

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ АНГИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И АССОЦИИРОВАННЫХ С ВОСПАЛЕНИЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОСТРОМ КОРОНАРНОМ СИНДРОМЕ БЕЗ ПОДЪЕМА СЕГМЕНТА ST ПО ДАННЫМ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Недбаева Д. Н.¹, Валдаев А. А.², Кухарчик Г. А.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Недбаева Дарья Николаевна,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Акkuratова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 194341.
E-mail: nedbaeva_dn@almazovcentre.ru

Статья поступила в редакцию 26.10.2024
и принята к печати 17.12.2024

Резюме

Актуальность. Данные реальной клинической практики перспективны для прогнозирования, поскольку представляют весь спектр пациентов с их индивидуальными особенностями, в том числе сопутствующей патологией, что нередко не включается в клинические исследования. Применение методов машинного обучения позволяет улучшить прогностическую ценность, а наличие большого объема данных — провести кросс-валидацию и подтвердить полученные взаимосвязи. **Цель.** Выявить прогностически значимые лабораторные и ангиографические маркеры неблагоприятного течения острого коронарного синдрома без подъема сегмента ST (ОКСбпST). **Материалы и методы.** Проанализированы данные 2348 электронных медицинских карт пациентов, госпитализированных с диагнозом ОКСбпST. При анализе учитывались особенности течения заболевания, наличие факторов риска и коморбидной патологии, данные лабораторных и инструментальных исследований, в том числе коронароангиографии. Для построения прогностической модели использовали метод логистической регрессии с последующим проведением кросс-валидации. **Результаты.** При анализе выявлены ангиографические (стеноз ствола левой коронарной артерии или наличие хронической окклюзии) и лабораторные (уровень гемоглобина, MPV, количество моноцитов, индекс SH) факторы риска неблагоприятного течения ОКСбпST. Построена прогностическая модель, позволяющая определить риск летального исхода в период госпитализации и обладающая оптимальными характеристиками точности, чувствительности и специфичности. **Заключение.** Полученные в результате рутинного клинического обследования данные подтверждают значимость представленных показателей в прогнозировании госпитальной летальности у пациентов с ОКСбпST.

Ключевые слова: ангиографические предикторы, данные реальной клинической практики, лабораторные маркеры, машинное обучение, острый коронарный синдром без подъема сегмента ST, прогнозирование

Для цитирования: Недбаева Д.Н., Валдаев А.А., Кухарчик Г.А. Прогностическое значение ангиографических параметров и ассоциированных с воспалением лабораторных показателей при остром коронарном синдроме без подъема сегмента ST по данным реальной клинической практики. Трансляционная медицина. 2025; 12(2): 133-143. DOI: 10.18705/2311-4495-2025-12-2-133-143. EDN: DIJLVV

PROGNOSTIC VALUE OF ANGIOGRAPHIC AND INFLAMMATORY PARAMETERS IN NON ST-SEGMENT ELEVATION ACUTE CORONARY SYNDROME BASED ON REAL-WORLD DATA

Daria N. Nedbaeva¹, Alexey A. Valdaev², Galina A. Kukharchik¹

¹ Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Daria N. Nedbaeva,
Almazov National Medical Research Centre,
Akkuratova str., 2, Saint Petersburg, Russia,
197341.

E-mail: nedbaeva_dn@almazovcentre.ru

Received 26 October 2024; accepted
17 December 2024

Abstract

Background. The relevance of real-world data is promising for prognosis, as it represents the entire spectrum of patients with their individual characteristics, including comorbidities, which are often not included in clinical studies. The application of machine learning methods has the potential to enhance the prognostic value; the availability of a substantial amount of data allows to perform cross-validation and confirm results. **Objective.** To identify clinically relevant laboratory and angiographic markers that are associated with an unfavourable outcome in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome (NSTEMI-ACS). **Design and methods.** A total of 2348 medical records of patients diagnosed with acute coronary syndrome were analyzed. Factors evaluated included the disease course, risk factors and comorbidity, as well as laboratory and instrumental investigations. A logistic regression model was developed using a cross-validation approach. **Results.** The analysis revealed a number of risk factors for unfavourable course of NSTEMI-ACS, including angiographic factors (such as left main coronary artery stenosis or chronic coronary artery occlusion) and laboratory factors (haemoglobin level, MPV, monocyte count and SII index). A prognostic model was developed to assess the risk of in-hospital mortality, demonstrating optimal accuracy, sensitivity and specificity. **Conclusion.** The data obtained support the prognostic value of indicators derived from routine clinical examination in prediction of in-hospital mortality in patients with NSTEMI-ACS.

Key words: angiographic predictors, laboratory markers, machine learning, non-ST-segment elevation acute coronary syndrome, prediction, real world data

For citation: Nedbaeva DN, Valdaev AA, Kukharchik GA. Prognostic value of angiographic and inflammatory parameters in non ST-segment elevation acute coronary syndrome based on real-world data. Translational Medicine. 2025; 12(2): 133-143. (In Rus.) DOI: 10.18705/2311-4495-2025-12-2-133-143. EDN: DIJLVV

Список сокращений: ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, КАГ — коронароангиография, ЛКА — левая коронарная артерия, ОКСбпST — острый коронарный синдром без подъема сегмента ST, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения, ЭКГ — электрокардиограмма, ЭМК — электронная медицинская карта, MLR — отношение моноцитов к лимфоцитам, MPV — средний объем тромбоцитов, NLR — отношение нейтрофилов к лимфоцитам, PLR — отношение тромбоцитов к лимфоцитам, SHAP (Shapley Additive Explanation) — метод аддитивного объяснения Шепли, SII (Systemic immune inflammation Index) — иммуновоспалительный индекс, SIRI (Systemic Inflammation Response Index) — индекс системного воспалительного ответа.

Актуальность

У пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST (ОКСбпST) клиническая картина представлена разнообразными вариантами. У них отмечаются значительные различия по тяжести сопутствующей патологии и ангиографическим данным. Ангиографическая картина может варьировать от необструктивной (инфаркт миокарда без обструкции коронарных артерий) до многососудистого поражения, нередко требующего кардиохирургического лечения [1–2].

В исследованиях подчеркивается и важность данных клинического анализа крови для прогнозирования неблагоприятных событий. Была отдельно отмечена роль маркеров воспаления, а также гематологических индексов, характеризующих воспалительную активность, и их независимая прогностическая ценность [3–5]. Для некоторых показателей (количество лейкоцитов, ширина распределения эритроцитов, средний объем тромбоцитов) выявлена независимая прогностическая значимость в отношении неблагоприятных событий у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) [3]. В ряде исследований отмечается роль гематологических индексов, в частности нейтрофильно-лейкоцитарного, моноцитарно-лейкоцитарного, тромбоцитарно-лейкоцитарного, иммуновоспалительного и индекса системного воспалительного ответа, как дополнительных прогностических маркеров, и их ассоциация с сердечно-сосудистой смертностью, смертностью от всех причин и повторными событиями у пациентов с ИБС [4–7].

Ассоциация вышеописанных показателей с прогнозом неоднократно описана для острого коронарного синдрома с подъемом сегмента ST (ОКСпST), инфаркта миокарда (ИМ), или ОКС

в целом, без выделения подгрупп. В таких исследованиях больший вклад в прогноз может внести ОКСпST. В то же время аналогичные данные по ОКСбпST — состоянию, где менее выражены воспаление и тромбоз, менее выражены изменения в клиническом анализе крови — представлены реже. Актуальна оценка данной группы изолированно, с определением прогностической значимости лабораторных и ангиографических маркеров.

Важно отметить, что использование для прогнозирования показателей, получаемых в рутинной клинической практике, позволяет проводить анализ с применением технологий больших данных. Это особенно актуально в настоящее время, поскольку системы здравоохранения во всем мире генерируют большие объемы медицинских данных. Среди врачей растет интерес к возможностям использования этих данных в клинической практике, применению методов искусственного интеллекта, что может помочь персонализировать диагностику и лечение. Отличительной особенностью методов искусственного интеллекта является возможность автоматически получать произвольные, сложные, ориентированные на задачу (task-oriented) характеристики из данных — так называемое обучение на основе представления признаков (feature-representation learning). Модели на основе искусственного интеллекта могут выявлять нелинейные зависимости, что, в том числе, используется для сокращения большого количества переменных к меньшему набору адаптированных к задаче признаков [8–9].

На сегодняшний день продемонстрированы модели с высокой прогностической значимостью на основе больших данных. Однако такие модели включают преимущественно традиционные факторы риска. Известна модель PRAISE для оценки риска смерти от всех причин, повторного инфаркта миокарда и крупных кровотечений. Она содержит ряд показателей, таких как возраст, пол, сопутствующая патология и ИБС в анамнезе, элевация сегмента ST, фракция выброса, лекарственная терапия и ангиографические переменные (многососудистое поражение и полнота реваскуляризации). Модель была получена на основе современной когорты пациентов с ОКС (регистры BleeMACS and RENAMI, N = 19 826), которым проводилось чрескожное коронарное вмешательство по поводу ОКС. Модель PRAISE показала высокую прогностическую ценность для всех исследуемых конечных точек как в деривационной, так и во внешней валидационной когорте [10].

Отмечена и возможность улучшения стратификации риска: в исследовании, выполненном на базе крупного регистра KorMI (22 875 паци-

ентов с инфарктом миокарда, Корея), была получена прогностическая модель с использованием методов машинного обучения. Модель включает следующие признаки: возраст, пол, индекс массы тела, наличие остановки сердца до поступления, систолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений, класс Killip, КФК-МВ, глюкоза, С-реактивный белок, креатинин, липопротеины низкой плотности и элевация сегмента ST на ЭКГ. Данная модель показала большую точность в отношении госпитальной летальности и смертности в течение года после инфаркта, чем существующие шкалы риска [11].

В проведенном нами исследовании проводилась оценка дополнительных факторов риска — лабораторных и ангиографических переменных, менее представленных в клинических исследованиях, с применением методов машинного обучения.

Цель

Выявить прогностически значимые лабораторные и ангиографические маркеры неблагоприятного течения ОКСбпСТ.

Материалы и методы

Проанализированы данные 2348 электронных медицинских карт пациентов (ЭМК), госпитализированных с диагнозом ОКСбпСТ и выполненной коронароангиографией (КАГ). В анализ включены особенности течения заболевания, наличие факторов риска и коморбидной патологии, данные лабораторных и инструментальных исследований, в том числе КАГ.

Для выделения потенциальных предикторов, ассоциированных с неблагоприятным прогнозом, проведен статистический анализ 62 факторов (для непрерывных переменных использовали тест Манна-Уитни, для категориальных — χ^2). Анализ данных включал применение методов машинного обучения; разработку модели выполняли с использованием языка программирования Python. Для построения прогностической модели использовали метод логистической регрессии. В работе использованы методы кросс-валидации для оценки обобщающей способности моделей и метрики для оценки бинарной классификации.

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов с ОКСбпСТ в зависимости от госпитального исхода

Table 1. Clinical characteristics of patients with NSTEMI-ACS depending on hospital outcome

Показатель	Неблагоприятный исход (n = 172)	Благоприятный исход (n = 2176)	P
Пол (мужской)	100 (58 %)	1416 (65 %)	0,067
Возраст	73 (65; 80)	67 (60; 74)	0,0001
Сахарный диабет	53 (31 %)	575 (26 %)	0,211
Острое нарушение мозгового кровообращения	34 (20 %)	274 (13 %)	0,007
Инфаркт миокарда в анамнезе	48 (28 %)	195 (8 %)	0,0001
Фибрилляция предсердий	38 (22 %)	218 (9 %)	0,0001
Хроническая болезнь почек	33 (19 %)	249 (10 %)	0,003
Хроническая обструктивная болезнь легких	26 (15 %)	204 (9 %)	0,015
Атеросклероз брахиоцефальных артерий	40 (23 %)	540 (25 %)	0,648
Облитерирующий атеросклероз	10 (6 %)	98 (4 %)	0,430
Наличие постоянного электрокардиостимулятора	7 (4 %)	55 (2 %)	0,225
Депрессия ST на ЭКГ	3 (2 %)	70 (3 %)	0,284
Killip III–IV	99 (58 %)	55 (2,5 %)	0,0001
Фракция выброса, %	47 (35; 57)	58 (51; 63)	0,0001

Результаты

В ретроспективное исследование включено 2348 пациентов с диагнозом ОКСбпST. Из них 1516 (64 %) мужчин, 832 (36 %) женщины; 616 (26 %) пациентов с диагнозом «инфаркт миокарда», 1732 (74 %) — с диагнозом «нестабильная стенокардия». Конечная точка исследования представлена показателем госпитальной летальности. Достижение конечной точки зарегистрировано в 172 случаях. Проанализированы данные электронных медицинских карт пациентов: сопутствующие заболевания, результаты ЭКГ, эхокардиографии, коронароангиографии и стентирования коронарных артерий. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Пациенты в группе неблагоприятного исхода были старше, в структуре диагноза ОКС преобладал инфаркт миокарда, у них чаще регистрировались сердечно-сосудистые заболевания в анамнезе (перенесенный ИМ и ОНМК), сопутствующая патология (фибрилляция предсердий, хроническая болезнь почек, хроническая обструктивная болезнь легких), чаще встречались осложнения инфаркта миокарда — отек легких или кардиогенный шок ($p < 0,05$).

В таблице 2 отражена ангиографическая характеристика пациентов. В группе неблагоприятного исхода чаще регистрировались стенозы ствола левой коронарной артерии (ЛКА) и хронические окклюзии коронарных артерий, а также многососудистое поражение коронарных артерий.

Проведена оценка показателей клинического и биохимического анализов крови. Дополнительно рассчитаны гематологические индексы: отношение тромбоцитов к лимфоцитам (PLR), отношение нейтрофилов к лимфоцитам (NLR), отношение моноцитов к лимфоцитам (MLR), иммунновоспалительный индекс (SII — Systemic immune

inflammation Index, произведение концентрации тромбоцитов и соотношения нейтрофилов к лимфоцитам), индекс системного воспалительного ответа (SIRI — Systemic Inflammation Response Index, отношение произведения нейтрофилов и моноцитов к лимфоцитам). Полученные результаты представлены в таблице 3.

В группе неблагоприятного исхода отмечают более низкие значения гемоглобина: 126 (108; 141) vs 138 (126; 148), $p = 0,0001$. При этом анемия с уровнем гемоглобина менее 100 г/л зарегистрирована у 16 % пациентов в данной группе и у 4 % в группе благоприятного течения ОКС.

В группе неблагоприятного исхода выявлен более высокий уровень воспалительных маркеров — как клеточных показателей, так и гематологических индексов. Медианные значения тропонина и креатинина также были выше ($p < 0,05$).

При анализе подгрупп в зависимости от диагноза — нестабильной стенокардии или инфаркта миокарда, полученные признаки сохраняли свое прогностическое значение (за исключением MPV). Не было выявлено различий в прогностической значимости для пола и у пациентов пожилого возраста.

На основании полученных результатов построена прогностическая модель методом логистической регрессии. В модель были включены показатели с учетом их клинической значимости в комбинации, позволяющей достичь наиболее высоких значений точности модели. Нами намеренно не включались известные, традиционные факторы риска, с учетом их известной прогностической значимости. В результате мы получили модель на основании лабораторных и ангиографических данных, имеющих высокую прогностическую ценность. Включенные в модель показатели и их веса представлены в таблице 4.

Таблица 2. Ангиографическая характеристика пациентов с ОКСбпST

Table 2. Angiographic characteristics of patients with NSTEMI-ACS

Показатель	Неблагоприятный исход (n = 172)	Благоприятный исход (n = 2176)	P
Стеноз ствола ЛКА	61 (35 %)	613 (28 %)	0,042
Окклюзия	114 (66 %)	1011 (46 %)	0,0001
Наличие стеноза ствола ЛКА или окклюзии	138 (80 %)	1297 (60 %)	0,0001
Бифуркационный стеноз	38 (22 %)	428 (20 %)	0,443
Многососудистое поражение	72 (42 %)	683 (31 %)	0,006

Примечание: ЛКА — левая коронарная артерия.

Таблица 3. Лабораторные показатели у пациентов с ОКСбпСТ в зависимости от госпитального исхода

Table 3. Laboratory parameters in patients with NSTEMI-ACS depending on hospital outcome

Показатель	Неблагоприятный исход (n = 172)	Благоприятный исход (n = 2176)	P
Гемоглобин, г/л	126 (108; 141)	138 (126; 148)	0,0001
Эритроциты, 10*12/л	4,31 (3,82; 4,82)	4,61 (4,25; 4,94)	0,0001
MCV, фл	88 (85; 92)	88 (85; 91)	0,858
Гематокрит, %	38 (33; 42)	40 (37; 43)	0,0001
MCH, пг	29 (28; 31)	30 (29; 31)	0,004
MCHC, г/дл	33,2 (32,3; 34,2)	33,9 (32,9; 34,8)	0,0001
Тромбоциты, 10*9/л	215 (169; 271)	213 (179; 248)	0,683
PDW, %	16,9 (15,9; 19,10)	17,3 (15,9; 19,5)	0,293
MPV, фл	9,15 (8,20; 10,20)	8,70 (8,00; 9,50)	0,0001
PCT, %	0,20 (0,15; 0,24)	0,18 (0,16; 0,22)	0,011
Лейкоциты, 10*9/л	11,0 (8,4; 15,0)	7,9 (6,7; 9,5)	0,0001
Нейтрофилы, %	74 (66; 83)	64 (57; 70)	0,0001
Нейтрофилы, 10*9/л	8,17 (5,81; 11,0)	5,04 (3,97; 6,44)	0,0001
Лимфоциты, %	17 (8; 23)	25 (19; 31)	0,0001
Лимфоциты, 10*9/л	1,79 (1,14; 2,38)	1,92 (1,53; 2,41)	0,006
Моноциты, %	6,7 (4,7; 8,5)	7,7 (6,3; 9,0)	0,0001
Моноциты, 10*9/л	0,70 (0,52; 0,96)	0,61 (0,49; 0,76)	0,0001
Эозинофилы, %	0,80 (0,30; 1,52)	1,88 (1,10; 2,90)	0,0001
Эозинофилы, 10*9/л	0,09 (0,03; 0,18)	0,14 (0,09; 0,22)	0,0001
Базофилы, %	0,68 (0,30; 1,12)	0,60 (0,30; 1,10)	0,825
Базофилы, 10*9/л	0,07 (0,03; 0,13)	0,05 (0,03; 0,09)	0,001
NLR	4,28 (2,84; 7,00)	2,56 (1,88; 3,57)	0,0001
PLR	119 (82; 173)	109 (86; 140)	0,01
MLR	0,38 (0,25; 0,66)	0,31 (0,25; 0,41)	0,0001
SII	1005 (603; 1500)	536 (381; 802)	0,0001
SIRI	2,77 (1,65; 5,00)	1,56 (1,06; 2,32)	0,0001
PLT\MPV	23,5 (16,9; 32,2)	24,3 (19,7; 29,7)	0,193
Тропонин, нг/мл	2,05 (0,39; 2,20)	0,05 (0,01; 0,55)	0,0001
Креатинин, мкмоль/л	118 (86; 145)	86 (75; 100)	0,0001

Примечание: NLR (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio) — отношение нейтрофилов к лимфоцитам, MLR (Monocyte-to-Lymphocyte Ratio) — отношение моноцитов к лимфоцитам, PLR (Platelet-to-Lymphocyte Ratio) — отношение тромбоцитов лимфоцитам, SII (Systemic immune inflammation Index) — иммунновоспалительный индекс, SIRI (Systemic Inflammation Response Index) — индекс системного воспалительного ответа.

Таблица 4. Показатели, включенные в прогностическую модель

Table 4. Indicators included to the predictive model

Показатель	Вес прогностической модели
SII	0,223
Моноциты (абс. значения)	0,107
Стеноз ствола ЛКА или наличие хронической окклюзии	0,084
MPV	0,079
Уровень гемоглобина	-0,130

Примечание: SII (Systemic immune inflammation Index) — иммуновоспалительный индекс.

```

Classification report for Logistic Regression:\n
              precision    recall  f1-score   support

    0.0         0.97      0.79      0.87         436
    1.0         0.21      0.71      0.32          34

 accuracy         0.78         470
 macro avg         0.59      0.75      0.59         470
 weighted avg         0.92      0.78      0.83         470
  
```

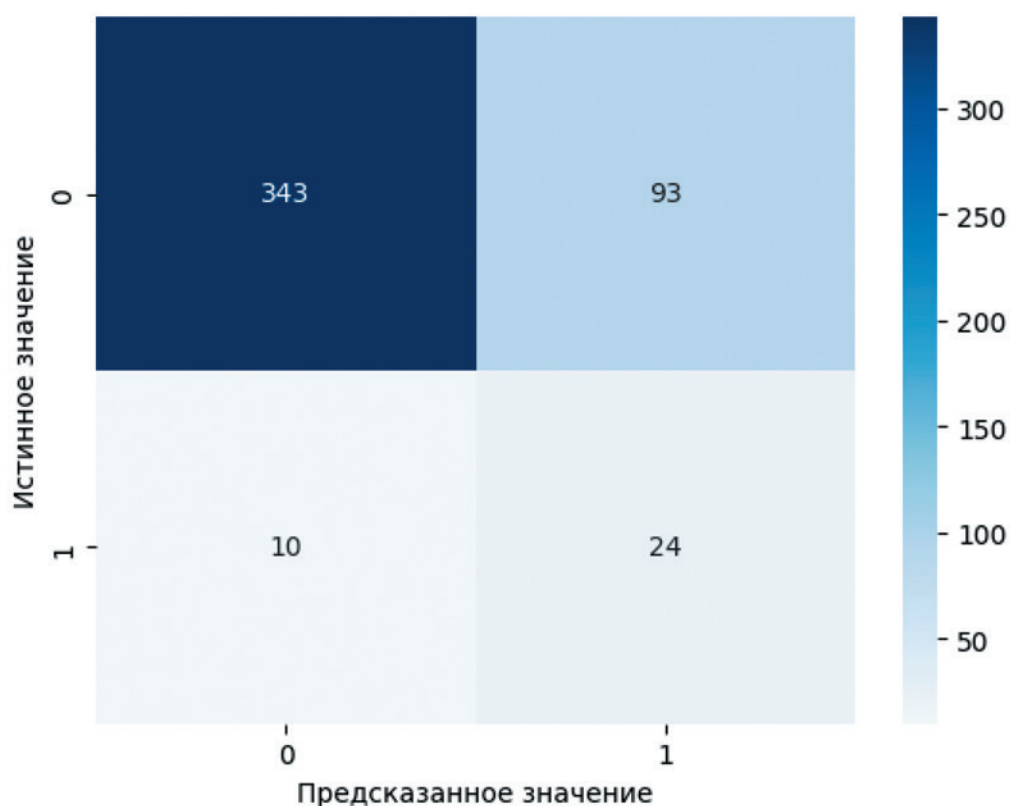


Рис. 1. Матрица ошибок для прогностической модели госпитальной летальности (логистическая регрессия)

Figure 1. Confusion matrix for the predictive model for in-hospital mortality (logistic regression)

В работе использованы методы машинного обучения, проведена кросс-валидация. На рисунке 1 представлена матрица ошибок, полученная в результате кросс-валидации.

Модель логистической регрессии имеет следующие характеристики: чувствительность — 71 %, специфичность — 79 %, точность — 78 %.

С помощью метода аддитивного объяснения Шепли (Shapley Additive Explanation — SHAP) визуализированы показатели, имеющие наибольшее прогностическое значение, и их вклад в выходные данные модели.

Таким образом, при анализе выявлены основные факторы риска неблагоприятного течения ОКСбпST и построена прогностическая модель, позволяющая определить риск летального исхода в период госпитализации и обладающая оптимальными характеристиками точности, чувствительности и специфичности. Представленные данные подтверждают значимость показателей, полученных в ходе рутинного клинического анализа крови и коронароангиографии, в прогнозировании госпитальной летальности у пациентов с ОКСбпST.

Обсуждение

Наше исследование, как и проведенные ранее, показало прогностическую ценность показателей рутинного клинического анализа крови. Анемия является известным прогностически неблагоприятным фактором, и, несмотря на то, что медианы уровня гемоглобина находятся в референсных

значениях, нижний квартиль в группе летального исхода соответствует критериям анемии 126 (108; 141) vs 138 (126; 148).

Перспективным направлением является изучение связи воспалительных показателей с неблагоприятным прогнозом, в том числе — расчет гематологических индексов на основании показателей клинического анализа крови. Полученные нами данные сопоставимы с результатами более ранних исследований. По результатам метаанализа показана ассоциация нейтрофильно-лимфоцитарного соотношения с внутрибольничной и долгосрочной летальностью, а также и повторными сердечно-сосудистыми событиями у пациентов с ОКС с подъемом и без подъема сегмента ST [5]. Другим воспалительным индексом является отношение лимфоцитов к моноцитам. В ретроспективном когортном анализе показано, что низкие значения данного индекса ассоциированы с более высокой летальностью у пациентов с инфарктом миокарда в течение года [12]. Несколько исследований демонстрируют связь тромбоцитарно-лимфоцитарного индекса с неблагоприятным прогнозом относительно пятилетней выживаемости пациентов с ОКС. Отмечено, что высокое количество тромбоцитов в сочетании с более низким количеством лимфоцитов ассоциируется с неблагоприятными исходами [4, 6, 12].

На сегодняшний день перспективными являются и более новые, комплексные гематологические индексы: иммуновоспалительный индекс (SII) и индекс системного воспалительного ответа

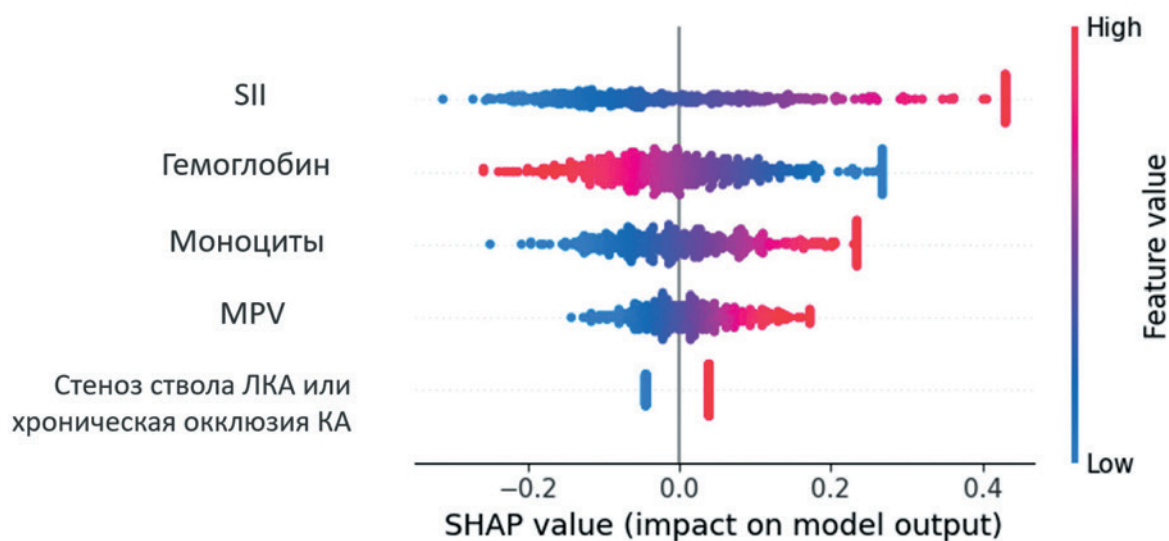


Рис. 2. Показатели, имеющие прогностическое значение для госпитальной летальности у пациентов с ОКСбпST

Figure 2. Indicators with prognostic value for in-hospital mortality in patients with NSTEMI-ACS

(SIRI). В своей структуре они объединяют показатели воспаления и тромбоза, демонстрируя их связь с сердечно-сосудистой и общей смертностью у пациентов с ИБС [7].

Важно отметить значимость для прогноза данных индексов именно в группе ОКСбпST, недостаточно представленной в более ранних исследованиях. Более того, прогностическая ценность лабораторных маркеров сохранялась и у пациентов низкого риска, в группе нестабильной стенокардии, что говорит о наличии различных патогенетических механизмов, помимо связи данных изменений с объемом поражения миокарда при ИМ.

У пациентов с неблагоприятным прогнозом, помимо изменений лабораторных маркеров, чаще регистрировались сопутствующие заболевания, отмечалась более низкая фракция выброса. Ангиографическая картина также была различной. Ряд показателей КАГ ассоциировался с неблагоприятным течением ОКС — наличие стеноза ствола ЛКА или хронической окклюзии коронарной артерии, а также многососудистого поражения было предиктором госпитальной летальности. Схожие результаты получены в исследовании Неверовой Ю. Н. и соавторов: факторами, увеличивающими вероятность неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, являются поражение ствола левой коронарной артерии, высокие значения по шкалам SYNTAX Score и EuroScore II, а также выбранная стратегия реваскуляризации. Кроме этого, было показано, что промежуточный и низкий риск по шкале GRACE у пациентов с ОКСбпST в случае многососудистого поражения коронарных артерий является неблагоприятным фактором, так как ассоциирован с задержками реваскуляризации в отсутствие высокого риска [13].

В настоящем исследовании были определены наиболее значимые факторы для прогноза, что отражено в полученной прогностической модели и схематически представлено с помощью графика SHAP. При этом в модель намеренно не были включены традиционные факторы риска в силу их известной прогностической ценности. Таким образом, исследование подтвердило возможность применения данных клинического анализа крови в сочетании с ангиографическими параметрами для прогнозирования госпитальной летальности при ОКСбпST.

Несомненным преимуществом является использование показателей, определяемых рутинно, что, с одной стороны, позволяет применить данные реальной клинической практики, привлекая в качестве источника данные ЭМК, а с другой — упрощает применение шкалы в клинической практике. В литературе подчеркивается существование

ряда особенностей, которые необходимо учитывать при работе с данными реальной клинической практики: релевантность данных, необходимый объем данных и их разнообразие. Набор данных должен соответствовать категории пациентов, для которых предполагается использовать полученную прогностическую модель, чтобы снизить риск возникновения систематической ошибки [8]. Набор данных также характеризуется наличием определенной структуры, отсутствием грубых неточностей, наличием дополнительной информации и сопроводительной документации [14].

Таким образом, первым этапом разработки прогностической модели является формирование датасета и очистка данных. В этом случае одной из основных особенностей стала работа с текстовыми данными, проводилось извлечение отдельных признаков из текстовых полей электронных медицинских карт с формированием таблиц, пригодных для дальнейшего статистического анализа. Вместе с тем, использование в качестве источника данных медицинской информационной системы с большим количеством неструктурированных текстовых полей явилось определенным ограничением по количеству полученных признаков, пригодных для дальнейшего анализа. В то же время выделенные признаки имели высокую прогностическую ценность, что подтверждалось при проведении кросс-валидации. Таким образом, перспективны дальнейшие исследования в предлагаемой области с использованием более комплексных и точных методов машинного обучения, в том числе на этапе подготовки данных. Ограничением исследования является и его одноцентровой ретроспективный характер. Дальнейшие направления работы могут включать оценку значимости данных факторов в отдаленном периоде, а также их прогностической ценности в отношении повторных сердечно-сосудистых событий.

Заключение

Данные реальной клинической практики перспективны для прогнозирования, поскольку представляют весь спектр пациентов с их индивидуальными особенностями, в том числе сопутствующей патологией, что нередко не включается в клинические исследования. Применение методов машинного обучения позволяет улучшить прогностическую ценность, а наличие большого объема данных — провести кросс-валидацию и подтвердить полученные взаимосвязи.

При анализе выявлены ангиографические и лабораторные факторы риска неблагоприятного течения ОКСбпST и построена прогностическая модель, позволяющая определить риск летально-

го исхода в период госпитализации и обладающая оптимальными характеристиками точности, чувствительности и специфичности. Полученные в результате рутинного клинического обследования данные подтверждают значимость представленных показателей в прогнозировании госпитальной летальности у пациентов с ОКСбпST.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest

Список литературы /References

1. Demandt JPA, Zelis JM, Koks A, et al. Prehospital risk assessment in patients suspected of non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2022;12(4):e057305. DOI:10.1136/bmjopen-2021-057305.
2. Riehle L, Maier B, Behrens S, et al. Changes in treatment for NSTEMI in women and the elderly over the past 16 years in a large real-world population. *Int J Cardiol*. 2020;316:7–12. DOI:10.1016/j.ijcard.2020.04.021.
3. Tsivanyuk MM, Geltser BI, Shakhgelyan KI, et al. Parameters of complete blood count, lipid profile and their ratios in predicting obstructive coronary artery disease in patients with non-ST elevation acute coronary syndrome. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(8):5079. In Russian [Циванюк М.М., Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И. и др. Показатели клинического анализа крови, липидного спектра и их соотношений в прогнозировании обструктивного поражения коронарных артерий у больных с острым коронарным синдромом без подъема ST. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(8):5079]. DOI:10.15829/1560-4071-2022-5079.
4. Chaulin AM, Grigorieva YuV, Pavlova TV, Duplyakov DV. Diagnostic significance of complete blood count in cardiovascular patients; Samara State Medical University. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(12):3923. In Russian [Чаулин А.М., Григорьева Ю.В., Павлова Т.В., Дупляков Д.В. Диагностическая ценность клинического анализа крови при сердечно-сосудистых заболеваниях. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(12):3923]. DOI:10.15829/1560-4071-2020-3923.
5. Dentali F, Nigro O, Squizzato A, et al. Impact of neutrophils to lymphocytes ratio on major clinical outcomes in patients with acute coronary syndromes: A systematic review and meta-analysis of the literature. *Int J Cardiol*. 2018;266:31–37. DOI:10.1016/j.ijcard.2018.02.116.
6. Oylumlu M, Oylumlu M, Arslan B, et al. Platelet-to-lymphocyte ratio is a predictor of long-term mortality in patients with acute coronary syndrome. *Advances in Interventional Cardiology/Postępy w Kardiologii Interwencyjnej*. 2020;16(2):170–176. DOI: 10.5114/AIC.2020.95859.
7. Xia Y, Xia C, Wu L, et al. Systemic Immune Inflammation Index (SII), System Inflammation Response Index (SIRI) and Risk of All-Cause Mortality and Cardiovascular Mortality: A 20-Year Follow-Up Cohort Study of 42,875 US Adults. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(3):1128. DOI:10.3390/jcm1203112.
8. Hassan N, Slight R, Morgan G, et al. Road map for clinicians to develop and evaluate AI predictive models to inform clinical decision-making. *BMJ Health Care Inform*. 2023;30(1):e100784. DOI:10.1136/bmjhci-2023-100784.
9. Hunter DJ, Holmes C. Where Medical Statistics Meets Artificial Intelligence. *N Engl J Med*. 2023;389(13):1211–1219. DOI:10.1056/NEJMra2212850.
10. D'Ascenzo F, De Filippo O, Gallone G, et al. 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. DOI:10.1016/S0140-6736(20)32519-8.
11. Kwon JM, Jeon KH, Kim HM, et al. Deep-learning-based risk stratification for mortality of patients with acute myocardial infarction. *PLoS One*. 2019;14(10):e0224502. Published 2019 Oct 31. DOI:10.1371/journal.pone.0224502.
12. Zhao Y, Hao C, Bo X, et al. The prognostic value of admission lymphocyte-to-monocyte ratio in critically ill patients with acute myocardial infarction. *BMC Cardiovasc Disord*. 2022;22:308. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02745-z>
13. Neverova YuN, Tarasov RS, Nagirnyak OA. Main predictors of in-hospital adverse outcomes in non-ST elevation acute coronary syndrome patients with multivessel disease. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2018;17(4):19–25. In Russian [Неверова Ю.Н., Тарасов Р.С., Нагирняк О.А. Основные предикторы госпитальных неблагоприятных исходов у пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST при многососудистом поражении коронарного русла. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2018;17(4):19–25]. DOI:10.15829/1728-8800-2018-4-19-25.
14. Pavlov NA, Andreychenko AE, Vladzymysky AV, et al. Reference medical datasets (MosMedData) for independent external evaluation of algorithms based on artificial intelligence in diagnostics. *Digital Diagnostics*. 2021;2(1):49–65. In Russian [Павлов Н.А., Андрейченко А.Е., Владзимирский А.В. и др. Эталонные медицинские датасеты (MosMedData) для независимой внешней оценки алгоритмов на основе искусственного интеллекта в диагностике. *Digital Diagnostics*. 2021;2(1):49–66]. DOI:10.17816/DD60635.

Информация об авторах:

Недбаева Дарья Николаевна, специалист отдела мониторинга специализированных региональных программ службы по развитию регионального здраво-

охранения Управления по реализации федеральных проектов ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Валдаев Алексей Александрович, аспирант кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ «ЛЭТИ»;

Кухарчик Галина Александровна, д.м.н., профессор кафедры факультетской терапии с клиникой ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Authors information:

Daria N. Nedbaeva, Specialist of the Department for Monitoring Specialised Regional Programmes of the Regional Health Care Development Service of the Federal Projects Implementation Department, Almazov National Medical Research Centre;

Alexey A. Valdaev, postgraduate student of the Department of Computer Science, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI";

Galina A. Kukharchik, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Faculty Therapy Department, Almazov National Medical Research Centre.