

Концепция инфекционного периоперационного риска (аналитический обзор)

Е. И. Глушко^{1,2*}, Н. В. Трембач^{1,2}, А. А. Носков^{1,2}, И. Б. Заболотских^{1,2,3}

¹ Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России, Россия, 350063, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, д. 4

² Краевая клиническая больница № 2 Минздрава Краснодарского края, Россия, 350012, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, д. 6, к. 2

³ Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии Минобрнауки России, Россия, 107031, г. Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

Для цитирования: Е. И. Глушко, Н. В. Трембач, А. А. Носков, И. Б. Заболотских. Концепция инфекционного периоперационного риска (аналитический обзор). *Общая реаниматология*. 2026; 22 (4): 47–61. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2026-4-2663> [На русск. и англ.]

*✉ Екатерина Игоревна Глушко, egadzieva2@gmail.com

Резюме

Цель. Обосновать концепцию периоперационного инфекционного риска путем анализа современных подходов к классификации осложнений, методов их прогнозирования и ключевых факторов, влияющих на исход хирургического лечения.

Материалы и методы. Выполнили аналитический обзор, основанный на экспертной оценке и систематическом поиске публикаций за предшествующие 10 лет в PubMed и Lens.org. В анализ включили данные по эпидемиологии инфекционных осложнений, классификационные системы (CDC, Clavien-Dindo, Accordion), прогностические шкалы (ASA, SOFA, ACS-NSQIP, SORT), лабораторные маркеры (СРБ, ИЛ-6, прокальцитонин, отношение нейтрофилов к лимфоцитам) и модели машинного обучения (PERISCOPE AI, Random Forest, SVM, ансамблевые методы).

Результаты. Показали, что риск инфекционных осложнений определяется совокупным воздействием модифицируемых и немодифицируемых факторов, связанных как с пациентом, так и с медицинским учреждением. Лабораторные показатели демонстрировали высокую прогностическую ценность: ИЛ-6 более 432 пг/мл и СРБ > 150 мг/л на 3-и сутки были статистически значимо ассоциированы с неблагоприятными исходами. Современные прогностические инструменты обеспечили высокую точность: AUROC для ACS-NSQIP достигло 0,80, для PERISCOPE AI — 0,82–0,91. Использование шкал и машинного обучения позволило выявлять пациентов высокого риска до появления клинической симптоматики.

Заключение. Периоперационный инфекционный риск формируется многофакторно и требует интегрированного подхода к стратификации, включающего клинические данные, шкалы риска, лабораторные маркеры и ИИ-модели. Применение структурированных прогностических инструментов способствует ранней идентификации осложнений, оптимизации профилактики и снижению летальности.

Ключевые слова: периоперационный риск; инфекционные осложнения; послеоперационная инфекция; сепсис; септический шок; прогнозирование риска; абдоминальная хирургия; факторы риска

Конфликт интересов. И. Б. Заболотских — вице-президент Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» (ФАР). Журнал «Общая реаниматология» аффилирован с ФАР, что не меняет редакционные стандарты при рассмотрении данной статьи: процесс рецензирования и решение о публикации произведены на общих основаниях. Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работу произвели в рамках выполнения проекта «Калькулятор высокого периоперационного риска в плановой абдоминальной хирургии» за счет средств субсидии по Соглашения № 075-15-2025-108, от 29.03.2025 г. в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

Concept of Infectious Perioperative Risk (Analytical Review)

Ekaterina I. Glushko^{1,2*}, Nikita V. Trembach^{1,2},
Alexey A. Noskov^{1,2}, Igor B. Zabolotskikh^{1,2,3}

¹ Kuban State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, 4 Mitrofana Sedina Str., 350063 Krasnodar, Russia

² Regional Clinical Hospital No. 2, Ministry of Health of the Krasnodar Area, 6 Krasnykh Partizan Str., bldg 2, 350012 Krasnodar, Krasnodar Area, Russia

³ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Ministry of Education and Science of Russia, 25 Petrovka Str., Bldg. 2, 107031 Moscow, Russia

Summary

Objective. To substantiate the concept of perioperative infectious risk by analyzing current approaches to classifying complications, methods for predicting them, and the key factors influencing surgical outcomes.

Materials and Methods. We conducted an analytical review based on expert judgement and a systematic search of publications from the preceding 10 years in PubMed and Lens.org. The analysis included data on the epidemiology of infectious complications, classification systems (CDC, Clavien-Dindo, Accordion), prognostic scores (ASA, SOFA, ACS-NSQIP, SORT), laboratory markers (CRP, IL-6, procalcitonin, neutrophil-to-lymphocyte ratio), and machine learning models (PERISCOPE AI, Random Forest, SVM, ensemble methods).

Results. The risk of infectious complications was shown to be determined by the cumulative effect of modifiable and nonmodifiable factors related to both the patient and the healthcare facility. Laboratory markers demonstrated high prognostic value: IL-6 levels above 432 pg/mL and CRP >150 mg/L on postoperative day 3 were statistically significantly associated with adverse outcomes. Advanced prognostic tools provided high accuracy: the AUROC for ACS-NSQIP reached 0.80, and for PERISCOPE AI, 0.82–0.91. The use of scoring systems and machine learning made it possible to identify high-risk patients before clinical symptoms appeared.

Conclusion. Risk of perioperative infections is multifactorial and requires an integrated approach to risk stratification, incorporating clinical data, risk assessment scales, laboratory markers, and AI models. The use of structured prognostic tools enables early identification of complications, optimize prevention, and reduce mortality.

Keywords: *perioperative risk; infectious complications; postoperative infection; sepsis; septic shock; risk prediction; abdominal surgery; risk factors.*

Conflict of interest. I. B. Zabolotskikh is Vice President of the All-Russian Public Organization «Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists» (FAR). The General Reanimatology journal is affiliated with the FAR, which does not change the editorial standards for reviewing this article. The review process and the decision to publish were made according to established procedure. The other authors declare no conflict of interest.

Funding information. This work was carried out as part of the project «Calculator of High Perioperative Risk in Elective Abdominal Surgery» using funds from the subsidy under Agreement No. 075-15-2025-108, dated March 29, 2025, within the framework of the Strategic Academic Leadership Program «Priority 2030».

Информация об авторах / Information about the authors:

Глушко Екатерина Игоревна / Ekaterina I. Glushko, <https://orcid.org/0000-0001-7869-9331>

Трембач Никита Владимирович / Nikita V. Trembach, <https://orcid.org/0000-0002-0061-0496>

Носков Алексей Андреевич / Alexey A. Noskov, <https://orcid.org/0000-0002-0662-9358>

Заболотских Игорь Борисович / Igor B. Zabolotskikh, <https://orcid.org/0000-0002-3623-2546>

Read the full-text English version at www.reanimatology.com

Введение

Периоперационный риск инфекционных осложнений — это вероятность развития инфекции, связанной с хирургическим вмешательством, в любой из фаз периоперационного периода (предоперационный, интраоперационный, послеоперационный периоды) [1]. Инфекционные осложнения, возникающие при выполнении абдоминальных операций, приводят к значительному удлинению сроков лечения, антибиотикорезистентности, резкому увеличению стоимости медицинской помощи и являются одной из ведущих причин летальности в хирургических стационарах. Частота их развития варьирует от 1% (инфекции мочевыводящих путей, ИМП) до 22,6% (сепсис), а летальность при септическом шоке достигает 67,8% [2–6]. Для изучения и оценки этой проблемы все чаще используются альтернативные методы: различные калькуляторы, построенные на методах машинного обучения, искусственном интеллекте и т. д.

Цель обзора — обосновать концепцию периоперационного инфекционного риска, систематизировать определения, классификации и факторы риска инфекционных осложнений, проанализировать прогностические шкалы,

лабораторные маркеры и методы машинного обучения.

Материал и методы

Доказательства, рассмотренные в данной работе, объединяют экспертное мнение автора с комплексным поиском в нескольких англоязычных базах данных (которые также индексируются русскоязычными источниками) и последующим анализом соответствующих публикаций. Поиск в базе данных Pubmed дополнили поиском на Lens.org, где учитывали статьи, не вошедшие в Pubmed, при условии наличия у них DOI и хотя бы одной цитаты. Глубина поиска составила 10 лет. Тип включаемых работ: гайдлайны, мета-анализы, крупные когортные исследования, обзоры. Для поиска литературы использовали основные ключевые слова: *infectious complications, intra-abdominal infections, septic complications, postoperative infectious complications*. Логика изложения и структурный подход нарративного обзора И.Б. Заболотских (2024), в котором предложена системная модель описания периоперационного риска, послужили концептуальной основой настоящего обзора и были использованы при формировании его архитектуры [7].

Эпидемиология инфекционно-септических осложнений. Послеоперационные инфекции по распространенности занимают второе место в РФ, на них приходится 23,6 из 42% всех случаев ИСПП (инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи) в стационарах хирургического профиля [8]. В частности, частота возникновения поверхностных раневых инфекций достигает 14,9% [9], в то время как более глубокие инфекции (орган/пространство) встречаются реже (5,9%), а глубокие раневые инфекции — еще реже (0,9%) [10].

Одним из самых серьезных послеоперационных осложнений является несостоятельность анастомоза. Частота его развития варьирует от 2,8 до 8,8% [3], однако уровень летальности при этом остается стабильно высоким — около 16–18% [9, 11], что делает эту локальную проблему одной из наиболее опасных.

Что касается летальности, то прослеживается ее прямая зависимость от тяжести и системности инфекционного процесса. Наименьший риск связан с поверхностными раневыми инфекциями (летальность 0,3–3,6%) [12, 13]. При распространении инфекции на более глубокие уровни риск значительно возрастает: глубокая раневая инфекция сопровождается летальностью 7,5%, а инфекция органа/пространства — уже 21,7% [13].

Наибольшую угрозу для жизни пациента представляют генерализованные системные инфекции. Сепсис, частота развития которого в разных исследованиях оценивается от 1,84 до 22,6% [14, 15], характеризуется широким диапазоном летальности — от 4,4 до 27,8% [2]. Его развитие в септический шок является критическим состоянием с крайне высокой летальностью — 67,8% [2]. Схожие показатели летальности описывают при bacteriemia (29,7%) [2] и инфекции без четко установленного источника (30–35%) [16], что подчеркивает важность ранней диагностики и контроля распространения инфекции.

Респираторные инфекции (чаще всего пневмония), встречаясь с частотой около 3,8–5,4% [9], также несут в себе существенную угрозу, причем их исход сильно зависит от типа операции. Общая летальность от послеоперационной пневмонии составляет 19,5%, но при экстренных вмешательствах этот показатель поднимается до 27,3%, что более чем в три раза превышает летальность при плановых операциях (8,1%) [17]. Несмотря на относительно низкую частоту (около 1%) [18], ИМП характеризуются чрезвычайно широким диапазоном летальности — от 5 до 50%, что, вероятно, связано с общим состоянием пациента и сопутствующими патологиями [19, 20].



Рис. Частота возникновения инфекционных осложнений.

Структуру каждого типа осложнений в общей массе всех зарегистрированных послеоперационных инфекций наглядно представили на рисунке.

Данные табл. 1 демонстрируют структуру, распространенность и степень опасности основных септических осложнений в абдоминальной хирургии с указанием источников полученной информации.

Периоперационные риски инфекционных осложнений: ключевые аспекты и комментарии. Для синдрома системного воспалительного ответа (ССВО) патогномично два и более признака из перечисленных ниже: изменение температуры тела (как в сторону повышения, более 38°C, так и в сторону понижения — ниже 36°C), учащение сердцебиения (более 90 ударов в минуту) и дыхания (более 20 вдохов в минуту), изменение количества лейкоцитов в крови (менее 4×10^9 или более 12×10^9 клеток на литр крови, или более 10% незрелых форм) [21, 22].

Инфекционно-септические осложнения — это прогрессирующий патологический процесс, инициированный инфекционным агентом, в основе которого лежит неадекватный системный воспалительный ответ организма, характеризующийся развитием синдрома системного воспалительного ответа (SIRS), сепсиса, полиорганной дисфункции и (при наиболее неблагоприятном течении) септического шока [21, 22].

Для классификации осложнений наиболее часто используется американская либо европейская классификация.

Классификация по Clavien–Dindo (европейская) была разработана в Швейцарии (2004 г., с уточнением в 2009 г.) и благодаря своей простоте и объективности стала самой распространенной в мире, включая США и Ев-

Таблица 1. Частота и летальность септических осложнений в абдоминальной хирургии.

Осложнение	Частота регистрации, %	Летальность, %
Респираторная инфекция	5,4 [20] 3,8 [9]	Общая летальность при послеоперационной пневмонии: 19,5 при экстренных операциях: 27,3 при плановых вмешательствах: 8,1 [17]
Несостоятельность анастомоза	8,8 [3] 2,8 [9]	18 [11] 16,4 [9]
Инфекция без определенного источника	—	30–35 [16]
Лабораторно подтвержденная бактериемия	—	29,7 [2]
Послеоперационная раневая инфекция (поверхностная)	14,9 [9] 11,8 [12]	3,6 [12,13]
Послеоперационная раневая инфекция (глубокая)	0,9 [10]	7,5 [13]
Послеоперационная инфекция (орган/пространство)	5,9 [10]	21,7 [13]
Инфекции мочевыводящих путей	1 [18]	5–50 [19]
Сепсис	1,84 [14] 22,6 [15]	4,4–27,8 [2]
Септический шок	—	67,8 [2]

Таблица 2. Сравнительная характеристика послеоперационных осложнений, входящих в американскую и европейскую классификацию [7].

№	Перечень осложнений	ACS-NSQIP	ESA-ESICM
Инфекционные осложнения			
1.	Инфекция	×	
2.	Инфекция без определенного источника		×
3.	Инфекция мочевыводящих путей		×
4.	Послеоперационная инфекция (орган/пространство).		×
5.	Послеоперационная раневая инфекция (глубокая).		×
6.	Послеоперационная раневая инфекция (поверхностная).		×
7.	Респираторная инфекция		×
8.	Лабораторно подтвержденная бактериемия.		×
9.	Сепсис/септический шок	×	

ропу. Она ранжирует осложнения по их тяжести, основываясь на лечении, необходимом для их коррекции.

Классификация Accordion (американская) разработана в США. Она менее жестко структурирована, чем классификация Clavien-Dindo. Для градации тяжести в ней применена концепция «вмешательств». Классификация Accordion часто используется в крупных американских базах данных (например, NSQIP — National Surgical Quality Improvement Program). Ее суть в том, что осложнения распределяются по категориям тяжести (от «Легкой» до «Смерти») на основе ресурсов, затраченных на их лечение.

В табл. 2 представили наиболее распространенные классификации осложнений послеоперационного периода. Инфекционные периоперационные осложнения более подробно описали ниже.

Инфекционные периоперационные осложнения, которые являются серьезной проблемой здравоохранения, могут возникнуть или в месте разреза (поверхностные или глубокие), или в любом органе и пространстве. Данная проблема коррелирует с длительным пребыванием в больнице, высокой степенью вероятности повторной госпитализации, низким качеством жизни.

К послеоперационным инфекционным осложнениям, входящим в американскую и ев-

ропейскую классификацию, относятся: инфекция без определенного источника, инфекция мочевыводящих путей, послеоперационная инфекция (орган/пространство), послеоперационная раневая инфекция (глубокая), послеоперационная раневая инфекция (поверхностная), респираторная инфекция, лабораторно подтвержденная бактериемия, сепсис/септический шок.

Инфекция без определенного источника выявляется наличием клинических признаков подозрения на инфекцию без подтверждения одного из нескольких клинически предполагаемых источников при наличии двух или более критериев (температура тела $<36^{\circ}\text{C}$ или $>38^{\circ}\text{C}$; лейкоциты $>12 \times 10^9/\text{л}$ или $<4 \times 10^9/\text{л}$; ЧД $>20/\text{мин}$ или $\text{PaCO}_2 >35$ мм рт. ст.; ЧСС $>90/\text{мин}$) [20].

Инфекция мочевыводящих путей. Критерии ИМП: позитивная культура мочи — титр ≥ 105 /мл не более чем из двух видов микроорганизмов, а также наличие других симптомов, указывающих на воспалительный процесс [20].

Послеоперационная инфекция (орган/пространство) — это инфекция, которая возникает в любой анатомической области, открытой или манипулируемой во время операции, за исключением самого разреза (раны) [20].

Послеоперационная раневая инфекция (поверхностная) — это инфекция, которая возникает в течение 30 дней после операции и за-

трагирует только кожу и подкожную жировую клетчатку в области разреза. Более глубокие ткани (фасции, мышцы) не вовлечены. Локус инфекции находится выше мышечной фасции [20].

Послеоперационная раневая инфекция (глубокая) — это инфекция, которая возникает в течение 30 дней после операции (или в течение 1 года, если был установлен имплантат) и затрагивает глубокие мягкие ткани: мышечные фасции и мышцы. Инфекция локализована ниже мышечной фасции, но не распространяется на анатомические полости или органы [19].

Лабораторно подтвержденная бактериемия — это состояние, при котором в стерильной в норме крови человека обнаруживаются живые бактерии, что подтверждается микробиологическими методами (выделение культуры) [20].

Сепсис, септический шок [21, 22]. Сепсис — опасная для жизни органная дисфункция, вызванная нарушением регуляции реакции организма хозяина на инфекцию. Для клинической реализации органная дисфункция может быть представлена увеличением балла последовательной оценки [связанной с сепсисом] органной недостаточности (SOFA), на 2 балла или более, что связано с госпитальной летальностью, превышающей 10%. Септический шок — разновидность сепсиса, при котором особенно глубокие нарушения кровообращения, клеточных и метаболических процессов связаны с более высоким риском смертельного исхода, чем при сепсисе. Пациентов с септическим шоком можно клинически идентифицировать по потребности в вазопрессорах для поддержания среднего артериального давления на уровне 65 мм рт. ст. или выше и по концентрации лактата в сыворотке выше 2 ммоль/л, при отсутствии гиповолемии. Такая комбинация связана с летальностью, превышающей 40%.

Респираторные осложнения [23] — одни из наиболее частых и опасных последствий абдоминальных операций, значительно увеличивающих летальность и сроки госпитализации.

К инфекционному проявлению респираторных осложнений относится гнойный трахеобронхит, аспирационный пневмонит, в т. ч. пневмония и т. д.

Критерии:

1. Клинические: лихорадка $> 38^{\circ}\text{C}$ + новые инфильтраты на рентгенограмме
2. Лабораторные: лейкоцитоз $> 10 \times 10^9/\text{л}$ или лейкопения $< 4 \times 10^9/\text{л}$
3. Микробиологические: $\geq 10^3$ КОЕ/мл в БАЛ.

Для диагностики можно также использовать не только вышеперечисленные критерии, но и шкалу CPIS (Clinical Pulmonary Infection Score). Она используется для клинической оценки инфекции легких и разработана для диагностики нозокомиальной пневмонии (НП).

Шкала представляет собой балльную оценку 7 клинических, лабораторных и рентгенологических параметров [24]. Некоторые показатели и соответствующие им баллы:

1. Температура: 0 баллов — $\geq 36,5^{\circ}\text{C}$ или $\leq 38,4^{\circ}\text{C}$, 1 балл — $\geq 38,5^{\circ}\text{C}$ или $\leq 38,9^{\circ}\text{C}$, 2 балла — $\geq 39,0^{\circ}\text{C}$ или $\leq 36,0^{\circ}\text{C}$.

2. Число лейкоцитов крови: 0 баллов — ≥ 4000 или ≤ 11000 , 1 балл — < 4000 или > 11000 , 1 балл добавляется при наличии «юных» форм $\geq 50\%$.

3. Трахеальный секрет: 0 баллов — отсутствие, 1 балл — наличие негнойного, 2 балла — наличие гнойного.

4. Оксигенация ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$): 0 баллов — ≥ 240 мм рт. ст., 2 балла — ≤ 240 мм рт. ст.

5. Рентгенография органов грудной клетки: 0 баллов — отсутствие инфильтратов, 1 балл — диффузные инфильтраты, 2 балла — очаговый инфильтрат или прогрессирование рентгенологических изменений.

Подходы к оценке периоперационных инфекционных осложнений. Факторы риска периоперационного периода можно разделить на следующие группы [25, 26]:

1. Модифицируемые/немодифицируемые;
2. Зависящие от медицинского персонала, медицинского учреждения/ориентированные на пациента.

В табл. 3 представили наиболее часто встречающиеся периоперационные риски возникновения инфекционных осложнений по данным источников [27–43], которые сгруппировали по модифицируемости, что важно для оценки последствий хирургических вмешательств.

В табл. 4, указали наиболее часто встречающиеся периоперационные риски возникновения инфекционных осложнений по данным источников [9, 12, 21, 26–50], разделив их на две большие группы: зависящие от медицинского персонала и ориентированные на пациента.

Анализ данных табл. 3 и 4 позволяет сделать вывод, что факторы риска взаимосвязаны и переплетаются на всех этапах оперативного вмешательства, формируя устойчивые причинно-следственные связи, знание и понимание которых критически важно.

Подходы к оценке периоперационных инфекционных осложнений: оценочные шкалы. Шкалы периоперационного риска широко применяются для прогнозирования осложнений и смертности, однако их информативность в отношении инфекционных исходов различается. Часть инструментов (ASA, ACS-NSQIP, SORT) оценивает общий хирургический риск, тогда как другие (SIRS, qSOFA, SOFA, SOFA2) ориентированы на сепсис и органную дисфункцию. Для комплексной оценки риска инфекций решающее

Таблица 3. Периоперационные риски инфекционных осложнений: модифицируемые/немодифицируемые.

Периоперационные риски инфекционных осложнений	
Модифицируемые	Немодифицируемые
Нутритивный статус: Тяжелое истощение, ожирение [26–28]. Курение и злоупотребление алкоголем [11, 29].	Возраст: Пожилой возраст (снижение резервов организма, иммуносенесценция) [29–32]. Сопутствующие заболевания [9, 29, 31]: • Сахарный диабет (особенно в стадии декомпенсации) • ХПБП (Хроническая болезнь почек) • Цирроз печени • Сердечная недостаточность • ХОБЛ (Хроническая обструктивная болезнь легких)
Декомпенсация сопутствующих заболеваний [9, 30]: • Высокий уровень гликозилированного гемоглобина (HbA1c) у диабетиков. • Декомпенсация сердечной, печеночной или почечной недостаточности	Иммуносупрессия [21]: • Врожденные иммунодефициты • Онкологические заболевания (особенно на фоне химиотерапии) • Аутоиммунные заболевания (например, ревматоидный артрит, ВЗК)
Прием иммуносупрессивных препаратов [26]: • Кортикостероиды • Биологическая терапия (например, ингибиторы ФНО, по возможности, коррекция дозы перед плановой операцией)	Высокий риск контаминации [34–36, 44]: • Операции по поводу перитонита • Перфорация полого органа • Наличие инфицированного инородного тела
Интраоперационные факторы [29, 32, 34, 39]: • Поддержание нормотермии (профилактика интраоперационной гипотермии). • Контроль гликемии во время операции. • Адекватная оксигенация и перфузия тканей. • Корректная техника операции (минимизация травмы, гемостаз, выбор шовного материала). • Дренирование (обоснованное применение и правильный уход)	Сложность и объем операции [26, 31, 33, 36–38]: • Продолжительность операции (>3-4 часов) • Обширная травма тканей • Выполнение анастомоза • Реоперации на органах брюшной полости
Послеоперационный уход [32, 33, 40–43]: • Своевременное удаление мочевого катетера и сосудистых катетеров. • Адекватное обезболивание (позволяет раннюю активизацию и дыхательную гимнастику). • Ранняя активизация и дыхательные упражнения (профилактика пневмонии). • Рациональная антибиотикотерапия (избежание необоснованного применения)	Класс раны по Altemeier [44]: • Загрязненные (III класс) и грязные (IV класс) раны

значение имеет вычленение тех компонентов шкал, которые напрямую коррелируют с инфекционными осложнениями. Важно подчеркнуть, в большинстве действующих шкал специализированные параметры для прогноза инфекций отсутствуют, что закономерно снижает их прогностическую способность в данном вопросе.

Шкала ASA оценивает физический статус пациента по 6-бальной градации от здорового до терминально-тяжелого и традиционно используется для общей оценки анестезиологического и хирургического риска. По данным исследований крупных когорт, высокая категория ASA ассоциирована с ростом частоты послеоперационных осложнений, включая инфекции, и увеличением 30-дневной смертности. При этом субъективность оценки и отсутствие прямой фокусировки на инфекционных факторах ограничивают ее самостоятельную роль в прогнозировании инфекционных осложнений, что оправдывает использование ASA в составе интегральных моделей, а не как единственного инструмента [51, 52].

Последний раз в 2020 г. ASA опубликовало обновленную версию оценки физического статуса пациента, которая учитывает физический статус взрослых, детей и беременных [51]. Шкала показала хорошую прогностическую ценность: возникновение осложнений — AUROC=0,714; летальность — AUROC=0,82 [52].

Основные сферы использования [53, 54]:

- Предоперационная оценка риска.
- Стратификация операционного риска.
- Оценка тяжести состояния

Шкала SOFA — система балльной оценки функции 6 ключевых систем органов (дыхательная, сердечно-сосудистая, печеночная, почечная, коагуляция, неврологический статус), используемая для динамического мониторинга тяжести органной дисфункции. Разработана в 1994 г. (Vincent и соавт.) как модификация шкалы MODS [55]. Шкала SOFA включает оценку 6 систем (дыхательной, сердечно-сосудистой, печеночной, коагуляционной, почечной и ЦНС), а рост ее значений тесно связан с госпитальной летальностью. Однако SOFA отражает тяжесть

Таблица 4. Периоперационные риски инфекционных осложнений: зависящие от медицинского персонала, медицинского учреждения/ориентированные на пациента.

Факторы риска		
Предоперационные	Интраоперационные	Послеоперационные
Зависящие от медицинского персонала, учреждения		
Экстренная хирургия [33]	Инфицированное/плохо обработанное операционное поле [43]	Наличие дренажа > 3 дней [39]
Предшествующая лучевая терапия [45]	Интраоперационно низкое SpO ₂ [34]	Наличие инвазивного устройства (ЦВК, уретральный катетер, интубационная трубка и т. д.) [32]
Длительная предоперационная госпитализация [33, 35]	Продолжительность операции > 2 ч [31]	Отсутствие адекватного ухода за раной [43]
Антибиотикопрофилактика [32, 40–42]	Гипотермия [34]	Длительный курс антибиотиков без показаний (развитие резистентной флоры) [33]
Дефицит квалифицированного персонала [46]	Более одного хирургического вмешательства в короткий срок [36,38]	Дефицит квалифицированного персонала [47]
	Длительность продолжения анестезии [47]	Высокий уровень внутрибольничной инфекции [33]
	Объем оперативного вмешательства [35]	
	Контаминация раны [34, 44]	
	Дефицит квалифицированного персонала [46]	
Ориентированные на пациента		
Наличие соматического заболевания (ССЗ, эндокринные, ПочН, ПечН, нарушения гемостаза) [9, 29, 31]		
Физиологические и антропометрические (возраст, вес, общее физическое состояние) [29–32]		
Вредные привычки (алкоголизм, наркомания, курение) [12, 29]		
Пищевой и нутритивный статус (недостаточное питание) [26]		
Дефицит витаминов [27, 28]		
Аутоиммунные заболевания [33]		
Географический регион [34]		
Иммунный статус (прием ГКС, онкология, ВИЧ и т. д.) [26]		
Когнитивные нарушения (деменция, делирий) [29,48]		
Иммунный статус (прием ГКС, онкология, ВИЧ и т. д.) [28]		
Парентеральное питание [49]		
Колонизация инфекции на момент операции [26, 33,45]		
Нестабильность гемодинамики интраоперационно [29]		
Объем кровопотери [50]		
Наличие хронического очага инфекции [37]		
Количественно перелитых интраоперационно компонентов крови [34, ,50]		

Примечание. ЦВК — центральный венозный катетер; ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания; ПочН — почечная недостаточность; ПечН — печеночная недостаточность; ГКС — глюкокортикостероиды; ВИЧ — вирус иммунодефицита человека.

уже развившейся органной дисфункции и плохо подходит для предоперационного прогнозирования инфекционных осложнений, что ограничивает роль шкалы до инструмента раннего выявления сепсиса в послеоперационном периоде.

Основные сферы использования [56]:

- Диагностика сепсиса (SOFA $\geq$ 2 балла + инфекция).
- Оценка тяжести при септическом шоке, сепсисе любой этиологии, полиорганной недостаточности.
- Прогноз летальности:
- SOFA $\geq$ 11 → летальность > 90%.
- SOFA $\leq$ 6 → выживаемость > 80%.

Описанная шкала прогностически достоверна, по данным различных источников, для определения возникновения послеоперационного летального исхода — AUROC 0,753, AUROC 0,74 [57, 58].

Несмотря на высокую прогностическую значимость данной шкалы, она имеет ограниче-

ния при использовании в плановой хирургии. Исходя из данных множества источников [55–58], напрашивается вывод, что, к сожалению, SOFA описывает текущее, уже существующее состояние пациента. Она отвечает на вопрос: «Насколько тяжелы уже имеющиеся нарушения органов?», а не «Разовьются ли они в будущем?». И, как следствие, у пациента в стабильном состоянии, поступающего на плановую операцию (например, по поводу желчнокаменной болезни или грыжи), показатели SOFA будут в норме (0 баллов). Шкала не сможет помочь дифференцировать его риск от риска подобного пациента, хотя их индивидуальные характеристики (возраст, сопутствующие заболевания, объем операции) могут кардинально различаться [21, 55, 59].

SOFA-2 — обновленная шкала оценки органной недостаточности, представленная экспертами Европейского общества интенсивной терапии.

Перераспределение баллов по ключевым системам улучшает ее содержательную валид-

ность и повышает интерпретируемость в соответствии с современной клинической практикой, удовлетворяя двум приоритетам, лежащим в основе обновления SOFA.

Обновленная шкала SOFA-2, учитывающая современные методы поддерживающей терапии органов и новые пороговые значения, описывает дисфункцию органов у большой, географически и социально-экономически разнообразной популяции взрослых пациентов в критическом состоянии и обладает хорошей прогностической валидностью. AUROC для прогнозирования летального исхода составляет 0,79.

Прогностический калькулятор ACS-NSQIP основан на большом числе предоперационных и интраоперационных переменных и позволяет оценивать риск 30-дневной смертности и ряда осложнений, включая хирургические инфекции. В исследованиях показана хорошая дискриминационная способность модели (AUC порядка 0,8 для неблагоприятных исходов), однако точность прогнозирования конкретных инфекционных осложнений варьирует в зависимости от вида вмешательства, а сама модель требует локальной калибровки [60–62].

Чувствительность калькулятора ACS-NSQIP для прогнозирования риска серьезной инфекции (включая инфекции области хирургического вмешательства, пневмонию, инфекцию мочевыводящих путей) составляет примерно 65–85%, в зависимости от изучаемой популяции и типа инфекции. Для изолированного прогноза чувствительность обычно находится в диапазоне 70–80% [63].

Для комбинированного исхода серьезных послеоперационных инфекционных осложнений AUC составила 0,807. Конкретно для такого осложнения, как инфекции области хирургического вмешательства, AUC была 0,802 [62].

Исходя из вышеизложенной информации, можно сделать вывод, что данный калькулятор является надежным и клинически полезным инструментом, который эффективно выявляет значительную часть пациентов, подверженных риску.

SORT (Surgical Outcome Risk Tool) — это валидированный инструмент, разработанный для прогнозирования 30-дневной летальности после плановой некардиальной хирургии (табл. 5). Его главные преимущества — простота использования и высокая точность. Для про-

цедуры оценки требуется немного времени, ввиду того, что используется всего 6 легко оцениваемых факторов [52, 63–69]. Хотя он напрямую предсказывает летальность, пациенты с высоким баллом SORT автоматически попадают в группу риска по всем тяжелым осложнениям, включая сепсис, пневмонию и другие инфекции. Все переменные в системе SORT являются известными предикторами неблагоприятного исхода после операции. Данная шкала имеет высокую точность оценки исхода, где возникновение осложнений AUROC 0,738, а возникновение летального исхода AUROC 0,823. Степень хирургического вмешательства существенно влияет на риск послеоперационной летальности [63, 64, 66–70].

В табл. 6 отметили преимущества и недостатки рассмотренных шкал [71–74].

Подходы к оценке периоперационных инфекционных осложнений: лабораторные показатели. Помимо оценочных шкал, основными критериями диагностики являются лабораторные показатели, уровень которых во многом зависит от выраженности септического процесса. На основании различных анализов можно спрогнозировать исход возникшего инфекционного осложнения и вовремя предпринять действия для его устранения.

С-реактивный белок (СРБ) — это белок, концентрация которого обычно повышается в острой фазе, вырабатываемый печенью и другими клетками, такими как альвеолярные макрофаги. Бактериальная инфекция является сильным стимулом, вызывающим заметное кратковременное повышение СРБ; изменения которого могут помочь в диагностике инфекции и прогнозировании исхода [75].

Содержание СРБ также статистически значимо отражает масштабы хирургического повреждения. В многочисленных систематических обзорах ретроспективных анализов в хирургии выявлено, что высокий послеоперационный СРБ ассоциирован с ростом летальности и частотой повторных госпитализаций [76–78] (табл. 7).

Интерлейкин-6 (ИЛ-6) является ранним медиатором воспалительного ответа и после крупных абдоминальных вмешательств, повышается раньше СРБ. Исследования в колоректальной хирургии показали, что высокие концентрации ИЛ-6 в 1-е сутки после операции ас-

Таблица 5. Интерпретация результатов шкалы SORT.

Сумма баллов SORT	Риск 30-дневной смертности	Клиническая категория риска
0–1	~0,1–0,2%	Очень низкий
2–3	~0,3–0,7%	Низкий
4–5	~0,9–1,8%	Промежуточный
6–8	~2,7–5,4%	Высокий
≥9	≥8,9%	Очень высокий

Таблица 6. Недостатки и преимущества рассмотренных шкал.

Шкала/калькулятор	Преимущества	Недостатки
ASA	Быстрая оценка (субъективная).	Нет точных числовых критериев.
STRS/SOFA	Оптимальна для сепсиса.	Не учитывает хирургические факторы.
ACS-NSQIP	Рассчитывает персонализированный прогноз для конкретного пациента на основе его возраста, коморбидностей и типа операции. Универсальность: покрывает широкий спектр хирургических специальностей и типов операций.	Проблемы с калибровкой: может неточно предсказывать риски для отдельных больниц или пациентов с экстремально высоким/низким риском. Требуется времени и данных: для использования необходимо собрать и ввести около 20 переменных, что занимает время.
SORT	Высокая точность для целевого исхода. Простота и скорость использования.	Не включает ключевые предикторы инфекций: ИМТ, диабет, курение, класс раны, длительность операции. Не для экстренной хирургии. Исходно разрабатывалась для плановой некардиохирургии. Ее применение в экстренной хирургии, кардиохирургии, нейрохирургии и педиатрии менее изучено и может быть неточным.

Примечание. ASA — Американское общество анестезиологов; SOFA — система балльной оценки функции систем органов, используемая для динамического мониторинга тяжести органной дисфункции; ACS-NSQIP — калькулятор, используемый для оценки возникновения послеоперационного риска; SORT — шкала риска исхода в хирургии.

Таблица 7. Влияние концентрации СРБ на послеоперационный исход.

Концентрация СРБ (мг/л)	СРБ ≤ 85	СРБ > 85–140	СРБ > 140–200	СРБ > 200–587
Основные результаты, %				
Инвалидность до 90 дней или смертность	10,8	13,2	18,2	25,6
Вторичные результаты, %				
Смертность через 12 месяцев	4,4	5,2	7,7	9,0
Внеплановая госпитализация в ОРИТ	5,9	8,4	11,1	16,0
Повторная госпитализация в течение 12 мес.	36,9	42,9	46,3	54,5

Таблица 8. Частота осложнений при различной концентрации ИЛ-6 на 1-е сут.

Осложнение	Частота осложнений, n (%)		p
	Концентрация ИЛ-6		
	Высокая, n=52	Низкая, n=80	
Сепсис	11 (21,2)	4 (5,0)	0,004
Реоперация	9 (17,3)	4 (5,0)	0,020
Несостоятельность анастомоза	9 (17,3)	2 (2,5)	0,007
Фибрилляция предсердий	9 (17,3)	5 (6,3)	0,216
Дыхательная недостаточность	7 (13,5)	3 (3,8)	0,006
Пневмония	5 (9,6)	3 (3,8)	0,263
Раневая инфекция	6 (11,5)	3 (3,8)	0,154
Сердечная недостаточность	4 (7,7)	3 (3,8)	0,433
Инфаркт миокарда	0	0	—
Летальность	3 (5,8)	0 (0,0)	0,059
Любое осложнение	23 (44,2)	13 (16,3)	<0,001

Примечание. У 3-х пациентов измерение ИЛ-6 на 1-й день было недоступно. У одного пациента могло быть более одного осложнения. Высокий ИЛ-6: > 432 пг/мл. Низкий ИЛ: ≤ 432 пг/мл.

социированы с последующим развитием тяжелых осложнений, в том числе несостоятельности анастомоза и сепсиса. Предлагаемые пороговые значения значительно варьируют, но в целом ИЛ-6 демонстрирует более высокую чувствительность к ранним осложнениям по сравнению с СРБ, что делает его перспективным компонентом многофакторных моделей инфекционного риска (табл. 8) [79–81].

Прокальцитонин (ПКТ) — это предшественник кальцитонина, состоящий из 116 аминокислот. Его концентрация повышается в первые часы после развития сепсиса и достигает пика через 24–48 ч. Секретция ПКТ особенно усиливается при системных бактериальных ин-

фекциях, что позволяет провести минимальную дифференциацию между бактериальными и вирусными инфекциями [82].

По данным различных источников этот показатель одинаково информативен не для всех органов и систем, а также не для всех ситуаций. Так, например, убедительные доказательства в отношении прогнозирования тяжести бактериальной инфекции имеются при следующих патологиях: менингит, пневмония, инфекции верхних дыхательных путей, сепсис, септический шок. Менее надежен этот маркер при артрите, эндокардите, нейтропении и т. д. [83].

ПКТ — надежный маркер ранней диагностики инфекционных осложнений в периопе-

Таблица 9. Пример зависимости летальности от концентрации ПКТ [84].

Концентрация ПКТ, нг/мл	Летальность, %
< 0,5	< 5
0,5–2	10–15
2–5	20–30
5–10	40–50
> 10	> 60

рационном периоде, особенно при динамическом контроле. Между величиной данного показателя и летальностью выявлена положительная корреляционная зависимость: возрастание значений сопряжено с увеличением риска летального исхода, (табл. 9).

Результат анализа этого биомаркера способствует также адекватному определению врачом длительности и структуры антибактериальной терапии. Исследования показывают, что если концентрация ПКТ снизилась на 80% от пиковой или стала ниже 0,5 нг/мл, антибиотики можно безопасно отменить, что позволяет нивелировать риски, связанные с избыточным применением антибактериальных препаратов [85, 86]. Для повышения точности принятия решения рекомендуется сочетать трактовку данного показателя с клинической оценкой и инструментальными методами.

Отношение нейтрофилов к лимфоцитам (ОНЛ) — простой показатель выраженности воспалительного ответа, рассчитываемый по стандартному клиническому анализу крови. Систематические обзоры показали, что повышенный предоперационный ОНЛ ассоциирован с увеличением риска послеоперационных инфекционных осложнений и неблагоприятных онкологических исходов, а рост ОНЛ в раннем послеоперационном периоде может сигнализировать о развивающейся инфекции. Хотя оптимальные пороговые значения ОНЛ различаются между исследованиями, данный показатель привлекателен как дешевый и доступный маркер, который можно включать в комбинированные шкалы и модели машинного обучения для стратификации инфекционного риска [87].

Референсные значения: норма — чаще всего в диапазоне 1,0–2,0. Однако референсные значения могут незначительно варьировать в зависимости от лаборатории, популяции и возраста пациентов. Повышенным обычно считается значение > 3,0. Высоким/значимым часто считается значение > 5,0–10,0 (особенно в контексте прогноза при тяжелых заболеваниях).

ОНЛ имеет достаточно хорошую точность. AUC для этого показателя составил 0,84, а чувствительность — 0,77 [88].

Методы машинного обучения и искусственного интеллекта в оценке периоперационного риска инфекционных осложнений. Модель машинного обучения — это математи-

ческая или вычислительная конструкция (алгоритм), которая в процессе обучения настраивает свои внутренние параметры таким образом, чтобы находить взаимосвязь между входными и выходными данными. Классические модели машинного обучения чаще всего используются для прогнозирования. Эти модели требуют предварительного отбора признаков и хорошо работают на структурированных данных (например, данные из электронной истории болезни, ЭИБ).

PERISCOPE AI — одна из самых современных моделей для прогнозирования риска инфекций после операции. Она использует алгоритмы градиентного бустинга (XGBoost) и способна с высокой точностью прогнозировать риск инфекционных осложнений на 7-й и 30-й день после хирургического вмешательства, анализируя данные ЭИБ. Модель валидирована на нескольких центрах, показывает отличные результаты по ROC-AUC и демонстрирует пользу для клинической практики. Особенность подхода — адаптация и перекалибровка локальных моделей под конкретную клинику, что существенно повышает клиническую применимость. AUROC для больниц, вошедших в исследование, составил 0,82–0,91 для 30-дневных прогнозов на временных наборах данных для проверки (2022–2023) [89].

Модель случайного леса (Random Forest) — это алгоритм машинного обучения, который используется для задач классификации и регрессии. Он эффективен при анализе мультифакторных клинических данных, позволяет моделировать сложные нелинейные взаимосвязи. Random Forest — мощный и универсальный алгоритм, который часто используется как «базовый» для сравнения с более сложными моделями. Активно используется для прогнозирования возникновения инфекционных осложнений в абдоминальной хирургии, имеет хорошую чувствительность, AUROC — 0,8–0,89 [89, 90].

Метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) — это мощный алгоритм машинного обучения, используемый для задач классификации и регрессии. Его ключевая идея — найти оптимальную разделяющую гиперплоскость в пространстве признаков, которая максимизирует зазор между классами. В статье J. H. Yuan и соавт. [91] анализ кривой ROC показал, что модель метода опорных векторов при применении к обучающей когорте продемонстрировала AUC 0,985 (95 % ДИ: 0,970–0,999) при специфичности 0,944 и идеальной чувствительности 1,000 при оценке риска послеоперационной летальности у пациентов, перенесших абдоминальную операцию.

Ансамблевые модели машинного обучения — это подход, при котором несколько базовых мо-

Таблица 10. Данные оценки точности и полноты для моделей прогнозирования инфекции в области хирургического вмешательства.

Модель	AUROC		AUPRC	
	Среднее	95% ДИ	Среднее	95% ДИ
Логистическая регрессия	0,677	0,669–0,685	0,194	0,189–0,199
Случайный лес	0,764	0,756–0,772	0,484	0,476–0,492
Градиентный бустинг	0,766	0,759–0,774	0,483	0,475–0,491
Нейронная сеть	0,770	0,763–0,778	0,488	0,480–0,496

Примечание. Хирургическая инфекция области хирургического вмешательства (ИОХВ) определена как поверхностная, глубокая или инфекция органа/полости. AUROC — площадь под ROC-кривой (кривая «чувствительность–специфичность»); AUPRC — площадь под Precision-Recall кривой (кривая «точность–полнота»).

делей (например, случайного леса, линейных регрессий или SVM) объединяются для улучшения точности и устойчивости прогнозирования. Основная идея: комбинирование слабых или разнообразных моделей для создания более сильного и надежного алгоритма. По данным различных статей ансамблевые методы наиболее точны в прогнозировании событий и их чувствительность достигает 85% за 6 ч до клинической диагностики [90].

В табл. 10, по данным К. А. Chen и соавт. [10], привели сравнительные характеристики различных методов машинного обучения в прогнозировании возникновения инфекции в области хирургического вмешательства.

Система AISE (Artificial Intelligence Scoring Engine) — это конкретная коммерческая система для прогнозирования сепсиса и других осложнений, разработанная компанией PeraHealth. Это один из немногих ИИ-инструментов, получивший широкое клиническое внедрение в больницах.

Модель высокоэффективна (AUROC 0,85) может предсказать возникновение сепсиса за 4 ч до его развития, на основе данных истории болезни, клинических и лабораторных показателей [92].

Микробиологический аспект периоперационного инфекционного риска и антибиотикорезистентность. Периоперационный инфекционный риск, безусловно, определяется не только факторами риска со стороны пациента и видом операции, но и вероятным спектром возбудителей, а также локальной ситуацией с антибиотикорезистентностью в отделении и стационаре [34, 93–96]. Для поверхностных и глубоких инфекций области операции наиболее типичны *Staphylococcus aureus* и коагулазонегативные стафилококки, тогда как для инфекций внутренних органов и абдоминальной хирургии более характерны *Escherichia coli* и анаэробы, включая *Bacteroides* spp. [34, 96]. При внебольничных интраабдоминальных инфекциях наиболее вероятны *Enterobacterales* (*E. coli*, *Klebsiella* spp.), стрептококки и анаэробная флора; при послеоперационном перитоните спектр возбудителей часто расширяется за счет *Enterococcus* spp., MDR-грамотрицательных бактерий и, у части больных, грибковой флоры [96].

Выбор антибактериальной терапии должен основываться на источнике инфекции, тяжести состояния, иммунном статусе пациента, факторах риска антибиотикорезистентности и данных локальной антибиотикограммы [96–98]. К факторам высокого риска инфицирования резистентными грамотрицательными микроорганизмами относятся недавняя госпитализация, предшествующая терапия широким спектром антибиотиков, колонизация MDR-патогенами, повторные операции и длительное пребывание в стационаре [96–98]. У пациентов этой группы необходимо взятие материала для микробиологического исследования, поскольку результаты посева и чувствительности важны не только для индивидуализации лечения, но и для понимания локальной микробиологической эпидемиологии [96–98].

Современные принципы периоперационной антибиотикопрофилактики свидетельствуют о необходимости назначения антибактериального препарата до хирургического разреза: в пределах 120 мин согласно рекомендациям BO3 [95] и, как правило, в пределах 60 мин по SHEA/IDSA/APIC и ASHP [93, 94]; для ванкомицина и фторхинолонов допускается интервал до 120 мин [93, 94]. Следует учитывать, что при длительных вмешательствах требуется повторное введение препарата [93, 94]. Продление профилактики после завершения операции, включая случаи наличия дренажей, не рекомендуется, поскольку не снижает частоту раневой инфекции и повышает риск нежелательных последствий, включая селекцию резистентной флоры [34, 93–95, 99]. Для плановой колоректальной хирургии доказана эффективность комбинации пероральной и парентеральной антибиотикопрофилактики [93, 94].

Заключение

Факторы риска возникновения инфекционных осложнений в периоперационном периоде можно разделить на следующие группы: модифицированные/немодифицированные; зависящие от медицинского персонала, медицинского учреждения/ориентированные на пациента.

Данный обзор помогает обосновать концепцию периоперационного риска инфекцион-

ных осложнений на основе анализа современных подходов к определениям, классификации неблагоприятных исходов и их прогнозированию.

Представленная информация подчеркивает важность мультидисциплинарного подхода к снижению инфекционных рисков периоперационного периода. Оптимизация использования прогностических шкал и лабораторных маркеров может значительно улучшить исходы.

Инфекционные осложнения после абдоминальных операций остаются одной из ключе-

вых причин послеоперационной летальности, увеличения сроков госпитализации и финансовых затрат. Частота их развития варьирует от 1% (ИМП) до 22,6% (сепсис), а летальность при септическом шоке достигает 67,8%.

Необходимо осуществлять профилактические меры возникновения инфекционных осложнений периоперационного периода, исходя из полученных знаний.

Литература

- Kehlet H., Lobo D.N. Exploring the need for reconsideration of trial design in perioperative outcomes research: a narrative review. *EClinicalMedicine*. 2024; 70: 102510. DOI: 10.1016/j.eclinm.2024.102510. PMID: 38444430.
- Sartelli M., Barie P., Agnoletti V., Al-Hasan MN., Ansaloni L., Biffi W., Buonomo L., et al. Intra-abdominal infections survival guide: a position statement by the Global Alliance For Infections In Surgery. *World J Emerg Surg*. 2024; 19 (1): 22. DOI: 10.1186/s13017-024-00552-9. PMID: 38851700.
- Riché F.C., Dray X., Laisné M.J., Matéo J., Raskine L., Sanson-Le Pors M.J., Payen D., et al. Factors associated with septic shock and mortality in generalized peritonitis: comparison between community-acquired and postoperative peritonitis. *Crit Care*. 2009; 13 (3): R99. DOI: 10.1186/cc7931. PMID: 19552799.
- Zimlichman E., Henderson D., Tamir O., Franz C., Song P., Yamin C.K., Keohane C., et al. Health care-associated infections: a meta-analysis of costs and financial impact on the US health care system. *JAMA Intern Med*. 2013; 173 (22): 2039–2046. DOI: 10.1001/jamainternmed.2013.9763. PMID: 23999949.
- Kirkland K.B., Briggs J.P., Trivette S.L., Wilkinson W.E., Sexton D.J. The impact of surgical-site infections in the 1990s: attributable mortality, excess length of hospitalization, and extra costs. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1999; 20 (11): 725–730. DOI: 10.1086/501572. PMID: 10580621.
- de Lissouvy G., Fraeman K., Hutchins V., Murphy D., Song D., Vaughn B.B. Surgical site infection: incidence and impact on hospital utilization and treatment costs. *Am J Infect Control*. 2009; 37 (5): 387–397. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.12.010. PMID: 19398246.
- Заболотских И.Б. Концепция периоперационного риска: обзор литературы. *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. 2024; (4): 40–57. *Zabolotskikh I.B. The concept of perioperative risk: a literature review. Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova* 2024; (4): 40–57. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2024-4-40-57.
- Денисюк Н.Б. Эпидемиологические особенности инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в Оренбургской области. *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. 2021; 11 (1): 37–42. *Denisjuk N.B. Epidemiological features of healthcare-associated infections in the Orenburg Region. Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items=Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktualnye Voprosy*. 2021; 11 (1): 37–42. DOI: 10.18565/epidem.2021.11.1.37-42.
- Wong J.K.L., Ke Y., Ong Y.J., Li H., Wong T.H., Abdullah H.R. The impact of preoperative glycated hemoglobin (HbA1c) on postoperative complications after elective major abdominal surgery: a meta-analysis. *Korean J Anesthesiol*. 2022; 75 (1): 47–60. DOI: 10.4097/kja.21295. PMID: 34619855.
- Chen K.A., Joisa C.U., Stern J.M., Guillem J.G., Gomez S.M., Kapadia M.R. Improved prediction of surgical-site infection after colorectal surgery using machine learning. *Dis Colon Rectum*. 2023; 66 (3): 458–466. DOI: 10.1097/DCR.0000000000002559. PMID: 36538699.
- Okui J., Ueno R., Matsui H., Uegami W., Hayashi H., Miyajima T., Kusanagi H. Early prediction model of organ/space surgical site infection after elective gastrointestinal or hepatopancreatobiliary cancer surgery. *J Infect Chemother*. 2020; 26 (9): 916–922. DOI: 10.1016/j.jiac.2020.04.009. PMID: 32360091.
- Shakir A., Abate D., Tebeje F., Weledegebreel F. Magnitude of surgical site infections, bacterial etiologies, associated factors and antimicrobial susceptibility patterns of isolates among post-operative patients in Harari Region public hospitals, Harar, Eastern Ethiopia. *Infect Drug Resist*. 2021; 14: 4629–4639. DOI: 10.2147/IDR.S329721. PMID: 34764659.
- Erdem H., Ankarali H., Al-Tawfiq J.A., Angamuthu K., Piljic D., Umihan A., Dayyab F., et al. ID-IRI Study Group. Mortality associated with surgical site infections following cardiac surgery: insights from the International ID-IRI Study. *IJID Reg*. 2025; 14: 100566. DOI: 10.1016/j.ijregi.2025.100566. PMID: 39931188.
- Plaek P., De Man J.G., Coenen S., Jorens P.G., De Winter B.Y., Hubens G. Clinical- and surgery-specific risk factors for post-operative sepsis: a systematic review and meta-analysis of over 30 million patients. *Surg Today*. 2020; 50 (5): 427–439. DOI: 10.1007/s00595-019-01827-4. PMID: 31172283.
- Xu X., Dong H.C., Yao Z., Zhao Y.Z. Risk factors for postoperative sepsis in patients with gastrointestinal perforation. *World J Clin Cases*. 2020; 8 (4): 670–678. DOI: 10.12998/wjcc.v8.i4.670. PMID: 32149051.
- Seymour C.W., Gesten E., Prescott H.C., Friedrich M.E., Iwashyna T.J., Phillips G.S., Lemeshov S., et al. Time to treatment and mortality during mandated emergency care for sepsis. *N Engl J Med*. 2017; 376 (23): 2235–2244. DOI: 10.1056/NEJMoa1703058. PMID: 28528569.
- Canet J., Gallart L., Gomar C., Paluzie G., Vallès J., Castillo J., Sabate S., et al; ARISCAT Group. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*. 2010; 113 (6): 1338–1350. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a. PMID: 21045639.
- Plat V.D., Voeten D.M., Daams F., van der Peet D.L., Straatman J. C-reactive protein after major abdominal surgery in daily practice. *Surgery*. 2021; 170 (4): 1131–1139. DOI: 10.1016/j.surg.2021.04.025. PMID: 34024474.
- Napolitano L.M. Intra-abdominal infections. *Semin Respir Crit Care Med*. 2022; 43 (1): 10–27. DOI: 10.1055/s-0041-1741053. PMID: 35172355.
- Horan T.C., Andrus M., Dudeck M.A. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008; 36 (5): 309–332. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.03.002. PMID: 18538699.
- Киров М.Ю., Кузьков В.В., Проценко Д.Н., Щеголев А.В., Бабаев М.А., Белоцерковский Б.З., Быков А.О., и соавт. Септический шок у взрослых: клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2023; 4: 7–42. *Kirov M.Yu., Kuzkov V.V., Protchenko D.N., Shchegolev A.V., Babaev M.A., Belotserkovsky B.Z., Bykov A.O., et al. Septic shock in adults: guidelines of the All-Russian public organization «Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists». Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova*. 2023; 4: 7–42. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2023-4-7-4.
- Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W., Shankar-Hari M., Annane D., Bauer M., Bellomo R., et al. The Third International Consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016; 315 (8): 801–810. DOI: 10.1001/jama.2016.0287. PMID: 26903338.
- Torres A., Niederman M.S., Chastre J., Ewig S., Fernandez-Vandellos P., Hanberger H., Kollef M., et al. International ERS/ESICM/ESCMID/ALAT guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia (VAP) of the European Respiratory Society (ERS), European Society of Intensive Care Medicine (ESICM), European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) and Asociación Latinoamericana del Tórax (ALAT). *Eur Respir J*. 2017; 50 (3): 1700582. DOI: 10.1183/13993003.00582-2017. PMID: 28890434.

24. Pugin J., Auckenthaler R., Mili N., Janssens J.P., Lew P.D., Suter P.M. Diagnosis of ventilator-associated pneumonia by bacteriologic analysis of bronchoscopic and nonbronchoscopic «blind» bronchoalveolar lavage fluid. *Am Rev Respir Dis.* 1991; 143 (5 Pt 1): 1121–1129. DOI: 10.1164/ajrccm/143.5_Pt_1.1121. PMID: 2024824.
25. Xu Z., Qu H., Gong Z., Kanani G., Zhang F., Ren Y., Shao S., et al. Risk factors for surgical site infection in patients undergoing colorectal surgery: a meta-analysis of observational studies. *PLoS One.* 2021; 16 (10): e0259107. DOI: 10.1371/journal.pone.0259107. PMID: 34710197.
26. Allegranzi B., Bischoff P., de Jonge S., Kubilay N.Z., Zayed B., Gomes S.M., Abbas M., et al; WHO Guidelines Development Group. New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *Lancet Infect Dis.* 2016; 16 (12): e276–e287. DOI: 10.1016/S1473-3099 (16)30398-X. PMID: 27816413.
27. Balci B., Kilinc G., Calik B., Aydin C. The association between preoperative 25-OH vitamin D levels and postoperative complications in patients undergoing colorectal cancer surgery. *BMC Surg.* 2021; 21 (1): 369. DOI: 10.1186/s12893-021-01369-y. PMID: 34666739.
28. Washko P.W., Wang Y., Levine M. Ascorbic acid recycling in human neutrophils. *J Biol Chem.* 1993; 268 (21): 15531–15535. PMID: 8340380.
29. Pichler A., Kurz A., Eichlseder M., Graf A., Eichinger M., Taschner A., Kabon B., et al; INSIGHT Study Group. Perioperative inflammatory reSponse assessment In hiGH-Risk patienTs undergoing non-cardiac surgery (INSIGHT): study protocol of a prospective non-interventional observational study. *BMJ Open.* 2023; 13 (7): e065469. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-065469. PMID: 37474184.
30. Tian Y., Li R., Wang G., Xu K., Li H., He L. Prediction of postoperative infectious complications in elderly patients with colorectal cancer: a study based on improved machine learning. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2024; 24 (1): 11. DOI: 10.1186/s12911-023-02411-0. PMID: 38184556.
31. Bislinghi G., Vanhaverbeke A., Fieus S., de Buck van Overstraeten A., D'Hoore A., Schuermans A., Wolthuis A.M. Risk factors for surgical site infection after colorectal resection: a prospective single centre study. *Acta Chir Belg.* 2021; 121 (2): 86–93. DOI: 10.1080/00015458.2019.1675969. PMID: 31577178.
32. Eder M., Sommerstein R., Szelecsenyi A., Schweiger A., Schlegel M., Atkinson A., Kuster S.P., et al. Association between the introduction of a national targeted intervention program and the incidence of surgical site infections in Swiss acute care hospitals. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2023; 12 (1): 134. DOI: 10.1186/s13756-023-01336-7. PMID: 37996935.
33. Vincent J.L., Rello J., Marshall J., Silva E., Anzueto A., Martin C.D., Moreno R., et al; EPIC II Group. International study of the prevalence and outcomes of infection in intensive care units. *JAMA.* 2009; 302 (21): 2323–2329. DOI: 10.1001/jama.2009.1754. PMID: 19952319.
34. Berrios-Torres S.I., Umscheid C.A., Bratzler D.W., Leas B., Stone E.C., Kelz R.R., Reinke C.E., et al. Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAMA Surg.* 2017; 152 (8): 784–791. DOI: 10.1001/jamasurg.2017.0904. PMID: 28467526.
35. Hou Y., Collinsworth A., Hasa F., Griffin L. Incidence and impact of surgical site complications on length of stay and cost of care for patients undergoing open procedures. *Surg Open Sci.* 2023; 14: 31–45. DOI: 10.1016/j.sopen.2023.05.004. PMID: 37599673.
36. Verberk J.D.M., Meijis A.P., Vos M.C., Schreurs L.M.A., Geerlings S.E., de Greeff S.C., Koek M.B.G. Contribution of prior, multiple-, and repetitive surgeries to the risk of surgical site infections in the Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2017; 38 (11): 1298–1305. DOI: 10.1017/ice.2017.195. PMID: 28918773.
37. Moreno R.P., Metnitz B., Adler L., Hoeftl A., Bauer P., Metnitz P.G.; SAPS 3 Investigators. Sepsis mortality prediction based on predisposition, infection and response. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (3): 496–504. DOI: 10.1007/s00134-007-0943-1. PMID: 18060541.
38. van Ramshorst G.H., Nieuwenhuizen J., Hop W.C., Arends P., Boom J., Jeekel J., Lange J.F. Abdominal wound dehiscence in adults: development and validation of a risk model. *World J Surg.* 2010; 34 (1): 20–27. DOI: 10.1007/s00268-009-0277-y. PMID: 19898894.
39. Mujagic E., Zeindler J., Coslovsky M., Hoffmann H., Soysal S.D., Mechera R., von Strauss M., et al. The association of surgical drains with surgical site infections: a prospective observational study. *Am J Surg.* 2019; 217 (1): 17–23. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.06.015. PMID: 29935905.
40. Stavropoulou E., Atkinson A., Eisenring M.C., Fux C.A., Marschall J., Senn L., Troillet N. Association of antimicrobial perioperative prophylaxis with cefuroxime plus metronidazole or amoxicillin/clavulanic acid and surgical site infections in colorectal surgery. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2023; 12 (1): 105. DOI: 10.1186/s13756-023-01307-y. PMID: 37726838.
41. Paasch C., Schildberg C., Lünse S., Heisler S., Meyer J., Kirbach J., Kobelt E., et al. Optimal timing for antimicrobial prophylaxis to reduce surgical site infections: a retrospective analysis of 531 patients. *Sci Rep.* 2023; 13 (1): 9405. DOI: 10.1038/s41598-023-36588-1. PMID: 37296185.
42. Sommerstein R., Atkinson A., Kuster S.P., Vuichard-Gysin D., Harbarth S., Troillet N., Widmer A.F.; Swissnos Network. Association between antimicrobial prophylaxis with double-dose cefuroxime and surgical site infections in patients weighing 80 kg or more. *JAMA Netw Open.* 2021; 4 (12): e2138926. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.38926. PMID: 34910149.
43. Menzenbach J., Layer Y.C., Layer Y.L., Mayr A., Coburn M., Wittmann M., Hilbert T. The level of postoperative care influences mortality prediction by the POSPOM score: a retrospective cohort analysis. *PLoS One.* 2021; 16 (9): e0257829. DOI: 10.1371/journal.pone.0257829. PMID: 34587207.
44. Jahangir F., Haghdoust A., Moameri H., Okhovati M. Incidence and risk factors of surgical site infection in abdominal surgeries: a scoping review of cohort and case-control studies. *Iran J Med Sci.* 2024; 49 (7): 402–412. DOI: 10.30476/ijms.2024.100819.3338. PMID: 39114633.
45. Chapman B.C., Hosokawa P., Henderson W., Paniccia A., Overbey D.M., Messersmith W., Lieu C., et al. Impact of neoadjuvant chemoradiation on perioperative outcomes in patients with rectal cancer. *J Surg Oncol.* 2017; 115 (8): 1033–1044. DOI: 10.1002/jso.24613. PMID: 28334436.
46. Janes G., Mills T., Budworth L., Johnson J., Lawton R. The association between health care staff engagement and patient safety outcomes: a systematic review and meta-analysis. *J Patient Saf.* 2021; 17 (3): 207–216. DOI: 10.1097/PTS.0000000000000807. PMID: 33427792.
47. Bain C.R., Myles P.S., Martin C., Wallace S., Shulman M.A., Corcoran T., Bellomo R., et al; RELIEF Trial Investigators. Postoperative systemic inflammation after major abdominal surgery: patient-centred outcomes. *Anaesthesia.* 2023; 78 (11): 1365–1375. DOI: 10.1111/anae.16104. PMID: 37531295.
48. Zhu Y., Xu H., Liu W., Qi W., Yang X., Ye L., Cao Q., et al. Glasgow prognostic score is a practical predictive index for postoperative intra-abdominal septic complications after bowel resection in Crohn's disease patients. *Int J Colorectal Dis.* 2018; 33 (7): 947–953. DOI: 10.1007/s00384-018-3035-5. PMID: 29687374.
49. Weimann A., Braga M., Harsanyi L., Laviano A., Ljungqvist O., Soeters P., DGE (German Society for Nutritional Medicine); Jauch K.W., et al. ESPEN guidelines on enteral nutrition: surgery including organ transplantation. *Clin Nutr.* 2006; 25 (2): 224–244. DOI: 10.1016/j.clnu.2006.01.015. PMID: 16698152.
50. Puértolas N., Osorio J., Jericó C., Miranda C., Santamaría M., Artigau E., Galofre G., et al. Effect of perioperative blood transfusions and infectious complications on inflammatory activation and long-term survival following gastric cancer resection. *Cancers (Basel).* 2022; 15 (1): 144. DOI: 10.3390/cancers15010144. PMID: 36612141.
51. Owens W.D., Felts J.A., Spitznagel E.L. Jr. ASA physical status classifications: a study of consistency of ratings. *Anesthesiology.* 1978; 49 (4): 239–243. DOI: 10.1097/0000542-197810000-00003. PMID: 697077.
52. Заболотских И.Б., Трембач Н.В., Мусаева Т.С., Дунц П.В., Голубцов В.В., Григорьев Е.В., Грицан А.И. с соавт. Национальное многоцентровое проспективное наблюдательное исследование «Роль сопутствующих заболеваний в стратификации риска послеоперационных осложнений» — STOPRISK: протокол исследования. *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова.* 2022; 4: 24–35. Zabolotskikh I.B., Trembach N.V., Musaeva T.S., Dunts P.V., Golubtsov V.V., Grigoriev E.V., Gritsan A.I., et al. National multicenter prospective observational study «The role of concomitant diseases in the postoperative complications RISK stratification» — STOPRISK: study protocol. *Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova.* 2022; 4: 24–35. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2022-4-24-35.
53. Grigorescu B.L., Săplăcan I., Petrișor M., Bordea I.R., Fodor R., Lazăr A. Perioperative risk stratification: a need for an improved assessment in surgery and anesthesia — a pilot study. *Medicina (Kaunas).* 2021; 57 (10): 1132. DOI: 10.3390/medicina57101132. PMID: 34684169.
54. Заболотских И.Б., Трембач Н.В. Пациенты высокого периоперационного риска: два подхода к стратификации. *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова.* 2019; (4): 34–46. Zabolotskikh I.B., Trembach N.V. High perioperative risk

- patients: two approaches to stratification. Review. *Ann Crit Care = Vestnik Intensivnoy Terapii im A.I. Saltanova*. 2019; (4): 34–46. (in Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-34-46.
55. Vincent J.L., de Mendonça A., Cantraine E., Moreno R., Takala J., Suter P.M., Sprung C.L., et al. Use of the SOFA score to assess the incidence of organ dysfunction/failure in intensive care units: results of a multicenter, prospective study. *Crit Care Med*. 1998; 26 (11): 1793–1800. DOI: 10.1097/00003246-199811000-00016. PMID: 9824069.
 56. Evans L., Rhodes A., Alhazzani W., Antonelli M., Coopersmith C.M., French C., Machado E.R. et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med*. 2021; 47 (11): 1181–1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y. PMID: 34599691.
 57. Seymour C.W., Liu V.X., Iwashyna T.J., Brunkhorst E.M., Rea T.D., Scherag A., Rubenfeld G., et al. Assessment of clinical criteria for sepsis: for the Third International Consensus Definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016; 315 (8): 762–774. DOI: 10.1001/jama.2016.0288. PMID: 26903335.
 58. Raith E.P., Udy A.A., Bailey M., McGloughlin S., MacIsaac C., Bellomo R., Pilcher D.V. Prognostic accuracy of the SOFA score, SIRS criteria, and qSOFA score for in-hospital mortality among adults with suspected infection admitted to the ICU. *JAMA*. 2017; 317 (3): 290–300. DOI: 10.1001/jama.2016.20328. PMID: 28114553.
 59. Vincent J.L., Moreno R., Takala J., Willatts S., De Mendonça A., Bruining H., Reinhart C.K., et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. *Intensive Care Med*. 1996; 22 (7): 707–710. DOI: 10.1007/BF01709751. PMID: 8844239.
 60. McMillan M.T., Allegrini V., Asbun H.J., Ball C.G., Bassi C., Beane J.D., Behrman S.W., et al. Incorporation of procedure-specific risk into the ACS-NSQIP Surgical Risk Calculator improves the prediction of morbidity and mortality after pancreatoduodenectomy. *Ann Surg*. 2017; 265 (5): 978–986. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001796. PMID: 27232260.
 61. van Walraven C., Musselman R. The Surgical Site Infection Risk Score (SSIRS): a model to predict the risk of surgical site infections. *PLoS One*. 2013; 8 (6): e67167. DOI: 10.1371/journal.pone.0067167. PMID: 23826224.
 62. Bilimoria K.Y., Liu Y., Paruch J.L., Zhou L., Kmiecik T.E., Ko C.Y., Cohen M.E. 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; 217 (5): 833–842.e1-3. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2013.07.385. PMID: 24055383.
 63. Copeland G.P., Jones D., Walters M. POSSUM: a scoring system for surgical audit. *Br J Surg*. 1991; 78 (3): 355–360. DOI: 10.1002/bjbs.1800780327. PMID: 2021856.
 64. Protopapa K.L., Simpson J.C., Smith N.C., Moonesinghe S.R. Development and validation of the Surgical Outcome Risk Tool (SORT). *Br J Surg*. 2014; 101 (13): 1774–1783. DOI: 10.1002/bjbs.9638. PMID: 25388883.
 65. Sellers M.M., Merkow R.P., Halverson A., Hinami K., Kelz R.R., Bentrem D.J., Bilimoria K.Y. Validation of new readmission data in the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program. *J Am Coll Surg*. 2013; 216 (3): 420–427. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2012.11.013. PMID: 23332220.
 66. Lee T.H., Marcantonio E.R., Mangione C.M., Thomas E.J., Polanczyk C.A., Cook E.F., Sugarbaker D.J., et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation*. 1999; 100 (10): 1043–1049. DOI: 10.1161/01.CIR.100.10.1043. PMID: 10477528.
 67. Gajdos C., Kile D.E., Hawton M.T., Finlayson E., Henderson W.G., Robinson T.N. Advancing age and 30-day adverse outcomes after non-emergent general surgeries. *J Am Geriatr Soc*. 2013; 61 (9): 1608–1614. DOI: 10.1111/jgs.12401. PMID: 23927841.
 68. Wolters U., Wolf T., Stützer H., Schröder T. ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth*. 1996; 77 (2): 217–222. DOI: 10.1093/bja/77.2.217. PMID: 8881629.
 69. Morris E.J., Taylor E.F., Thomas J.D., Quirke P., Finan P.J., Coleman M.P., Rachet B., et al. Thirty-day postoperative mortality after colorectal cancer surgery in England. *Gut*. 2011; 60 (6): 806–813. DOI: 10.1136/gut.2010.232181. PMID: 21486939.
 70. Pearce R.M., Harrison D.A., James P., Watson D., Hinds C., Rhodes A., Grounds R.M., et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Crit Care*. 2006; 10 (3): R81. DOI: 10.1186/cc4928. PMID: 16749940.
 71. Prytherch D.R., Whiteley M.S., Higgins B., Weaver P.C., Prout W.G., Powell S.J. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. *Br J Surg*. 1998; 85 (9): 1217–1220. DOI: 10.1046/j.1365-2168.1998.00840.x. PMID: 9752863.
 72. Oduncu A.F., Kýyan G.S., Yalçýnlý S. Comparison of qSOFA, SIRS, and NEWS scoring systems for diagnosis, mortality, and morbidity of sepsis in emergency department. *Am J Emerg Med*. 2021; 48: 54–59. DOI: 10.1016/j.ajem.2021.04.006. PMID: 33839632.
 73. Bagateliya Z.A., Grekov D.N., Komarova A.G., Kulushev V.M., Sokolov N.Y., Kuts I.N., Lebedko M.S. Integral scales in assessing the risk of postoperative morbidity and mortality. *Khirurgiia (Mosk)*. 2023; (11): 25–33. DOI: 10.17116/hirurgia202311125. PMID: 38010015.
 74. Vather R., Zargar-Shoshtari K., Adegbola S., Hill A.G. Comparison of the POSSUM, P-POSSUM and Cr-POSSUM scoring systems as predictors of postoperative mortality in patients undergoing major colorectal surgery. *ANZ J Surg*. 2006; 76 (9): 812–816. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2006.03875.x. PMID: 16922904.
 75. Witczak A., Jurałowicz P., Modzelewski B., Gawlik M. C-reactive protein as a marker of postoperative septic complications. *Pol Przegl Chir*. 2012; 84 (2): 93–98. DOI: 10.2478/v10035-012-0015-2. PMID: 22487742.
 76. Ge X., Cao Y., Wang H., Ding C., Tian H., Zhang X., Gong J., et al. Diagnostic accuracy of the postoperative ratio of C-reactive protein to albumin for complications after colorectal surgery. *World J Surg Oncol*. 2017; 15 (1): 15. DOI: 10.1186/s12957-016-1092-1. PMID: 28069031.
 77. Straatman J., Harmsen A.M., Cuesta M.A., Berkhof J., Jansma E.P., van der Peet D.L. Predictive value of C-reactive protein for major complications after major abdominal surgery: a systematic review and pooled-analysis. *PLoS One*. 2015; 10 (7): e0132995. DOI: 10.1371/journal.pone.0132995. PMID: 26177542.
 78. Gans S.L., Atema J.J., van Dieren S., Koerkamp B.G., Boermeester M.A. Diagnostic value of C-reactive protein to rule out infectious complications after major abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Colorectal Dis*. 2015; 30 (7): 861–873. DOI: 10.1007/s00384-015-2205-y. PMID: 25935447.
 79. Tanaka T., Narazaki M., Kishimoto T. IL-6 in inflammation, immunity, and disease. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2014; 6 (10): a016295. DOI: 10.1101/cshperspect.a016295. PMID: 25190079.
 80. Procházka V., Lacina L., Smetana K. Jr, Svoboda M., Skřivanová K., Beňovská M., Jarkovský J., et al. Serum concentrations of proinflammatory biomarker interleukin-6 (IL-6) as a predictor of postoperative complications after elective colorectal surgery. *World J Surg Oncol*. 2023; 21 (1): 384. DOI: 10.1186/s12957-023-03270-9. PMID: 38098074.
 81. Rettig T.C., Verwijmeren L., Dijkstra I.M., Boerma D., van de Garde E.M., Noordzij P.G. Postoperative interleukin-6 level and early detection of complications after elective major abdominal surgery. *Ann Surg*. 2016; 263 (6): 1207–1212. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001342. PMID: 26135695.
 82. Basodan N., Al Mehmadi A-z.E., Al Mehmadi A-h.E., Aldawood S.M., Hawasawi A., Fatini E., Mulla Z.M., et al. Septic shock: management and outcomes. *Cureus*. 2022; 14 (12): e32158. DOI: 10.7759/cureus.32158. PMID: 36601152.
 83. Sager R., Kutz A., Mueller B., Schuetz P. Procalcitonin-guided diagnosis and antibiotic stewardship revisited. *BMC Med*. 2017; 15 (1): 15. DOI: 10.1186/s12916-017-0795-7. PMID: 28114931.
 84. Wacker C., Prkno A., Brunkhorst E.M., Schlattmann P. Procalcitonin as a diagnostic marker for sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2013; 13 (5): 426–435. DOI: 10.1016/S1473-3099 (12)70323-7. PMID: 23375419.
 85. Huang T.S., Huang S.S., Shyu Y.C., Lee C.H., Iwo S.C., Chen P.J., Chen H.Y. A procalcitonin-based algorithm to guide antibiotic therapy in secondary peritonitis following emergency surgery: a prospective study with propensity score matching analysis. *PLoS One*. 2014; 9 (3): e90539. DOI: 10.1371/journal.pone.0090539. PMID: 24594916.
 86. Chomba R.N., Moeng M.S., Lowman W. Procalcitonin-guided antibiotic therapy for suspected and confirmed sepsis of patients in a surgical trauma ICU: a prospective, two period cross-over, interventional study. *S Afr J Surg*. 2020; 5 (3): 143–149. PMID: 33231007.
 87. Tur-Martínez J., Osorio J., Pérez-Romero N., Puértolas-Rico N., Pera M., Delgado S., Rodríguez-Santiago J. Preoperative neutrophil-to-lymphocyte ratio behaves as an independent prognostic factor even in patients with postoperative complications after curative resection for gastric cancer. *Langenbecks Arch Surg*. 2022; 407 (3): 1017–1026. DOI: 10.1007/s00423-022-02432-9. PMID: 34999967.
 88. Qian B., Zheng Y., Jia H., Zheng X., Gao R., Li W. Neutrophil-lymphocyte ratio as a predictive marker for postoperative infectious complications: a systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2023; 9 (5): e15586. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15586. PMID: 37159687.
 89. van der Meijden S.L., van Boekel A.M., Schinkelshoek L.J., van Goor H., Steyerberg E.W., Nelissen R.G.H.H., Mesotten D., et al; PERISCOPE Group. Development and validation of artificial intelligence models for early detection of postoperative infections (PERISCOPE):

- a multicentre study using electronic health record data. *Lancet Reg Health Eur*. 2024; 49: 101163. DOI: 10.1016/j.lanep.2024.101163. PMID: 39720095.
90. Lin T.H., Chung H.Y., Jian M.J., Chang C.K., Lin H.H., Yen C.T., Tang S.H., et al. AI-driven innovations for early sepsis detection by combining predictive accuracy with blood count analysis in an emergency setting: retrospective study. *J Med Internet Res*. 2025; 27: e56155. DOI: 10.2196/56155. PMID: 39854695.
 91. Yuan J.H., Jin Y.M., Xiang J.Y., Li S.S., Zhong Y.X., Zhang S.L., Zhao B. Machine learning-based prediction of postoperative mortality risk after abdominal surgery. *World J Gastrointest Surg*. 2025; 17 (4): 103696. DOI: 10.4240/wjgs.v17.i4.103696. PMID: 40291872.
 92. Nemati S., Holder A., Razmi F., Stanley M.D., Clifford G.D., Buchman T.G. An interpretable machine learning model for accurate prediction of sepsis in the ICU. *Crit Care Med*. 2018; 46 (4): 547–553. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002936. PMID: 29286945.
 93. Calderwood M.S., Anderson D.J., Bratzler D.W., Dellinger E.P., Garcia-Houchins S., Maragakis L.L., Nyquist A.-C., et al. Strategies to prevent surgical-site infections in acute-care hospitals: 2022 update. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2023; 44 (5): 695–720. DOI: 10.1017/ice.2023.67. PMID: 37137483.
 94. Bratzler D.W., Dellinger E.P., Olsen K.M., Perl T.M., Auwaerter P.G., Bolon M.K., Fish D.N., et al.; American Society of Health-System Pharmacists; Infectious Disease Society of America; Surgical Infection Society; Society for Healthcare Epidemiology of America. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Am J Health Syst Pharm*. 2013; 70 (3): 195–283. DOI: 10.2146/ajhp120568. PMID: 23327981.
 95. World Health Organization. Global Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infection. 2nd ed. World Health Organization; 2018.
 96. Huston J.M., Barie P.S., Dellinger E.P., Forrester J.D., Duane T.M., Tessier J.M., Sawyer R.G., et al.; Therapeutics and Guidelines Committee. The Surgical Infection Society guidelines on the management of intra-abdominal infection: 2024 update. *Surg Infect (Larchmt)*. 2024; 25 (6): 419–435. DOI: 10.1089/sur.2024.137. PMID: 38990709.
 97. Righi E., Mutters N.T., Guirao X., Del Toro M.D., Eck,amm C., Friedrich A.W., Giannella M., et al. ESCMID/EUCIC clinical practice guidelines on perioperative antibiotic prophylaxis in patients colonized by multidrug-resistant Gram-negative bacteria before surgery. *Clin Microbiol Infect*. 2023; 29 (4): 463–479. DOI: 10.1016/j.cmi.2022.12.012. PMID: 36566836.
 98. Righi E., Mutters N.T., Guirao X., Del Toro M.D., Eck,amm C., Friedrich A.W., Giannella M., et al. European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases/European Committee on Infection Control clinical practice guidelines on pre-operative decolonization and targeted prophylaxis in patients colonized by multidrug-resistant Gram-positive bacteria before surgery. *Clin Microbiol Infect*. 2024; 30 (12): 1537–1550. DOI: 10.1016/j.cmi.2024.07.012. PMID: 39154859.
 99. de Jonge S.W., Boldingh Q.J.J., Solomkin J.S., Dellinger E.P., Egger M., Salanti G., Allegranzi B., et al. Effect of postoperative continuation of antibiotic prophylaxis on the incidence of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2020; 20 (10): 1182–1192. DOI: 10.1016/S1473-3099 (20)30084-0. PMID: 32470329.

Поступила 19.01.2026
Принята 08.07.2026