

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

<https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-109-121>

Точность прогностических шкал летальности при кардиогенном шоке: систематический обзор

Е.А. Кокарев ^{1,*}, Б.И. Гельцер ^{2,3}, В.Ю. Рублев ^{1,2},
Р.Л. Пак ^{1,2}, И.Г. Домжалов ^{1,2}, К.И. Шахгельдян ^{1,2,3}

¹ ГБУЗ «Приморская краевая клиническая больница № 1»,
Владивосток, Россия

² ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный
университет», Владивосток, Россия

³ ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный
университет», Владивосток, Россия

Реферат

АКТУАЛЬНОСТЬ: Проблема точного прогнозирования развития и исходов кардиогенного шока (КШ) у больных инфарктом миокарда (ИМ) остается до конца не решенной, что актуализирует необходимость совершенствования существующих рискметрических инструментов. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** На основе анализа опубликованных данных оценить точность различных инструментов рискметрии для прогнозирования госпитальной летальности (ГЛ) у больных КШ. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** Проведен обзор литературы в базах данных Pubmed, Google Scholar и eLibrary, включающий соответственно 639, 4300 и 1762 источника. Анализировали только полнотекстовые публикации, содержащие сведения о когортах пациентов, типах исследований, методах разработки прогностических инструментов и показателях их точности (площадь под ROC-кривой [AUC], чувствительность и специфичность). Критерии исключения: клинические случаи, тезисы, диссертационные работы и авторефераты. Риск предвзятости оценивался с использованием стандартизированных методик. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** В зависимости от вида применяемых шкал и моделей, используемых для оценки риска ГЛ при КШ, было выделено 5 групп исследований, в рамках которых сопоставляли точность прогностических решений. Отдельно рассматривались работы, где оценка риска ГЛ проводилась с учетом клинико-патогенетических фенотипов КШ и особенностей терапии. Большинство инструментов рискметрии были разработаны с помощью методов логистической регрессии и демонстрировали значительную вариабельность показателей точности прогноза ГЛ, диапазон размаха которых по метрике AUC составлял 0,65–0,85. Ряд авторских моделей показали высокие значения индикаторов

PREDICTION IN INTENSIVE CARE MEDICINE

Accuracy of prognostic scores for mortality in cardiogenic shock: a systematic review

E.A. Kokarev ^{1,*}, B.I. Geltser ^{2,3}, V.Yu. Rublev ^{1,2},
R.L. Pak ^{1,2}, I.G. Domzhalov ^{1,2}, K.I. Shakhgeldyan ^{2,3}

¹ Regional clinical hospital No 1, Vladivostok, Russia

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

³ Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

Abstract

INTRODUCTION: Accurate prediction of the development and outcomes of cardiogenic shock in patients with myocardial infarction remains a major clinical challenge, highlighting the need to refine existing risk stratification tools. **OBJECTIVE:** To systematically evaluate the performance of available risk models for predicting in-hospital mortality (IHM) in patients with cardiogenic shock. **MATERIALS AND METHODS:** A comprehensive literature search was performed in PubMed, Google Scholar, and eLibrary, yielding 639, 4300, and 1762 records, respectively. Only full-text publications reporting patient cohorts, study designs, methods of risk model development, and performance metrics (area under the ROC curve [AUC], sensitivity, specificity) were included. Exclusion criteria were case reports, conference abstracts, dissertations, and author's abstracts. Risk of bias was assessed using standardized frameworks. **RESULTS:** Depending on the types of scales and models applied for IHM risk assessment in cardiogenic shock, five groups of studies were identified, within which the predictive accuracy of different approaches was compared. Separate attention was given to studies where IHM risk assessment considered clinical — pathogenetic phenotypes of cardiogenic shock and treatment-related factors. Most risk assessment instruments were developed using logistic regression methods and demonstrated substantial variability in predictive accuracy, with AUC values ranging from 0.65 to 0.85. Several author-derived models showed high predictive performance; however, many lacked external validation and did not meet acceptable standards for risk of bias, limiting the reliability of their predictions. **CONCLUSIONS:** The improvement of risk assessment tools for predicting IHM in patients with cardiogenic shock may be achieved through the implementation

предсказательной способности, однако многие из них не были валидированы на внешних выборках и не соответствовали приемлемому риску предвзятости, что снижает надежность генерируемых ими решений. **Выводы:** Совершенствование рискметрических инструментов ГЛ у больных с КШ может быть реализовано на основе использования современных технологий объяснимого искусственного интеллекта и интерпретируемых моделей машинного обучения (МО).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кардиогенный шок, прогнозирование, госпитальная летальность, объяснимый искусственный интеллект, методы машинного обучения

* *Для корреспонденции:* Кокарев Евгений Анатольевич — канд. мед. наук, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии регионального сосудистого центра ГБУЗ «Приморская краевая клиническая больница № 1», Владивосток, Россия; e-mail: kokareve@yandex.ru

☑ *Для цитирования:* Кокарев Е.А., Гельцер Б.И., Рублев В.Ю., Пак Р.Л., Домжалов И.Г., Шахгельдян К.И. Точность прогностических шкал летальности при кардиогенном шоке: систематический обзор. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2026; 2:109–121. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-109-121>

📧 *Поступила:* 25.09.2025

📄 *Принята к печати:* 15.02.2026

of modern technologies of explainable artificial intelligence and interpretable ML models.

KEYWORDS: cardiogenic shock, prognosis, hospital mortality, explainable artificial intelligence, machine learning

* *For correspondence:* Evgenii A. Kokarev — Ph.D. of Medical Sciences, Head of the Intensive Care Unit Department of the Regional vascular center, Regional clinical hospital No. 1, Vladivostok, Russia; e-mail: kokareve@yandex.ru

☑ *For citation:* Kokarev E.A., Geltser B.I., Rublev V.Yu., Pak R.L., Domzhalov I.G., Shakhgeldyan K.I. Accuracy of prognostic scores for mortality in cardiogenic shock: a systematic review. Annals of Critical Care. 2026; 2:109–121. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-109-121>

📧 *Received:* 25.09.2025

📄 *Accepted:* 15.02.2026

DOI: 10.21320/1818-474X-2026-2-109-121

Введение

Одним из наиболее тяжелых осложнений острых форм ишемической болезни сердца является кардиогенный шок (КШ). По данным клинических регистров, частота его развития при остром коронарном синдроме (ОКС) и верифицированном инфаркте миокарда (ИМ) составляет 5–10 %, достигая 15 % в отдельных когортах больных ИМ с подъемом сегмента ST [1, 2]. Несмотря на внедрение современных стратегий реперфузии и интенсивной терапии, госпитальная летальность (ГЛ) при КШ остается крайне высокой и достигает 40–60 % [3]. За последние десятилетия наблюдается тенденция к росту числа пациентов с КШ в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), что может быть обусловлено увеличением возраста больных, распространенностью и тяжестью коморбидной патологии, расширением показаний к использованию инвазивных методов реваскуляризации миокарда [4]. Сохраняющаяся высокая смертность при КШ актуа-

лизовала необходимость внедрения в клиническую практику новых терапевтических стратегий (механической поддержки кровообращения, использования современных инотропных и вазоактивных препаратов) и совершенствования рискметрических инструментов для ранней оценки вероятности неблагоприятных исходов. Исторически первой классификацией тяжести острой сердечно-сосудистой недостаточности, ассоциированной с КШ, стала шкала Т. Killip (1967) [5]. В дальнейшем были предложены многочисленные шкалы, ранжирующие тяжесть этого состояния (в общей сложности более 30), основанные на использовании клинических, гемодинамических и лабораторных параметров [3]. Наиболее востребованной из них является классификация КШ, разработанная Обществом коронарной ангиографии и интервенционных вмешательств в 2019 г., которая получила широкое распространение благодаря своей простоте и высокой прогностической ценности [6]. Вместе с тем проблема точного прогнозирования развития и исходов

КШ у пациентов с ИМ остается нерешенной. Одним из направлений совершенствования прогностических инструментов является использование для их разработки методов машинного обучения (МО), позволяющих на основе анализа больших клинических данных выявлять скрытые или неочевидные закономерности развития патологических процессов и извлекать новые знания [7–9]. Учитывая высокую актуальность данной темы в настоящем обзоре, предпринята попытка анализа и систематизации данных мировой литературы по вопросам прогнозирования развития и исходов КШ у больных ИМ.

Цель исследования

Оценить точность различных инструментов риск-метрии для прогнозирования ГЛ у больных КШ.

Материалы и методы

При планировании и описании исследования мы опирались на методологию прогностических моделей в соответствии с TRIPOD-guidelines (Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis or Diagnosis), что обеспечивает прозрачность разработки и валидацию модели [9]. Систематический обзор был проведен в соответствии с требованиями отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA — Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). Использовались исследования на английском и русском языках. Критерии включения были предварительно определены с использованием стратегии PICOS (patient, population or problem [P]; intervention [I]; comparison [C]; outcomes [O] and study design [S]), оптимизированной для разработки всех этапов интервенционного систематического обзора (табл. 1). Выработка критериев включения/исключения осуществлялась совместно всеми авторами до начала поиска соответствующих публикаций. Разногласия разрешались консенсусом. В систематический обзор включали исследования, в которых для прогнозирования риска ГЛ при КШ использовались как оригинальные авторские модели, так и известные шкалы-риск-метры. КШ определялся авторами в соответствии с рекомендацией обществ специалистов в области кардиологии и рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения. Точность прогноза оценивалась показателем площади под ROC-кривой (AUC), который в ряде исследований дополнялся индикаторами чувствительности (Sen) и специфичности (Spec). Данные извлекались только из опубликованных полнотекстовых работ. К критериям исключения были отнесены: бездоказательный дизайн исследования (тезисы конференций, протоколы заседаний, клинические случаи и серии

Таблица 1. Критерии включения в систематический обзор (PICOS)

Table 1. Criteria for inclusion in a systematic review and meta-analysis (PICOS)

Показатели	Критерии включения в систематический обзор
Пациенты	Взрослые пациенты (≥ 18 лет) с диагнозом инфаркта миокарда, осложненным кардиогенным шоком
Вмешательство	Использование шкал оценки исходов заболевания
Сравнение	Сравнение различных методов прогнозирования исходов
Результаты	Летальность истинная и прогнозируемая
Дизайн исследования	Рандомизированные контролируемые проспективные исследования, рандомизированные контролируемые проспективные/ретроспективные исследования. Эпидемиологические исследования на больших выборках

случаев), обзоры литературы, метаанализы, диссертационные работы и авторефераты. Исключались исследования, где анализировались отдельные клинические и лабораторные предикторы ГЛ. Следует отметить, что количество включенных в исследования пациентов не являлось определяющим фактором отбора. Поиск литературы производился в базах данных PubMed (за 1982–2025 гг.), Google Scholar (за 2000–2025 гг.) и eLibrary.ru (за 2000–2025 гг.). Поисковые запросы: кардиогенный шок, прогнозирование, cardiogenic shock, risk score, prediction и prognosis. Последний поиск проведен 23 июля 2025 г. (рис. 1).

Извлечение данных и оценка качества

Все найденные цитаты были внесены в базу данных, удаление дубликатов статей было выполнено вручную. При поиске литературы был выявлен 6701 источник, в том числе 639 — в базе данных Pubmed, 4300 — в базе данных Google Scholar и 1762 — в eLibrary RU. Из найденных 6701 источника были исключены дублированные публикации ($n = 234$). После исключения публикаций, не соответствующих цели обзора, были отобраны 115 статей с анализом полного текста на соответствие установленным критериям включения и исключения. После применения критериев включения было отобрано 40 статей. Следующим шагом было исключение работ, где сравнивались отдельные предикторы. В результате 31 статья соответствовала всем критериям систематического обзора. Из исследований были извлечены основные данные, включающие информацию о группах пациентов, методах прогнозирования, статистической обработке, метриках точности моделей.

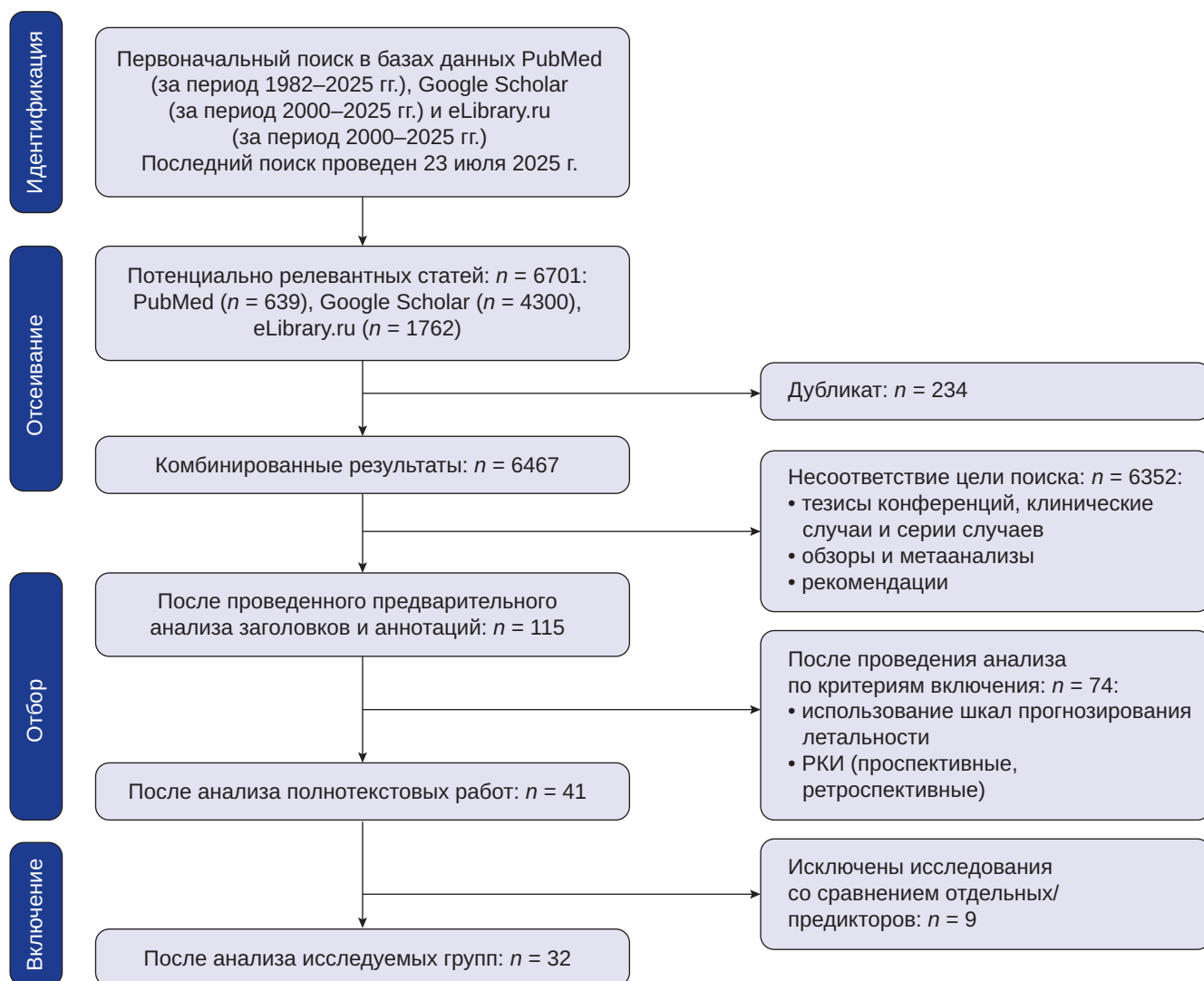


Рис. 1. Блок-схема алгоритма поиска литературы

Fig. 1. Block diagram of the literature search algorithm

Оценка риска предвзятости и применимости включенных прогностических моделей проводилась с применением инструмента PROBAST (Prediction model Risk Of Bias ASsessment Tool), с анализом следующих доменов: участники (participants), предикторы (predictors), исход (outcome), анализ (analysis) [10]. Интегральная оценка предвзятости соответствовала высокому, низкому или неуточненному риску для всех включенных исследований. В настоящем обзоре 5 работ имели итоговую оценку низкого риска предвзятости, в остальных исследованиях неуточненный или высокий уровень предвзятости фиксировался в одном или более доменах. Риск систематической ошибки и применимость каждой модели прогнозирования оценивались независимо двумя рецензентами с использованием инструмента PROBAST; разногласия разрешались путем обсуждения или привлечения третьего рецензента [9, 10].

Результаты

Анализ прогностических исследований, в которых для оценки вероятности развития и исходов КШ использовались классические шкалы-рискометры ОКС или ИМ (GRACE, TIMI, SYNTAX score I–II и др.), продемонстрировал вариабельность точности генерируемых ими заключений (табл. 2). В ретроспективном исследовании CULPRITE-SHOCK trial была показана высокая эффективность шкалы SYNTAX score в отношении прогноза ГЛ у больных с КШ после чрескожного коронарного вмешательства. При этом риски развития КШ и ГЛ имели прямую зависимость от выраженности коронарного атеросклероза и последовательно увеличивались по мере нарастания его тяжести. Так, у больных ИМ с умеренным нарушением коронарного кровотока (< 22 баллов) показатель ГЛ при КШ составил 36,1 %,

Таблица 2. Анализ точности прогностических моделей госпитальной летальности у больных с кардиогенным шоком

Table 2. Analysis of the performance of prognostic models of in-hospital mortality in patients with cardiogenic shock

Публикация	Типы исследования	Объем выборки	Виды шкал и методы МО	AUC	Sen	Спец	Внешняя валидация	Калибровка
Hasdai et al., 2000 [11]	Ретроспективное РКИ	1889	Авторская модель (CoxPH)	0,796	0,76	0,78	Нет	Нет
Klein et al., 2005 [12]	Ретроспективное	483	Авторская модель (ОЛР, МЛР)	0,76 0,719	0,73 0,70	0,719 0,69	Нет	Нет
Yang et al., 2013 [13]	Ретроспективное одноцентровое	816	TIMI, GRACE, GRACE + глюкоза	0,615 0,652 0,705	0,77 0,74 0,78	0,70 0,72 0,72	Нет	Нет
Harjola et al., 2015 [14]	Проспективное мультицентровое обсервационное	219	CardShock score	0,85	—	—	Нет	Нет
Muller et al., 2016 [15]	Ретроспективное мультицентровое	138	ENCOURAGE score	0,84	—	—	Нет	Нет
Puymirat et al., 2017 [16]	Ретроспективное обсервационное	19 416	SAPS II	—	—	—	Нет	Нет
Lin et al., 2017 [17]	Ретроспективное и проспективное	53	SYNTAX score	—	—	—	Нет	Нет
Poss et al., 2017 [18]	РКИ ретроспективное	600	IABP-SHOCK II	0,79	0,85	0,58	0,73	Нет
Na et al., 2019 [19]	Ретроспективное	493	VIS score	0,868	0,70	0,857	Нет	Нет
Jentzer et al., 2019 [20]	Ретроспективное	10 004	SCAI shock stage	0,775	—	—	Нет	Нет
Tehrani et al., 2019 [21]	Ретроспективное одноцентровое	204	IHVI, CardShock score	0,97 0,97	—	—	Нет	Нет
Miller et al., 2019 [22]	Ретроспективный анализ	510	APACHE II, CardShock, IABP-SHOCK II, SOFA	0,75 0,75 0,72 0,79	—	—	0,75 0,75 0,72 0,79	Нет
Guedeney et al., 2020 [23]	РКИ ретроспективное	624	SYNTAX score	—	—	—	Нет	Нет
Cosentino et al., 2021 [24]	Ретроспективное	465	Авторская модель (ОЛР, МЛР)	0,79 0,80	—	—	0,76 0,79	Нет
Rivas-Lasarte et al., 2021 [25]	Проспективное когортное	696	CardShock, IABP-SHOCK II	0,742 0,752	—	—	0,76 0,68	0,22 0,68
Hongisto et al., 2021 [26]	Проспективное обсервационное мультицентровое	219	CardShock score, IABP-SHOCK II	0,75 0,71	—	—	Нет	Нет
Semaan et al., 2021 [27]	Ретроспективное одноцентровое	51	ENCOURAGE score	0,83	—	—	Нет	0,70
Rong et al., 2022 [28]	Ретроспективное	919	Авторская модель (CoxBoost)	0,73	0,813	0,813	0,77	Нет
Arias et al., 2022 [29]	Ретроспективное и проспективное	154	S3 (Santiago Shock Score)	0,85	0,73	0,76	Нет	Нет
Yu et al., 2023 [30]	Ретроспективное одноцентровое	630	Фенотипирование КШ (САК К-ср), МЛР	—	—	—	Нет	Нет

Публикация	Типы исследования	Объем выборки	Виды шкал и методы МО	AUC	Sen	Spec	Внешняя валидация	Калибровка
Wang et al., 2023 [31]	Ретроспективное	21 925	Авторская модель (САК К-ср)	0,349	—	—	Нет	Нет
Xu et al., 2024 [32]	Ретроспективное	611	Авторская модель (ЛРА)	0,689	0,805	0,539	Нет	Нет
Wang et al., 2024 [33]	Ретроспективное	210	Фенотипирование КШ (САК К-ср)		—	—	Нет	Нет
Veyret et al., 2024 [34]	Ретроспективное	147	IMPACT score	0,780	0,684	0,579	Нет	Нет
Soussi et al., 2024 [35]	Проспективное	228	Фенотипирование КШ (САК К-ср), LCA		—	—	Нет	Нет
Chlabicz et al., 2024 [36]	Проспективное	63	CardShock score, APACHE II, SOFA	0,70 0,62 0,62	0,52 0,71 0,76	0,88 0,87 0,85	Нет	Нет
Hu et al., 2024 [37]	Ретроспективное мультицентровое	1742	VIS score	0,65	—	—	Нет	Нет
Shen et al., 2025 [38]	Ретроспективное	332	LASSO-p, МЛР	0,869 0,77	0,74 0,72	0,77 0,74	0,76 0,68	0,64
Stamate et al., 2025 [39]	Ретроспективное	158	LASSO-p, СЛ	0,82 0,77	0,72	0,74	Нет	Нет

AUC — площадь под ROC-кривой; CoхBoost — сочетание методов регрессии Кокса и градиентного бустинга; CoхPH — модель пропорциональных рисков Кокса; LASSO-p — LASSO-регрессия; LCA — анализ скрытых классов; Sen — чувствительность; Spec — специфичность; КШ — кардиогенный шок; ЛРА — линейный регрессионный анализ; МЛР — мультифакторная логистическая регрессия; МО — машинное обучение; ОЛР — однофакторная логистическая регрессия; РКИ — рандомизированное контролируемое исследование; САК К-ср — согласованный алгоритм кластеризации на основе k-средних; СЛ — случайный лес.

AUC — area under the ROC curve; CoхBoost — boosting algorithm based on the Cox proportional hazard model; CoхPH — Cox proportional hazards model; LASSO-p — LASSO regression; LCA — latent class analysis; Sen — sensitivity; Spec — specificity; КШ — cardiogenic shock; ЛРА — linear regression analysis; МЛР — multivariable logistic regression; МО — machine learning; ОЛР — univariable logistic regression; RCT — randomized controlled trial; САК К-ср — consensus clustering algorithm based on k-means; СЛ — random forest.

а при его тяжелом нарушении (≥ 33 баллов) — 66,9 % ($p < 0,00001$) [40]. Вместе с тем в исследовании, выполненном на данных национального регистра ОКС Республики Корея, была показана низкая точность шкал TIMI и GRACE в отношении прогноза КШ (AUC 0,615 и 0,652 соответственно). Незначительное повышение точности шкалы GRACE (AUC 0,701) было достигнуто только при расширении состава ее предикторов за счет концентрации глюкозы в крови [41]. Najjola et al. [14] в обсервационном исследовании для оценки риска ГЛ у больных с КШ использовали шкалу CardShock score, результаты применения которой показали хорошую точность прогноза в общей когорте (AUC 0,8), ее повышение среди пациентов с ОКС (AUC 0,84), а в группе больных с КШ неишемического генеза точность прогноза была наиболее высокой (AUC 0,94). Кроме того, на данных этой группы больных была проверена прогностическая ценность шкал APACHE II и Sleeper

score, которые демонстрировали ее приемлемый уровень (AUC 0,76). В этой же работе авторами тестировалась прогностическая ценность шкалы CardShock score на когорте пациентов из исследования IABP-SHOCK II, точность которой по метрике AUC составила 0,71. Прогностический потенциал шкал CardShock и IABP-SHOCK II анализировался также в исследовании, выполненном на когортах больных пожилого и старческого возраста с признаками КШ. Показано преимущество шкалы CardShock в оценке риска ГЛ среди больных < 75 лет (AUC 0,82) по сравнению с лицами более старшего возраста (AUC 0,75). Прогностические возможности шкалы IABP-SHOCK II были заметно ниже (AUC 0,73 и 0,71 соответственно) [25]. В исследовании Poss et al. [18] с помощью многофакторной регрессии Кокса анализировали прогностическую ценность шкалы IABP-SHOCK II на базе данных, включающих сведения о 600 больных ИМ, у 480 из которых

фиксируются признаки КШ. Качество прогноза ГЛ на тестовых выборках соответствовало приемлемому уровню (AUC 0,79; Spec 0,58; Sen 0,85), но при внешней валидации шкалы на данных исследования CardShock уровень AUC составил 0,73. Оценка эффективности использования классических шкал-рискометров неотложных состояний для прогнозирования исходов КШ (APACHE II, SAPS II, SI и др.), выполненная на данных национального регистра пациентов ОРИТ госпиталей Франции (CUB-Rea), показала, что они обеспечивают более низкую прогностическую точность, чем у больных с септическим шоком или при критических состояниях, связанных с циррозом печени [42].

В последние годы при прогнозировании летальности больных КШ на различных горизонтах наблюдения учитывается ее возможная взаимосвязь с клиническими фенотипами данного осложнения. Так, при использовании базы данных MIMIC-IV у больных с ОКС были выделены 3 фенотипа КШ. К первому из них относились пациенты со стандартным набором признаков (клинических, гемодинамических и инструментальных маркеров шока), ко второму — больные с быстрым развитием острого почечного повреждения, а к третьему — больные с высоким уровнем маркеров системного воспаления. Для отбора наиболее информативных предикторов использовали метод МО случайный лес, а для формирования кластеров — согласованный алгоритм кластеризации на основе k-средних. Установлено, что при КШ, относящемуся ко 2-му и 3-му фенотипам, относительный риск ГЛ был существенно выше, чем при фенотипе 1 [31]. В другом исследовании [30] на базе регистра MIMIC-IV были верифицированы 6 фенотипов КШ на основе показателей гликемического разрыва [43], содержания лактата, оценки нарушения сознания с использованием шкалы комы Глазго, отношения триглицеридов к глюкозе. В этой работе прогностические модели, определяющие возможную взаимосвязь фенотипических особенностей КШ с риском ГЛ, не обладали приемлемой точностью (AUC 0,672–0,689). В 2024 г. Soussi et al. [35] при проведении ретроспективного анализа базы данных FROG-ICU выделили 2 фенотипа КШ. У пациентов с фенотипом А, для которого был характерен нормативный уровень прокальцитонина, интерлейкина-6, маркеров эндотелиальной дисфункции и почечного повреждения, выживаемость была статистически значимо выше, чем у пациентов с фенотипом В, где указанные маркеры превышали референсный диапазон.

При ретроспективном анализе электронных баз данных ОРИТ методами МО было выделено 3 фенотипа пациентов с КШ, которым проводилась вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА-ЭКМО) [33]. Для первого из них был характерен уровень тромбоцитов в пределах референсного диапазона, второй отличался избыточным воспалительным ответом, а третий ассоциировался с признаками гепаторенального синдрома. В этом исследовании благоприятный ис-

ход КШ чаще фиксировался у пациентов с фенотипом 1. В работе [36] методами МО были выделены 2 кластера пациентов, различающихся по уровню артериального давления, содержанию эритроцитов, альбумина, калия, остаточного азота, бикарбоната, оценок по шкалам тяжести состояния (SOFA, APACHE IV). В этом исследовании результаты фенотипирования КШ значительно снижали точность прогноза ГЛ в условиях ОРИТ (AUC 0,349). Эффективность ВА-ЭКМО в комплексной терапии пациентов с КШ и ее влияние на исходы лечения анализировались также с помощью шкалы IMPACT, прогностическая ценность которой была приемлемой (AUC 0,78). В работе Semaan et al. [27], по данным многоцентрового исследования, оценивали протективное воздействие ВА-ЭКМО на пациентов с КШ и сравнили прогностическую ценность 4 шкал (ENCOURAGE, SAPS II, SAVE и SOFA), точность которых существенно различалась (AUC 0,83; 0,71; 0,67; 0,66 соответственно). В более раннем исследовании [15] шкала ENCOURAGE в аналогичной группе пациентов демонстрировала уровень AUC 0,84. В ряде работ проведена прогностическая оценка влияния на исходы КШ вазоактивных препаратов в сочетании с методами механической поддержки кровообращения. Показано, что хорошая прогностическая точность шкалы VIS score достигается при уровне оценки выше 85 баллов, использовании искусственной вентиляции легких и методов заместительной почечной терапии (AUC 0,8679) [20]. В 2024 г. в ретроспективном мультицентровом исследовании Hu et al. [37] анализировали прогностический потенциал шкалы VIS score у пациентов с КШ в условиях ВА-ЭКМО. Точность прогноза при сочетании КШ и ОКС была недостаточной (AUC 0,65), а при КШ на фоне миокардита — приемлемой (AUC 0,7).

В проспективном мультицентровом исследовании Red-Shock анализировали предиктивный ресурс шкал CardShock и IABP-SHOCK II в отношении риска ГЛ у пациентов с КШ, ассоциированным с ОКС и неишемическими причинами [25]. У больных с ОКС точность прогноза ГЛ соответствовала приемлемому уровню для обеих шкал (AUC 0,74 и 0,752 соответственно), а в группе без ОКС качество прогноза КШ было недостаточным (AUC 0,648 и 0,619 соответственно). Валидация рисковометрических шкал (APACHE II и SOFA), а также CardShock и IABP-SHOCK II в отношении неблагоприятных исходов КШ была проведена в 2019 г. в проспективном исследовании TRACER, результаты которого демонстрировали наилучшую точность прогноза шкалы SOFA (AUC 0,79) [22]. В 2024 г. опубликовано проспективное исследование, в котором прогностическая ценность шкал CardShock, APACHE II и SOFA была существенно ниже (AUC 0,7; 0,62; 0,62 соответственно) [36].

После принятия новой классификации КШ, предложенной ассоциацией сердечно-сосудистых и интервенционных хирургов (SCAI) в 2019 г., проведен ретроспективный анализ базы данных ОРИТ карди-

ологического профиля. Установлено, что показатели функционального статуса пациентов, соответствующих определенной стадии КШ по классификации SCAI shock stage и используемых в качестве предикторов, повышают точность прогноза ГЛ (AUC 0,775) [6]. В 2021 г. Cosentino et al. [24] по результатам ретроспективного анализа базы данных пациентов с КШ сформировали набор критериев, объединенных в оценочную систему на основе многофакторной логистической регрессии, которая обладала приемлемой прогностической точностью (AUC 0,79), при проведении внешней валидации прогностического инструмента получены приемлемые показатели дискриминационных показателей (AUC 0,76; 0,79). В 2022 г., используя данные от 158 больных с КШ с применением метода многофакторной логистической регрессии, была разработана шкала S3 (Santiago Shock Score), которая также соответствовала хорошей точности прогноза (AUC 0,85) [29]. Более высокая точность прогноза КШ была достигнута Tehrani et al. [21] в одноцентровом ретроспективном исследовании при использовании шкал CardShock и IHVI, которые продемонстрировали сопоставимый результат для обеих рискметров (AUC 0,97). В 2022 г. авторским коллективом Rong et al. [28] на данных регистра MIMIC-III с помощью различных методов МО у больных КШ были разработаны прогностические модели ГЛ, при валидации которых на выборке из 115 больных лучшую точность прогноза демонстрировала модель на основе стохастического градиентного бустинга (AUC 0,77). Эффективность прогноза ГЛ при использовании рискметров LASSO, SAPS II и CardShock была существенно ниже.

В 2025 г. были опубликованы исследования, в которых для прогнозирования исходов КШ использовались современные методы МО. Так, в работе Shen et al. [37] из базы данных eICU-CRD были отобраны 332 случая КШ, на основе которых методами случайный лес, LASSO-регрессии и многофакторной логистической регрессии были разработаны прогностические модели ГЛ. Лучшим из них был алгоритм многофакторной логистической регрессии (AUC 0,869), при валидации которого на данных регистра MIMIC-IV точность прогноза снижалась (AUC 0,77). В ретроспективном исследовании Stamate E. et al. [39] авторы для прогнозирования летальности больных КШ использовали технологии МО (алгоритм k-ближайших соседей, методы синтетической передискретизации миноритарных групп-SMOTE, случайный лес, LASSO-регрессию, AdaBoost, XGBoost, LightGBM и ансамбли моделей). Лучшее качество прогноза демонстрировала модель на основе многофакторной логистической регрессии (AUC 0,82; Sen 0,72; Spec 0,74). Важно отметить, что в ряде исследований при оценке качества прогноза авторы не использовали показатели Sen и Spec, что ограничивало верификацию соотношений истинно положительных и истинно отрицательных случаев неблагоприятного исхода.

При проведении исследования для достижения поставленной цели выполнена оценка калибровки представленных шкал рискметров. Следует констатировать, что в представленных исследованиях только 3 авторских коллектива провели калибровку своих инструментов. Rivas-Lasarte et al. в 2021 г. [25] представили показатель калибровки для шкалы CardShock $p = 0,22$, а для IABP-SHOCK II — $p = 0,68$, что соответствует приемлемому уровню. Semaan et al. в 2021 г. [27] провели калибровку шкалы ENCOURAGE score, и был получен результат $p = 0,7$. Shen et al. в 2025 г. [38] провели калибровку использованных в своем исследовании рискметрических инструментов с получением приемлемого результата $p = 0,64$.

Обсуждение

КШ является наиболее тяжелым и прогностически неблагоприятным осложнением ИМ, что определяет возрастающую потребность в разработке надежных инструментов рискметрии, стратифицирующих вероятность его развития и исходов [44]. В систематическом обзоре представлен анализ научных исследований по различным аспектам прогнозирования КШ за последние 25 лет, свидетельствующий о высокой публикационной активности по этой проблеме и ее актуальности. Анализируемые в обзоре исследования можно условно разделить на несколько групп. К первой из них мы отнесли работы, в которых авторы изучали эффективность общеклинических шкал оценки тяжести состояния больных (SAPS II, SOFA, APACHE II, SAVE) для прогнозирования риска ГЛ при КШ различной этиологии. Оценка метрик качества данных шкал показала, что они имеют более высокую прогностическую ценность у пациентов с септическим шоком и тяжелой печеночной недостаточностью, чем при КШ. Вторая группа публикаций включала исследования, в которых для прогнозирования КШ применялись шкалы, исходно предназначенные для стратификации риска ГЛ у больных ОК и оценки тяжести поражения коронарных артерий (TIMI, GRACE, SYNTAX score). Прогностические свойства этих шкал в отношении ГЛ при КШ в большинстве случаев не достигали приемлемого уровня (AUC < 0,7). Вместе с тем применение шкалы SYNTAX было полезным для определения оптимальной стратегии реваскуляризации миокарда, улучшающей прогноз у больных ИМ, осложненным КШ. Третья группа научных публикаций была представлена исследованиями, в которых изучены прогностические свойства «классических» шкал, специально разработанных для оценки риска развития и исходов КШ (ENCOURAGE, CardShock, IABP-SHOCK II). Они были разделены на две подгруппы. В первой из них эффективность прогноза КШ изучалась на когортах пациентов, которым проводилась ЭКМО или исполь-

зовались другие устройства поддержки кровообращения [45–47]. Вторая подгруппа была представлена больными, получающими только медикаментозную терапию. Анализ этих исследований показал, что шкалы, демонстрирующие хорошую точность прогноза в группе ВА-ЭКМО (ENCOURAGE), имели недостаточную предиктивную эффективность в группе больных, получавших медикаментозную терапию [15]. Необходимо также отметить, что анализируемые исследования по ВА-ЭКМО были, как правило, одноцентровыми с участием менее 150 пациентов и по критериям риска предвзятости имели его высокий уровень. В подгруппе пациентов, которые получали медикаментозную терапию и экстренное чрескожное коронарное вмешательство, оценивалась прогностическая эффективность шкал CardShock, IABP-SHOCK II, VIS score. В одной из работ (219 больных с КШ), которая соответствовала умеренному риску предвзятости, точность прогноза ГЛ по шкале CardShock была высокой (AUC 0,85), но значительно снижалась при валидации на внешних выборках (AUC 0,7–0,75) [23]. Заслуживает комментариев одноцентровое ретроспективное исследование Tehrani et al. [21], которое отличалось максимальной точностью прогноза КШ при использовании шкал IHVI и CardShock (AUC 0,97), но по данным оценки предвзятости имело ее высокий риск. Хорошее качество прогноза ГЛ при КШ, которое не подтверждалось результатами более позднего исследования, выполненного на расширенной когорте пациентов (AUC 0,65), также демонстрировала шкала VIS score (AUC 0,8679) [19]. В ряде работ приемлемый уровень прогноза КШ демонстрировала шкала IABP-SHOCK II (AUC 0,71–0,79) [25]. В четвертой группе публикаций представлены результаты исследований, в которых были разработаны авторские шкалы прогноза КШ с использованием различных наборов клинико-лабораторных и инструментальных предикторов [23–29]. По метрике AUC точность этих прогностических инструментов соответствовала приемлемому уровню (0,76–0,8), но большинство из них не были валидированы на внешних выборках, а исследования имели высокий уровень предвзятости. Единственная работа этой группы с низким риском предвзятости была выполнена в 2020 г. на данных регистра GUSTO [23]. В этом исследовании прогноз ГЛ при КШ осуществлялся среди больных ИМ, у которых для реваскуляризации миокарда использовалась фармако-инвазивная стратегия. Пятая группа исследований была связана с использованием для прогнозирования КШ методов МО, позволяющих обрабатывать большие объемы данных и извлекать новые знания, уточняющие взаимосвязи потенциальных предикторов с конечной точкой. По данным нашего обзора, в анализируемых исследованиях для построения прогностических моделей чаще всего использовались базовые методы МО на основе логистических регрессий,

преимуществом которых является прозрачность предсказательных решений, а недостатком — учет только линейных связей между предикторами и конечной точкой, что ограничивает их прогностический потенциал. Вместе с тем в последние годы для разработки прогностических моделей в клинической медицине привлекают современные МО на основе случайного леса, деревьев решений, стохастического градиентного бустинга, категориального бустинга, метода опорных векторов, искусственных нейронных сетей, ансамблей моделей и др. [8, 48]. Анализ публикаций указывает на возрастающий интерес авторов к использованию указанных технологий для оценки вероятности развития и исходов КШ. Результаты этих исследований в большинстве случаев демонстрировали хорошую прогностическую ценность разработанных моделей ($0,8 < AUC = < 0,9$), которая подтверждалась внешней валидацией. Необходимо также отметить, что к факторам, ограничивающим качество прогноза КШ, можно отнести небольшие выборки этих больных и выраженный количественный дисбаланс в группах миноритарного и мажоритарного классов. В ряде работ показано, что проблема дисбаланса может быть частично преодолена за счет создания синтетических образцов больных, аналогичных представителям миноритарного класса [49]. Важным направлением предиктивной аналитики в клинической медицине, в том числе для прогнозирования КШ, является разработка и использование новых технологий на основе объяснимого искусственного интеллекта и интерпретируемых моделей МО. К ним относят методы многоуровневой категоризации потенциальных предикторов, позволяющих верифицировать их пороговые значения, ранжирование предикторов по степени влияния на конечную точку, фенотипирование факторов риска неблагоприятных событий с выделением групп признаков, обладающих синергичным влиянием на результирующую переменную, верификация клинико-патогенетических фенотипов анализируемых патологических состояний [50]. В ряде работ показана целесообразность использования фенотипов факторов риска в качестве предикторов прогностических моделей неблагоприятных клинических событий в кардиологической практике. В анализируемых нами исследованиях для выделения фенотипов КШ чаще использовались методы кластеризации, которые, как правило, не обеспечивают полноценный отбор уникальных признаков, персонализирующих клинические особенности КШ и детализирующих его прогноз. В нашем обзоре это подтверждалось недостаточной точностью генерируемых моделями заключений, связанных с фенотипами КШ. Использование для фенотипирования таких методов МО, как деревья решений, стохастический бустинг, искусственные нейронные сети, ассоциируется с повышением эффективности прогностических решений и возможностью их клинической интерпретации.

Ограничения обзора

Настоящий обзор имеет ряд ограничений. Включенные исследования характеризуются выраженной клинической и методологической гетерогенностью (различные популяции пациентов с КШ, различные этиология, стадии шока, горизонты прогноза и типы моделей), что не позволило выполнить метаанализ и ограничивает прямую сопоставимость результатов. В большинстве работ оценка прогностической эффективности ограничивалась показателями дискриминации (AUC) при практически полном отсутствии данных о калибровке моделей, что снижает их клиническую интерпретируемость. Значительная часть исследований имела ретроспективный и одноцентровой дизайн, небольшие выборки и выраженный дисбаланс классов, что повышает риск переобучения и оптимистической оценки точности. Внешняя валидация моделей выполнялась редко, а добавочная прогностическая ценность по сравнению с базовыми клиническими предикторами, как правило, не оценивалась. Кроме того, часть включенных работ была выполнена до внедрения современных концепций КШ (стадирование по SCAI и фенотип-ориентированные подходы [51]), что накладывает определенные ограничения на использование представленных в них результатов в клинической практике.

Заключение

Результаты систематического обзора научных исследований по оценке риска ГЛ у больных КШ свиде-

тельствуют о значительной вариабельности показателей точности при использовании различных рискометрических инструментов и о необходимости совершенствования технологий прогнозирования. Инструменты прогнозирования, показавшие высокую ценность в оригинальных исследованиях, демонстрировали ее снижение при валидации на внешних выборках. Возможным вариантом увеличения точности прогнозирования ГЛ может быть применение современных методов объяснимого искусственного интеллекта и интерпретируемых моделей МО. Реализация такого подхода повышает качество персонализации рисков ГЛ и эффективность управления ими. Это в свою очередь создает условия для разработки востребованных в повседневной клинической практике специализированных информационных систем поддержки принятия решений для специалистов ОРИТ. Имплементация в структуру этих систем прогностических инструментов расширяет их возможности, что ассоциируется с повышением качества оказания медицинской помощи. К перспективным направлениям исследований по проблеме прогнозирования КШ можно отнести разработку интерпретируемых моделей МО на когортах больных с различными клиническими формами ОКС, кардиомиопатиями ишемического и неишемического генеза как на этапах, предшествующих его развитию, так и на ранних стадиях этого осложнения с учетом динамики изменений мониторируемых индикаторов функционального статуса больных и вариантов проводимой терапии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare no competing interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Этическое утверждение. Не требуется.

ORCID авторов:

Кокарев Е.А. — 0000-0002-8726-0491

Гельцер Б.И. — 0000-0002-9250-557X

Рублев В.Ю. — 0000-0001-7620-4454

Ethics approval. Not required.

Информация о финансировании. Работа выполнена в рамках проекта Минобрнауки России FZNS-2023-0010 Госзадания Дальневосточного федерального университета.

Funding source. The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (the project FZNS-2023-0010 of the State Assignment of the Far Eastern Federal University [FEFU]).

Декларация о наличии данных. Условие доступа к данным неприменимо, новые данные не генерируются.

Data Availability Statement. Data sharing not applicable, no new data generated.

Пак Р.Л. — 0009-0004-3745-5399

Домжалов И.Г. — 0000-0002-6722-2535

Шахгельдян К.И. — 0000-0002-4539-685X

Литература/References

- [1] Pop C.F., Coadă C.A., Lupu M., et al. Factors Associated with Mortality Risk in Patients with Cardiogenic Shock Post-ST-Elevation Myocardial Infarction: Insights from a Regional Centre in Northwest Romania. *Medicina*. 2025; 61(4): 725. DOI: 10.3390/medicina61040725
- [2] Wang J., Shen B., Feng X., et al. A Review of Prognosis Model Associated With Cardiogenic Shock After Acute Myocardial Infarction. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021; 8: 754303. DOI: 10.3389/fcvm.2021.7543032021
- [3] Laghlam D., Benganem S., Ortuno S., et al. Management of cardiogenic shock: a narrative review. *Annals of Intensive Care*. 2024; 14(1): 45. DOI: 10.1186/s13613-024-01260-y
- [4] Mehta A., Vavilin I., Nguyen H., et al. Contemporary approach to cardiogenic shock care: a state-of-the-art review. *Front. Cardiovasc. Med.* 2024; 11: 1354158. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1354158
- [5] Killip T. 3rd, Kimball J.T. Treatment of myocardial infarction in a coronary care unit. A two year experience with 250 patients. *Am J Cardiol.* 1967; 20(4): 457–64. DOI: 10.1016/0002-9149(67)90023-9.
- [6] Naidu S.S., Baran D.A., Jentzer J.C., et al. SCAI SHOCK Stage Classification Expert Consensus Update: A Review and Incorporation of Validation Studies. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022; 79(9): 933–46. DOI: 10.1016/j.jacc.2022.01.018
- [7] Гельцер Б.И., Рублев В.Ю., Циванюк М.М. и др. Машинное обучение в прогнозировании ближайших и отдаленных результатов реваскуляризации миокарда: систематический обзор. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26(8): 4505. [Geltser B.I., Rublev V.Yu., Tsivanyuk M.M., et al. Machine learning in predicting immediate and long-term outcomes of myocardial revascularization: a systematic review. *Russ. J. Cardiol.* 2021; 26(8): 4505. (In Russ)] DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4505
- [8] Geltser B.I., Domzhalov I.G., Shakheldyan K.I., et al. Prediction of Hospital Mortality in Patients with ST Segment Elevation Myocardial Infarction: Evolution of Risk Measurement Techniques and Assessment of Their Effectiveness (Review). *Sovrem Tekhnologii Med.* 2024; 16(4): 61–72. DOI: 10.17691/stm2024.16.4.07
- [9] Collins G.S., Reitsma J.B., Altman D.G., Moons K.G. Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis or Diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD statement. *Ann Intern Med.* 2015 Jan 6; 162(1): 55–63. DOI: 10.7326/M14-0697. Erratum in: *Ann Intern Med.* 2015 Apr 21;162(8):600. DOI: 10.7326/L15 0078 4. PMID: 25560714
- [10] Moons K.G.M., Wolff R.F., Riley R.D., et al. PROBAST: A Tool to Assess the Risk of Bias and Applicability of Prediction Model Studies. *Ann Intern Med.* 2019; 170(1): 51–8. DOI: 10.7326/M18-1376
- [11] Hasdai D., Califf R.M., Thompson T.D., et al. Predictors of cardiogenic shock after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 35(1): 136–43. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00508-2
- [12] Klein L.W., Shaw R.E., Krone R.J., et al. Mortality After Emergent Percutaneous Coronary Intervention in Cardiogenic Shock Secondary to Acute Myocardial Infarction and Usefulness of a Mortality Prediction Model. *Am. J. Cardiol.* 2005; 96(1): 35–41. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.02.040
- [13] Yang J.H., Song P.S., Song Y.B., et al. Prognostic value of admission blood glucose level in patients with and without diabetes mellitus who sustain ST segment elevation myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Crit. Care*. 2013; 17(5): R218. DOI: 10.1186/cc13035
- [14] Harjola V., Lassus J., Sionis A., et al. Clinical picture and risk prediction of short-term mortality in cardiogenic shock. *Eur. J. Heart Fail.* 2015; 17(5): 501–9. DOI: 10.1002/ehf.260
- [15] Muller G., Flecher E., Lebreton G., et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock. *Intensive Care Med.* 2016; 42(3): 370–8. DOI: 10.1007/s00134-016-4223-9
- [16] Puymirat E., Fagon J.Y., Aegerter P., et al. Cardiogenic shock in intensive care units: evolution of prevalence, patient profile, management and outcomes, 1997–2012. *Eur. J. Heart Fail.* 2017; 19(2): 192–200. DOI: 10.1002/ehf.646
- [17] Lin M.-J., Chen C.-Yu, Lin H.-D., Wu H.-P. Prognostic Analysis for Cardiogenic Shock in Patients with Acute Myocardial Infarction Receiving Percutaneous Coronary Intervention. *BioMed Res. Int.* 2017: 8530539. DOI: 10.1155/2017/8530539
- [18] Pöss J., Köster J., Fuernau G., et al. Risk Stratification for Patients in Cardiogenic Shock After Acute Myocardial Infarction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017; 69(15): 1913–20. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.02.027
- [19] Na S.J., Chung C.R., Cho Y.H., et al. Vasoactive Inotropic Score as a Predictor of Mortality in Adult Patients With Cardiogenic Shock: Medical Therapy Versus ECMO. *Rev. Esp. Cardiol. Engl. Ed.* 2019; 72(1): 40–7. DOI: 10.1016/j.rec.2018.01.003
- [20] Jentzer J.C., van Diepen S., Barsness G.W., et al. Cardiogenic Shock Classification to Predict Mortality in the Cardiac Intensive Care Unit. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019; 74(17): 2117–28. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.07.077
- [21] Tehrani B.N., Truesdell A.G., Sherwood M.W., et al. Standardized Team-Based Care for Cardiogenic Shock. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019; 73(13): 1659–69. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.12.084
- [22] Miller R.J.H., Southern D., Wilton S.B., et al. Comparative Prognostic Accuracy of Risk Prediction Models for Cardiogenic Shock. *J. Intensive Care Med.* 2020; 35(12): 1513–9. DOI: 10.1177/0885066619878125
- [23] Guedeney P., Barthélémy O., Zeitouni M., et al. Prognostic Value of SYNTAX Score in Patients With Infarct-Related Cardiogenic Shock. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2020; 13(10): 1198–1026. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.04.003
- [24] Cosentino N., Resta L.M., Somachini A., et al. ST-Segment Elevation Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock: Early Predictors of Very Long-Term Mortality. *J. Clin. Med.* 2021; 10(11): 2237. DOI: 10.3390/jcm10112237

- [25] *Rivas-Lasarte M., Sans-Roselló J., Collado-Lledó E., et al.* External validation and comparison of the CardShock and IABP-SHOCK II risk scores in real-world cardiogenic shock patients. *Eur. Heart J. Acute Cardiovasc. Care.* 2021; 10(1): 16–24. DOI: 10.1177/2048872619895230
- [26] *Hongisto M., Lassus J., Tarvasmäki T., et al.* Mortality risk prediction in elderly patients with cardiogenic shock: results from the CardShock study. *ESC Heart Fail.* 2021; 8(2): 1398–1407. DOI: 10.1002/ehf2.13224
- [27] *Semaan C., Charbonnier A., Pasco J., et al.* 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. DOI: 10.3390/jcm10050956
- [28] *Rong F., Xiang H., Qian L., et al.* Machine Learning for Prediction of Outcomes in Cardiogenic Shock. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022; 9: 849688. DOI: 10.3389/fcvm.2022.849688
- [29] *Arias F.G.-R., Alonso-Fernandez-Gatta M., Dominguez M.P., et al.* Predictive Model and Risk Score for In-Hospital Mortality in Patients with All-Cause Cardiogenic Shock: Santiago Shock Score (S3). *Int. Heart. J.* 2022; 63(6): 1034–40. DOI: 10.1536/ihj.22-303
- [30] *Yu Y., Rao J., Xu Q., et al.* Phenotyping cardiogenic shock that showed different clinical outcomes and responses to vasopressor use: a latent profile analysis from MIMIC-IV database. *Front. Med.* 2023; 10: 1186119. DOI: 10.3389/fmed.2023.1186119
- [31] *Wang L., Zhang Y., Yao R., et al.* Identification of distinct clinical phenotypes of cardiogenic shock using machine learning consensus clustering approach. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2023; 23(1): 426. DOI: 10.1186/s12872-023-03380-y
- [32] *Xu Q., Wang J., Lin Z., et al.* The glycemic gap as a prognostic indicator in cardiogenic shock: a retrospective cohort study. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2024; 24(1): 468. DOI: 10.1186/s12872-024-04138-w
- [33] *Wang S., Wang L., Du Z., et al.* Phenotyping Refractory Cardiogenic Shock Patients Receiving Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Using Machine Learning Algorithms. *Rev. Cardiovasc. Med.* 2024; 25(8): 303. DOI: 10.31083/j.rcm2508303
- [34] *Veyret S., Girard L., Puech B., et al.* The IMPACT Score: A New Score to Predict the Risk of Early Mortality in Cardiogenic Shock Patients Treated With Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2024; 38(2): 451–8. DOI: 10.1053/j.jvca.2023.11.025
- [35] *Soussi S., Ahmadiankalati M., Jentzer J., et al.* Clinical phenotypes of cardiogenic shock survivors: insights into late host responses and long-term outcomes. *ESC Heart Fail.* 2024; 11(2): 1242–8. DOI: 10.1002/ehf2.14596
- [36] *Chlabicz M., Łaguna W., Kazimierzczak R., et al.* Value of APACHE II, SOFA and CardShock scoring as predictive tools for cardiogenic shock: A single-centre pilot study. *ESC Heart Fail.* 2024; 11(6): 3584–97. DOI: 10.1002/ehf2.15020
- [37] *Hu Y., Wang L., Yang F., et al.* Prognostic implication of Vasoactive Inotropic Score in adult patients with cardiogenic shock on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *J. Thorac. Dis.* 2024; 16(2): 1097–1107. DOI: 10.21037/jtd-23-823
- [38] *Shen C., Wang S., Huo R., Huang Y.* Comparison of machine learning and nomogram to predict 30-day in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction combined with cardiogenic shock: a retrospective study based on the eICU-CRD and MIMIC-IV databases. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2025; 25(1): 197. DOI: 10.1186/s12872-025-04628-5
- [39] *Stamate E., Culea-Florescu A.-L., Miron M., et al.* AI-Based Predictive Models for Cardiogenic Shock in STEMI: Real-World Data for Early Risk Assessment and Prognostic Insights. *J. Clin. Med.* 2025; 14(11): 3698. DOI: 10.3390/jcm14113698
- [40] *Thiele H., Akin I., Sandri M., et al.* PCI Strategies in Patients with Acute Myocardial Infarction and Cardiogenic Shock. *N. Engl. J. Med.* 2017; 377(25): 2419–32.
- [41] *Lee J.M., Rhee T.-M., Hahn J.-Y., et al.* Multivessel Percutaneous Coronary Intervention in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction With Cardiogenic Shock. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 71(8): 844–56. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.028
- [42] *Baldetti L., den Uil C., Fiore G., et al.* Pulmonary artery elastance as a predictor of hospital mortality in heart failure cardiogenic shock. *ESC Heart Fail.* 2024; 11(5): 2606–15. DOI: 10.1002/ehf2.14817
- [43] *Tada K., Nagano K., Tanjoh K., Hayashi N.* Prognostic Value of Blood Glucose in Patients With Cardiogenic Shock. *Circ J.* 2006; 70: 1064–9. DOI: 10.1253/circj.70.1064
- [44] *Backhaus T., Fach A., Schmucker J., et al.* Management and predictors of outcome in unselected patients with cardiogenic shock complicating acute ST-segment elevation myocardial infarction: results from the Bremen STEMI Registry. *Clinical Research in Cardiology.* 2018; 107(5): 371–9. DOI: 10.1007/s00392-017-1192-0
- [45] *Sohail S., Fan E., Foroutan F., et al.* Predictors of Mortality in Patients Treated with Veno-Arterial ECMO for Cardiogenic Shock Complicating Acute Myocardial Infarction: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J. of Cardiovasc. Trans. Res.* 2022; 15(2): 227–38. DOI: 10.1007/s12265-021-10140-w
- [46] *Banning A., Sabaté M., Orban M., et al.* Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation or standard care in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: the multicentre, randomised EURO SHOCK trial. *EuroIntervention.* 2023; 19(6): 482–92. DOI: 10.4244/EIJ-D-23-00204
- [47] *Brunner S., Guenther S., Lackermair K., et al.* Extracorporeal Life Support in Cardiogenic Shock Complicating Acute Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2019; 73(18): 2355–67. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.02.044
- [48] *Aleman R., Patel S., Sleiman J., et al.* Cardiogenic shock and machine learning: A systematic review on prediction through clinical decision support softwares. *J Card Surg.* 2021; 36(11): 1–7. DOI: 10.1111/jocs.15934
- [49] *Шахгельдян К.И., Костерин В.В., Рублев В.Ю., Гельцер Б.И.* Сравнительный анализ методов синтеза данных в задачах прогнозирования фибрилляции предсердий и внутригоспитальной летальности у больных ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования. *Врач и информационные технологии.* 2024; 4: 28–37. [Shakhgelydyan K.I., Kosterin V.V., Rublev V.Yu., Geltser B.I. Comparative analysis of data synthesis methods in the task of predicting atrial fibrillation and in-hospital mortality in patients with coronary heart disease after coronary artery bypass grafting. *Med. Dr. Inf. Technol.* 2024; 4: 28–37. (In Russ)] DOI: 10.25881/18110193_2024_4_28

- [50] Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И., Рублев В.Ю. и др. 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. [Geltser B.I., Shakhgeldyan K.I., Rublev V.Yu., et al. 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. Russ. J. Cardiol. 2023; 28(4): 5302. (In Russ)] DOI: 10.15829/1560-4071-2023-5302
- [51] Berg D.D., Bohula E.A., Patel S.M., et al. Epidemiology of cardiogenic shock using the Shock Academic Research Consortium (SHARC) consensus definitions. European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care. 2024; 13: 709–14. <https://doi.org/10.1093/ehjacc/zuae098>