 2024;16(1):15. doi:10.17691/stm2024.16.1.02.
- Wang J, Hu S, Liang C, Ling Y. The association between systemic inflammatory response index and new-onset atrial fibrillation in patients with ST-elevated myocardial infarction treated with percutaneous coronary intervention. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2022;22(1):525. doi:10.1186/s12872-022-02989-9.
- Oleynikov VE, Chernova AA, Averyanova EV, et al. Pathogenesis and clinical significance of reperfusion arrhythmias in acute myocardial infarction. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(3S):5958. (In Russ.) Олейников В.Э., Чернова А.А., Кулюцин А.В. и др. Патогенез и клиническое значение реперфузионных аритмий при остром инфаркте миокарда. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(3S):5958. doi:10.15829/1560-4071-2024-5958.