

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОСПИТАЛЬНОЙ ЛЕТАЛЬНОСТИ У БОЛЬНЫХ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST: ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РИСКОМЕТРИИ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2024.16.4.07

УДК 616.127–005.8:004.413.4

Поступила 01.04.2024 г.

- © **Б.И. Гельцер**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, зам. директора по научной работе Школы медицины и наук о жизни<sup>1</sup>;  
**И.Г. Домжалов**, аспирант Школы медицины и наук о жизни<sup>1</sup>; врач отделения реанимации и интенсивной терапии регионального сосудистого центра<sup>2</sup>;  
**К.И. Шахгельдян**, д.т.н., доцент, директор института информационных технологий<sup>3</sup>; зав. лабораторией анализа больших данных в медицине и здравоохранении Школы медицины и наук о жизни<sup>1</sup>;  
**Н.С. Куксин**, аспирант Института математики и компьютерных технологий<sup>1</sup>; стажер-исследователь лаборатории анализа больших данных в медицине и здравоохранении Школы медицины и наук о жизни<sup>1</sup>;  
**Е.А. Кокарев**, к.м.н., зав. отделением реанимации и интенсивной терапии Регионального сосудистого центра<sup>1</sup>;  
**Р.Л. Пак**, врач отделения реанимации и интенсивной терапии Регионального сосудистого центра<sup>1</sup>;  
**В.Н. Котельников**, д.м.н., профессор департамента клинической медицины Школы медицины и наук о жизни<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, о. Русский, Владивосток, 690922;

<sup>2</sup>Приморская краевая клиническая больница №1, ул. Алеутская, 57, Владивосток, 690091;

<sup>3</sup>Владивостокский государственный университет, ул. Гоголя, 41, Владивосток, 690014

Стратификация рисков госпитальной летальности у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST на электрокардиограмме является важным этапом оказания специализированной медицинской помощи. В систематическом обзоре представлены данные научной литературы, характеризующие предсказательную ценность как классических прогностических шкал (GRACE, CADDILLAC, TIMI risk score for STEMI, РЕКОРД и др.), так и новых инструментов рискметрии, разработанных на основе современных методов машинного обучения. Большинство исследований по данной проблеме чаще всего сосредоточено на поиске новых предикторов неблагоприятных событий, позволяющих детализировать взаимосвязи показателей клинико-функционального статуса больных и конечной точки исследования. Важной задачей при этом является разработка прогностических алгоритмов госпитальной летальности, обладающих свойствами объяснимого искусственного интеллекта и пользующихся доверием врачей.

**Ключевые слова:** инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST; госпитальная летальность; прогностические модели; машинное обучение.

**Для контактов:** Котельников Владимир Николаевич, e-mail: 671235@mail.ru

**Как цитировать:** Geltser B.I., Domzhalov I.G., Shakhgeldyan K.I., Kuksin N.S., Kokarev E.A., Pak R.L., Kotelnikov V.N. Prediction of hospital mortality in patients with ST segment elevation myocardial infarction: evolution of risk measurement techniques and assessment of their effectiveness (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2024; 16(4): 61, <https://doi.org/10.17691/stm2024.16.4.07>

English

## Prediction of Hospital Mortality in Patients with ST Segment Elevation Myocardial Infarction: Evolution of Risk Measurement Techniques and Assessment of Their Effectiveness (Review)

**B.I. Geltser**, MD, DSc, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Science, Deputy Director for Science of the School of Medicine and Life Sciences<sup>1</sup>;

**I.G. Domzhalov**, PhD Student, School of Medicine and Life Sciences<sup>1</sup>; Physician, Intensive Care Department, Regional Vascular Surgery Center<sup>2</sup>;

**K.I. Shakhgeldyan**, DSc, Associate Professor, Director of the Institute of Information Technologies<sup>3</sup>; Head of Laboratory for Big Data Analysis in Medicine and Healthcare, School of Medicine and Life Sciences<sup>1</sup>;

**N.S. Kuksin**, PhD Student, Institute of Mathematics and Computer Technology<sup>1</sup>; Research Assistant, Laboratory for Big Data Analytics in Medicine and Healthcare, School of Medicine and Life Sciences<sup>1</sup>;

**E.A. Kokarev**, MD, PhD, Head of the Intensive Care Department, Regional Vascular Surgery Center<sup>1</sup>;

**R.L. Pak**, Physician, Intensive Care Department, Regional Vascular Surgery Center<sup>1</sup>;

**V.N. Kotelnikov**, MD, DSc, Professor, Department of Clinical Medicine, School of Medicine and Life Sciences<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, 10 Village Ayaks, Island Russkiy, Vladivostok, 690922, Russia;

<sup>2</sup>Primorsky Regional Clinical Hospital No.1, 57 Aleutskaya St., Vladivostok, 690091, Russia;

<sup>3</sup>Vladivostok State University, 41 Gogolya St., Vladivostok, 690014, Russia

Risk stratification of hospital mortality in patients with ST segment elevation myocardial infarction on the electrocardiogram is an important part of the specialized medical care provision. The systematic review presents scientific literature data characterizing the predictive value of both classical prognostic scales (GRACE, CADDILLAC, TIMI risk score for STEMI, RECORD, etc.) and new risk measurement tools developed on the basis of modern machine learning techniques. Most studies on this issue are often focused on the search for new predictors of adverse events, which allow to detail the relations between indicators of the clinical and functional status of patients and the end point of the study. Here, an important task is to develop hospital mortality prognostic algorithms characterized by explainable artificial intelligence and trusted by doctors.

**Key words:** ST segment elevation myocardial infarction; hospital mortality; prognostic models; machine learning.

### Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) занимает ведущую позицию среди причин инвалидизации и смертности населения в большинстве стран мира. Инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST на электрокардиограмме (ИМпST) относится к наиболее тяжелой клинической форме ИБС, ассоциированной с высоким риском неблагоприятных исходов, включая госпитальную летальность (ГЛ). В РФ показатель ГЛ при ИМпST варьирует в диапазоне 13–14%, что сопоставимо с данными европейских стран и указывает на необходимость совершенствования инструментов рискметрии, позволяющих своевременно оценить вероятность развития неблагоприятных событий [1]. Для оценки риска ГЛ у больных

ИМпST в различных странах было разработано более 50 шкал и прогностических алгоритмов, часть из которых рекомендована профессиональными сообществами к широкому применению и доказала свою эффективность в реальной клинической практике [2–61]. К таким шкалам относят GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events), CADILLAC (Controlled Abciximab and Device Investigation to Lower Late Angioplasty Complications), TIMI risk score for STEMI (Thrombolysis in Myocardial Infarction risk score for ST-segment elevation myocardial infarction), РЕКОРД и др. [3–6]. В настоящее время продолжают исследования, направленные на поиск новых предикторов ГЛ, которыми дополняют структуру ранее разработанных «классических» шкал, добиваясь повышения точности прогноза. Вместе с тем

постоянное расширение регистров больных ИМпСТ требует использования современных методов машинного обучения (МО) для обработки и анализа больших данных. Это позволяет извлекать новые знания, детализирующие взаимосвязи потенциальных предикторов с конечной точкой исследования. Прогностические алгоритмы на основе методов МО все чаще применяют для оценки риска неблагоприятных событий в различных областях клинической медицины, поэтому повышение их качества является предметом многочисленных исследований.

**Цель данного обзора** — проанализировать научные публикации, посвященные прогнозированию госпитальной летальности у больных ИМпСТ и оце-

нить возможность совершенствования инструментов рискметрии на основе современных методов машинного обучения.

## Методология поиска литературы

Поиск литературы проводили в базах данных PubMed (MEDLINE), Web of Science, Scopus, eLIBRARY.RU и Cochrane Database of Systematic Reviews с использованием следующих ключевых слов: «инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST и летальность», «инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST и прогностические шкалы», «инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST и прогноз», «ST

Таблица 1

### Анализ прогностической точности классических моделей госпитальной летальности у больных ИМпСТ

Модель	Объем выборки	Методы МО	Предикторы	Метрики качества		
				Auc	Sen	Sp
PREDICT, 1999 [7]	6134	МЛР	Возраст, BUN, индекс коморбидности Чарлсона, КШ, застойная ХСН, сердечно-сосудистые заболевания в анамнезе, данные ЭКГ	0,79	—	—
TIMI risk score for STEMI, 2000 [5]	15 078	МЛР	Возраст, класс ОЧН по Т. Killip, ЧСС, САД, масса тела, СД 2, АГ, стенокардия в анамнезе, время до реваскуляризации >4 ч, передний ИМ	0,784	—	—
GUSTO, 2000 [8]	41 021	РК	Возраст, ЧСС, ФВ ЛЖ, ИМ в анамнезе, явления ХСН или отек легких в период госпитализации	0,8	—	—
PAMI, 2004 [9]	3252	МЛР	Возраст, класс ОЧН по Т. Killip, ЧСС, СД 2, передний ИМ	0,784	—	—
Zwolle, 2004 [10]	1791	МЛР	Возраст, класс ОЧН по Т. Killip, кровотоки по TIMI, ТПКР, время до реваскуляризации >4 ч, передний ИМ	0,902	—	—
CADILLAC, 2005 [4]	2982	МЛР	Возраст, класс ОЧН по Т. Killip, СКФ, ФВ ЛЖ, кровотоки по TIMI (0–2), Ht, ТПКР	0,83	—	—
GRACE, 2006 [3]	43 810	РК	Возраст, ЧСС, САД, класс ОЧН по Т. Killip, Сг, остановка сердца на момент поступления, элевация сегмента ST, диагностически значимое повышение уровня кардиоспецифических ферментов	0,83	—	—
РЕКОРД, 2010 [6]	796	МЛР	Возраст, класс ОЧН по Т. Killip, САД, СД 2, элевация сегмента ST, Hb	0,856	0,785	0,785

Здесь: АГ — артериальная гипертензия, ИМ — инфаркт миокарда, ИМпСТ — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, КШ — кардиогенный шок, МЛР — многофакторная логистическая регрессия, МО — машинное обучение, ОЧН — острая сердечная недостаточность, РК — регрессия Кокса, САД — систолическое артериальное давление, СД 2 — сахарный диабет 2-го типа, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, ТПКР — трехсосудистое поражение коронарного русла, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиограмма, АUC — площадь под ROC-кривой, BUN — уровень мочевины крови, Сг — креатинин, Hb — гемоглобин, Ht — гематокрит, Sen — чувствительность, Sp — специфичность, TIMI — шкала оценки коронарного кровотока.

Таблица 2

### Анализ прогностической точности новых инструментов рискметрии госпитальной летальности у больных ИМпСТ

Авторы	Объем выборки	Метод МО	Предикторы	Метрики качества		
				Auc	Sen	Sp
R.L. McNamara с соавт., 2016 [29]	243 440	ИЛР	Возраст, ЧСС, САД, остановка кровообращения, КШ или ОЧН при поступлении, СКФ, уровень тропонина I	0,88	—	—
Y. Karabağ с соавт., 2018 [28]	1708	РК	Количество баллов по SYNTAX score I, возраст, пол, СКФ, ФВ ЛЖ, поражение периферических артерий, ХОБЛ, бифуркационное поражение ствола ЛКА	0,92	0,92	0,8

Авторы	Объем выборки	Метод МО	Предикторы	Метрики качества		
				Auc	Sen	Sp
И.С. Бессонов с соавт., 2021 [31]	1649	БЛР	Возраст $\geq 65$ лет, ОСН по Т. Killip III–IV, общее время ишемии миокарда $\geq 180$ мин, передняя локализация ИМ, неуспешное ЧКВ, SYNTAX $\geq 16$ баллов, Glu при поступлении $\geq 7,78$ ммоль/л для пациентов без СД 2 и Glu $\geq 14,35$ ммоль/л для пациентов с СД 2	0,902	0,81	0,8
A. Hadanny с соавт., 2021 [32]	25 475	СЛ	Возраст, ЧСС, СрАД, класс ОСН по Т. Killip, Cr, Hb, Glu, общий холестерин, ИМТ, время «симптом–баллон»	0,78	—	—
L. Millo с соавт., 2021 [33]	346	РК	САД, ДАД, КДД ЛЖ, СрАД	0,795	—	—
L. Tan с соавт., 2021 [34]	2074	МЛР	Возраст, WBC, Hb, RBC, RDW, Glu, уровень бикарбоната и магния в плазме крови, поражение периферического артериального русла, ФП, КШ или остановка кровообращения при поступлении, использование норадrenalина, объем диуреза	0,885	—	—
A. Jain с соавт., 2022 [35]	6165	ИНС	Заболевания клапанов сердца, ХСН, поражение периферических артерий, коагулопатия, водно-электролитные нарушения, ХПН, гиперлипидемия, ЧКВ в анамнезе, АКШ в анамнезе, курение, возраст, раса, ПИКС, ожирение, пол и др.	0,85	—	—
L. Deng с соавт., 2022 [36]	854	ДР МОВ ИНС СЛ	Класс ОСН по Т. Killip, ALB, КФК-МВ, длина стента, Cr, ФВ ЛЖ, WBC, ЛПНП, время «симптом–первый медицинский контакт», hs-CRP, уровень тропонина I, Glu, возраст, Hb, Fib и др.	0,93	—	—
P. Zhao с соавт., 2023 [37]	8158	ДР СЛ МОВ СГБ	Пол, возраст, ЧД, ЧСС, САД, ДАД, класс ОСН по Т. Killip, уровень тропонина I, нарушение сознания, пути госпитализации, методы реперфузионной терапии, время «симптом–первый медицинский контакт»	0,85	0,85	0,76
R. Li с соавт., 2023 [38]	2414	СГБ	Возраст, класс ОСН по Т. Killip, ЧСС, САД, ИМТ, увеличение Cr, увеличение BNP, уровень тропонина I, КФК-МВ, диаметр ЛП, КДР ЛЖ, стеноз ЛКА, стеноз ПКА, ЧКВ в анамнезе и др.	0,913	0,845	0,858
K.I. Shakhgeldyan с соавт., 2024 [26]	4677	МЛР СЛ СГБ	Возраст, ЧСС, САД, класс ОСН по Т. Killip, Cr, ФВ ЛЖ, NEUT, EOS, PCT, Glu	0,9	0,843	0,838
X. Zhu с соавт., 2024 [39]	5836	АМ	D-димер, BNP, NEUT, ПТВ, КШ, BUN, остановка кровообращения, P	0,932	0,881	0,864

Здесь: АКШ — аортокоронарное шунтирование, АМ — ансамбль моделей, БЛР — бинарная логистическая регрессия, ДАД — диастолическое артериальное давление, ДР — дерево решений, ИЛР — иерархическая логистическая регрессия, ИМ — инфаркт миокарда, ИМТ — индекс массы тела, ИНС — искусственные нейронные сети, КДД ЛЖ — конечно-диастолическое давление левого желудочка, КДР ЛЖ — конечно-диастолический размер левого желудочка, КФК-МВ — МВ-фракция креатинфосфокиназы, КШ — кардиогенный шок, ЛКА — левая коронарная артерия, ЛП — левое предсердие, ЛПНП — липопротеины низкой плотности, МЛР — многофакторная логистическая регрессия, МО — машинное обучение, МОВ — метод опорных векторов, ОСН — острая сердечная недостаточность, ПИКС — постинфарктный кардиосклероз, ПКА — правая коронарная артерия, ПТВ — протромбиновое время, РК — регрессия Кокса, САД — систолическое артериальное давление, СГБ — стохастический градиентный бустинг, СД 2 — сахарный диабет 2-го типа, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, СЛ — случайный лес, СрАД — среднее артериальное давление, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ФП — фибрилляция предсердий, ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких, ХПН — хроническая почечная недостаточность, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧД — частота дыхания, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ЧСС — частота сердечных сокращений, АUC — площадь под ROC-кривой, ALB — альбумин, BNP — мозговой натрийуретический пептид, BUN — уровень мочевины крови, Cr — креатинин, EOS — эозинофилы, Fib — фибриноген, Glu — глюкоза крови, Hb — гемоглобин, hs-CRP — высокочувствительный C-реактивный белок, NEUT — нейтрофилы, P — содержание фосфора в крови, PCT — тромбокрит, RBC — эритроциты, RDW — распределение эритроцитов по объему, Sen — чувствительность, Sp — специфичность, SYNTAX — Synergy between PCI with Taxus and Cardiac Surgery, WBC — лейкоциты.



segment elevation myocardial infarction and mortality”, “ST segment elevation myocardial infarction and prognostic scales”, “ST segment elevation myocardial infarction and prognosis”, “scale prognosis of in-hospital mortality and TEMI”, “ST segment elevation myocardial infarction and prognosis scale in hospital mortality”. По результатам поискового запроса выбрано 46 134 работы. Были удалены дубликаты и исключены работы, которые не содержали необходимые для анализа данные (методы разработки прогностических моделей, индикаторы их точности, информацию о предикторах); полнотекстовые материалы в свободном доступе; а также исследования с недостаточным размером выборки (<200). В окончательный вариант систематического обзора включено 102 работы, опубликованные с 1999 по 2024 г. Наиболее цитируемые из них представлены в табл. 1, 2.

### «Классические» шкалы для прогнозирования риска госпитальной летальности у больных ИМпСТ

Актуализация научного направления, связанного с разработкой прогностических шкал для стратификации риска ГЛ у больных с острыми формами ИБС, наблюдается с конца прошлого столетия и является следствием двух основных причин: возрастающей заболеваемости и смертности населения в большинстве стран мира от сердечно-сосудистых заболеваний и интенсивного развития методов МО. Для разработки прогностических моделей МО в клинической медицине чаще всего используют многофакторную логистическую регрессию (МЛР), регрессию Кокса (РК), случайный лес (СЛ), деревья решений (ДР), искусственные нейронные сети (ИНС), стохастический градиентный бустинг (СГБ), метод опорных векторов (МОВ) и ансамбли моделей [62–66].

Одной из первых профессиональному сообществу была представлена шкала PREDICT, разработанная в 1999 г. по результатам Миннесотского кардиологического исследования (MHS), которое включало данные 6134 пациентов из регистра острого коронарного синдрома (ОКС), и валидированная на выборке из 3570 больных ИМпСТ [7]. Прогностический алгоритм на основе МЛР демонстрировал приемлемую точность прогноза ГЛ (AUC — 0,79).

В 2000 г. по данным регистра InTIME II, содержащего результаты обследования и лечения 15 078 больных ИМпСТ, была разработана шкала TIMI risk score for STEMI [5]. Она включала предикторы ГЛ, которые в дальнейшем использовались в других рискометрических инструментах и не утратили актуальности до настоящего времени. К ним относятся возраст больных, класс острой сердечной недостаточности (ОСН) по Т. Killip, частота сердечных сокращений (ЧСС) и систолическое артериальное давление (САД). Комбинация указанных признаков с такими факторами, как сахарный диабет 2-го

типа (СД 2), артериальная гипертензия (АГ), масса тела, стенокардия в анамнезе, время до ревазуляризации >4 ч и локализация ИМ, позволила добиться приемлемой точности прогноза (AUC — 0,784), заложив фундамент для будущих исследований. Шкала была валидирована на 3687 больных ИМпСТ из исследования TIMI-9, а вероятность ГЛ стратифицирована с выделением групп низкого, среднего и высокого риска.

Шкала GUSTO была разработана в 2000 г. по результатам одноименного многоцентрового исследования, содержащего данные 41 021 пациента с ИМпСТ [8]. Прогностический алгоритм на основе РК помимо возраста больных, ЧСС, локализации ИМ и признака хронической сердечной недостаточности (ХСН) впервые включал показатель фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ). Вместе с тем наличие данного фактора в структуре модели не обеспечило ожидаемого повышения ее точности (AUC — 0,8), которая была сопоставимой с алгоритмами, не содержащими этот предиктор. Прогностический «нейтралитет» фактора ФВ ЛЖ в данной модели может объясняться отсутствием его категоризации с выделением пороговых значений, усиливающих предиктивный потенциал [67].

Представленная в 2004 г. шкала PAMI, основанная на 4 регистрах больных ИМпСТ, не превосходила по точности ранее созданные инструменты прогнозирования [9]. Предикторами прогностической модели МЛР были возраст больных, класс ОСН по Т. Killip, ЧСС, СД 2 и локализация ИМ. Наличие в структуре данного алгоритма показателей с ранее доказанной взаимосвязью с ГЛ обеспечило ему приемлемую прогностическую точность, сопоставимую со шкалой TIMI risk score for STEMI (AUC — 0,784).

Авторы шкалы Zwolle (2004) [10] впервые обратили внимание на предсказательную ценность таких потенциальных предикторов ГЛ, как трехсосудистое поражение коронарного русла (ТПКР) и степень восстановления коронарного кровотока по TIMI. Комбинация этих факторов с показателями возраста больных, класса ОСН по Т. Killip, времени до ревазуляризации миокарда >4 ч и передним ИМ демонстрировала отличную прогностическую точность (AUC — 0,902).

Шкала CADILLAC, разработанная в 2005 г. по результатам анализа данных одноименного регистра и валидированная на когорте больных из исследования Stent-PAMI, объединила в своей структуре предикторы ГЛ и годовой летальности пациентов с ИМпСТ [4]. Прогностический алгоритм на основе МЛР был представлен показателями возраста больных, класса ОСН по Т. Killip, скоростью клубочковой фильтрации (СКФ), ФВ ЛЖ, индикаторами восстановления коронарного кровотока по TIMI, гематокритом (Ht) и ТПКР. Показатели СКФ и Ht были впервые апробированы в качестве предикторов ГЛ и в дальнейшем использовались в других

прогностических алгоритмах. Шкала CADILLAC продемонстрировала хорошую прогностическую точность по отношению к ГЛ, в том числе у больных ИМнСТ после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) (AUC — 0,83) [4].

Шкала GRACE была разработана в 2006 г. с помощью РК по данным одноименного международного регистра больных ОКС, содержащего сведения о 43 810 пациентах (21 688 — выборка для обучения модели, 22 122 — для ее валидации), и в дальнейшем рекомендована к клиническому применению в большинстве стран мира [3]. В структуру шкалы вошли ранее известные предикторы ГЛ: возраст больных, ЧСС, САД, класс ОЧН по Т. Killip, которые были дополнены показателями концентрации креатинина (Cr) в сыворотке крови, элевации сегмента ST, диагностически значимого повышения уровня кардиоспецифических ферментов и остановки сердца на момент поступления больного в стационар. Преимуществом шкалы GRACE является сочетание хорошей прогностической точности (AUC — 0,83) и доступности предикторов для стратификации риска ГЛ (низкий, средний и высокий). Обновленная в 2014 г. версия шкалы (GRACE 2.0) позволяет оценить риск летального исхода через 1 и 3 года после ОКС [11]. В ряде работ модификация шкалы GRACE осуществлялась путем дополнения ее структуры новыми факторами риска ГЛ [12–23]. Наиболее точным прогнозом (AUC — 0,927) отличалась модель, в состав предикторов которой входили показатели ФВ ЛЖ и содержания лейкоцитов крови [24].

Первым российским инструментом риск-метрии, позволяющим оценить вероятность ГЛ у больных ИМнСТ, была шкала РЕКОРД, разработанная в 2010 г. методами однофакторной логистической регрессии и МЛР по данным 796 больных ОКС из региональных лечебных учреждений, включенных в одноименный регистр [6]. Структура шкалы была представлена шестью предикторами: возраст больных, класс ОЧН по Т. Killip, САД, СД 2, элевация сегмента ST и содержание гемоглобина (Hb) в крови. Вероятность ГЛ была стратифицирована с выделением групп низкого и высокого риска. Доступность предикторов и хороший уровень прогностической точности (AUC — 0,856) являются главными преимуществами этой шкалы. К ее недостаткам принято относить отсутствие валидации на крупных независимых выборках. Для оценки риска ГЛ у больных ИМнСТ, выполненной на догоспитальном этапе, был предложен модифицированный алгоритм РЕКОРД, из структуры которого исключался показатель Hb, что не снижало точность прогноза [25].

### Новые инструменты риск-метрии госпитальной летальности при ИМнСТ

Повышение качества прогностических алгоритмов связано с использованием методов объяснимого

искусственного интеллекта, которые позволяют разработать интерпретируемые модели МО, обеспечивающие возможность клинического обоснования генерируемого заключения [26]. Важность их применения возрастает при прогнозировании ГЛ после экстренной реваскуляризации миокарда. Это обусловлено необходимостью оценки степени поражения коронарного русла, которая осуществляется с помощью шкалы SYNTAX score I (SS I), разработанной в 2006 г., и SYNTAX score II (SS II), представленной в 2013 г. [27, 68]. Комплекс предикторов SS II помимо анатомических индикаторов нарушений коронарного кровотока содержит клинико-anamнестические данные больных: возраст, пол, СКФ, ФВ ЛЖ, поражение периферических артерий, наличие хронической обструктивной болезни легких. В последние годы увеличивается количество публикаций, в которых шкала SS II используется для прогнозирования ГЛ у больных ИМнСТ. Среди них работа Y. Karabağ с соавт. [28], где продемонстрирована отличная прогностическая точность прогноза ГЛ после ЧКВ (AUC — 0,92). Прогностические алгоритмы ГЛ до проведения ЧКВ были представлены в работе R.L. McNamara с соавт. [29]. Разработанные на данных регистра ACTION (243 440 больных ОКС) методом иерархической логистической регрессии, эти алгоритмы показали равноценную точность в группах больных ИМнСТ и ИМбпСТ (AUC — 0,88). По результатам прогноза вероятность ГЛ была стратифицирована на 5 степеней риска, минимальная из которых соответствовала 0,4%, а максимальная — 49,5%.

Оценку взаимосвязи ГЛ и эффективности тромболитической терапии (ТЛТ) анализировали с помощью шкалы EERIAM-HCC в исследовании [30]. Модель была разработана с использованием ансамбля методов МО и продемонстрировала отличную точность прогноза (AUC — 0,92). Наибольшее влияние на ГЛ оказывали показатель концентрации глюкозы в крови (Glu) в непрерывной форме и категориальный признак продолжительности интервала QT>60 мс.

В исследовании [31] представлена прогностическая модель ГЛ после ЧКВ на основе бинарной логистической регрессии, включавшая 7 предикторов, в том числе длительность общей ишемии миокарда и признаки неуспешности ЧКВ. Прогностический алгоритм обладал отличной точностью (AUC — 0,902).

В работе A. Hadanny с соавт. [32] на основе анализа данных 2782 больных ИМнСТ из регистра ОКС (ACSIS) методом СЛ была разработана прогностическая модель ГЛ после ЧКВ, валидированная на 22 693 пациентах с ИМнСТ (регистр ОКС MINAP). Модель включала 10 предикторов, в том числе длительность периода «симптом–баллон». Несмотря на наличие в структуре шкалы известных факторов неблагоприятного исхода, она соответствовала только приемлемой точности прогноза (AUC — 0,78).

В работе L. Millo с соавт. [33] на когорте из 346 больных ИМнСТ старше 60 лет была разработана

шкала LASH для оценки риска ГЛ после ЧКВ. В этом исследовании для моделирования прогноза ГЛ использовали данные мониторинга центральной гемодинамики, включавшие показатели среднего артериального давления и конечно-диастолического давления левого желудочка после выполнения ЧКВ в комбинации с параметрами САД и ДАД. При сопоставлении с алгоритмами TIMI risk score for STEMI и GRACE эта шкала демонстрировала меньшую точность прогноза (AUC — 0,881 для TIMI risk score for STEMI и 0,847 для GRACE vs 0,795 для LASH). Несмотря на более низкие значения метрик качества, данная шкала может быть полезна для оценки риска ГЛ у больных ИМпСТ с кардиогенным шоком, при котором индикаторы текущего гемодинамического статуса имеют ключевое значение для определения прогноза. Развитие данного подхода было продолжено L. Tan с соавт. [34] на данных 2074 больных ИМпСТ и ИМбпСТ из регистра eICU-CRD. На основе МЛР разработана прогностическая модель ГЛ для отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), валидированная на 1026 больных из базы данных MIMIC-III. Она включала 14 предикторов ГЛ, из которых наибольшее влияние на конечную точку оказывали 2 фактора: остановка кровообращения (ОШ — 3,87) и использование норадреналина для стабилизации гемодинамики (ОШ — 2). Данная модель превосходила по точности прогноза классические шкалы-рискометры, используемые в ОРИТ (AUC — 0,885 vs 0,86 для SAPS II; 0,84 для OASIS и 0,81 для SOFA).

Особого внимания заслуживает работа A. Jain с соавт. [35], выполненная на данных 6165 больных ИМпСТ в возрасте от 18 до 44 лет. Разработанная в этом исследовании прогностическая модель ГЛ на основе ИНС обладала хорошей точностью (AUC — 0,85) и включала 22 предиктора, среди которых впервые были выделены табакокурение, злоупотребление алкоголем, наркотическая зависимость и депрессия. Вместе с тем наиболее тесную взаимосвязь с фатальным событием имели 2 фактора: поражение клапанов сердца и водно-электролитные нарушения.

В работе L. Deng и соавт. [36] были использованы методы ДР, СЛ, МОВ и ИНС для построения моделей ГЛ на данных 854 больных ИМпСТ после ЧКВ. В данном исследовании дополнительной конечной точкой была частота развития феномена невосстановленного коронарного кровотока после ЧКВ. Модели на основе СЛ обладали отличной прогностической точностью для ГЛ (AUC — 0,93) и приемлемой для погребной (AUC — 0,78). В исследовании P. Zhao с соавт. [37] на основе данных 8158 больных ИМпСТ были разработаны прогностические модели ГЛ с помощью 4 методов МО (ДР, СЛ, МОВ, СГБ). Помимо классических факторов ГЛ, в качестве предикторов учитывались пути госпитализации, методы реперфузионной терапии (первичное ЧКВ, ТЛТ, ТЛТ + ЧКВ, отсутствие терапии), время «симптом–первый медицинский контакт». Лучшую точность прогноза ГЛ имели модели

на основе МОВ (AUC — 0,85). Наибольшее влияние на конечную точку оказывали методы реперфузионной терапии, возраст больных и САД, а наименьшее — длительность периода «симптом–первый медицинский контакт» и признак нарушения сознания. Противоположные результаты были представлены в работе [38], где на примере модели на основе СГБ (AUC — 0,913) было показано, что влияние на ГЛ факторов возраста, класса ОЧН по T. Killip и САД менее значимо, чем показателей ИМТ, концентрации мозгового натрийуретического пептида (BNP) и диаметра левого предсердия. В этом исследовании предиктивная ценность факторов ЧСС и Сг была доминирующей.

В работе [26] на основе МЛР, СЛ и СГБ построены прогностические модели ГЛ для различных этапов оказания медицинской помощи (до и после выполнения экстренного ЧКВ) с хорошей (AUC — 0,85) и отличной (AUC — 0,9) точностью прогноза соответственно. В данном исследовании апробированы новые методы выделения пороговых значений предикторов, позволяющие отнести их к факторам риска ГЛ и дать клиническое обоснование результатам прогноза.

В работе X. Zhu с соавт. [39] на когорте 5836 больных ИМпСТ и ИМбпСТ после ЧКВ (3587 — обучающая выборка, 1196 — тестовая, 1053 — выборка для валидации) с помощью 7 методов МО были разработаны модели ГЛ, обладающие отличной точностью прогноза. Модель на основе ансамблевого метаалгоритма (Bagging) имела наиболее высокую точность (AUC — 0,932) и включала 8 предикторов, среди которых D-димер, BNP и концентрация фосфора в крови ранее не использовались в анализируемых алгоритмах. Примечательно, что наибольшее влияние на ГЛ оказывали показатели D-димера и BNP, а вклад в реализацию конечной точки нейтрофилов и протромбинового индекса был сопоставим с фактором кардиогенного шока.

## Обсуждение

В последние годы методы предиктивной аналитики все шире используются в клинической медицине, что подтверждается возрастающим числом научных исследований по этой проблеме [69–80]. Особую актуальность данное направление приобретает при жизнеугрожающих состояниях, к которым относится ИМпСТ. В систематическом обзоре представлен анализ публикаций, демонстрирующих эволюцию технологий прогнозирования ГЛ при ИМпСТ за последние 25 лет. Большинство «классических» шкал были созданы в первом десятилетии нашего века (см. табл. 1). При этом 3 из них (PREDICT, GRACE, PEKOPD) разработаны по данным одноименных регистров больных с ОКС и 5 шкал (GUSTO, TIMI risk score for STEMI, Zwolle, PAMI и CADILLAC) — по данным регистров пациентов с ИМпСТ. Структура большинства



анализируемых шкал включала предикторы ГЛ, которые относят к эталонным (возраст больных, класс ОЧН по Т. Killip, ЧСС и САД). В шкалах CADILLAC и Zwolle представлены также индикаторы ТПКР и TIMI, что ассоциируется с более точной стратификацией риска ГЛ после ЧКВ. Лабораторные показатели Сг, СКФ, Ht и Hb дополняют состав предикторов в шкалах PREDICT, CADILLAC, GRACE и РЕКОРД, а показатели ФВ ЛЖ и время до реваскуляризации миокарда >4 ч — в шкалах TIMI risk score for STEMI и Zwolle. В соответствии с классификатором значений AUC [81] отличной точностью прогноза ( $AUC \geq 0,9$ ) обладала только шкала Zwolle, хорошей ( $0,8 \leq AUC < 0,9$ ) — шкалы GRACE, CADILLAC, GUSTO и РЕКОРД, а приемлемой ( $0,7 \leq AUC < 0,8$ ) — PREDICT, TIMI risk score for STEMI и PAMI. Известно, что наилучшее качество прогностические модели чаще всего демонстрируют в тех популяциях, откуда были получены исходные данные [82]. Вместе с тем в многочисленных исследованиях показано, что шкалы GRACE и CADILLAC на внешних выборках отличались более высокой точностью прогноза, чем другие классические шкалы [83, 84]. Необходимо отметить, что все анализируемые шкалы были построены с помощью базовых методов МО: МЛР и РК, преимуществом которых является прозрачность предсказательных решений, а недостатком — учет только линейных взаимосвязей между предикторами и конечной точкой исследования, что ограничивает их прогностический потенциал.

В настоящее время продолжается активный поиск новых предикторов неблагоприятных событий, ассоциированных с ИМпСТ. В различных публикациях вновь выделенные предикторы ГЛ у этой категории больных представлены признаками коморбидности, клинико-биохимическими и гематологическими индикаторами воспалительного ответа, показателями метаболического статуса, размерами камер сердца, фибрилляцией предсердий, BNP, D-димером и др. В связи с доминирующей стратегией реваскуляризации миокарда методом ЧКВ возрастает потребность в разработке рискметрических инструментов, связанных с ГЛ после ее выполнения. По данным литературы, фатальные исходы после экстренной ЧКВ фиксируются у 4–7% больных ИМпСТ, что актуализирует проблему стратификации риска ГЛ [62]. К предикторам ГЛ после ЧКВ чаще всего относят признаки его неуспешности по TIMI — 0–2 (феномены slow-reflow и no-reflow), критерии поражения коронарного русла по данным SS I или SS II, показатели гемодинамики, уровень глюкозы в крови и др. [85–98].

Для повышения информативности предикторов и построения интерпретируемых моделей МО в последние годы используют методы объяснимого искусственного интеллекта. Эти методы включают выделение пороговых значений предикторов, отклонение от которых повышает их предсказательную ценность и позволяет отнести к факторам риска неблагоприятных событий [67]. Новым подходом в разработке

моделей МО является также фенотипирование факторов риска и ранжирование отдельных предикторов по интенсивности их влияния на конечную точку исследования [26, 99–102]. Анализ публикаций последних лет показал, что большинство актуальных прогностических моделей разработаны с помощью современных методов МО (СЛ, МОВ, ДР, СГБ, ИНС, ансамбли моделей), которые в большинстве случаев отличаются хорошей или отличной точностью (см. табл. 2). Их преимуществом является возможность выявления скрытых или неочевидных закономерностей, а также извлечение новых знаний из большого объема данных. Важным направлением рискметрии при ИМпСТ остается разработка прогностических моделей ГЛ для больных, находящихся в ОПИТ в связи с осложненным течением данного заболевания. В обзоре представлены публикации с примерами таких алгоритмов, к предикторам которых относятся инвазивные индикаторы кардиогемодинамики, показатели доставки и потребления кислорода, концентрация лактата крови, использование вазоактивных препаратов и др. Данные модели превосходили по точности классические шкалы-рискметры неотложных состояний (APACHE II, SAPS, SI) [40–43].

## Заключение

Анализ научной литературы указывает на возрастающий интерес исследователей к совершенствованию прогностических технологий, обеспечивающих надежную стратификацию рисков госпитальной летальности при ИМпСТ. Развитие этого направления связано с разработкой интерпретируемых моделей МО, которые могут объяснять генерируемые заключения, что способствует доверию со стороны врачей. Важной задачей при этом является имплементация прогностических моделей неблагоприятных событий в системы поддержки принятия врачебных решений, которые дополняют необходимой информацией оценку рисков госпитальной летальности в повседневной клинической практике. Необходимым условием для эволюции прогностических технологий госпитальной летальности являются также формирование и постоянная актуализация региональных и национальных регистров больных ИМпСТ, учитывающих специфику ресурсного обеспечения кардиологической службы.

**Вклад авторов:** Б.И. Гельцер предложил концепцию исследования, осуществлял руководство и подготовил рукопись; И.Г. Домжалов, Е.А. Кокарев, Р.Л. Пак отвечали за сбор данных, интерпретацию результатов; К.И. Шахгельдян разработывала дизайн исследования; Н.С. Куксин, В.Н. Котельников анализировали данные и готовили текст публикации.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках проекта Минобрнауки России FZNS-2023-0010 Госзадания ДВФУ.



**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература/References

1. Алекян Б.Г., Бойцов С.А., Маношкина Е.М., Ганюков В.И. Реваскуляризация миокарда в Российской Федерации при остром коронарном синдроме в 2016–2020 гг. *Кардиология* 2021; 61(12): 4–15, <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.12.n1879>.

Alekyan B.G., Boytsov S.A., Manoshkina E.M., Ganyukov V.I. Myocardial revascularization in Russian Federation for acute coronary syndrome in 2016–2020. *Kardiologiya* 2021; 61(12): 4–15, <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.12.n1879>.

2. Grabowski M., Filipiak K.J., Opolski G., Glowczynska R. How to improve prognostic value of popular risk scores used in acute coronary syndrome — a single center experience in a long term follow-up. *Curr Res Cardiol* 2018; 5(3): 30–33, <https://doi.org/10.4172/2368-0512.1000108>.

3. Fox K.A., Dabbous O.H., Goldberg R.J., Pieper K.S., Eagle K.A., Van de Werf F., Avezum A., Goodman S.G., Flather M.D., Anderson F.A. Jr, Granger C.B. Prediction of risk of death and myocardial infarction in the six months after presentation with acute coronary syndrome: prospective multinational observational study (GRACE). *BMJ* 2006; 333(7578): 1091, <https://doi.org/10.1136/bmj.38985.646481.55>.

4. Halkin A., Singh M., Nikolsky E., Grines C.L., Tchong J.E., Garcia E., Cox D.A., Turco M., Stuckey T.D., Na Y., Lansky A.J., Gersh B.J., O'Neill W.W., Mehran R., Stone G.W. Prediction of mortality after primary percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction: the CADILLAC risk score. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45(9): 1397–1405, <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.01.041>.

5. Morrow D.A., Antman E.M., Charlesworth A., Cairns R., Murphy S.A., de Lemos J.A., Giugliano R.P., McCabe C.H., Braunwald E. TIMI risk score for ST-elevation myocardial infarction: a convenient, bedside, clinical score for risk assessment at presentation: an intravenous nPA for treatment of infarcting myocardium early II trial substudy. *Circulation* 2000; 102(17): 2031–2037, <https://doi.org/10.1161/01.cir.102.17.2031>.

6. Эрлих А.Д. Шкала для ранней оценки риска смерти и развития инфаркта миокарда в период пребывания в стационаре больных с острыми коронарными синдромами (на основании данных регистра РЕКОРД). *Кардиология* 2010; 10: 11–16.

Erlikh A.D. A scale for early assessment of risk of death or myocardial infarction during initial hospitalization of patients with acute coronary syndromes (based on data from the RECORD registry). *Kardiologiya* 2010; 10: 11–16.

7. Jacobs D.R. Jr, Kroenke C., Crow R., Deshpande M., Gu D.F., Gatewood L., Blackburn H. PREDICT: a simple risk score for clinical severity and long-term prognosis after hospitalization for acute myocardial infarction or unstable angina: the Minnesota heart survey. *Circulation* 1999; 100(6): 599–607, <https://doi.org/10.1161/01.cir.100.6.599>.

8. Califf R.M., Pieper K.S., Lee K.L., Van De Werf F., Simes R.J., Armstrong P.W., Topol E.J. Prediction of 1-year survival after thrombolysis for acute myocardial infarction in

the global utilization of streptokinase and TPA for occluded coronary arteries trial. *Circulation* 2000; 101(19): 2231–2238, <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.19.2231>.

9. Addala S., Grines C.L., Dixon S.R., Stone G.W., Boura J.A., Ochoa A.B., Pellizzon G., O'Neill W.W., Kahn J.K. Predicting mortality in patients with ST-elevation myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention (PAMI risk score). *Am J Cardiol* 2004; 93(5): 629–632, <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2003.11.036>.

10. De Luca G., Suryapranata H., van't Hof A.W., de Boer M.J., Hoorntje J.C., Dambrink J.H., Gosselink A.T., Ottervanger J.P., Zijlstra F. Prognostic assessment of patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty: implications for early discharge. *Circulation* 2004; 109(22): 2737–2743, <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000131765.73959.87>.

11. Fox K.A., Fitzgerald G., Puymirat E., Huang W., Carruthers K., Simon T., Coste P., Monsegu J., Gabriel Steg P., Danchin N., Anderson F. Should patients with acute coronary disease be stratified for management according to their risk? Derivation, external validation and outcomes using the updated GRACE risk score. *BMJ Open* 2014; 4(2): e004425, <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004425>.

12. Szabo D., Szabo A., Magyar L., Banhegyi G., Kugler S., Pinter A., Juhasz V., Ruppert M., Olah A., Ruzsa Z., Edes I.F., Szekely A., Becker D., Merkely B., Hizoh I. Admission lactate level and the GRACE 2.0 score are independent and additive predictors of 30-day mortality of STEMI patients treated with primary PCI—results of a real-world registry. *PLoS One* 2022; 17(11): e0277785, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277785>.

13. Xiao L., Jia Y., Wang X., Huang H. The impact of preoperative fibrinogen-albumin ratio on mortality in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Clin Chim Acta* 2019; 493: 8–13, <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.02.018>.

14. Klingenberg R., Aghlmandi S., Räber L., Gencer B., Nanchen D., Heg D., Carballo S., Rodondi N., Mach F., Windecker S., Jüni P., von Eckardstein A., Matter C.M., Lüscher T.F. Improved risk stratification of patients with acute coronary syndromes using a combination of hsTnT, NT-proBNP and hsCRP with the GRACE score. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2018; 7(2): 129–138, <https://doi.org/10.1177/2048872616684678>.

15. Xiong S., Chen Q., Chen X., Hou J., Chen Y., Long Y., Yang S., Qi L., Su H., Huang W., Liu H., Zhang Z., Cai L. Adjustment of the GRACE score by the triglyceride glucose index improves the prediction of clinical outcomes in patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention. *Cardiovasc Diabetol* 2022; 21(1): 145, <https://doi.org/10.1186/s12933-022-01582-w>.

16. Pang S., Miao G., Zhou Y., Du Y., Rui Z., Zhao X. Addition of TyG index to the GRACE score improves prediction of adverse cardiovascular outcomes in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention: a retrospective study. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 957626, <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.957626>.

17. Li Q., Ma X., Shao Q., Yang Z., Wang Y., Gao F., Zhou Y., Yang L., Wang Z. Prognostic impact of multiple

lymphocyte-based inflammatory indices in acute coronary syndrome patients. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 811790, <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.811790>.

18. Dalimunthe N.N., Alwi I., Nasution S.A., Shatri H. The role of Tei index added to the GRACE risk score for prediction of in-hospital MACE after acute myocardial infarction. *Rom J Intern Med* 2022; 60(4): 222–228, <https://doi.org/10.2478/rjim-2022-0012>.

19. Xiong S., Luo Y., Chen Q., Chen Y., Su H., Long Y., Chen X., Yang S., Qi L., Huang W., Hou J., Liu H., Cai L. Adjustment of the GRACE score by the stress hyperglycemia ratio improves the prediction of long-term major adverse cardiac events in patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention: a multicenter retrospective study. *Diabetes Res Clin Pract* 2023; 198: 110601, <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110601>.

20. Chen X., Xiong S., Chen Y., Cheng L., Chen Q., Yang S., Qi L., Liu H., Cai L. The predictive value of different nutritional indices combined with the GRACE score in predicting the risk of long-term death in patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention. *J Cardiovasc Dev Dis* 2022; 9(10): 358, <https://doi.org/10.3390/jcdd9100358>.

21. Liu X.J., Wan Z.F., Zhao N., Zhang Y.P., Mi L., Wang X.H., Zhou D., Wu Y., Yuan Z.Y. Adjustment of the GRACE score by hemoglobinA1c enables a more accurate prediction of long-term major adverse cardiac events in acute coronary syndrome without diabetes undergoing percutaneous coronary intervention. *Cardiovasc Diabetol* 2015; 14: 110, <https://doi.org/10.1186/s12933-015-0274-4>.

22. Zhang S., Wan Z., Zhang Y., Fan Y., Gu W., Li F., Meng L., Zeng X., Han D., Li X. Neutrophil count improves the GRACE risk score prediction of clinical outcomes in patients with ST-elevation myocardial infarction. *Atherosclerosis* 2015; 241(2): 723–728, <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2015.06.035>.

23. Chen Q., Su H., Yu X., Chen Y., Ding X., Xiong B., Wang C., Xia L., Ye T., Lan K., Hou J., Xiong S., Cai L. The stress hyperglycemia ratio improves the predictive ability of the GRACE score for in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction. *Hellenic J Cardiol* 2023; 70: 36–45, <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2022.12.012>.

24. Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И., Домжалов И.Г., Куксин Н.С., Кокарев Е.А., Котельников В.Н., Рублев В.Ю. Прогнозирование внутригоспитальной летальности у больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства. *Российский кардиологический журнал* 2023; 28(6): 5414, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5414>.

Geltser B.I., Shahgeldyan K.I., Domzhalov I.G., Kuksin N.S., Kokarev E.A., Kotelnikov V.N., Rublev V.Yu. Prediction of in-hospital mortality in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *Russian Journal of Cardiology* 2023; 28(6): 5414, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5414>.

25. Эрлих А.Д. Возможность отбора пациентов для первичного инвазивного вмешательства при ОКС с подъемом сегмента ST при помощи модифицированной шкалы «РЕКОРД». *Трудный пациент* 2013; 11(7): 36–39.

Erlikh A.D. Opportunity to select patients for primary invasive intervention in ACS with ST-segment elevation using “RECORD” modified scale. *Трудный пациент* 2013; 11(7): 36–39.

26. Shakhgeldyan K.I., Kuksin N.S., Domzhalov I.G., Rublev V.Y., Geltser B.I. Interpretable machine learning for in-hospital mortality risk prediction in patients with ST-elevation myocardial infarction after percutaneous coronary interventions. *Comput Biol Med* 2024; 170: 107953, <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2024.107953>.

27. Farooq V., van Klaveren D., Steyerberg E.W., Meliga E., Vergouwe Y., Chieffo A., Kappetein A.P., Colombo A., Holmes D.R. Jr, Mack M., Feldman T., Morice M.C., Stähle E., Onuma Y., Morel M.A., Garcia-Garcia H.M., van Es G.A., Dawkins K.D., Mohr F.W., Serruys P.W. Anatomical and clinical characteristics to guide decision making between coronary artery bypass surgery and percutaneous coronary intervention for individual patients: development and validation of SYNTAX score II. *Lancet* 2013; 381(9867): 639–650, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60108-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60108-7).

28. Karabağ Y., Çağdaş M., Rencuzogullari I., Karakoyun S., Artaç İ., İliş D., Yesin M., Öterkus M., Gokdeniz T., Burak C., Tanboğa I.H. Comparison of SYNTAX score II efficacy with SYNTAX score and TIMI risk score for predicting in-hospital and long-term mortality in patients with ST segment elevation myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging* 2018; 34(8): 1165–1175, <https://doi.org/10.1007/s10554-018-1333-1>.

29. McNamara R.L., Kennedy K.F., Cohen D.J., Diercks D.B., Moscucci M., Ramee S., Wang T.Y., Connolly T., Spertus J.A. Predicting in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2016; 68(6): 626–635, <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.05.049>.

30. Rodríguez-Jiménez A.E., Negrín-Valdés T., Cruz-Inerarity H., Castellano-Gallo L.A., Chávez-González E. Prognostic scale to stratify risk of intrahospital death in patients with acute myocardial infarction with ST-segment elevation. *MEDICC Rev* 2020; 22(3): 46–53, <https://doi.org/10.37757/MR2020.V22.N3.10>.

31. Бессонов И.С., Кузнецов В.А., Сапожников С.С., Горбатенко Е.А., Шадрин А.А. Шкала оценки риска госпитальной летальности у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. *Кардиология* 2021; 61(9): 11–19, <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.9.n1720>.

Bessonov I.S., Kuznetsov V.A., Sapozhnikov S.S., Gorbatenko E.A., Shadrin A.A. The risk score for in-hospital mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Kardiologija* 2021; 61(9): 11–19, <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.9.n1720>.

32. Hadanny A., Shouval R., Wu J., Shlomo N., Unger R., Zahger D., Matetzky S., Goldenberg I., Beigel R., Gale C., Iakobishvili Z. Predicting 30-day mortality after ST elevation myocardial infarction: machine learning-based random forest and its external validation using two independent nationwide datasets. *J Cardiol* 2021; 78(5): 439–446, <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2021.06.002>.

33. Millo L., McKenzie A., De la Paz A., Zhou C., Yeung M., Stouffer G.A. Usefulness of a novel risk score to

- predict in-hospital mortality in patients  $\geq 60$  years of age with ST elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2021; 154: 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2021.05.036>.
34. Tan L., Xu Q., Shi R. A nomogram for predicting hospital mortality in intensive care unit patients with acute myocardial infarction. *Int J Gen Med* 2021; 14: 5863–5877, <https://doi.org/10.2147/IJGM.S326898>.
35. Jain A., Fong H.K., Ijaz H.M., Desai R. Predictors of in-hospital mortality in young adults hospitalized with ST-elevation myocardial infarction: an artificial neural network analysis using a nationwide cohort. *J Am Coll Cardiol* 2022; 79(9): 1064, [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(22\)02055-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(22)02055-1).
36. Deng L., Zhao X., Su X., Zhou M., Huang D., Zeng X. Machine learning to predict no reflow and in-hospital mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction that underwent primary percutaneous coronary intervention. *BMC Med Inform Decis Mak* 2022; 22(1): 109, <https://doi.org/10.1186/s12911-022-01853-2>.
37. Zhao P., Liu C., Zhang C., Hou Y., Zhang X., Zhao J., Sun G., Zhou J. Using machine learning to predict the in-hospital mortality in women with ST-segment elevation myocardial infarction. *Rev Cardiovasc Med* 2023, 24(5): 126, <https://doi.org/10.31083/j.rcm2405126>.
38. Li R., Shen L., Ma W., Yan B., Chen W., Zhu J., Li L., Yuan J., Pan C. Use of machine learning models to predict in-hospital mortality in patients with acute coronary syndrome. *Clin Cardiol* 2023; 46(2): 184–194, <https://doi.org/10.1002/clc.23957>.
39. Zhu X., Xie B., Chen Y., Zeng H., Hu J. Machine learning in the prediction of in-hospital mortality in patients with first acute myocardial infarction. *Clin Chim Acta* 2024; 554: 117776, <https://doi.org/10.1016/j.cca.2024.117776>.
40. Norton J.M., Reddy P.K., Subedi K., Fabrizio C.A., Wimmer N.J., Urrutia L.E. Utilization of an ICU severity of illness scoring system to triage patients with ST-elevation myocardial infarction. *J Intensive Care Med* 2021; 36(8): 857–861, <https://doi.org/10.1177/0885066620928263>.
41. Guo C., Luo X.L., Gao X.J., Wang J., Liu R., Li J., Zhang J., Yang W.X., Hu F.H., Wu Y., Yang Y.J., Qiao S.B. Comparison on the predictive value of different scoring systems for risk of short-term death in patients with acute myocardial infarction complicating cardiogenic shock. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi* 2018; 46(7): 529–535, <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.07.005>.
42. Chiang C.Y., Lin C.F., Liu P.H., Chen F.C., Chiu I.M., Cheng F.J. Clinical validation of the shock index, modified shock index, delta shock index, and shock index-C for emergency department ST-segment elevation myocardial infarction. *J Clin Med* 2022; 11(19): 5839, <https://doi.org/10.3390/jcm11195839>.
43. Wang S., Zhang Y., Cheng Q., Qi D., Wang X., Zhu Z., Li M., Zhang J., Hu D., Gao C. Shock index-based risk indices as prognostic predictor for in-hospital mortality in patients with ST-elevation myocardial infarction, the results from Henan STEMI registry. *Preprint (Version 1)* 2022 Apr 11, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1512785/v1>.
44. Li F., Li D., Yu J., Jia Y., Jiang Y., Chen X., Gao Y., Ye L., Wan Z., Cao Y., Zeng Z., Zeng R. Prognostic value of the Nutritional Risk Screening 2002 Scale in patients with acute myocardial infarction: insights from the retrospective multicenter study for early evaluation of acute chest pain. *J Cardiovasc Nurs* 2021; 36(6): 546–555, <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000786>.
45. Jia Y., Li H., Li D., Li F., Li Q., Jiang Y., Gao Y., Wan Z., Cao Y., Zeng Z., Zeng R. Prognostic value of Braden Scale in patients with acute myocardial infarction: from the retrospective multicenter study for early evaluation of acute chest pain. *J Cardiovasc Nurs* 2020; 35(6): E53–E61, <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000735>.
46. Ndrepepa G., Holdenrieder S., Kastrati A. Prognostic value of De Ritis ratio in patients with acute myocardial infarction. *Clin Chim Acta* 2022; 535: 75–81, <https://doi.org/10.1016/j.cca.2022.08.016>.
47. Rivera-Fernández R., Arias-Verdú M.D., García-Paredes T., Delgado-Rodríguez M., Arboleda-Sánchez J.A., Aguilar-Alonso E., Quesada-García G., Vera-Almazán A. Prolonged QT interval in ST-elevation myocardial infarction and mortality: new prognostic scale with QT, Killip and age. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2016; 17(1): 11–19, <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000015>.
48. Kwon J.M., Jeon K.H., Kim H.M., Kim M.J., Lim S., Kim K.H., Song P.S., Park J., Choi R.K., Oh B.H. Deep-learning-based risk stratification for mortality of patients with acute myocardial infarction. *PLoS One* 2019; 14(10): e0224502, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224502>.
49. Sherazi S.W.A., Zheng H., Lee J.Y. A machine learning-based applied prediction model for identification of acute coronary syndrome (ACS) outcomes and mortality in patients during the hospital stay. *Sensors (Basel)* 2023; 23(3): 1351, <https://doi.org/10.3390/s23031351>.
50. Kasim S., Malek S., Song C., Wan Ahmad W.A., Fong A., Ibrahim K.S., Safiruz M.S., Aziz F., Hiew J.H., Ibrahim N. In-hospital mortality risk stratification of Asian ACS patients with artificial intelligence algorithm. *PLoS One* 2022; 17(12): e0278944, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278944>.
51. Singh A., Miller R.J.H., Otaki Y., Kavanagh P., Hauser M.T., Tzolos E., Kwiecinski J., Van Kriekinge S., Wei C.C., Sharir T., Einstein A.J., Fish M.B., Ruddy T.D., Kaufmann P.A., Sinusas A.J., Miller E.J., Bateman T.M., Dorbala S., Di Carli M., Liang J.X., Huang C., Han D., Dey D., Berman D.S., Slomka P.J. Direct risk assessment from myocardial perfusion imaging using explainable deep learning. *JACC Cardiovasc Imaging* 2023; 16(2): 209–220, <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2022.07.017>.
52. Hizoh I., Banhegyi G., Domokos D., Major L., Andrassy P., Andreka P., Becker D., Buttl A., Cziraki A., Dezsi C.A., Edes I., Forster T., Herczeg B., Janosi A., Katona A., Kiss R., Koszegi Z., Lupkovic G., Nagy G., Nagy L., Noori E., Tomcsanyi J., Veress G., Ruzsa Z., Merkely B. TCT-804 comparative validation of the ALPHA score, a novel risk model including vascular access site for predicting 30-day mortality in patients treated with primary PCI. *J Am Coll Cardiol* 2018; 72 (13 Suppl): B320–B321, <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.2039>.
53. Hizoh I., Domokos D., Banhegyi G., Becker D., Merkely B., Ruzsa Z. Mortality prediction algorithms for patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *J Thorac Dis* 2020; 12(4): 1706–1720, <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.12.83>.
54. Zhang X.T., Lin Z.R., Zhang L., Zhao Z.W., Chen L.L. MELD-XI score predict no-reflow phenomenon and



short-term mortality in patient with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *BMC Cardiovasc Disord* 2022; 22(1): 113, <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02556-2>.

55. Toprak K., Toprak İ.H., Acar O., Ermiş M.F. The predictive value of the HALP score for no-reflow phenomenon and short-term mortality in patients with ST-elevation myocardial infarction. *Postgrad Med* 2024; 136(2): 169–179, <https://doi.org/10.1080/00325481.2024.2319567>.

56. Safak O., Yildirim T., Emren V., Avci E., Argan O., Aktas Z., Yildirim S.E., Akgun D.E., Kisacik H.L. Prognostic nutritional index as a predictor of no-reflow occurrence in patients with ST-segment elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention. *Angiology* 2024; 75(7): 689–695, <https://doi.org/10.1177/00033197231193223>.

57. Kumar R., Ahmed I., Rai L., Khowaja S., Hashim M., Huma Z., Sial J.A., Saghir T., Qamar N., Karim M. Comparative analysis of four established risk scores for prediction of in-hospital mortality in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiovasc Dis* 2022; 12(6): 298–306.

58. Сивков О.Г. Факторы, ассоциированные с госпитальной летальностью при остром инфаркте миокарда. *Кардиология* 2023; 63(11): 29–35, <https://doi.org/10.18087/cardio.2023.11.n2406>.

Sivkov O.G. Factors associated with hospital mortality in acute myocardial infarction. *Kardiologija* 2023; 63(11): 29–35, <https://doi.org/10.18087/cardio.2023.11.n2406>.

59. Semaan C., Charbonnier A., Pasco J., Darwiche W., Saint Etienne C., Bailleul X., Bourguignon T., Fauchier L., Angoulvant D., Ivanes F., Genet T. Risk scores in ST-segment elevation myocardial infarction patients with refractory cardiogenic shock and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *J Clin Med* 2021; 10(5): 956, <https://doi.org/10.3390/jcm10050956>.

60. Reindl M., Reinstadler S.J., Tiller C., Kofler M., Theurl M., Klier N., Fleischmann K., Mayr A., Henninger B., Klug G., Metzler B. ACEF score adapted to ST-elevation myocardial infarction patients: the ACEF-STEMI score. *Int J Cardiol* 2018; 264: 18–24, <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.04.017>.

61. Sevdimbaz S., Satar S., Gulen M., Acehan S., Acele A., Koksaldı Sahin G., Aka Satar D. Blood urea nitrogen/albumin ratio on admission predicts mortality in patients with non ST segment elevation myocardial infarction. *Scand J Clin Lab Invest* 2022; 82(6): 454–460, <https://doi.org/10.1080/00365513.2022.2122075>.

62. Гельцер Б.И., Рублев В.Ю., Циванюк М.М., Шахгельдян К.И. Машинное обучение в прогнозировании ближайших и отдаленных результатов реваскуляризации миокарда: систематический обзор. *Российский кардиологический журнал* 2021; 26(8): 4505, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4505>.

Geltser B.I., Rublev V.Yu., Tsivanyuk M.M., Shakhgelyan K.I. Machine learning in predicting immediate and long-term outcomes of myocardial revascularization: a systematic review. *Russian Journal of Cardiology* 2021; 26(8): 4505, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4505>.

63. Chen P., Wang B., Zhao L., Ma S., Wang Y., Zhu Y., Zeng X., Bai Z., Shi B. Machine learning for predicting

intrahospital mortality in ST-elevation myocardial infarction patients with type 2 diabetes mellitus. *BMC Cardiovasc Disord* 2023; 23(1): 585, <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03626-9>.

64. Xiao C., Guo Y., Zhao K., Liu S., He N., He Y., Guo S., Chen Z. Prognostic value of machine learning in patients with acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Dev Dis* 2022; 9(2): 56, <https://doi.org/10.3390/jcdd9020056>.

65. D'Ascenzo F., De Filippo O., Gallone G., Mittone G., Deriu M.A., Iannaccone M., Ariza-Solé A., Liebetrau C., Manzano-Fernández S., Quadri G., Kinnaird T., Campo G., Simao Henriques J.P., Hughes J.M., Dominguez-Rodriguez A., Aldinucci M., Morbiducci U., Patti G., Raposeiras-Roubin S., Abu-Assi E., De Ferrari G.M.; PRAISE study group. Machine learning-based prediction of adverse events following an acute coronary syndrome (PRAISE): a modelling study of pooled datasets. *Lancet* 2021; 397(10270): 199–207, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32519-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32519-8).

66. Zhao J., Zhao P., Li C., Hou Y. Optimized machine learning models to predict in-hospital mortality for patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Ther Clin Risk Manag* 2021; 17: 951–961, <https://doi.org/10.2147/TCRM.S321799>.

67. Шахгельдян К.И., Гельцер Б.И., Куksин Н.С., Домжалов И.Г. Многоуровневая категоризация непрерывных переменных в задачах объяснения прогнозных оценок моделей машинного обучения в клинической медицине. *Врач и информационные технологии* 2023; 3: 44–57, [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2023\\_3\\_44](https://doi.org/10.25881/18110193_2023_3_44).

Shakhgelyan K.I., Geltser B.I., Kuksin N.S., Domzhalov I.G. Multilevel categorization of continuous variables in the tasks of explaining predictive estimates of machine learning models in clinical medicine. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* 2023; 3: 44–57, [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2023\\_3\\_44](https://doi.org/10.25881/18110193_2023_3_44).

68. Ong A.T., Serruys P.W., Mohr F.W., Morice M.C., Kappetein A.P., Holmes D.R. Jr, Mack M.J., van den Brand M., Morel M.A., van Es G.A., Kleijne J., Koglin J., Russell M.E. The SYnergy between percutaneous coronary intervention with TAXus and cardiac surgery (SYNTAX) study: design, rationale, and run-in phase. *Am Heart J* 2006; 151(6): 1194–1204, <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2005.07.017>.

69. Lee S., Chu Y., Ryu J., Park Y.J., Yang S., Koh S.B. Artificial intelligence for detection of cardiovascular-related diseases from wearable devices: a systematic review and meta-analysis. *Yonsei Med J* 2022; 63(Suppl): S93–S107, <https://doi.org/10.3349/ymj.2022.63.S93>.

70. Popat A., Yadav S., Patel S.K., Baddevolu S., Adusumilli S., Rao Dasari N., Sundarasetty M., Anand S., Sankar J., Jagtap Y.G. Artificial intelligence in the early prediction of cardiogenic shock in acute heart failure or myocardial infarction patients: a systematic review and meta-analysis. *Cureus* 2023; 15(12): e50395, <https://doi.org/10.7759/cureus.50395>.

71. Zhang Z., Zhao Y., Canes A., Steinberg D., Lyashevskaya O.; written on behalf of AME Big-Data Clinical Trial Collaborative Group. Predictive analytics with gradient boosting in clinical medicine. *Ann Transl Med* 2019; 7(7): 152, <https://doi.org/10.21037/atm.2019.03.29>.



72. Wu Y., Chen H., Li L., Zhang L., Dai K., Wen T., Peng J., Peng X., Zheng Z., Jiang T., Xiong W. Construction of novel gene signature-based predictive model for the diagnosis of acute myocardial infarction by combining random forest with artificial neural network. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 876543, <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.876543>.
73. Chang Y., Antonescu C., Ravindranath S., Dong J., Lu M., Vicario F., Wondrely L., Thompson P., Swearingen D., Acharya D. Early prediction of cardiogenic shock using machine learning. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 862424, <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.862424>.
74. Gong M., Liang D., Xu D., Jin Y., Wang G., Shan P. Analyzing predictors of in-hospital mortality in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction using an evolved machine learning approach. *Comput Biol Med* 2024; 170: 107950, <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2024.107950>.
75. Oliveira M., Seringa J., Pinto F.J., Henriques R., Magalhães T. Machine learning prediction of mortality in acute myocardial infarction. *BMC Med Inform Decis Mak* 2023; 23(1): 70, <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02168-6>.
76. Khera R., Haimovich J., Hurley N.C., McNamara R., Spertus J.A., Desai N., Rumsfeld J.S., Masoudi F.A., Huang C., Normand S.L., Mortazavi B.J., Krumholz H.M. Use of machine learning models to predict death after acute myocardial infarction. *JAMA Cardiol* 2021; 6(6): 633–641, <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.0122>.
77. Lee H.C., Park J.S., Choe J.C., Ahn J.H., Lee H.W., Oh J.H., Choi J.H., Cha K.S., Hong T.J., Jeong M.H.; Korea Acute Myocardial Infarction Registry (KAMIR) and Korea Working Group on Myocardial Infarction (KorMI) Investigators. Prediction of 1-year mortality from acute myocardial infarction using machine learning. *Am J Cardiol* 2020; 133: 23–31, <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.07.048>.
78. Aziz F., Malek S., Ibrahim K.S., Raja Shariff R.E., Wan Ahmad W.A., Ali R.M., Liu K.T., Selvaraj G., Kasim S. Short- and long-term mortality prediction after an acute ST-elevation myocardial infarction (STEMI) in Asians: a machine learning approach. *PLoS One* 2021; 16(8): e0254894, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254894>.
79. Liu R., Wang M., Zheng T., Zhang R., Li N., Chen Z., Yan H., Shi Q. An artificial intelligence-based risk prediction model of myocardial infarction. *BMC Bioinformatics* 2022; 23(1): 217, <https://doi.org/10.1186/s12859-022-04761-4>.
80. Tarabanis C., Kalampokis E., Khalil M., Alviar C.L., Chinitz L.A., Jankelson L. Explainable SHAP-XGBoost models for in-hospital mortality after myocardial infarction. *Cardiovasc Digit Health J* 2023; 4(4): 126–132, <https://doi.org/10.1016/j.cvdhj.2023.06.001>.
81. Hosmer D.W. Jr, Lemeshow S., Sturdivant R.X. *Applied logistic regression, 3rd edition: guide to logistic regression modeling*. John Wiley & Sons, Inc; 2013; 177 p.
82. Alizadehsani R., Abdar M., Roshanzamir M., Khosravi A., Kebria P.M., Khozeimeh F., Nahavandi S., Sarrafzadegan N., Acharya U.R. Machine learning-based coronary artery disease diagnosis: a comprehensive review. *Comput Biol Med* 2019; 111: 103346, <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.103346>.
83. Wang C.H., Wang H.T., Wu K.H., Cheng F.J., Cheng C.I., Kung C.T., Chen F.C. Comparison of different risk scores for prediction of in-hospital mortality in STEMI patients treated with PPCI. *Emerg Med Int* 2022; 2022: 5389072, <https://doi.org/10.1155/2022/5389072>.
84. Ji C., Song F., Huang X., Qu X., Qiu N., Zhu J. Comparison of the predictive value of the modified CADILLAC, GRACE and TIMI risk scores for the risk of short-term death in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 2023; 35(3): 299–304, <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20220727-00696>.
85. Ali M., Lange S.A., Wittlinger T., Lehnert G., Rigopoulos A.G., Noutsias M. In-hospital mortality after acute STEMI in patients undergoing primary PCI. *Herz* 2018; 43(8): 741–745, <https://doi.org/10.1007/s00059-017-4621-y>.
86. Kocas B.B., Cetinkal G., Kocas C., Arslan S., Abaci O., Dalgic Y., Ser O.S., Batit S., Yildiz A., Dogan S.M. Usefulness of the SYNTAX score II to predict in-hospital and long-term mortality in ST-segment elevation myocardial infarction patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Sisli Etfal Hastan Tip Bul* 2022; 56(2): 182–188, <https://doi.org/10.14744/SEMB.2021.33410>.
87. Saygi M., Tanalp A.C., Tezen O., Pay L., Dogan R., Uzman O., Karabay C.Y., Tanboga I.H., Kacar F.O., Karagoz A. The prognostic importance of the Naples prognostic score for in-hospital mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Coron Artery Dis* 2024; 35(1): 31–37, <https://doi.org/10.1097/MCA.0000000000001285>.
88. Szabó G.T., Ágoston A., Csató G., Rác I., Bárány T., Uzonyi G., Szokol M., Sárman B., Jebelovszki É., Édes I.F., Czuriga D., Kolozsvári R., Csanádi Z., Édes I., Kőszegi Z. Predictors of hospital mortality in patients with acute coronary syndrome complicated by cardiogenic shock. *Sensors (Basel)* 2021; 21(3): 969, <https://doi.org/10.3390/s21030969>.
89. El Farissi M., Zimmermann F.M., De Maria G.L., van Royen N., van Leeuwen M.A.H., Carrick D., Carberry J., Wijnbergen I.F., Konijnenberg L.S.F., Hoole S.P., Marin F., Fineschi M., Pijls N.H.J., Oldroyd K.G., Banning A.P., Berry C., Fearon W.F. The index of microcirculatory resistance after primary PCI: a pooled analysis of individual patient data. *JACC Cardiovasc Interv* 2023; 16(19): 2383–2392, <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2023.08.030>.
90. Lu X., Lin X., Cai Y., Zhang X., Meng H., Chen W., Yu P., Chen X. Association of the triglyceride-glucose index with severity of coronary stenosis and in-hospital mortality in patients with acute ST elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention: a multicentre retrospective analysis cohort study. *BMJ Open* 2024; 14(3): e081727, <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-081727>.
91. Huang L., Zhang J., Huang Q., Cui R., Chen J. In-hospital major adverse cardiovascular events after primary percutaneous coronary intervention in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: a retrospective study under the China chest pain center (standard center) treatment system. *BMC Cardiovasc Disord* 2023; 23(1): 198, <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03214-x>.
92. Vatan M.B., Çakmak A.C., Ağaç S., Eynel E., Erkan H. The systemic immune-inflammation index

predicts impaired myocardial perfusion and short-term mortality in ST-segment elevation myocardial infarction patients. *Angiology* 2023; 74(4): 365–373, <https://doi.org/10.1177/00033197221106886>.

93. Kim K., Kang M.G., Park H.W., Koh J.S., Park J.R., Hwang S.J., Hwang J.Y. Prognostic utility of culprit SYNTAX score in patients with cardiogenic shock complicating ST-segment elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2021; 154: 14–21, <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2021.05.035>.

94. Biccirè F.G., Farcomeni A., Gaudio C., Pignatelli P., Tanzilli G., Pastori D. D-dimer for risk stratification and antithrombotic treatment management in acute coronary syndrome patients: asystematic review and metanalysis. *Thromb J* 2021; 19(1): 102, <https://doi.org/10.1186/s12959-021-00354-y>.

95. Бессонов И.С., Сапожников С.С., Шадрин А.А., Каштанов М.Г., Попов С.В. Влияние времени «дверь–баллон» на результаты лечения пациентов с острым инфарктом миокарда с элевацией сегмента ST в зависимости от длительности догоспитальной задержки. *Кардиология* 2023; 63(6): 28–36, <https://doi.org/10.18087/cardio.2023.6.n2245>.

Bessonov I.S., Sapozhnikov S.S., Shadrin A.A., Kashtanov M.G., Popov S.V. Effect of the “door-to-balloon” time on the results of treatment of patients with ST-segment elevation myocardial infarction, depending on the duration of the pre-hospital delay. *Kardiologiya* 2023; 63(6): 28–36, <https://doi.org/10.18087/cardio.2023.6.n2245>.

96. Wang K., Zeng D., Chen Z., Yu W. Impact of left atrial diameter on all-cause mortality of patients with STEMI undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Saudi Med J* 2023; 44(12): 1260–1268, <https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.12.20230235>.

97. Goins A.E., Rayson R., Caughey M.C., Sola M., Venkatesh K., Dai X., Yeung M., Stouffer G.A. Correlation of infarct size with invasive hemodynamics in patients with ST-elevation myocardial infarction. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018; 92(5): E333–E340, <https://doi.org/10.1002/ccd.27625>.

98. Frydland M., Møller J.E., Wiberg S., Lindholm M.G., Hansen R., Henriques J.P.S., Møller-Helgestad O.K., Bang L.E., Frikke-Schmidt R., Goetze J.P., Udesen N.L.J., Thomsen J.H., Ouweeneel D.M., Obling L., Ravn H.B., Holmvang L., Jensen L.O., Kjaergaard J., Hassager C.

Lactate is a prognostic factor in patients admitted with suspected ST-elevation myocardial infarction. *Shock* 2019; 51(3): 321–327, <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001191>.

99. Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И., Рублев В.Ю., Домжалов И.Г., Циванюк М.М., Шекунова О.И. Фенотипирование факторов риска и прогнозирование внутригоспитальной летальности у больных ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования на основе методов объяснимого искусственного интеллекта. *Российский кардиологический журнал* 2023; 28(4): 5302, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5302>.

Geltser B.I., Shakhgelydyan K.I., Rublev V.Yu., Domzhalov I.G., Tsivanyuk M.M., Shekunova O.I. Phenotyping of risk factors and prediction of inhospital mortality in patients with coronary artery disease after coronary artery bypass grafting based on explainable artificial intelligence methods. *Russian Journal of Cardiology* 2023; 28(4): 5302, <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5302>.

100. Paolisso P., Foà A., Bergamaschi L., Angeli F., Fabrizio M., Donati F., Toniolo S., Chiti C., Rinaldi A., Stefanizzi A., Armillotta M., Sansonetti A., Magnani I., Iannopollo G., Rucci P., Casella G., Galiè N., Pizzi C. Impact of admission hyperglycemia on short and long-term prognosis in acute myocardial infarction: MINOCA versus MIOCA. *Cardiovasc Diabetol* 2021; 20(1): 192, <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01384-6>.

101. Zweck E., Thayer K.L., Helgestad O.K.L., Kanwar M., Ayouty M., Garan A.R., Hernandez-Montfort J., Mahr C., Wencker D., Sinha S.S., Vorovich E., Abraham J., O'Neill W., Li S., Hickey G.W., Josiassen J., Hassager C., Jensen L.O., Holmvang L., Schmidt H., Ravn H.B., Møller J.E., Burkhoff D., Kapur N.K. Phenotyping cardiogenic shock. *J Am Heart Assoc* 2021; 10(14): e020085, <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.020085>.

102. Shetty M.K., Kunal S., Girish M.P., Qamar A., Arora S., Hendrickson M., Mohanan P.P., Gupta P., Ramakrishnan S., Yadav R., Bansal A., Zachariah G., Batra V., Bhatt D.L., Gupta A., Gupta M. Machine learning based model for risk prediction after ST-elevation myocardial infarction: insights from the North India ST elevation myocardial infarction (NORIN-STEMI) registry. *Int J Cardiol* 2002; 362: 6–13, <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.05.023>.