

УДК 616-089

DOI 10.17802/2306-1278-2026-15-3-223-245

## КОНЦЕПЦИЯ ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО КАРДИАЛЬНОГО РИСКА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Р.В. Вейлер, Н.В. Трембач, С.В. Григорьев, И.Б. Заболотских

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. им. Митрофана Седина, 4, Краснодар, Российская Федерация, 350063

### Основные положения

- В обзоре впервые предложена интегративная концептуальная модель высокого периоперационного кардиального риска, объединяющая три ключевых блока: риск операции, уязвимость пациента и динамический контроль, что позволяет системно подойти к стратификации пациентов перед некардиальными операциями.
- Продемонстрирован критический разрыв между высокой прогностической точностью современных моделей машинного обучения (AUROC > 0,90) и отсутствием их клинической валидации в реальной практике, особенно в отечественной популяции, что определяет необходимость разработки национального калькулятора риска.
- Впервые в отечественной литературе детально проанализирована роль MINS (повреждения миокарда после некардиальных операций) как основного драйвера послеоперационной летальности (вклад 3,9% в общую летальность) и обоснован переход от реактивного к превентивному управлению периоперационным кардиальным риском на основе рутинного мониторинга высокочувствительных тропонинов и натрийуретических пептидов.

### Резюме

Данный обзор посвящен современным подходам к оценке и управлению периоперационным кардиальным риском у пациентов, переносящих некардиальные хирургические вмешательства. Актуальность темы обусловлена высокой частотой серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (MACE), являющихся ведущей причиной периоперационной летальности. В работе проанализирована эволюция парадигмы от вопроса «можно ли оперировать?» к стратегии «как улучшить исход?», что включает предоперационную оптимизацию, активный мониторинг и мультидисциплинарный подход. На основе поиска литературы рассмотрены эпидемиология и ключевые факторы риска, детализированы классификации и определения осложнений (MACE, повреждение миокарда после некардиальных операций (MINS), интраоперационные критические инциденты). Особое внимание уделено роли биомаркеров (NT-proBNP/BNP для прогнозирования, высокочувствительный тропонин для диагностики MINS) и гемодинамического контроля в стратификации риска и раннем выявлении повреждения миокарда. Проведен сравнительный анализ прогностических инструментов: от традиционных клинических шкал (индекс Lee, NSQIP) до современных моделей машинного обучения, демонстрирующих высокую точность. Отмечены проблемы валидации, клинической интерпретируемости и интеграции этих инструментов в рутинную практику. Обобщены современные рекомендации по минимизации риска, основанные на поэтапной персонализированной оценке, оптимизации состояния пациента и активном послеоперационном наблюдении. Делается вывод о необходимости разработки интегративных, прозрачных и клинически применимых алгоритмов, сочетающих данные шкал, биомаркеров и динамического мониторинга для перехода от реактивного к превентивному управлению периоперационным кардиальным риском.

### Ключевые слова

Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события • Периоперационный кардиальный риск • Повреждение миокарда после некардиальных операций • Биомаркеры • Оценка риска • Факторы риска • Критический инцидент

Поступила в редакцию: 25.02.2026; поступила после доработки: 30.03.2026; принята к печати: 08.04.2026

Для корреспонденции: Игорь Борисович Заболотских, [pobeda\\_zib@mail.ru](mailto:pobeda_zib@mail.ru); адрес: ул. имени Митрофана Седина, 4, Краснодар, Российская Федерация, 350063

Corresponding author: Igor B. Zabolotskikh, [pobeda\\_zib@mail.ru](mailto:pobeda_zib@mail.ru); address: 4, Mitrofan Sedin St., Krasnodar, Russian Federation, 350063

## THE CONCEPT OF PERIOPERATIVE CARDIAC RISK: LITERATURE REVIEW

R.V. Veyler, N.V. Trembach, S.V. Grigoryev, I.B. Zabolotskikh

Kuban State Medical University, Mitrofan Sedin St., 4, Krasnodar, Russian Federation, 350063

### Highlights

- This review introduces for the first time an integrative conceptual model of high perioperative cardiac risk, combining three key components: surgical risk, patient vulnerability, and dynamic monitoring, enabling a systematic approach to patient stratification prior to noncardiac surgery.
- It demonstrates a critical gap between the high predictive accuracy of modern machine learning models (AUROC > 0.90) and the lack of their clinical validation in real-world practice, particularly in the Russian population, highlighting the need for a national risk calculator.
- For the first time in Russian literature, the role of MINS (myocardial injury after noncardiac surgery) as a major driver of postoperative mortality (contributing 3.9% to overall mortality) is analyzed in detail, justifying the shift from reactive to preventive perioperative cardiac risk management based on routine monitoring of high-sensitivity troponins and natriuretic peptides.

### Abstract

This review focuses on contemporary approaches to the assessment and management of perioperative cardiac risk in patients undergoing non-cardiac surgery. The topic's relevance stems from the high frequency of major adverse cardiovascular events (MACE), a leading cause of perioperative mortality. The work analyzes the paradigm shift from the question “is surgery feasible?” to the strategy “how to improve outcomes?” which includes pre-operative optimization (prehabilitation), active monitoring, and a multidisciplinary approach. Based on a literature search, the epidemiology and key risk factors are reviewed, with detailed classifications and definitions of complications (MACE, myocardial injury after noncardiac surgery (MINS), intraoperative critical incidents). Particular attention is paid to the role of biomarkers (NT-proBNP/BNP for prediction, high-sensitivity troponin for diagnosing MINS) and hemodynamic control in risk stratification and early detection of myocardial injury. A comparative analysis of prognostic tools is conducted: from traditional clinical scales (Lee index, NSQIP) to modern machine learning models demonstrating high accuracy. Problems with validation, clinical interpretability, and the integration of these tools into routine practice are noted. Contemporary recommendations for risk minimization, based on staged personalized assessment, patient optimization, and active postoperative monitoring, are summarized. The conclusion emphasizes the need to develop integrative, transparent, and clinically applicable algorithms that combine data from scales, biomarkers, and dynamic monitoring to transition from reactive to preventive management of perioperative cardiac risk.

### Keywords

Major Adverse Cardiac Events • Perioperative cardiac risk • Myocardial Injury after Noncardiac Surgery • Biomarkers • Risk assessment • Risk factors • Critical incident

*Received: 25.02.2026; received in revised form: 30.03.2026; accepted: 08.04.2026*

### Список сокращений

|      |  |      |   |
|------|--|------|---|
| АД   | – артериальное давление                      | ЧСС  | – частота сердечных сокращений                          |
| КИ   | – критический инцидент                       | ЭКГ  | – электрокардиограмма                                   |
| ОИМ  | – острый инфаркт миокарда                    | MACE | – серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события |
| ОРИТ | – отделение реанимации и интенсивной терапии | MINS | – повреждение миокарда после некардиальных операций     |
| ТЭЛА | – тромбоэмболия легочной артерии             |      |   |

### Введение

Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события (MACE) являются ведущей причиной периоперационной летальности, наблюдаясь примерно у 5% пациентов после плановых некардиальных операций [1]. Во всем мире ежегодно выпол-

няется более 200 миллионов таких вмешательств, при этом значительная часть всех периоперационных смертей обусловлены сердечными осложнениями [2]. Распространенность сердечно-сосудистых факторов риска среди хирургических пациентов высока: например, атеросклеротические заболева-

ния встречаются почти у 25% лиц старше 45 лет [3]. Особую проблему представляет повреждение миокарда после некардиальных операций (MINS), которое, будучи часто бессимптомным, выявляется по повышению тропонина у 20% пациентов и ассоциировано с существенным ростом смертности [4, 5].

Актуальность пересмотра концепции периоперационного кардиального риска обусловлена несколькими современными тенденциями: старением хирургической популяции и ростом частоты полиморбидности; признанием новых значимых исходов, таких как MINS и послеоперационная фибрилляция предсердий; широким внедрением малоинвазивных хирургических методик, меняющих профиль операционного стресса; появлением высокоточных диагностических биомаркеров (высокочувствительный тропонин, NT-proBNP/BNP); сменой парадигмы с вопроса «можно ли оперировать?» на стратегию «как улучшить исход?», включающую предоперационную оптимизацию (prehabilitation), мультидисциплинарный подход и активный мониторинг.

Несмотря на обилие инструментов оценки риска – от традиционных клинических шкал (индекс Lee, NSQIP) до современных моделей машинного обучения (ML) – сохраняется критический разрыв между их наличием и эффективной интеграцией в клиническую практику. Отсутствие единых, клинически ориентированных определений ключевых исходов (MACE, MINS) и консенсусных алгоритмов, комбинирующих данные шкал, биомаркеров и ML-моделей, затрудняет сравнение исследований и выбор оптимальной тактики для конкретного пациента.

**Цели обзора** – обосновать концепцию периоперационного кардиального риска на основе анализа современных подходов к определениям и классификации неблагоприятных исходов и их прогнозированию.

## Материалы и методы

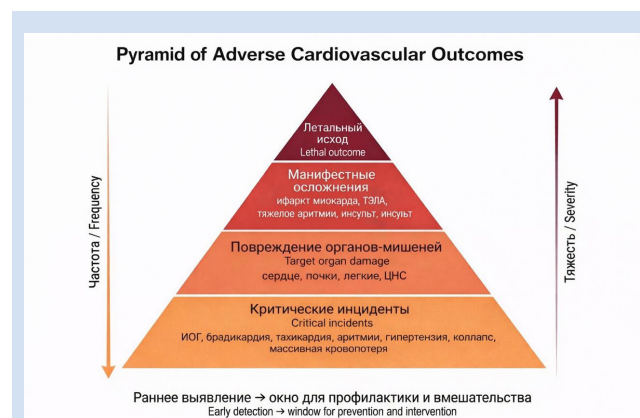
Данный обзор является нарративным с элементами систематического поиска литературы для повышения воспроизводимости и качества анализа. Формальная оценка риска систематической ошибки и количественный синтез данных не проводились. Концептуальной основой настоящего обзора послужил нарративный обзор И.Б. Заболотских (2024), в котором предложена системная модель описания периоперационного риска; его логика изложения и структурный подход были использованы при формировании архитектуры данного обзора [6].

Этапы отбора литературы согласно PRISMA 2020 были следующими: 1) идентификация (поиск релевантных источников в электронных базах данных, по ключевым словам); 2) отбор и скрининг (исключение дубликатов и нерелевантных работ на основании заголовков и типов публикаций); 3)

оценка пригодности (изучение полных текстов отобранных статей на предмет соответствия критериям включения); 4) включение (включение наиболее значимых и качественных источников). Поиск литературы проводился в базах данных PubMed, Embase, Lens.org и РИНЦ за период с 2010 по 30 ноября 2025 г. Использовались ключевые слова и их комбинации: «периоперационный», «некардиальная хирургия», «сердечно-сосудистый риск», «MACE», «MINS». Включению подлежали систематические обзоры, метаанализы, клинические рекомендации, оригинальные исследования (включая рандомизированные контролируемые испытания) и обзорные статьи на русском и английском языках, имеющие DOI и цитирование. Исключались описания клинических случаев, диссертации, статьи без полнотекстового доступа. Всего было идентифицировано 158 источников литературы, после удаления дублей и первичного скрининга исключено 68 источников, в итоговый качественный анализ включено 90 работ.

## Неблагоприятные периоперационные исходы: определения и классификация

Концепция «пирамиды неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов» отражает последовательное развитие сердечно-сосудистых осложнений в периоперационном периоде – от ранних функциональных нарушений до летального исхода (рис. 1). В основании пирамиды находятся критические инциденты (КИ) – эпизоды ишемии, аритмии или кратковременные гемодинамические нарушения, которые в изолированном виде могут не приводить к необратимому повреждению миокарда, однако при достаточной тяжести и/или продолжительности способны непосредственно вызывать миокардиальное повреждение, а при любом варианте течения сигнализируют о высоком риске перехода к бо-



**Рисунок 1.** Пирамида неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов

**Примечание:** IOH – интраоперационная гипотензия; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии; ЦНС – центральная нервная система.

**Figure 1.** Pyramid of Adverse cardiovascular outcomes  
**Note:** CNS – central nervous system; IOH – intraoperative hypotension; PE – pulmonary embolism.

лее тяжёлым осложнениям. Выше располагаются осложнения, включая инфаркт миокарда, сердечную недостаточность и тромбоэмболические события, требующие активного лечения. На вершине пирамиды находится летальный исход – наименее частый, но наиболее тяжёлый исход, являющийся следствием несвоевременной диагностики и коррекции предшествующих нарушений. Таким образом, данная модель подчёркивает важность раннего выявления и профилактики сердечно-сосудистых инцидентов, поскольку предотвращение событий на нижних уровнях пирамиды напрямую снижает риск тяжёлых осложнений и летальности.

**Критический инцидент (КИ)** во время анестезии определяется как нежелательная и предотвратимая ошибка, которая приводит или могла бы привести к негативному исходу для пациента [7].

Bielka K. и соавт. предлагают классифицировать кардиоваскулярные КИ следующим образом: гипотензия (систолическое артериальное давление (АД) – < 70 мм рт. ст.), брадикардия (частота сердечных сокращений (ЧСС) – < 40 уд./мин), тахикардия (ЧСС – > 140 уд./мин), тахиаритмия, артериальная гипертензия (систолическое АД – > 200 мм рт. ст.), кардиогенный отек легких, острая ишемия миокарда, остановка сердца, гемолитическая реакция при переливании крови, массивное кровотечение объемом > 1 000 мл, воздушная эмболия, коллапс [8].

По данным немногочисленных аудитов, наиболее частыми КИ были: гипотензия (14,9 %), тахикардия (6,4 %), брадикардия (11,7 %), гипертензия (5,3 %), коллапс (3,2 %), массивная кровопотеря (17 %) [8]. КИ чаще всего происходили во время индукции анестезии (39,3%), за которой следовала поддерживающая фаза (35,1%), фаза пробуждения (14,8%) и в отделении послеоперационной помощи (8,4%).

**Артериальная гипотензия** во время операции, которая обозначается, как интраоперационная гипотензия, связана с повышенным риском неблагоприятных исходов после обширных некардиальных операций, в первую очередь сердечно-сосудистых осложнений, острого повреждения почек, неврологических осложнений и смертности [9].

Несмотря на то, что не существует общепринятого определения клинически значимой артериальной гипотензии, в клинической практике для начала лечения обычно рекомендуется пороговое значение СрАД от 60 до 70 мм рт. ст. [10, 11]. Как тяжесть, так и продолжительность интраоперационной гипотензии, по-видимому, имеют прогностическое значение [12].

**Артериальная гипертензия** (интраоперационная гипертензия) во время анестезии является распространенным явлением и имеет множество причин. У пациентов с нормальным АД основной причиной интраоперационной гипертензией явля-

ется повышенная симпатическая реакция, которая часто вызывается периоперационными стрессовыми факторами, такими как страх, боль, ларингоскопия и интубация трахеи, неадекватная анестезия, гиперкапния и гипоксия. На АД пациентов с предшествующей артериальной гипертензией аналогичным образом влияют периоперационные стрессорные факторы. По данным литературы, в случае тяжелой интраоперационной гипертензии или если она не поддается лечению, это приводит к увеличению заболеваемости и смертности [13].

**Брадикардия** – это клиническое явление, которое имеет широкий спектр причин, может возникать непредсказуемо и требует немедленного распознавания. Брадикардия может быть доброкачественной или сопровождаться снижением сердечного выброса и тяжелой артериальной гипотензией, требующей быстрого реагирования и агрессивного лечения. Интраоперационная брадикардия может свидетельствовать о сердечно-сосудистом стрессе и может увеличить риск 30-дневной послеоперационной смертности и инсульта у пациента [14]. Распространенные причины интраоперационной брадикардии включают блокаду симпатического тонуса нейроаксиальной анестезией или лекарственными препаратами, ваготонические препараты или физическую стимуляцию, повышающую активность блуждающего нерва, как это происходит во время лапароскопии. Пожилой возраст связан с снижением чувствительности барорефлекса, а это означает, что пациентам требуется более сильный стимул для полной активации адренергической вазоконстрикции. Таким образом, у пожилых пациентов снижение чувствительности барорефлекса приводит к более выраженной неспособности компенсировать вазодилатацию, что усугубляет артериальную гипотензию при возникновении брадикардии и замедляет восстановление гемодинамики.

**Интраоперационная тахикардия и нарушение ритма.** Коронарный кровоток и, следовательно, перфузия миокарда происходят только во время диастолы, которая укорачивается при увеличении ЧСС. Кроме того, тахикардия сама по себе увеличивает потребность миокарда в кислороде [15]. Таким образом, тахикардия существенно ухудшает насыщение тканей миокарда кислородом за счет двух механизмов.

**Интраоперационная остановка сердца** отличается от других видов остановки сердца в стационаре тем, что ее часто наблюдают. Низкий физический статус ASA (3–5 баллов) является важным предиктором интраоперационных осложнений и связанных с анестезией остановок сердца [16]. Неконтролируемое кровотечение возникает примерно у 40–60% пациентов с интраоперационной остановкой сердца и смертельным исходом, связанным

с травмой. Как показали другие исследования, экстренная операция также является важным предиктором интраоперационной остановки сердца [17].

Классификация тяжести интраоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий представлена в табл. 1.

**Послеоперационная гипотензия** часто наблюдаемое состояние [19]. Она увеличивает риск смертности, повреждения миокарда и почек после больших абдоминальных операций [20], а также делирия [21]. Это состояние ассоциировано с ухудшением исходов хирургических пациентов и является одним из значимых модифицируемых факторов послеоперационной летальности. По мере увеличения возраста хирургической популяции и увеличения распространенности сопутствующих заболеваний повышается риск развития послеоперационной гипотензии.

**Послеоперационная гипертензия** является распространенным осложнением у пациентов в период пробуждения от наркоза. Она определяется как повышение систолического АД более чем на 20% от исходного АД или диастолического АД более чем

на 110 мм рт.ст. во время восстановления после анестезии. Ее развитие у пациента в период восстановления после общей анестезии может привести к серьезным послеоперационным нежелательным явлениям, увеличивающим периоперационный риск. К основным опасностям относятся: увеличение потребления кислорода миокардом, приводящее к ишемии миокарда, аритмии и даже инфаркту миокарда; послеоперационное кровотечение в месте операции, несостоятельность анастомоза, локальная гематома; индуцированный спазм сосудов головного мозга, тромбоз или разрыв сосудов головного мозга, кровоизлияние, инсульт [22]. Возраст является одним из главных факторов риска.

**Послеоперационная тахикардия и нарушение ритма сердца** определяется как ЧСС выше 90 ударов в минуту. Тахикардия является частым симптомом после абдоминальных операций и не может быть использована изолированно для выявления неблагоприятных последствий операции. Тем не менее, высокая клиническая предосторожность у пациентов с большими абдоминальными операциями и устойчивой тахикардией в послеопераци-

**Таблица 1.** Шкала тяжести интраоперационных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в абдоминальной хирургии ClassIntra  
Table 1. ClassIntra Abdominal Surgery Adverse Cardiovascular Events Severity Scale

| Класс / Grade         | Определение / Definition   | Примеры / Examples  |
|-----------------------|--|---|
| Класс 0 / Grade 0     | Нет отклонений от протокола операции / No deviation from the ideal intraoperative course   |   |
| Класс I / Grade I     | Любое отклонение от протокола операции:<br>• без необходимости дополнительного лечения или вмешательства;<br>• пациент без симптомов или с легкими симптомами / Any deviation from the ideal intraoperative course:<br>• Without the need for any additional treatment or intervention<br>• Patient with no or mild symptoms   | Аритмия без значимых последствий / Arrhythmia (eg, extrasystoles) without relevance   |
| Класс II / Grade II   | Любое отклонение от протокола операции:<br>• необходимость в незначительном лечении или вмешательстве;<br>• пациент с умеренными симптомами, не угрожающими жизни / Any deviation from the ideal intraoperative course:<br>• With the need for any additional minor treatment or intervention<br>• Patient with moderate symptoms, not life threatening                        | Аритмия на фоне стабильной гемодинамики, требуется введение антиаритмиков / Arrhythmia requiring administration of antiarrhythmic drug, no haemodynamic effect  |
| Класс III / Grade III | Любое отклонение от протокола операции:<br>• необходимость в умеренном лечении или вмешательстве;<br>• пациент с тяжелыми симптомами, потенциально опасными для жизни / Any deviation from the ideal intraoperative course:<br>• With the need for any additional moderate treatment or intervention<br>• Patient with severe symptoms, potentially life threatening           | Аритмия, вызывающая преходящую гемодинамическую нестабильность: требуется введение антиаритмиков и/или коррекция гемодинамики / Arrhythmia requiring administration of antiarrhythmic drug, transient haemodynamic effect |
| Класс IV / Grade IV   | Любое отклонение от протокола операции:<br>• необходимость в серьезном и срочном лечении;<br>• пациент с жизнеугрожающими симптомами или с инвалидностью / Any deviation from the ideal intraoperative course:<br>• With the need for any additional major and urgent treatment or intervention<br>• Patient with life threatening symptoms or leading to permanent disability | Аритмия: требуется кардиостимуляция или дефибрилляция и/или коррекция гемодинамики, перевод в реанимацию / Arrhythmia: arrhythmia requiring electroconversion, defibrillation, or admission to intensive care             |
| Класс V / Grade V     | Любое отклонение от протокола операции с летальным исходом / Any deviation from the ideal intraoperative course with death of the patient  |   |

**Примечание:** Таблица заимствована из статьи [18], которая находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с некоммерческим соглашением Creative Commons Attribution (CC BY-NC 4.0).

**Note:** The table is borrowed from the [18], which is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0).

онном периоде может способствовать более ранней диагностике и лечению серьезных неблагоприятных исходов [23]. Многие исследования подтверждают связь тахикардии с ранним признаком послеоперационных осложнений, включая несостоятельность анастомоза или кровотечение.

**Периоперационные сердечно-сосудистые осложнения.** С 2007 г. предложено проводить скрининг послеоперационных осложнений на 3, 5, 8 и 15-е сутки послеоперационного периода. В табл. 2 представлена сравнительная характеристика послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений, входящих в американскую и европейскую классификации.

Согласно **классификации Американского колледжа хирургов (ACS-NSQIP)** [24], к послеоперационным сердечно-сосудистым осложнениям относят следующие состояния:

- **Инфаркт миокарда** – новый трансмуральный острый инфаркт миокарда (ОИМ), возникший во время операции или в течение 30 дней, о чем свидетельствуют новые зубцы Q на электрокардиограмме (ЭКГ);

**Таблица 2.** Сравнительная характеристика послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений, входящих в американскую и европейскую классификации  
**Table 2.** Comparative characteristics of postoperative cardiovascular complications included in American and European classifications

| №   | Осложнения / Complications  | ACS-NSQIP | ESAIC-ESICM | StEP-COMPAC |
|-----|---|-----------|-------------|-------------|
| 1.  | Инфаркт миокарда / Myocardial infarction                                | x         | x           | x           |
| 2.  | Тромбоз глубоких вен / Deep vein thrombosis                             | x         | x           | x           |
| 3.  | Тромбоэмболия легочной артерии / Pulmonary embolism                     | x         | x           | x           |
| 4.  | Остановка сердца / Cardiac arrest                                       | x         | x           | x           |
| 5.  | Повреждение миокарда после некардиальных операций / MINS                |           | x           | x           |
| 6.  | Кардиогенный отек легких / Cardiogenic pulmonary oedema                 |           | x           |             |
| 7.  | Аритмия / Arrhythmia  |           | x           |             |
| 8.  | Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события / MACE            |           | x           | x           |
| 9.  | Сердечная смерть / Cardiac death  |           |             | x           |
| 10. | Реваскуляризация коронарных артерий / Coronary artery revascularization |           |             | x           |
| 11. | Фибрилляция предсердий / Atrial fibrillation                            |           |             | x           |

**Примечание:** MACE – серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события; MINS – повреждение миокарда после некардиальных операций.  
**Note:** MACE – major adverse cardiac events; MINS – myocardial injury after noncardiac surgery.

- **Остановка сердца** – отсутствие сердечного ритма или наличие хаотичного сердечного ритма, приводящего к потере сознания, требующего начала сердечно-легочной реанимации, которое включает в себя компрессию грудной клетки, а также желудочковая тахикардия и фибрилляция желудочков без пульса в течение 30 дней после операции;

- **Тромбоз глубоких вен** – выявление нового сгустка крови или тромба в венозной системе, который может сопровождаться воспалением;

- **Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА)** – образование тромба в легочной артерии с последующим нарушением кровоснабжения легочной паренхимы;

Согласно **дефинициям европейского общества анестезиологии и европейского общества интенсивной медицины (ESAIC-ESICM)** [25] к послеоперационным сердечно-сосудистым осложнениям относят следующие состояния:

- **Аритмия** – электрокардиографическое свидетельство нарушения сердечного ритма.

- **Остановка сердца** – международный комитет по реанимации определяет остановку сердца как прекращение механической деятельности сердца, подтверждаемое отсутствием признаков нарушения кровообращения. Изменения на ЭКГ могут свидетельствовать о наличии остановки сердца.

- **Кардиогенный отек легких** – определяется как скопление жидкости в альвеолах из-за нарушения сердечной деятельности.

- **Тромбоз глубоких вен** – новый сгусток крови или тромб в венозной системе.

- **Инфаркт миокарда** – повышение уровня сердечных биомаркеров в сыворотке крови (предпочтительно сердечного тропонина), по крайней мере, на одно значение выше верхнего контрольного предела 99-го перцентиля, и по крайней мере на один из следующих критериев [26]: симптомы ишемии; новые или предполагаемые новые значительные изменения на ЭКГ в сегменте ST или зубце T, или новая блокада левой ножки пучка Гиса; развитие патологического Q волны на ЭКГ; рентгенологические или эхокардиографические признаки новой потери жизнеспособного миокарда или новой аномалии движения региональной стенки; выявление внутрикоронарного тромба при ангиографии или аутопсии.

- **ТЭЛА** – новый сгусток крови или тромб в системе легочной артерии.

- **Повреждение миокарда после операции, не связанной с кардиохирургией (MINS)** – пиковый уровень тропонина T (TnT) 0,03 нг/мл-1, что обусловлено ишемией миокарда (т.е. нет признаков неишемической этиологии, вызывающей повышение уровня TnT). Этот критерий исключает аномалии уровня тропонина, связанные с другими причинами, например сепсисом [27]. Следует отметить, что

порог диагностики MINS эволюционирует: исходное определение основывалось на пиковом TnT  $\geq 0,03$  нг/мл, тогда как современная практика ориентируется на любое повышение высокочувствительного тропонина (hs-cTnT или hs-cTnI) выше верхней границы нормы 99-го перцентиля, при условии предполагаемой ишемической этиологии. Различия в пороговых значениях необходимо учитывать при сравнении эпидемиологических данных из разных исследований.

Ключевая особенность MINS – частое бессимптомное течение (до 65% случаев), что затрудняет клиническую диагностику без активного скрининга. С момента описания в 2014 г. MINS признан независимым предиктором значительного увеличения краткосрочной и долгосрочной смертности, повышая риск смерти примерно в 2–6 раз.

**Этиология и патогенез MINS.** MINS является гетерогенным состоянием, в основе которого лежит сочетание предшествующего сердечно-сосудистого риска и периперационных стрессоров. Этиологически выделяют три основные категории: [33]

– Инфаркт миокарда 2-го типа (около 70% случаев): дисбаланс между потребностью миокарда в кислороде и его доставкой. Провоцируется периперационной анемией, артериальной гипотензией, тахикардией.

– Инфаркт миокарда 1-го типа (около 15%): разрыв атеросклеротической бляшки с тромбозом коронарной артерии.

– Внесердечные причины (около 15%): ишемия, опосредованная системным воспалением, стрессом (например, при сепсисе, ТЭЛА).

Патофизиологическая цепочка включает [28]:

– Предсуществующую уязвимость: снижение кардиального резерва у пациентов с ИБС, сердечной недостаточностью, в пожилом возрасте.

– Операционный стресс: Симпатическая активация, выброс катехоламинов, воспалительный ответ, колебания гемодинамики.

– Итоговое повреждение: Возникновение ишемии, усугубляемой возможным реперфузионным повреждением, что приводит к некрозу кардиомиоцитов и высвобождению тропонина.

**Диагностика MINS.** Диагноз MINS основывается на послеоперационном мониторинге высокочувствительного кардиального тропонина (hs-cTn). Рекомендовано проведение измерений в течение первых 48–72 часов после операции у пациентов с высоким сердечно-сосудистым риском [27]. Для предоперационной стратификации риска развития MINS эффективно определение натрийуретических пептидов (NT-proBNP/BNP). Роль других биомаркеров (например, GDF-15) и рутинных методов визуализации для диагностики MINS остается менее изученной и экономически оправданной.

**Профилактика и управление риском.** Страте-

гия снижения риска MINS носит многоуровневый характер: использование инструментов оценки риска, оптимизация факторов сердечно-сосудистого риска, интраоперационные и периперационные стратегии [29].

Наиболее полезными инструментами предоперационной оценки риска для MINS являются пересмотренный индекс сердечного риска Lee, универсальный калькулятор ACS-NSQIP, периперационный калькулятор риска инфаркта миокарда или остановки сердца (MICA). Оптимизация факторов сердечно-сосудистого риска включает предоперационное обследование сердца, оценка функционального состояния, повседневную активность и лабораторные исследования, в частности биомаркеры, такие как BNP или NT-proBNP, а также ЭКГ, Эхо-КГ и нагрузочные тесты, если это необходимо, а также лечение других сопутствующих заболеваний, повышающих риск сердечно-сосудистых заболеваний, таких как ожирение, апноэ во сне и хронические заболевания почек, необходимо для снижения риска развития у пациентов MINS [29].

Интраоперационное ведение включает мониторинг для раннего выявления повреждения миокарда. Анестезиологическое обеспечение во время операции направлено на оптимизацию периперационной гемодинамики, минимизацию потребности миокарда в кислороде, предотвращение артериальной гипотензии и оптимизацию сердечного выброса для снижения риска повреждения миокарда. Это может включать оптимизацию баланса жидкости, обеспечение контроля боли и использование соответствующих методов анестезии для минимизации нагрузки на сердце [30].

Таким образом, MINS представляет собой распространенное и прогностически неблагоприятное осложнение, требующее перехода от пассивного наблюдения к активной стратегии многофакторной профилактики, раннего выявления и целенаправленного ведения в рамках мультидисциплинарного подхода.

### **Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события (MACE)**

**MACE** – это композитный исход, используемый для интегральной оценки кардиального риска в периперационном периоде. Отсутствие единого универсального определения является существенной проблемой, затрудняющей сравнение исследований. Наиболее часто в состав MACE включают следующие компоненты в течение 30 дней после операции [31]:

- **Нефатальная остановка сердца** – отсутствие сердечного ритма или наличие хаотического ритма, требующего любого компонента базовой или расширенной сердечно-легочной реанимации.
- **Нефатальный инфаркт миокарда**

• **Сердечная смерть** – смерть, включающая случаи смерти после инфаркта миокарда, остановки сердца и процедуры реваскуляризации сердца.

Некоторые авторы используют только кардиальные осложнения в качестве совокупности больших сердечно-сосудистых осложнений, в то время как другие включают острое нарушение мозгового кровообращения и ТЭЛА для создания совокупности кардиальных и цереброваскулярных событий (МАССЕ). По данным N.R. Smilowitz и соавт. в понятие больших сердечно-сосудистых осложнений были включены ОИМ, острое нарушение мозгового кровообращения ишемического типа и 30-дневная смерть от любой причины [1]. В 2021 г. группа по стандартизации периоперационных исходов (Standardised Endpoints in Perioperative Medicine-Core Outcome Measures in Perioperative and Anaesthetic Care – StEP-COMPAC) опубликовала консенсусное мнение по определению основных сердечно-сосудистых исходов, согласно которому МАССЕ характеризуется как комбинация четырех компонентов: сердечная смерть, нефатальный инфаркт миокарда, нефатальная остановка сердца и коронарная реваскуляризация, исключив ТЭЛА, инсульт и смерть от любой причины [32]. Эта инициатива направлена на улучшение сопоставимости будущих исследований и именно этим определением в настоящее время рекомендуется пользоваться в клинике и при проведении исследований.

**Эпидемиология МАСЕ.** Серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события характеризуется достаточно высокой частотой возникновения в послеоперационном периоде, особенно среди пациентов групп риска. Так, частота развития МАСЕ в когорте пациентов повышенного кардиоваскулярного риска составила 15,2% в течение 30 дней и 20,6% в течение 1 года. Ключевыми факторами риска являются: пожилой возраст, экстренная операция, инфаркт миокарда в предшествующие 6 месяцев, высокие баллы по кардиологическим индексам риска [33]. Периоперационные МАССЕ (ОИМ + острое нарушение мозгового кровообращения + смерть от любой причины) возникают в 1 случае из каждых 33 госпитализаций по поводу операций, не связанных с кардиохирургией [1].

Согласно определению StEP-COMPAC выделяются следующие группы неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов [32]:

• **ОИМ** – повышение тропонина плюс симптомы ишемии, ишемические изменения на ЭКГ, появление зубцов Q, визуализационные признаки новой потери миокарда или выявление коронарного тромба.

• **Повреждение миокарда** – повышение уровня тропонина. При наличии признаков ишемии классифицируется как инфаркт.

• **Сердечная смерть** – смерть, вызванная сер-

дечно-сосудистой причиной (инфаркт, остановка сердца, процедура реваскуляризации).

• **Нефатальная остановка сердца** – остановка сердца, требующая сердечно-легочной реанимации, с успешным восстановлением ритма.

• **Реваскуляризация коронарных артерий** – чрескожное коронарное вмешательство или операция аортокоронарного шунтирования в течение 30 дней после операции.

• **МАСЕ** – композитный исход, включающий: сердечную смерть, инфаркт миокарда, нефатальную остановку сердца, коронарную реваскуляризацию.

• **ТЭЛА** – диагностированный тромб в легочной артерии с помощью КТ-ангиографии, вентиляционно-перфузионного сканирования или ангиографии.

• **Тромбоз глубоких вен** – диагностированный тромб в глубоких венах с помощью компрессионного УЗИ, КТ-венографии или контрастной венографии.

• **Фибрилляция предсердий** – впервые выявленная фибрилляция предсердий, зарегистрированная на ЭКГ.

#### Периоперационный риск: методология оценки

Предоперационная оценка сердечно-сосудистого риска может помочь оценить вероятность неблагоприятных исходов в периоперационный период. В настоящее время основой оценки риска является применение моделей, основанных на регистрации клинически и статистически значимых факторов риска с последующей интерпретацией этих факторов и интеграция их в инструменты оценки. Традиционно, факторы среди факторов риска периоперационный кардиальный риск определяется двумя основными группами факторов: связанными с хирургическим вмешательством и с состоянием пациента, а также некоторыми лабораторными маркерами.

**Риск, связанный с вмешательством**, в первую очередь зависит от типа и срочности операции (табл. 3). Все операции классифицируются на операции низкого риска (< 1% частоты МАСЕ), промежуточного риска (1–5%) и высокого риска (> 5%) [34]. Самостоятельным и значимым предиктором осложнений является экстренность вмешательства. Экстренные операции ассоциируются с существенно более высоким риском периоперационной смертности, остановки сердца, острой сердечной недостаточности и инсульта [35].

**Риск, связанный с пациентом**, определяется возрастом, наличием установленных сердечно-сосудистых заболеваний (ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность, цереброваскулярные заболевания) и основных факторов риска (артериальная гипертензия, сахарный диабет, дис-

липидемия, курение), а также функциональным резервом [36, 37].

### Роль биомаркеров в стратификации риска и диагностике осложнений

Биомаркеры стали неотъемлемой частью современной периоперационной оценки (табл. 4).

**Натрийуретические пептиды (BNP и NT-proBNP)** являются ключевыми прогностическими биомаркерами. Их измерение за несколько дней до плановой операции среднего и высокого риска рекомендуется для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями или факторами риска (включая возраст  $\geq 65$  лет). Повышенный уровень достоверно предсказывает риск смерти и МАСЕ в течение 30 дней и 1 года после операции [37, 38].

**Высокочувствительные кардиальные тропонины (hs-cTn)** служат основными диагностическими биомаркерами для выявления повреждения

миокарда после операции. Пиковое повышение hs-cTn в первые 3 послеоперационных дня, даже при отсутствии симптомов (состояние, определяемое как MINS), является мощным предиктором 30-дневной смертности [4, 37, 39].

### Инструменты оценки кардиального риска

На основе многофакторного анализа большого объема наблюдений было разработано несколько индексов риска, которые были подтверждены в большой выборке пациентов (табл. 5).

В мировой практике у пациентов перед внесердечными операциями применяют различные модели прогнозирования, основанные на логистической регрессии, в частности, пересмотренный индекс кардиального риска Т.Н. Lee [40], универсальный калькулятор хирургического риска Американского колледжа хирургов (калькулятор ACS-NSQIP) [41], калькулятор кардиального риска Национальной

**Таблица 3.** Оценка хирургического риска в зависимости от типа вмешательства  
**Table 3.** Surgical risk estimate according to type of intervention

| Низкий риск / Low surgical risk (< 1%)   | Промежуточный риск / Intermediate risk (1–5%)  | Высокий риск / High risk (> 5%)  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поверхностные и малые операции (стоматологические, малые гинекологические, пластические) / Superficial and minor operations (dental, minor gynecological, plastic)</li> <li>• Эндокринные (щитовидная железа) / Endocrine (thyroid gland)</li> <li>• Глазные операции / Eye surgeries</li> <li>• Малые ортопедические (артроскопия) / Minor orthopedic procedures (arthroscopy)</li> <li>• Трансуретральные урологические вмешательства / Transurethral urological interventions</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Внутрибрюшинные (холецистэктомия, спленэктомия) / Intraoperative (cholecystectomy, splenectomy)</li> <li>• Ортопедические (эндопротезирование тазобедренного сустава, операции на позвоночнике) / Orthopedic (hip arthroplasty, spine surgery)</li> <li>• Неврологические (краниотомия, не связанная с опухолью) / Neurological (non-tumor craniotomy)</li> <li>• Сосудистые (эндоваскулярное лечение аневризм аорты, бессимптомная каротидная эндартерэктомия) / Vascular (endovascular aortic aneurysm repair, asymptomatic carotid endarterectomy)</li> <li>• Большие гинекологические и урологические операции / Orthopedic Major gynecological and urological surgery</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Открытые сосудистые (операции на аорте, реваскуляризация при острой ишемии конечности) / Open vascular (aortic surgery, revascularization for acute limb ischemia)</li> <li>• Внутригрудные (пневмонэктомия, эзофагэктомия) / Intrathoracic (pneumonectomy, esophagectomy)</li> <li>• Обширные абдоминальные (панкреатодуоденальная резекция, гепатэктомия) / Major abdominal (pancreatoduodenal resection, hepatectomy)</li> <li>• Экстренные вмешательства при перфорации полого органа, перитоните / Emergency interventions for perforated hollow organ, peritonitis</li> <li>• Трансплантация органов / Organ transplantation</li> </ul> |

**Таблица 4.** Сравнительная таблица роли основных биомаркеров прогнозирования послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений

**Table 4.** Comparative table of the role of the main biomarkers in predicting postoperative cardiovascular complications

| Биомаркер / Biomarker        | Основная роль / The main role   | Время измерения / Measurement time  |
|------------------------------|---|---|
| BNP / NT-proBNP              | Прогнозирование (стратификация риска). Отражает уязвимость миокарда и его готовность к операционному стрессу. Повышение уровня ассоциировано с ростом риска осложнений и летальности. / Risk prediction (stratification). Reflects myocardial vulnerability and its readiness for surgical stress. Elevated levels are associated with an increased risk of complications and mortality | До операции (за несколько дней/недель) / Before the operation (in a few days/weeks) |
| Тропонин / Troponin (hs-cTn) | Диагностика повреждения. Фиксирует факт ишемического повреждения кардиомиоцитов, в т.ч. бессимптомного. / Diagnosis of injury. Detects the occurrence of ischemic damage to cardiomyocytes, including asymptomatic cases  | После операции (первые 24–72 часа) / After the operation (the first 24–72 hours)    |

**Примечание:** BNP – мозговой натрийуретический пептид; hs-cTn – повышение высокочувствительного тропонина; NT-proBNP – N-терминальный про-мозговой натрийуретический пептид.

**Note:** BNP – B-type Natriuretic Peptide; hs-cTn – High-sensitivity cardiac troponin; NT-proBNP – N-terminal pro-B-type Natriuretic Peptide.

**Таблица 5.** Прогностическая ценность инструментов оценки риска послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений и летальности**Table 5.** Prognostic value of tools for assessing the risk of postoperative cardiovascular complications and mortality

| Шкала/калькулятор/<br>модель машинного<br>обучения / Scale/calculator/<br>machine learning model   | Количество пациентов/<br>вид оперативного<br>вмешательства / Number<br>of patients / type of<br>intervention  | Прогнозируемые исходы /<br>Predicted outcomes  | Метод<br>разработки /<br>Development<br>method                             | AUROC разработка/<br>внешняя валидация /<br>AUROC development/<br>external validation                 |
|--|---|--|--|---|
| <b>Шкалы / Scales</b>  |   |  |  |   |
| Индекс кардиального<br>риска Goldman, 1977 [49] /<br>Goldman Cardiac Risk Index  | 1 001/обширные<br>некардиальные операции /<br>major non-cardiac surgery   | Инфаркт миокарда, отек легких,<br>желудочковая тахикардия,<br>остановка сердца / Myocardial<br>infarction, pulmonary edema,<br>ventricular tachycardia, cardiac<br>arrest  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,61/0,70   |
| Пересмотренный индекс<br>кардиального риска Lee,<br>1999 [44] / Revised Cardiac<br>Risk Index  | 1 422/плановые обширные<br>некардиальные операции<br>/ elective major non-cardiac<br>surgery  | Инфаркт миокарда, отек легких,<br>фибриляция желудочков,<br>полная блокада сердца,<br>остановка сердца / Myocardial<br>infarction, pulmonary edema,<br>ventricular fibrillation, complete<br>heart block, cardiac arrest | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,76/0,81   |
| Индекс периоперационного<br>кардиального риска для<br>пожилых пациентов, Alrezk,<br>2017 [44] / Geriatric-sensitive<br>perioperative cardiac risk<br>index | 584 931/некардиальные<br>операции / non-cardiac<br>surgery  | Остановка сердца, инфаркт<br>миокарда, смерть от любых<br>причин в течение 30 дней<br>/ Cardiac arrest, myocardial<br>infarction, death from any cause<br>within 30 days   | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | -/0,83  |
| Индекс кардиоваскулярного<br>риска Dakik, 2019 [47] /<br>Cardiovascular Risk Index   | 3 284/ некардиальные<br>операции / non-cardiac<br>surgery   | Смерть, инфаркт миокарда или<br>инсульт в течение 30 дней /<br>Death, myocardial infarction, or<br>stroke within 30 days   | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,9/0,82  |
| SRS Donati [50]  | 1 936/некардиальные<br>операции / non-cardiac<br>surgery  | Летальность / Mortality  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,88 /-   |
| SRS [51]   | 2 957/все хирургические<br>процедуры с анестезией<br>анестезией / all surgical<br>procedures with anesthesia  | Летальность / Mortality  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,93-0,95/0,92-0,95   |
| RQI [52]   | 635 265/некардиальные<br>операции / non-cardiac<br>surgery  | Летальность / Mortality  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,915/0,89  |
| SAS [53]   | 303/открытая колэктомия /<br>Open colectomy<br>767/общая и сосудистая<br>хирургия / General and<br>vascular surgery   | Летальность, остановка сердца,<br>ОИМ, тромбоз глубоких вен,<br>ТЭЛА / Mortality, cardiac arrest,<br>AMI, deep vein thrombosis, PE   | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,81/0,81-0,88 –<br>летальность / mortality<br>0,72-0,73/ 0,58-0,89<br>– осложнения /<br>complication |
| SASA [54]  | 24 318/<br>гастроэнтерологическая<br>хирургия, урология,<br>акушерство и гинекология,<br>нейрохирургия, общая<br>хирургия, пластическая и<br>реконструктивная хирургия,<br>ортопедическая хирургия,<br>эндокринная хирургия,<br>торакальная хирургия,<br>оториноларингология,<br>челюстно-лицевая хирургия<br>/ gastroenterological surgery,<br>urology, obstetrics and<br>gynecology, neurosurgery,<br>general surgery, plastic<br>and reconstructive surgery,<br>orthopedic surgery, endocrine<br>surgery, thoracic surgery,<br>otorhinolaryngology,<br>maxillofacial surgery | Летальность / Mortality  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,87/0,81-0,85  |
| POSPOM [55]  | 5 507 834/все<br>хирургические процедуры<br>с анестезией / all surgical<br>procedures with anesthesia   | Летальность / Mortality  | Логистический<br>регрессионный<br>анализ / Logistic<br>regression analysis | 0,92 /0,77-0,85   |

| Модели/калькуляторы / Models/Calculators   |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
| Калькулятор NSQIP-MICA Gupta, 2011 [46]  | 211 410/любой тип операции / any type of surgery  | Интраоперационный или послеоперационный инфаркт миокарда или остановка сердца в течение 30 дней / intraoperative or postoperative myocardial infarction or cardiac arrest within 30 days | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,88/0,87   |
| Универсальный калькулятор хирургического риска ACS-NSQIP, 2013 [41] / Universal ACS-NSQIP Surgical Risk Calculator | 1 414 006/любой тип операции / any type of surgery  | Остановка сердца, инфаркт миокарда, смерть от любых причин в течение 30 дней / Cardiac arrest, myocardial infarction, death from any cause within 30 days                                | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,94 – летальность / mortality<br>0,89 – кардиальные осложнения / cardiac complications<br>0,82 – ТГВ / DVT |
| S-MPM [56]   | 298 772/некардиальные операции / non-cardiac surgery  | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,89/0,75   |
| Michigan Model [57]  | 60 411/плановые операции / elective surgery   | Летальность, кардиальные осложнения / Mortality, cardiac complications   | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,893–0,905/– летальность / mortality<br>0,757–0,867/– кардиальные осложнения / cardiac complications       |
| CORES [58]   | 479/экстренные операции / emergency surgery   | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,82/–  |
| SAMPE [59]   | 13 524/все хирургические процедуры с анестезией / all surgical procedures with anesthesia   | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,913/–   |
| Ex-Care [60]   | 16 618 /хирургические процедуры с анестезией (кроме диагностических, кардиальных, акушерских операций и трансплантаций) / surgical procedures with anesthesia (except for diagnostic, cardiac, obstetric, and transplant surgery) | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,90/–  |
| CARES [61]   | 79 914/ ненейрохирургические, некардиальные операции / non-neurosurgical, non-cardiac surgery   | Летальность, госпитализация в ОРИТ / Mortality, ICU admission  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,936/– летальность / mortality<br>0,837–0,863/– потребность в ОРИТ / need for ICU                          |
| E-PASS [62]  | 292/плановые гастроинтестинальные операции / elective gastrointestinal surgery  | Летальность, аритмии, сердечная недостаточность, ОИМ, ТГВ / Mortality, arrhythmias, heart failure, AMI, DVT  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,81/– летальность / mortality<br>0,72/– осложнения / complications   |
| POSSUM [63]  | 1 440/экстренные и плановые операции / elective and emergency surgery   | Летальность, ОИМ, сердечная недостаточность, ТЭЛА, ТГВ, гипотензия / Mortality, AMI, heart failure, PE, DVT, hypotension   | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | –/0,915–0,72 летальность / mortality<br>–/0,62–0,82 – осложнения / complications                            |
| P-POSSUM [64]  | 2 500/общие операции / major surgery  | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | –/0,912–0,73  |
| SUPRAS [65]  | 2 275 240   | Летальность, остановка сердца, ОИМ, ТЭЛА, ТГВ / Mortality, cardiac arrest, AMI, PE, DVT  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,93/0,86–0,938 – летальность / mortality<br>0,772–0,889/0,724–0,893 – осложнения / complications           |
| SORT [66]  | 16 788/некардиальные операции / non-cardiac surgery   | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,95/0,88–0,98  |
| SORT-2 [67]  | 212/панкреатодуоденальные операции / pancreatoduodenal surgery  | Летальность / Mortality  | Логистический регрессионный анализ / Logistic regression analysis | 0,92/0,99   |

| Машинное обучение/калькуляторы / Machine Learning/Calculators |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| UPMC [68]   | 1 477 561   | Летальность, MACCE // Mortality   | Gradient Boosted Decision Trees (GBDT)   | 0,972/0,995 – летальность / mortality<br>0,899–0,923 – осложнения / complications   |
| Korean models ML [69]   | 276 341/некардиальные операции /non-cardiac surgery | Летальность / Mortality   | Extreme Gradient Boosting (XGBoost)  | 0,96/0,92–0,94  |
| MSR [70]  | 51 457/большие операции /major surgery              | Летальность, кардиальные осложнения, ТГВ / Mortality, cardiac complications, DVT        | Автоматизированный алгоритм машинного обучения /Automated machine learning algorithm                             | 0,83/0,82 – летальность / mortality<br>0,85 – кардиальные осложнения / cardiac complications<br>0,87 – ТГВ / DVT              |
| Pythic [71]   | 90 145  | Летальность, кардиальные осложнения / mortality, cardiac complications                  | Метод случайного леса, XGBoost, Логистическая регрессия методом lasso / Random Forest, Lasso logistic regression | 0,92/– летальность / mortality<br>0,88 – кардиальные осложнения / cardiac complications                                       |
| POP, Austin Health [72]                                       | 11 475/плановые операции / elective surgery         | Летальность, сердечная недостаточность, аритмии / Mortality, heart failure, arrhythmias | Логистическая регрессия методом lasso, XGBoost / Lasso logistic regression, XGBoost                              | 0,86–0,914/– осложнения / complications<br>0,835 – сердечная недостаточность / heart failure<br>0,794 – аритмии / arrhythmias |
| Deep ML ACS-SRC [73]  | 5 881 881/любой тип операции / any type of surgery  | Летальность, кардиальные осложнения, ТГВ / Mortality, cardiac complications, DVT        | Искусственные нейронные сети / Artificial neural networks  | 0,942–0,952/– летальность / mortality<br>0,90–0,91 – кардиальные осложнения / cardiac complications<br>0,77–0,80 – ТГВ / DVT  |
| POTTER [74]   | 382 960/экстренные операции / emergency surgery     | Летальность / Mortality   | Optimal Classification Trees   | 0,86–0,93/ 0,89–0,92 – летальность / mortality<br>0,642–0,918/ 0,733–0,934 – осложнения / complications                       |

**Примечание:** ОИМ – острый инфаркт миокарда; ОПИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ТГВ – тромбоз глубоких вен; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии; AUROC – площадь под ROC-кривой; MACCE – серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые и церебральные события.

**Note:** AMI – acute myocardial infarction; AUROC – area under the receiver operating characteristic curve; DVT – deep vein thrombosis; ICU – Intensive Care Unit; MACCE – major adverse cardiac and cerebrovascular events; PE – pulmonary embolism.

программы улучшения хирургического качества – вероятность периоперационного ОИМ и остановки сердца (калькулятор NSQIP-MICA) [42], индекс кардиоваскулярного риска [43], а также индекс периоперационного кардиального риска для пожилых пациентов [44] (табл. 5).

Показатели периоперационного риска играют важную роль в оказании хирургической помощи, но их необходимо интерпретировать в контексте их ограничений и часто требуют постоянного совершенствования, чтобы сохранить их актуальность в меняющихся клинических условиях. Интеграция машинного обучения открывает многообещающие возможности для повышения точности прогнозирования за счет использования многомерных данных. Машинное обучение активно используется для прогнозирования послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений. Современные исследования охватывают как общие риски, так и конкретные виды операций, демонстрируя высокую эффективность алгоритмов. Так модель 2022 г. имеет AUROC = 0,896 [45], у модели 2023 г. AUROC составила 0,890 [46]. Другая модель имела AUROC = 0,884 [47]. Таким образом, машинное обучение предоставляет мощные и точные инструменты для прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений [48]. Однако, они обладают рядом существен-

ных недостатков – не валидированы в отечественной популяции пациентов и непрозрачны.

Несмотря на то, что ряд современных моделей (включая ML-подходы) демонстрирует высокую прогностическую дискриминацию (AUROC нередко > 0,85–0,90), AUROC отражает лишь способность модели различать пациентов с последующим событием и без него и не тождественен клинической пользе. Клиническая роль определяется тем, приводит ли использование модели к изменениям решений (маршрутизация, мониторинг, профилактика, терапия) и, главное, к снижению частоты жизнеугрожающих исходов (летальность, инфаркт/остановка сердца, MACE/MINS), осложнений и ресурсной нагрузки. На сегодняшний день ни традиционные шкалы, ни ML-модели при внедрении в реальную практику убедительно не продемонстрировали улучшения в исходах, что указывает на существующий разрыв между статистической точностью прогнозирования и доказанной клинической эффективностью. Следовательно, приоритетом являются проспективные внешние валидации и исследования внедрения, оценивающие не только AUROC/калибровку, но и влияние на тактику ведения и пациент-ориентированные исходы.

В табл. 5 суммирована информация о прогностической ценности большинства применяемых в

мировой практике шкал и моделей, разработанных на основе подходов традиционной статистики (регрессионного анализа) и машинного обучения.

### Высокий периоперационный кардиальный риск: эпидемиология и идентификация пациентов

Крупные обсервационные исследования показывают, что среди пациентов в возрасте 45 лет и старше, перенесших серьезную некардиальную операцию, более 1% умирают в больнице или в течение 30 дней после операции [1, 4]. MACE после некардиальных операций являются основной причиной периоперационной смертности, поскольку на их долю приходится порядка трети смертей [75].

Наибольшая частота 30-дневной летальности, по данным различных авторов, наблюдается при повреждении миокарда при некардиальных операциях [76]. Другие авторы также сообщают, что периоперационное повреждение миокарда или инфаркт является важной причиной послеоперационной смертности [77]. Из-за обезболивания, назначаемого в периоперационном периоде, зачастую повреждение миокарда протекает без типичных ишемических симптомов. Было установлено, что смертность, связанная с бессимптомным повреждением миокарда, сопоставима со смертностью, связанной с повреждением миокарда с симптомами. Поэтому активное измерение сердечного тропонина (Tn), необходимо для раннего выявления ишемического повреждения [37]. У пациентов с послеоперационным повреждением миокарда 30-дневная смертность в 6 раз превышала смертность, наблюдаемую у пациентов без повреждения [2]. В табл. 6 представлена частота развития сердечно-сосудистых осложнений и связанная с ними летальность. Существенный разброс эпидемиологических показателей объясняется методологической неоднородностью исследований: разными определениями исхода и несопоставимыми выборками пациентов (структура риска, тип вмешательств, контекст оказания помощи).

### Отсроченные неблагоприятные пациент-ориентированные исходы и их связь с высоким кардиальным риском

ПИТ-синдром (синдром последствий интенсив-

ной терапии) – это стойкое новое или усиливающееся ухудшение когнитивного, психического или физического здоровья после поступления в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) [78]. Эти нарушения часто возникают одновременно и могут включать также боль и утомляемость [79]. Данным синдромом страдают примерно от 30% до 80% пациентов, находившихся в ОРИТ, последствия которого сохраняются от 5 до 15 лет после госпитализации [80]. В литературе такие симптомы, как тревога, депрессия и снижение качества жизни, могут быть классифицированы как поведенческие, когнитивные, психосоциальные и физические симптомы [81]. В совокупности они описываются как ПИТ-синдром и, как было показано, сохраняются в течение нескольких месяцев или лет у после выписки со стационара. Важно отметить, что это не медицинский диагноз, а концепция улучшения образования и осведомленности о нарушениях после нахождения в ОРИТ [78].

Систематический обзор 89 публикаций выявил 60 факторов риска, примерно половина из которых была отнесена к категории факторов, связанных с пациентами, а половина – с ОРИТ [82]. Пожилой возраст, женский пол, психические заболевания в анамнезе, тяжесть заболевания, послеоперационные кардиоваскулярные осложнения, плохой опыт пребывания в ОРИТ (включая негативные воспоминания об отделении интенсивной терапии) и делирий были в значительной степени связаны с физическими, психическими и/или когнитивными нарушениями. Более конкретно, негативный опыт пребывания пациента в отделении интенсивной терапии и делирий оказывают сильное влияние на тревожность и посттравматическое стрессовое расстройство и когнитивные функции [82]. Хотя переменные, связанные с пациентом, изменить невозможно, они помогают выявить пациентов с наибольшим риском развития ПИТ-синдрома.

В недавнем систематическом обзоре 36 исследований с участием 5 165 пациентов оценивалась эффективность немедикаментозных вмешательств для улучшения отдаленных исходов после критических состояний [83]. В исследовании были классифицированы мероприятия по ранней мобилизации

Таблица 6. Частота и летальность после серьезных послеоперационных сердечно-сосудистых осложнений  
Table 6. Frequency and mortality after major postoperative cardiovascular complications

| Осложнения / Complications               | Частота / Incidence, % | Летальность от осложнения / Mortality from complication, % | Вклад осложнения в летальность / Contribution to overall mortality, % |
|--|------------------------|--|---|
| ОИМ / Acute myocardial infarction        | 0,5%                   | 32,1%  | 0,16%   |
| Повреждение миокарда / Myocardial injury | 11,6%                  | 34%  | 3,9%  |
| ТЭЛА / Pulmonary embolism                | 0,7%                   | 7,7%   | 0,05%   |

**Примечание:** Летальность от осложнения × частота осложнения = вклад осложнения в общую летальность. ОИМ – острый инфаркт миокарда; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии.

**Note:** Mortality from complication × incidence of complication = contribution to overall mortality. AMI – acute myocardial infarction; PE – pulmonary embolism.

и физической реабилитации (56%), последующему наблюдению после ОРИТ (14%), психосоциальным программам (8%), дневникам отделения интенсивной терапии (8%) и образовательным мероприятиям (6%). Только 31% этих исследований включали вмешательства после выписки из больницы.

Повторная незапланированная госпитализация в ОРИТ (частота от 1,2% до 14,5%) является значимым индикатором качества оказания помощи, напрямую связанным с ростом заболеваемости, смертности, продолжительности госпитализации и финансовых затрат [84]. Основными причинами возврата являются гипотензия, жизнеугрожающие аритмии (фибрилляция желудочков), тампонада перикарда и легочная гипертензия. Ключевыми факторами риска признаны нестабильные физиологические параметры и данные лабораторных исследований за 24 часа до выписки, а также сопутствующая патология (например, заболевания периферических сосудов и фибрилляция предсердий) [85]. Поскольку до трети случаев связаны с преждевременной выпиской, целенаправленное выявление пациентов высокого риска до перевода из ОРИТ является основным направлением для предотвращения повторных госпитализаций.

В клинических рекомендациях высокий риск обычно трактуют как высокая априорная вероятность 30-дневной кардиоваскулярной смерти/нефатального ОИМ. Например, Canadian Cardiovascular Society предлагает порог > 5% для отбора пациентов, которым показан рутинный послеоперационный мониторинг тропонина (48–72 ч) [37].

На основании анализа рассмотренных в данном обзоре факторов и инструментов оценки можно предложить интегративную модель, согласно которой высокий периоперационный кардиальный риск формируется взаимодействием трёх блоков детерминант (рис. 2):

1. Риск операции.
2. Уязвимость пациента.
3. Динамический контроль и верификация риска.

Таким образом, согласно модели высокого периоперационного кардиального риска, реализуется следующий алгоритм:

- до операции: при высокой вероятности MACE и

MINS (по блокам 1 и 2) → мультидисциплинарный консилиум, преабилитация, оптимизация терапии.

- во время и после операции: при реализации риска/возникновении КИ (блок 3) → целенаправленная гемодинамическая терапия, продленный мониторинг тропонина, интенсивное наблюдение.

Доля пациентов с высоким периоперационным кардиальным риском варьирует в зависимости от популяции и типа хирургических вмешательств, но в среднем составляет от 15% до 25% среди всех оперируемых пациентов, особенно среди пожилых и лиц с коморбидной патологией (табл. 7).

По данным современных обзоров, более 50% пациентов старше 45 лет, подвергающихся несердечным операциям, имеют один или более факторов сердечно-сосудистого риска, что переводит их в категорию повышенного или высокого риска [5]. Примерно каждый пятый хирургический пациент относится к группе высокого периоперационного кардиального риска, а частота серьёзных осложнений (MACE, инфаркт, смерть) у них колеблется в пределах 4–10% после несердечных и до 20–30%



**Рисунок 2.** Концептуальная модель определения высокого периоперационного кардиального риска

**Примечание:** ИБС — ишемическая болезнь сердца; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ЦВБ — цереброваскулярная болезнь; MACE — серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые и церебральные события; MINS — повреждение миокарда после некардиальных операций.

**Figure 2.** Conceptual model for determining high perioperative cardiac risk

**Note:** CHD — coronary heart disease; CHF — chronic heart failure; CVB — cerebrovascular disease; MACE — major adverse cardiac and cerebrovascular events; MINS — myocardial injury after noncardiac surgery.

**Таблица 7.** Связь высокого периоперационного кардиального риска с летальностью  
**Table 7.** Association of high perioperative risk with mortality

| Высокий периоперационный риск / High perioperative risk               |                         |   | Авторы / The authors        |
|---|-------------------------|---|-----------------------------|
| Доля пациентов в популяции / Percentage of patients in the population | Летальность / Mortality | Вклад в общую летальность / Contribution to overall mortality |                             |
| 12,5%   | 12,3%                   | 83%   | Pearse R.M. et al., 2006    |
| 9,3%  | 12,2%                   | 75%   | Jhanji S. et al., 2008      |
| 26%   | 14,9%                   | 91%   | St-Louis E. et al., 2015    |
| 20%   | 3,9%                    | 72%   | Froehner M. Et al., 2019    |
| 13,8%   | 15,2%                   | 84%   | Gutierrez C.S. et al., 2020 |

после сосудистых или кардиохирургических операций.

Основные модели, позволяющие выявить, верифицировать пациентов высокого периоперационного риска на основе комплексного прогнозирования летальности и основного спектра осложнений, следующие: калькулятор ACS-SRC [30]; модели на основе нейросети ACS-NSQIP [73]; калькулятор на

основе базы данных Pythia, Duke University Health System – DUHS [86] модель MySurgeryRisk, Флорида [70] (табл. 8, 9).

### Концепция снижения периоперационного кардиального риска

Снижение периоперационного кардиального риска у пациентов, перенесших некардиальные

**Таблица 8.** Прогнозируемые исходы у AUROC моделей, предназначенных для идентификации пациентов высокого периоперационного кардиального риска, в плановой и экстренной хирургии  
**Table 8.** Predicted outcomes and AUROC models designed to identify patients at high perioperative risk in elective and emergency surgery

| Прогнозируемые исходы / Predicted outcomes                                     | AUROC   |   |      |        |
|--|---------|---|------|--------|
|  | ACS-SRC | Нейросетевой анализ ACS-SRC / Neural network analysis | MSR  | Pythia |
| Госпитализация в ОРИТ более 48 ч / Admission to the ICU for more than 48 hours | –       | –   | 0,88 | –      |
| Кардиальные осложнения / Cardiac complications                                 | 0,89    | 0,90–0,91   | 0,85 | 0,88   |
| Тромбоз глубоких вен / Deep vein thrombosis                                    | 0,82    | 0,77–0,80   | 0,87 | –      |
| Сосудистые нарушения / Vascular disorders                                      | –       | –   | –    | 0,88   |
| 30-дневная летальность / 30-day mortality rate                                 | 0,94    | 0,94–0,95   | 0,83 | 0,92   |
| 90-дневная летальность / 90-day mortality rate                                 | –       | –   | 0,81 | –      |
| 180-дневная летальность / 180-day mortality rate                               | –       | –   | 0,79 | –      |
| Годичная летальность / One-year mortality rate                                 | –       | –   | 0,77 | –      |

**Примечание:** ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.  
**Note:** ICU – Intensive Care Unit.

**Таблица 9.** Сравнительная характеристика частоты неблагоприятных исходов в моделях, предназначенных для идентификации пациентов высокого периоперационного кардиального риска  
**Table 9.** Comparative characteristics of the frequency of adverse outcomes in models designed to identify patients with high perioperative risk

| Неблагоприятные исходы / Adverse outcomes   | Частота / Frequency, %                                      |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
|   | Средняя в базе ACS-NSQIP / Medium in the ACS-NSQIP database | Средняя в трех моделях нейросети ACS-NSQIP / Medium in the three ACS-NSQIP neural network models | Группа низкого риска MSR / Low-risk MSR group | Группа высокого риска MSR / High-risk MSR group |
| Госпитализация в ОРИТ более 48 ч / ICU hospitalization for more than 48 hours                                     | –   | –  | 11,9%   | 68,3%   |
| Сердечно-сосудистые осложнения / Cardiovascular complications   | 0,8%  | –  | 2,2%  | 20,5%   |
| Остановка сердца, требующая сердечно-легочной реанимации / Cardiac arrest requiring cardiopulmonary resuscitation | –   | 0,4%   | –   | –   |
| Инфаркт миокарда / Myocardial infarction  | –   | 0,6%   | –   | –   |
| Тромбоз глубоких вен / Deep vein thrombosis   | 0,9%  | 1,8%   | 0,7%  | 10,1%   |
| ТЭЛА / PE   | –   | –  | 0,7%  | –   |
| <b>Летальность / Mortality</b>  |   |  |   |   |
| Через 1 месяц / After 1 month   | 1,3%  | 0,7%   | 0,4%  | 52,6%   |
| Через 3 месяца / After 3 months   | –   | –  | 0,7%  | 60,6%   |
| Через 6 месяцев / After 6 months  | –   | –  | 1,2%  | 67,3%   |
| Через 12 месяцев / After 12 months  | –   | –  | 1,7%  | 78,8%   |

**Примечание:** ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии.  
**Note:** ICU – Intensive Care Unit; PE – pulmonary embolism.

операции, представлена обновленными рекомендациями американского колледжа кардиологии/американской ассоциации сердца (ACC/AHA) 2024 г. [87], европейского общества кардиологов (ESC) 2022 г. [37], рекомендациям ESC 2024 года по лечению хронического коронарного синдрома [88], рекомендациям по оценке и коррекции сердечно-сосудистых рисков при несердечных операциях 2023 Российского кардиологического общества [89].

### Предоперационная оценка риска

Предоперационная оценка основывается на определении факторов риска пациента (сердечно-сосудистые заболевания, возраст, сопутствующие заболевания), оценке типа и риска операции (низкий, средний или высокий), а также срочности процедуры. Затем суммарно оценивают риск: «пациент + операция» и на основании этого решают, нужны ли дополнительные исследования (ЭКГ, эхокардиография, нагрузочные/стресс-тесты, маркёры и т.д.) (рис. 3). При низком риске и хорошей функциональной способности и плановой операции – избегать рутинных стресс-тестов. В настоящее время в основе алгоритмов оценки лежат клинические шкалы (RCRI, NSQIP-MICA или некоторые биомаркеры), применение методов на основе машинного обучения пока не внедрены в рекомендации, для внедрения в национальные рекомендации требуется их валидация, поскольку точность их в популяции может быть невелика [90].

### Оптимизация состояния перед операцией

При необходимости – скорректировать сопутствующие заболевания (гипертензия, сердечная недостаточность, сахарный диабет и пр.) по возможности до операции. В случае, если пациент принимает антикоагулянты или антитромбоцитарные препараты – продумать, когда и как их временно остановить; мост-терапия гепарином используется лишь при очень высоком тромботическом риске. При назначении препаратов (например, ингибиторы SGLT2 у больных с сахарным диабетом/сердечной недостаточностью) – возможна временная отмена за 3–4 дня до операции.

### Периоперационное ведение

Если операция высокого риска и/или пациент – с высоким риском, рассмотреть менее инвазивные хирургические или анестезиологические подходы. Вести корректное управление инфузионной терапией, кровопотерей, гемодинамикой, для снижения нагрузки на сердце. Использовать программы Patient Blood Management – оптимизировать гемоглобин до операции, минимизировать кровопотерю, при необходимости – поддерживать адекватную трансфузию

### Послеоперационный мониторинг и ведение

После операции – наблюдать за параметрами гемодинамики, отслеживать возможные осложнения (ишемия, аритмии, сердечная недостаточность и др.). Поддерживать адекватную терапию, при необходимости – корректировать приём лекарств, контролировать тромботический риск, особенности гемостаза, анемии и пр.

### Индивидуальный и командный подход

Решения по обследованию, подготовке, отмене/продолжению терапии, выбору техники операции – всегда персонализированы: под пациента и под операцию. Вовлечение мультидисциплинарной команды: кардиолог, анестезиолог, хирург, при



**Рисунок 3.** Алгоритм предоперационной кардиальной оценки  
**Примечание:** АГ – артериальная гипертензия; ИБС – ишемическая болезнь сердца; СД – сахарный диабет; ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ЦВБ – цереброваскулярная болезнь; ЭхоКГ – эхокардиография; MACE – серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые и церебральные события.

**Figure 3.** Algorithm of preoperative cardiac assessment  
**Note:** AH – arterial hypertension; CHD – coronary heart disease; CHF – chronic heart failure; CVB – cerebrovascular disease; CVD – cardiovascular diseases; DM – diabetes mellitus; MACE – major adverse cardiac and cerebrovascular events; MINS – myocardial injury after noncardiac surgery.

необходимости – трансфузиолог, специалист по антикоагулянтной терапии. Обсуждение с пациентом – информирование, «совместное принятие решений»: об операции, рисках, возможных альтернативах.

### Заключение

Периоперационный кардиальный риск при некардиальных операциях остается ключевой причиной неблагоприятных исходов, а повреждение миокарда после некардиальных вмешательств (MINS) нередко протекает бессимптомно и вносит наибольший вклад в послеоперационную летальность. Современная парадигма предполагает переход от формального допуска к операции к активному управлению риском на основе персонализированной стратификации, использования биомаркеров и раннего мониторинга.

Применяемые сегодня прогностические шкалы и калькуляторы (Lee, NSQIP, MICA) удобны, но обладают ограниченной точностью, разрабатывались на зарубежных выборках и не учитывают особенности отечественной популяции, структуры коморбидности и организации хирургической помощи. Модели машинного обучения демонстрируют более высокую дискриминационную способность, однако остаются недостаточно интерпретируемы-

ми и практически не валидированы в реальных клинических условиях.

Это определяет необходимость системной внешней валидации существующих инструментов и разработки национального калькулятора периоперационного кардиального риска, основанного на российских датасетах с учетом клинических, лабораторных и интраоперационных параметров. Создание прозрачной и клинически применимой модели позволит повысить точность прогнозирования, унифицировать маршрутизацию пациентов высокого риска и перейти к превентивному управлению MINS и MACe в отечественной практике.

### Конфликт интересов

И.Б. Заболотских первый вице-президент общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». Р.В. Вейлер заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.В. Трембач заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Григорьев заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

### Информация об авторах

*Вейлер Роман Владимирович*, кандидат медицинских наук ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8776-3611

*Трембач Никита Владимирович*, доктор медицинских наук доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0061-0496

*Григорьев Сергей Валентинович*, кандидат медицинских наук доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9753-7351

*Заболотских Игорь Борисович*, доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-3623-2546

### Author Information Form

*Veyler Roman V.*, PhD, Assistant of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Transfusiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8776-3611

*Trembach Nikita V.*, PhD, MD, Associate Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Transfusiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0061-0496

*Grigoryev Sergey V.*, PhD, Associate Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Transfusiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9753-7351

*Zabolotskikh Igor B.*, PhD, MD, Professor, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Transfusiology, Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-3623-2546

## Вклад авторов в статью

*ВРВ* – вклад в концепцию исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ТНВ* – вклад в концепцию исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ГСВ* – вклад в концепцию исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЗИБ* – вклад в концепцию исследования, интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

## Author Contribution Statement

*VRV* – contribution to the concept of the study, data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

*TNV* – contribution to the concept of the study, data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

*GSV* – contribution to the concept of the study, data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

*ZIB* – contribution to the concept of the study, data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Smilowitz NR, Gupta N, Ramakrishna H, et al. Perioperative major adverse cardiovascular and cerebrovascular events associated with noncardiac surgery. *JAMA Cardiol.* 2017;2(2):181-187. doi:10.1001/jamacardio.2016.4792
- Devereaux PJ, Chan MT, Alonso-Coello P, et al., Vascular Events In Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation Study I Association between postoperative troponin levels and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA.* 2012;307(21):2295-304
- Smilowitz NR, Gupta N, Guo Y, et al. Trends in cardiovascular risk factor and disease prevalence in patients undergoing non-cardiac surgery. *Heart.* 2018;104 (14):1180-1186. doi:10.1136/heartjnl-2017-312391.
- Writing Committee for the VISION Study Investigators; Devereaux PJ, Biccari BM, Sigamani A., et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA.* 2017;317(16):1642-1651. doi:10.1001/jama.2017.4360
- Boghean, A., Guțu, C., & Firescu, D. (2025). Perioperative Risk: Short Review of Current Approach in Non Cardiac Surgery. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 12. <https://doi.org/10.3390/jcdd12010024>.
- Заболотских И.Б. Концепция периоперационного риска: обзор литературы. Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2024;(4):40-57. doi:10.21320/1818-474X-2024-4-40-57.
- Cooper JB, Newbower RS, Long CD, et al. Preventable anaesthesia mishaps. A study of human factors. *Anesthesiology* 1978;49:399-406.
- Bielka K., Kuchyn I., Frank M. et al. Critical incidents during anesthesia: prospective audit. *BMC Anesthesiol.* 2023; 23(1): 206. Published 2023 Jun 14. DOI: 10.1186/s12871-023-02171-4
- Gregory A, Stapelfeldt WH, Khanna AK, et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 2021;132:1654-1665
- Futier E, Lefrant JY, Guinot PG, et al.; INPRESS Study Group. Effect of Individualized vs Standard Blood Pressure Management Strategies on Postoperative Organ Dysfunction Among High-Risk Patients Undergoing Major Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2017 Oct 10;318(14):1346-1357
- Sessler DI, Bloomstone JA, Aronson S, et al; Perioperative Quality Initiative-3 workgroup. Perioperative quality initiative consensus statement on intraoperative blood pressure, risk and outcomes for elective surgery. *Br J Anaesth.* 2019;122:563-574
- Wesselink EM, Kappen TH, Torn HM, et al. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2018;121:706-721
- Abbott TEF, Rupert M, Pearse R, et al. A prospective international multicentre cohort study of intraoperative heart rate and systolic blood pressure and myocardial injury after noncardiac surgery: results of the VISION study. *Anesth Analg.* 2018 Jun;126(6):1936-194
- Devereaux PJ, Yang H, Yusuf S, et al. Effects of extended-release metoprolol succinate in patients undergoing non-cardiac surgery (POISE trial): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2008;371(9627): 1839-1847
- Duncker DJ, Bache RJ. Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev* 2008; 88:1009-1086
- Sobreira-Fernandes D, Teixeira L, Lemos TS, et al. Perioperative cardiac arrests – a subanalysis of the anesthesia-related cardiac arrests and associated mortality. *Journal of Clinical Anesthesia* 2018; 50: 78-90.
- Fielding-Singh V, Willingham MD, Fischer MA, et al. A population-based analysis of intraoperative cardiac arrest in the United States. *Anesthesia and Analgesia* 2020; 130: 627-34
- Dell-Kuster S, Gomes NV, Gawria L, et al. Prospective validation of classification of intraoperative adverse events (ClassIntra): international, multicentre cohort study. *BMJ.* 2020 Aug 25;370:m2917.
- Saugel B, Sessler DI. Perioperative blood pressure management. *Anesthesiology* 2021; 134: 250e61
- Liem VGB, Hoeks SE, Mol KHJM, et al. Postoperative hypotension after noncardiac surgery and the association with myocardial injury. *Anesthesiology* 2020; 133: 510e22
- Maheshwari K, Ahuja S, Khanna AK, et al. Association between perioperative hypotension and delirium in postoperative critically ill patients: a retrospective cohort analysis. *Anesth Analg* 2020; 130:636-643.
- Fayad AA, Yang HY, Ruddy TD, et al. Perioperative myocardial ischemia and isolated systolic hypertension in non-cardiac surgery. *Can J Anaesth.* 2011;58(5):428-35.
- Haskins IN, Krpata DM, O'Rourke CP, et al. The clinical significance of postoperative tachycardia following ventral hernia repair. *Surgery.* 2016 Aug;160(2):418-25
- Bilimoria KY, Liu Y, Paruch JL, Zhou L, Kmieciak TE, Ko CY, Cohen ME. Development and evaluation of the universal ACS NSQIP surgical risk calculator: a decision aid and informed consent tool for patients and surgeons. *J Am Coll Surg.* 2013 Nov;217(5):833-42.e1-3.
- Jammer I, Wickboldt N, Sander M, et al.; European Society of Anaesthesiology (ESA) and the European Society

of Intensive Care Medicine (ESICM). Standards for definitions and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperative medicine: European Perioperative Clinical Outcome (EPCO) definitions: a statement from the ESA-ESICM joint taskforce on perioperative outcome measures. *Eur J Anaesthesiol.* 2015 Feb;32(2):88-105

26. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Third universal definition of myocardial infarction. *Eur Heart J* 2012; 33:2551–2567

27. Botto F, Alonso-Coello P, Chan MT, et al. Myocardial injury after noncardiac surgery: a large, international, prospective cohort study establishing diagnostic criteria, characteristics, predictors, and 30-day outcomes. *Anesthesiology* 2014;120:564–578

28. Puelacher C, Gualandro DM, Lurati Buse G, et al. Etiology of peri-operative myocardial Infarction/Injury after noncardiac surgery and Associated Outcome. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(16):1910–2

29. Mohyeldin M, Norman SJ, Carney A, et al. Comprehensive review of myocardial injury after noncardiac surgery: prevention, intervention, and long-term management strategies. *J Cardiothorac Surg.* 2025 Jan 30;20(1):108

30. Bello C, Rössler J, Shehata P, et al. Perioperative strategies to reduce risk of myocardial injury after non-cardiac surgery (MINS): a narrative review. *J Clin Anesth.* 2023;87:111106–111106

31. Bosco E., Hsueh L., McConeghy K.W. et al. Major adverse cardiovascular event definitions used in observational analysis of administrative databases: a systematic review. *BMC Med Res Methodol.* 2021 Nov 6;21(1):241.

32. Beattie WS, Lulu M, Bockock M, et al.; StEP COMPAC Group; Patient Comfort; Clinical Indicators; Delirium Postoperative Cognitive Dysfunction Stroke; Cardiovascular; Data Extractors; Respiratory; Inflammation Sepsis; Acute Kidney Injury; Bleeding Complications Patient Blood Management; Healthcare Resource Utilisation; Patient-Centred Outcomes; Organ Failure and Survival; Cancer Surgery. Systematic review and consensus definitions for the Standardized Endpoints in Perioperative Medicine (StEP) initiative: cardiovascular outcomes. *Br J Anaesth.* 2021 Jan;126(1):56-66

33. Szagary L, Puelacher C, Lurati Buse G, et al.; BASEL-PMI Investigators. Incidence of major adverse cardiac events following non-cardiac surgery. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2021 Jun 30;10(5):550–558

34. Cohn SL. The cardiac consult for patients undergoing non-cardiac surgery. *Heart* 2016;102:1322–1332

35. Guo K, Xu F, Li Y, et al. Mortality and cardiac arrest rates of emergency surgery in developed and developing countries: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2024 May 20;24(1):178. doi: 10.1186/s12871-024-02559-w. PMID: 38769493; PMCID: PMC11104000. 12

36. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J* 2021;42:3227–3337

37. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, et al.; ESC Scientific Document Group. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J.* 2022 Oct 14;43(39):3826-3924

38. Козлов И.А., Соколов Д.А., Любошевский П.А. Прогностическая и диагностическая значимость кардиального биомаркера NT-проBNP в периоперационный период хирургических вмешательств на сосудах. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2023;20(5):7-16.

39. Соколов Д.А., Любошевский П.А. Информативность периоперационного мониторинга тропонина в некардиальной хирургии. *Анестезиология и реаниматология.* 2024;(4):59-65.

40. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation.* 1999;100:1043–1049

41. Cohen ME, Ko CY, Bilimoria KY, et al. Optimizing ACS NSQIP modeling for evaluation of surgical quality and risk: patient risk adjustment, procedure mix adjustment, shrinkage adjustment, and surgical focus. *J Am Coll Surg.* 2013;217:336–346.e1

42. Gupta PK, Gupta H, Sundaram A, et al. Development and validation of a risk calculator for prediction of cardiac risk after surgery. *Circulation.* 2011;124:381–387

43. Dakik H.A., Chehab O., Eldirani M., et al. A new index for pre-operative cardiovascular evaluation. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(24):3067-3078

44. Alrezk R., Jackson N., Al Rezk M., et al. Derivation and validation of a geriatric-sensitive perioperative cardiac risk index. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(11):e006648

45. Peng X, Zhu T, Wang T, et al. Machine learning prediction of postoperative major adverse cardiovascular events in geriatric patients: a prospective cohort study. *BMC Anesthesiol.* 2022 Sep 10;22(1):284

46. Wu X, Hu J, Zhang J. Machine learning-based model for predicting major adverse cardiovascular and cerebrovascular events in patients aged 65 years and older undergoing noncardiac surgery. *BMC Geriatr.* 2023 Dec 7;23(1):819

47. Yu J, Peng X, Zhou R, et al. Development and validation of an interpretable machine learning model to predict major adverse cardiovascular events after noncardiac surgery in geriatric patients: a prospective study. *Int J Surg.* 2025 Feb 1;111(2):1939-1949

48. Bedford JP, Redfern OC, O'Brien B, et al. Perioperative risk scores: prediction, pitfalls, and progress. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2025 Feb 1;38(1):30-36;

49. Goldman L, Caldera DL, Nussbaum SR, et al. Multifactorial index of cardiac risk in noncardiac surgical procedures. *N Engl J Med.* 1977;297(16):845-850. doi:10.1056/NEJM197710202971601.

50. Donati A, Ruzzi M, Adrario E, et al. A new and feasible model for predicting operative risk. *Br J Anaesth.* 2004;93(3):393-399. doi:10.1093/bja/ae210.

51. Sutton R, Bann S, Brooks M, Sarin S. The Surgical Risk Scale as an improved tool for risk-adjusted analysis in comparative surgical audit. *Br J Surg.* 2002;89(6):763-768. doi:10.1046/j.1365-2168.2002.02080.x.

52. Dalton JE, Kurz A, Turan A, Mascha EJ, Sessler DI, Saager L. Development and validation of a Risk Quantification Index for 30-day postoperative mortality and morbidity in noncardiac surgical patients. *Anesthesiology.* 2011;114(6):1336-1345. doi:10.1097/ALN.0b013e318219d5f9.

53. Gawande AA, Kwaan MR, Regenbogen SE, Lipsitz SA, Zinner MJ. An Apgar score for surgery. *J Am Coll Surg.* 2007;204(2):201-208.

54. Kinoshita M, Morioka N, Yabuuchi M, Ozaki M. New surgical scoring system to predict postoperative mortality. *J Anesth.* 2017. doi:10.1007/s00540-016-2290-2.

55. Le Manach Y., Collins G., Rodseth R. et al. Preoperative Score to Predict Postoperative Mortality (POSPOM): Derivation and Validation. *Anesthesiology.* 2016; 124(3): 570–9. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000972

56. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, et al. The Surgical Mortality Probability Model: derivation and validation of a simple risk prediction rule for noncardiac surgery. *Ann Surg.* 2012.

57. Richman JS, Hosokawa PW, Min SJ, et al. Toward prospective identification of high-risk surgical patients. *Am Surg.* 2012;78(7):755-760.

58. Miyazaki N, Haga Y, Matsukawa H, et al. Development and validation of the Calculation of post-Operative Risk in Emergency Surgery (CORES) model. *Surg Today.* 2014;44(8):1443-1456. doi:10.1007/s00595-013-0707-1.

59. Stefani LC, Gutierrez CS, Castro S, et al. Derivation and validation of a preoperative risk model for postoperative mortality: SAMPE model. *PLOS One.* 2017;12(10):e0187122. doi:10.1371/journal.pone.0187122.

60. Gutierrez CS, Passos SC, Castro SMJ, et al. Few and feasible preoperative variables can identify high-risk surgical patients: derivation and validation of the Ex-Care risk model. *Br J Anaesth*. 2021;126:525-532. doi:10.1016/j.bja.2020.09.036.
61. Chan D.X.H., Sim Y.E., Chan Y.H. et al. Development of the Combined Assessment of Risk Encountered in Surgery (CARES) surgical risk calculator for prediction of postsurgical mortality and need for intensive care unit admission risk: a single-center retrospective study. *BMJ Open*. 2018; 8(3): e019427. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-019427
62. Haga Y, Ikejiri K, Wada Y, et al. Estimation of physiologic ability and surgical stress (E-PASS) as a new prediction scoring system for postoperative morbidity and mortality following gastrointestinal surgery. *Surg Today*. 1999. doi:10.1007/BF02483010.
63. Copeland GP, Jones D, Walters M. POSSUM: a scoring system for surgical audit. *Br J Surg*. 1991;78(3):355-360. doi:10.1002/bjs.1800780327.
64. Prytherch DR, Whiteley MS, Higgins B, Weaver PC, Prout WG, Powell SJ. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. *Br J Surg*. 1998;85(9):1217-1220. doi:10.1046/j.1365-2168.1998.00840.x.
65. Meguid RA, Bronsert MR, Juarez-Colunga E, et al. Surgical Risk Preoperative Assessment System (SURPAS): II. Parsimonious risk models for postoperative adverse outcomes addressing need for laboratory variables and surgeon specialty-specific models. *Ann Surg*. 2016;264(1):10-22. doi:10.1097/SLA.0000000000001677.
66. Protopapa K.L., Simpson J.C., Smith N.C., Moonesinghe S.R. Development and validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *British Journal of Surgery* 2014; 101: 1774–83. DOI: 10.1002/bjs.9638
67. Karamolegkou AP, Hoogeveen YL, Doeksen A, et al. Validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT) and SORT v2 for predicting postoperative mortality in patients with pancreatic cancer undergoing surgery. *J Clin Med*. 2023.
68. Mahajan A, et al. Development and Validation of a Machine Learning Model to Identify Patients Before Surgery at High Risk for Postoperative Adverse Events. *JAMA Netw Open*. 2023.
69. Choi B., Oh A.R., Lee S.H. et al. Prediction Model for 30-Day Mortality after Non-Cardiac Surgery Using Machine-Learning Techniques Based on Preoperative Evaluation of Electronic Medical Records. *J Clin Med*. 2022; 11(21): 6487. DOI: 10.3390/jcm11216487
70. Bihorac A., Ozrazgat-Baslanti T., Ebadi A. et al. MySurgeryRisk: Development and Validation of a Machine-learning Risk Algorithm for Major Complications and Death After Surgery. *Ann Surg*. 2019; 269(4): 652–662. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002706
71. Corey KM, Kashyap S, Lorenzi E, et al. Development and validation of machine learning models to identify high-risk surgical patients using automatically curated electronic health record data (Pythia): a retrospective, single-site study. *PLOS Med*. 2018;15(11):e1002701. doi:10.1371/journal.pmed.1002701.
72. Kowadlo G., Mittelberg Y., Ghomlaghi M. et al. Development and validation of 'Patient Optimizer' (POP) algorithms for predicting surgical risk with machine learning. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2024; 24(1): 70. DOI: 10.1186/s12911-024-02463-w
73. Bonde A, et al. Deep learning model for postoperative risk prediction (ACS-SRC comparison). *Lancet Digit Health*. 2021.
74. Bertsimas D., Dunn J., Velmahos G.C., Kaafarani H.M.A. Surgical Risk Is Not Linear: Derivation and Validation of a Novel, User-friendly, and Machine-learning-based Predictive OpTimal Trees in Emergency Surgery Risk (POTTER) Calculator. *Ann Surg*. 2018 Oct; 268(4): 574–583. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002956
75. Zahid JA, Gögenur M, Ekeloef S, et al. Major Adverse Cardiovascular Events After Colorectal Cancer Surgery, Oncological Outcomes, and Long-term Mortality: A Nationwide Retrospective Propensity Score-Matched Cohort Study. *Ann Surg Open*. 2025 Mar 6;6(1):e560
76. Park LJ, Borges FK, Ofori S, et al. Association between Complications and Death within 30 days after General Surgery: A Vascular Events in Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation (VISION) substudy. *Ann Surg*. 2024 Jun 11
77. Devereaux PJ, Biccard BM, Sigamani A, et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA* 2017;317: 1642–1651
78. Needham DM, Davidson J, Cohen H, et al. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit. *Crit Care Med*. 2012;40(2):502–9
79. Hiser SL, Fatima A, Ali M, Needham DM. Post-intensive care syndrome (PICS): recent updates. *J Intensive Care*. 2023 May 23;11(1):23.].
80. Mikkelsen ME, Netzer G, Iwashyna T. Post-intensive care syndrome (PICS). *UpToDate*; 2018. Updated November 18, 2022. Accessed July 26, 2023; Wang S, Allen D, Perkins A, et al. Validation of a new clinical tool for post intensive care syndrome. *Am J Crit Care*. 2019;28(1):10-18].
81. Renner C, Jeitziner MM, Albert M, et al. Guideline on multimodal rehabilitation for patients with post-intensive care syndrome. *Crit Care*. 2023;27(301):1-14].
82. Lee M, Kang J, Jeong Y. Risk factors for post-intensive care syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Aust Crit Care*. 2020;33(3):287–94
83. Geense W, van den Boogaard M, van der Hoeven J, Vermuelen H, Hannink G, Zegers M. Nonpharmacologic interventions to prevent or mitigate adverse long-term outcomes among ICU survivors: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2019;47(11):1607–18
84. Wunsch H, Gershengorn HB, Cooke CR, et al. Use of intensive care services for medicare beneficiaries undergoing major surgical procedures. *Anesthesiology*. 2016;124(4):899-907 158
85. Guo R, Cui N. Intensive care unit readmission and unexpected death after emergency general surgery. *Heliyon*. 2023 Mar 9;9(3):e14278
86. Corey K.M., Kashyap S., Lorenzi E. et al. Development and validation of machine learning models to identify high-risk surgical patients using automatically curated electronic health record data (Pythia): A retrospective, single-site study. *PLoS Med*. 2018; 15(11): e1002701. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002701]
87. Thompson A, Fleischmann KE, Smilowitz NR, et al.; Peer Review Committee Members. 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2024 Nov 5;150(19):e351-e442
88. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al.; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2024 Sep 29;45(36):3415-3537
89. Сумин А.Н., Дупляков Д.В., Белялов Ф.И. и др. Рекомендации по оценке и коррекции сердечно-сосудистых рисков при несердечных операциях 2023. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(8):5555.
90. Заболотских И.Б., Трембач Н.В., Магомедов М.А., Краснов В.Г., и соавт. Сравнительная оценка шкал прогнозирования неблагоприятного послеоперационного исхода: предварительные результаты МЦИ «Роль сопутствующих заболеваний в стратификации риска послеоперационных осложнений в абдоминальной хирургии STOPRISK». *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. 2022;(3):27–44. doi:10.21320/1818-474X-2022-3-27-44.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Smilowitz NR, Gupta N, Ramakrishna H, et al. Perioperative major adverse cardiovascular and cerebrovascular events associated with noncardiac surgery. *JAMA Cardiol.* 2017;2(2):181-187. doi:10.1001/jamacardio.2016.4792
2. Devereaux PJ, Chan MT, Alonso-Coello P, et al., Vascular Events In Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation Study I Association between postoperative troponin levels and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA.* 2012;307(21):2295-304
3. Smilowitz NR, Gupta N, Guo Y, et al. Trends in cardiovascular risk factor and disease prevalence in patients undergoing non-cardiac surgery. *Heart.* 2018;104 (14):1180-1186. doi:10.1136/heartjnl-2017-312391.
4. Writing Committee for the VISION Study Investigators; Devereaux PJ, Biccard BM, Sigamani A., et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA.* 2017;317(16):1642-1651. doi:10.1001/jama.2017.4360
5. Boghean, A., Guțu, C., & Firescu, D. (2025). Perioperative Risk: Short Review of Current Approach in Non Cardiac Surgery. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 12. <https://doi.org/10.3390/jcdd12010024>.
6. Zabolotskikh I.B. The concept of perioperative risk: a narrative review. *Annals of Critical Care.* 2024;(4):40-57. doi:10.21320/1818-474X-2024-4-40-57. (In Russ.)
7. Cooper JB, Newbower RS, Long CD, et al. Preventable anaesthesia mishaps. A study of human factors. *Anesthesiology* 1978;49:399-406.
8. Bielka K., Kuchyn I., Frank M. et al. Critical incidents during anesthesia: prospective audit. *BMC Anesthesiol.* 2023; 23(1): 206. Published 2023 Jun 14. DOI: 10.1186/s12871-023-02171-4
9. Gregory A, Stapelfeldt WH, Khanna AK, et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 2021;132:1654-1665
10. Futier E, Lefrant JY, Guinot PG, et al.; INPRESS Study Group. Effect of Individualized vs Standard Blood Pressure Management Strategies on Postoperative Organ Dysfunction Among High-Risk Patients Undergoing Major Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2017 Oct 10;318(14):1346-1357
11. Sessler DI, Bloomstone JA, Aronson S, et al; Perioperative Quality Initiative-3 workgroup. Perioperative quality initiative consensus statement on intraoperative blood pressure, risk and outcomes for elective surgery. *Br J Anaesth.* 2019;122:563-574
12. Wesselink EM, Kappen TH, Torn HM, et al. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2018;121:706-721
13. Abbott TEF, Rupert M, Pearse R, et al. A prospective international multicentre cohort study of intraoperative heart rate and systolic blood pressure and myocardial injury after noncardiac surgery: results of the VISION study. *Anesth Analg.* 2018 Jun;126(6):1936-194
14. Devereaux PJ, Yang H, Yusuf S, et al. Effects of extended-release metoprolol succinate in patients undergoing non-cardiac surgery (POISE trial): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2008;371(9627): 1839-1847
15. Duncker DJ, Bache RJ. Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev* 2008; 88:1009-1086
16. Sobreira-Fernandes D, Teixeira L, Lemos TS, et al. Perioperative cardiac arrests – a subanalysis of the anesthesia-related cardiac arrests and associated mortality. *Journal of Clinical Anesthesia* 2018; 50: 78-90.
17. Fielding-Singh V, Willingham MD, Fischer MA, et al. A population-based analysis of intraoperative cardiac arrest in the United States. *Anesthesia and Analgesia* 2020; 130: 627-34
18. Dell-Kuster S, Gomes NV, Gawria L, et al. Prospective validation of classification of intraoperative adverse events (ClassIntra): international, multicentre cohort study. *BMJ.* 2020 Aug 25;370:m2917.
19. Saugel B, Sessler DI. Perioperative blood pressure management. *Anesthesiology* 2021; 134: 250e61
20. Liem VGB, Hoeks SE, Mol KHJM, et al. Postoperative hypotension after noncardiac surgery and the association with myocardial injury. *Anesthesiology* 2020; 133: 510e22
21. Maheshwari K, Ahuja S, Khanna AK, et al. Association between perioperative hypotension and delirium in postoperative critically ill patients: a retrospective cohort analysis. *Anesth Analg* 2020; 130:636-643.
22. Fayad AA, Yang HY, Ruddy TD, et al. Perioperative myocardial ischemia and isolated systolic hypertension in non-cardiac surgery. *Can J Anaesth.* 2011;58(5):428-35.
23. Haskins IN, Krpata DM, O'Rourke CP, et al. The clinical significance of postoperative tachycardia following ventral hernia repair. *Surgery.* 2016 Aug;160(2):418-25
24. Bilimoria KY, Liu Y, Paruch JL, Zhou L, Kmieciak TE, Ko CY, Cohen ME. Development and evaluation of the universal ACS NSQIP surgical risk calculator: a decision aid and informed consent tool for patients and surgeons. *J Am Coll Surg.* 2013 Nov;217(5):833-42.e1-3.
25. Jammer I, Wickboldt N, Sander M, et al.; European Society of Anaesthesiology (ESA) and the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Standards for definitions and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperative medicine: European Perioperative Clinical Outcome (EPCO) definitions: a statement from the ESA-ESICM joint taskforce on perioperative outcome measures. *Eur J Anaesthesiol.* 2015 Feb;32(2):88-105
26. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Third universal definition of myocardial infarction. *Eur Heart J* 2012; 33:2551-2567
27. Botto F, Alonso-Coello P, Chan MT, et al. Myocardial injury after noncardiac surgery: a large, international, prospective cohort study establishing diagnostic criteria, characteristics, predictors, and 30-day outcomes. *Anesthesiology* 2014;120:564-578
28. Puelacher C, Gualandro DM, Lurati Buse G, et al. Etiology of peri-operative myocardial Infarction/Injury after noncardiac surgery and Associated Outcome. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(16):1910-2
29. Mohyeldin M, Norman SJ, Carney A, et al. Comprehensive review of myocardial injury after noncardiac surgery: prevention, intervention, and long-term management strategies. *J Cardiothorac Surg.* 2025 Jan 30;20(1):108
30. Bello C, Rössler J, Shehata P, et al. Perioperative strategies to reduce risk of myocardial injury after non-cardiac surgery (MINS): a narrative review. *J Clin Anesth.* 2023;87:111106-111106
31. Bosco E., Hsueh L., McConeghy K.W. et al. Major adverse cardiovascular event definitions used in observational analysis of administrative databases: a systematic review. *BMC Med Res Methodol.* 2021 Nov 6;21(1):241.
32. Beattie WS, Lalu M, Bocock M, et al.; StEP COMPAC Group; Patient Comfort; Clinical Indicators; Delirium Postoperative Cognitive Dysfunction Stroke; Cardiovascular; Data Extractors; Respiratory; Inflammation Sepsis; Acute Kidney Injury; Bleeding Complications Patient Blood Management; Healthcare Resource Utilisation; Patient-Centred Outcomes; Organ Failure and Survival; Cancer Surgery. Systematic review and consensus definitions for the Standardized Endpoints in Perioperative Medicine (StEP) initiative: cardiovascular outcomes. *Br J Anaesth.* 2021 Jan;126(1):56-66
33. Szargary L, Puelacher C, Lurati Buse G, et al.; BASEL-PMI Investigators. Incidence of major adverse cardiac events following non-cardiac surgery. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2021 Jun 30;10(5):550-558

34. Cohn SL. The cardiac consult for patients undergoing non-cardiac surgery. *Heart* 2016;102:1322–1332
35. Guo K, Xu F, Li Y, et al. Mortality and cardiac arrest rates of emergency surgery in developed and developing countries: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2024 May 20;24(1):178. doi: 10.1186/s12871-024-02559-w. PMID: 38769493; PMCID: PMC11104000. 12
36. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J* 2021;42:3227–3337
37. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, et al.; ESC Scientific Document Group. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J.* 2022 Oct 14;43(39):3826-3924
38. Kozlov I.A., Sokolov D.A., Lyuboshevsky P.A. Prognostic and diagnostic significance of the cardiac biomarker NT-proBNP in the perioperative period of vascular surgery procedures. *Messenger of ANESTHESIOLOGY AND RESUSCITATION.* 2023;20(5):7-16. (In Russ.)
39. Sokolov DA, Lyuboshevskiy PA. Perioperative troponin monitoring in non-cardiac surgery. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2024;(4):59-65. (In Russ.)
40. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation.* 1999;100:1043–1049
41. Cohen ME, Ko CY, Bilimoria KY, et al. Optimizing ACS NSQIP modeling for evaluation of surgical quality and risk: patient risk adjustment, procedure mix adjustment, shrinkage adjustment, and surgical focus. *J Am Coll Surg.* 2013;217:336–346.e1
42. Gupta PK, Gupta H, Sundaram A, et al. Development and validation of a risk calculator for prediction of cardiac risk after surgery. *Circulation.* 2011;124:381–387
43. Dakik H.A., Chehab O., Eldirani M., et al. A new index for pre-operative cardiovascular evaluation. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(24):3067-3078
44. Alrezk R., Jackson N., Al Rezk M., et al. Derivation and validation of a geriatric-sensitive perioperative cardiac risk index. *J AmHeart Assoc.* 2017;6(11):e006648
45. Peng X, Zhu T, Wang T, et al. Machine learning prediction of postoperative major adverse cardiovascular events in geriatric patients: a prospective cohort study. *BMC Anesthesiol.* 2022 Sep 10;22(1):284
46. Wu X, Hu J, Zhang J. Machine learning-based model for predicting major adverse cardiovascular and cerebrovascular events in patients aged 65 years and older undergoing noncardiac surgery. *BMC Geriatr.* 2023 Dec 7;23(1):819
47. Yu J, Peng X, Zhou R, et al. Development and validation of an interpretable machine learning model to predict major adverse cardiovascular events after noncardiac surgery in geriatric patients: a prospective study. *Int J Surg.* 2025 Feb 1;111(2):1939-1949
48. Bedford JP, Redfern OC, O'Brien B, et al. Perioperative risk scores: prediction, pitfalls, and progress. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2025 Feb 1;38(1):30-36;
49. Goldman L, Caldera DL, Nussbaum SR, et al. Multifactorial index of cardiac risk in noncardiac surgical procedures. *N Engl J Med.* 1977;297(16):845-850. doi:10.1056/NEJM197710202971601.
50. Donati A, Ruzzi M, Adrario E, et al. A new and feasible model for predicting operative risk. *Br J Anaesth.* 2004;93(3):393-399. doi:10.1093/bja/ae210.
51. Sutton R, Bann S, Brooks M, Sarin S. The Surgical Risk Scale as an improved tool for risk-adjusted analysis in comparative surgical audit. *Br J Surg.* 2002;89(6):763-768. doi:10.1046/j.1365-2168.2002.02080.x.
52. Dalton JE, Kurz A, Turan A, Mascha EJ, Sessler DI, Saager L. Development and validation of a Risk Quantification Index for 30-day postoperative mortality and morbidity in noncardiac surgical patients. *Anesthesiology.* 2011;114(6):1336-1345. doi:10.1097/ALN.0b013e318219d5f9.
53. Gawande AA, Kwaan MR, Regenbogen SE, Lipsitz SA, Zinner MJ. An Apgar score for surgery. *J Am Coll Surg.* 2007;204(2):201-208.
54. Kinoshita M, Morioka N, Yabuuchi M, Ozaki M. New surgical scoring system to predict postoperative mortality. *J Anesth.* 2017. doi:10.1007/s00540-016-2290-2.
55. Le Manach Y., Collins G., Rodseth R. et al. Preoperative Score to Predict Postoperative Mortality (POSPOM): Derivation and Validation. *Anesthesiology.* 2016; 124(3): 570–9. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000972
56. Glance LG, Lustik SJ, Hannan EL, et al. The Surgical Mortality Probability Model: derivation and validation of a simple risk prediction rule for noncardiac surgery. *Ann Surg.* 2012.
57. Richman JS, Hosokawa PW, Min SJ, et al. Toward prospective identification of high-risk surgical patients. *Am Surg.* 2012;78(7):755-760.
58. Miyazaki N, Haga Y, Matsukawa H, et al. Development and validation of the Calculation of post-Operative Risk in Emergency Surgery (CORES) model. *Surg Today.* 2014;44(8):1443-1456. doi:10.1007/s00595-013-0707-1.
59. Stefani LC, Gutierrez CS, Castro S, et al. Derivation and validation of a preoperative risk model for postoperative mortality: SAMPE model. *PLOS One.* 2017;12(10):e0187122. doi:10.1371/journal.pone.0187122.
60. Gutierrez CS, Passos SC, Castro SMJ, et al. Few and feasible preoperative variables can identify high-risk surgical patients: derivation and validation of the Ex-Care risk model. *Br J Anaesth.* 2021;126:525-532. doi:10.1016/j.bja.2020.09.036.
61. Chan D.X.H., Sim Y.E., Chan Y.H. et al. Development of the Combined Assessment of Risk Encountered in Surgery (CARES) surgical risk calculator for prediction of postsurgical mortality and need for intensive care unit admission risk: a single-center retrospective study. *BMJ Open.* 2018; 8(3): e019427. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-019427
62. Haga Y, Ikejiri K, Wada Y, et al. Estimation of physiologic ability and surgical stress (E-PASS) as a new prediction scoring system for postoperative morbidity and mortality following gastrointestinal surgery. *Surg Today.* 1999. doi:10.1007/BF02483010.
63. Copeland GP, Jones D, Walters M. POSSUM: a scoring system for surgical audit. *Br J Surg.* 1991;78(3):355-360. doi:10.1002/bjs.1800780327.
64. Prytherch DR, Whiteley MS, Higgins B, Weaver PC, Prout WG, Powell SJ. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. *Br J Surg.* 1998;85(9):1217-1220. doi:10.1046/j.1365-2168.1998.00840.x.
65. Meguid RA, Bronsert MR, Juarez-Colunga E, et al. Surgical Risk Preoperative Assessment System (SURPAS): II. Parsimonious risk models for postoperative adverse outcomes addressing need for laboratory variables and surgeon specialty-specific models. *Ann Surg.* 2016;264(1):10-22. doi:10.1097/SLA.0000000000001677.
66. Protopapa K.L., Simpson J.C., Smith N.C., Moonesinghe S.R. Development and validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *British Journal of Surgery* 2014; 101: 1774–83. DOI: 10.1002/bjs.9638
67. Karamolegkou AP, Hoogeveen YL, Doeksen A, et al. Validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT) and SORT v2 for predicting postoperative mortality in patients with pancreatic cancer undergoing surgery. *J Clin Med.* 2023.
68. Mahajan A, et al. Development and Validation of a Machine Learning Model to Identify Patients Before Surgery at High Risk for Postoperative Adverse Events. *JAMA Netw Open.* 2023.
69. Choi B., Oh A.R., Lee S.H. et al. Prediction Model for 30-Day Mortality after Non-Cardiac Surgery Using Machine-Learning Techniques Based on Preoperative Evaluation of Electronic Medical Records. *J Clin Med.* 2022; 11(21): 6487. DOI: 10.3390/jcm11216487

70. Bihorac A., Ozrazgat-Baslanti T., Ebadi A. et al. MySurgeryRisk: Development and Validation of a Machine-learning Risk Algorithm for Major Complications and Death After Surgery. *Ann Surg.* 2019; 269(4): 652–662. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002706
71. Corey KM, Kashyap S, Lorenzi E, et al. Development and validation of machine learning models to identify high-risk surgical patients using automatically curated electronic health record data (Pythia): a retrospective, single-site study. *PLOS Med.* 2018;15(11):e1002701. doi:10.1371/journal.pmed.1002701.
72. Kowadlo G., Mittelberg Y., Ghomlaghi M. et al. Development and validation of ‘Patient Optimizer’ (POP) algorithms for predicting surgical risk with machine learning. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2024; 24(1): 70. DOI: 10.1186/s12911-024-02463-w
73. Bonde A, et al. Deep learning model for postoperative risk prediction (ACS-SRC comparison). *Lancet Digit Health.* 2021.
74. Bertsimas D., Dunn J., Velmahos G.C., Kaafarani H.M.A. Surgical Risk Is Not Linear: Derivation and Validation of a Novel, User-friendly, and Machine-learning-based Predictive OpTimal Trees in Emergency Surgery Risk (POTTER) Calculator. *Ann Surg.* 2018 Oct; 268(4): 574–583. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002956
75. Zahid JA, Gögenur M, Ekeloef S, et al. Major Adverse Cardiovascular Events After Colorectal Cancer Surgery, Oncological Outcomes, and Long-term Mortality: A Nationwide Retrospective Propensity Score-Matched Cohort Study. *Ann Surg Open.* 2025 Mar 6;6(1):e560
76. Park LJ, Borges FK, Ofori S, et al. Association between Complications and Death within 30 days after General Surgery: A Vascular Events in Noncardiac Surgery Patients Cohort Evaluation (VISION) substudy. *Ann Surg.* 2024 Jun 11
77. Devereaux PJ, Biccard BM, Sigamani A, et al. Association of postoperative high-sensitivity troponin levels with myocardial injury and 30-day mortality among patients undergoing noncardiac surgery. *JAMA* 2017;317: 1642–1651
78. Needham DM, Davidson J, Cohen H, et al. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit. *Crit Care Med.* 2012;40(2):502–9
79. Hiser SL, Fatima A, Ali M, Needham DM. Post-intensive care syndrome (PICS): recent updates. *J Intensive Care.* 2023 May 23;11(1):23.].
80. Mikkelsen ME, Netzer G, Iwashyna T. Post-intensive care syndrome (PICS). *UpToDate*; 2018. Updated November 18, 2022. Accessed July 26, 2023; Wang S, Allen D, Perkins A, et al. Validation of a new clinical tool for post intensive care syndrome. *Am J Crit Care.* 2019;28(1):10-18].
81. Renner C, Jeitziner MM, Albert M, et al. Guideline on multimodal rehabilitation for patients with post-intensive care syndrome. *Crit Care.* 2023;27(301):1-14].
82. Lee M, Kang J, Jeong Y. Risk factors for post-intensive care syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Aust Crit Care.* 2020;33(3):287–94
83. Geense W, van den Boogaard M, van der Hoeven J, Vermuelen H, Hannink G, Zegers M. Nonpharmacologic interventions to prevent or mitigate adverse long-term outcomes among ICU survivors: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2019;47(11):1607–18
84. Wunsch H, Gershengorn HB, Cooke CR, et al. Use of intensive care services for medicare beneficiaries undergoing major surgical procedures. *Anesthesiology.* 2016;124(4):899-907 158
85. Guo R, Cui N. Intensive care unit readmission and unexpected death after emergency general surgery. *Heliyon.* 2023 Mar 9;9(3):e14278
86. Corey K.M., Kashyap S., Lorenzi E. et al. Development and validation of machine learning models to identify high-risk surgical patients using automatically curated electronic health record data (Pythia): A retrospective, single-site study. *PLoS Med.* 2018; 15(11): e1002701. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002701]
87. Thompson A, Fleischmann KE, Smilowitz NR, et al.; Peer Review Committee Members. 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2024 Nov 5;150(19):e351-e442
88. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al.; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J.* 2024 Sep 29;45(36):3415-3537
89. Sumin A.N., Duplyakov D.V., Belyalov F.I., et al. Assessment and modification of cardiovascular risk in non-cardiac surgery. *Clinical guidelines 2023. Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(8):5555. (In Russ.)
90. Zabolotskikh I.B., Trembach N.V., Magomedov M.A., Krasnov V.G., et al Comparative evaluation of scales for predicting an unfavorable postoperative outcome: Preliminary results of the multicenter study “The role of concomitant diseases in the stratification of the risk of postoperative complications in abdominal surgery STOPRISK”. *Annals of Critical Care.* 2022;(3):27–44. doi:10.21320/1818-474X-2022-3-27-44. (In Russ.)

**Для цитирования:** Вейлер Р.В., Трэмбач Н.В., Григорьев С.В., Заболотских И.Б. Концепция периоперационного кардиального риска: обзор литературы. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2026;15(3): 223-245. DOI: 10.17802/2306-1278-2026-15-3-223-245

**To cite:** Veyler R.V., Trembach N.V., Grigoryev S.V., Zabolotskikh I.B. The concept of perioperative cardiac risk: literature review. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2026;15(3): 223-245. DOI: 10.17802/2306-1278-2026-15-3-223-245