

Чиж К. П.¹, лікар-анестезіолог, <https://orcid.org/0000-0003-2479-3685>

Колтунова Г. Б.¹, канд. мед. наук, завідувачка відділення анестезіології, <https://orcid.org/0000-0002-9409-7346>

Мазур А. П.¹, д-р мед. наук, завідувач відділу анестезіології та екстракорпоральних методів лікування, <https://orcid.org/0000-0002-6873-7573>

Антомонов М. Ю.², д-р біол. наук, професор, завідувач лабораторії епідеміології НІЗ та медичної інформатики, <https://orcid.org/0000-0003-3939-6156>

Верич Н. М.¹, канд. мед. наук, провідний науковий співробітник відділу інноваційних та кардіохірургічних технологій, <https://orcid.org/0009-0006-0864-5032>

¹ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

²ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України», м. Київ, Україна

Оцінка ризику грамнегативного сепсису в кардіохірургії: від клініко-анамнестичних предикторів до прогностичної моделі

Резюме

Грамнегативний сепсис залишається серйозною загрозою для кардіохірургічних пацієнтів. Частота реєстрації грамнегативного сепсису на доопераційному етапі становить 10-25 % усіх випадків. У післяопераційному періоді грамнегативні бактерії стали причиною розвитку інфекцій груднини у 35 % випадків та у 11 % випадків спричинили бактеріємію. Передопераційна оцінка ризику розвитку грамнегативного сепсису є важливим елементом клінічної стратегії в кардіохірургії.

Мета. Дослідити клініко-лабораторні та анамнестичні фактори ризику, асоційовані з розвитком грамнегативного сепсису у кардіохірургічних пацієнтів, з метою формування прогностичної моделі для ідентифікації пацієнтів групи високого ризику на передопераційному етапі.

Матеріали та методи. У дослідження були включені клінічні дані 116 пацієнтів, які пройшли обстеження та лікування в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України» в період з 01.01.2020 по 01.01.2025 р. Критеріями включення в дослідження були: бактеріологічне виявлення грамнегативного збудника в гемокультурі на будь-якому етапі лікування, перебування пацієнта у відділенні інтенсивної терапії та вік понад 18 років.

Результати. За результатами багатофакторного аналізу було виявлено, що ідентифікація грамнегативного збудника в пролежнях або трофічних виразках на передопераційному етапі збільшувала шанси розвитку сепсису (ВШ – 4,66; 95 % ДІ: 1,05-20,68; $p < 0,05$). Наявність більше двох внутрішньовенних катетерів у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ) підвищувала ризик розвитку грамнегативного сепсису (ВШ – 12,46; 95 % ДІ: 3,44-45,11; $p < 0,05$). Застосування кортикостероїдів у ВІТ до встановлення діагнозу сепсис підвищувало шанси розвитку грамнегативного сепсису у 7,55 разів (95 % ДІ: 1,31-43,35; $p < 0,05$). Для перевірки прогностичної здатності розробленої багатофакторної моделі було побудовано ROC-криву з AUC 0,96, чутливістю 90 % та специфічністю 90 %.

Висновки. Дослідження продемонструвало, що ключовими незалежними факторами ризику розвитку грамнегативного сепсису є: передопераційна колонізація хронічної рани грамнегативною флорою, висока частота використання внутрішньосудинних пристроїв у ВІТ та імуносупресивний вплив кортикостероїдної терапії.

Ключові слова: Септичні ускладнення, операції на відкритому серці, стратифікація ризику, клінічне прогнозування, передопераційний період.

Вступ. Сепсис залишається однією з провідних причин летального наслідку та невідкладних станів у світі, являючи собою не стільки окреме захво-

рування, скільки глобальну кризу охорони здоров'я [1]. Етіологічна структура сепсису демонструє значну географічну та економічну варіабельність [2]. У країнах Азії, Латинської Америки та Східної Європи епідеміологічний ландшафт представлений переважно грамнегативними збудниками, частка яких у структурі нозокоміального сепсису у відділеннях ін-

тенсивної терапії (ВІТ) може перевищувати 70 % [3]. Такий зсув посилюється пандемією антибіотикорезистентності.

Наукові дослідження зосереджені на інтра- та післяопераційних ризиках, а сучасна концепція періопераційного ведення пацієнтів поступово зміщується від реактивного підходу до проактивної стратегії [4]. Саме на передопераційному етапі – від моменту госпіталізації до проведення оперативного втручання – формується критичне поєднання факторів: вихідного стану пацієнта, коморбідності та інфікування в умовах стаціонару. Ця синергетична взаємодія створює сприятливі умови, своєрідний «ідеальний шторм», для розвитку інфекційних ускладнень і сепсису.

Ідентифікація пацієнтів групи високого ризику розвитку грамнегативного сепсису дозволить розробити цільові стратегії профілактики та покращити результати лікування.

Мета. Дослідити клініко-лабораторні та анамnestичні фактори ризику, асоційовані з розвитком грамнегативного сепсису у кардіохірургічних пацієнтів, з метою сформування прогностичної моделі для ідентифікації пацієнтів групи високого ризику на передопераційному етапі.

Матеріали та методи. У дослідження були включені клінічні дані 116 пацієнтів, які пройшли обстеження та лікування в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України» в період з 01.01.2020 по 01.01.2025 р. Критеріями включення в дослідження були: бактеріологічне виявлення грамнегативного збудника в гемокультурі на будь-якому етапі лікування, перебування пацієнта у відділенні інтенсивної терапії та вік понад 18 років. Для діагностики сепсису були використані критерії Третього міжнародного консенсусу сепсису (Сепсис-3).

Мікробіологічний аналіз проводили за допомогою аналізатора Vitek 2 Compact (bioMérieux, Inc., США) та системи BACT/ALERT 3D60 для виявлення бактеріального росту. Дослідження включало посів крові, мікроскопію зразків, забарвлених за Грамом, та культивування на агаризованих середовищах для підрахунку колоній і оцінки чутливості до антибіотиків.

Біохімічний аналіз крові здійснювали на апараті Selectra ProMTM (ELITechGroup, Нідерланди). Для кількісної діагностики С-реактивного протеїну та прокальцитоніну використовували імунофлуоресцентний аналізатор Fineware FIA Meter (Guangzhou Wondfo Biotech Co., Ltd., Китай).

Для первинної підготовки таблиць та проміжних розрахунків використовувався пакет Excel. Обробка даних проводилась за допомогою пакета статистичної обробки STATISTICA 10.0. Статистично значущими вважали показники при $p < 0,05$. Додаткову статистичну обробку даних виконували за допомогою багатоплатформової операційної системи Python 3.10.9.

Результати. Проведено аналіз основних клінічних характеристик 116 пацієнтів на передопераційному етапі. Гендерний розподіл показав, що переважну частину складали чоловіки – 73 (62,9 %) пацієнта. Середній вік становив 62,4 (54,0-73,0) роки.

Оцінка даних щодо вихідного інфекційного статусу пацієнтів показала, що у 32 (27,6 %) пацієнтів в анамнезі були прояви інфекції (бронхіт, ГРВІ, Covid-19) за останні 12 місяців, а значить були в умовах підвищеного ризику інфікування госпітальною флорою – 72 (62,1 %) пацієнти (таблиця 1).

Серед загальної когорти пацієнтів на доопераційному етапі 77 (66,4 %) пацієнтів було госпіталізовано у відділення інтенсивної терапії. Серед факторів, асоційованих із наданням медичної допомоги на доопераційному етапі, а саме забезпеченням судинних доступів, виявлено, що у 107 (92,3 %) пацієнтів було імплантовано центральний венозний катетер, у 99 (85,3 %) пацієнтів катетеризовано периферичну артерію, а 102 (87,9 %) пацієнти мали більше двох внутрішньовенних катетерів у відділенні інтенсивної терапії. Також у значній частки пацієнтів було встановлено уретральний катетер – 110 (94,8 %) пацієнтів. Частка пацієнтів, які потребували штучної вентиляції легень на доопераційному етапі, становила 12 (10,3 %) випадків (рисунок 1).

Важливим компонентом аналізу стало вивчення фармакологічного анамнезу пацієнтів. Виявлено значний відсоток пацієнтів, які приймали кортикостероїди до госпіталізації – 73 (62,9 %) пацієнта. У 40 (34,5 %) пацієнтів за останні 30 днів до госпіталізації були курси прийому більше ніж двох анти-

Таблиця 1

Анамnestичні дані пацієнтів кардіохірургічного профілю при госпіталізації

Причини	Всього (N = 116)	
	n	%
Артеріальна гіпертензія	91	78,5
ГПМК	11	9,5
ІМ	22	18,9
Цукровий діабет	23	19,8
Сепсис в анамнезі	6	5,2
Стационарне лікування за останні 12 місяців	72	62,1
Попередня інфекція за 12 місяців	32	27,6
Гемодіаліз в анамнезі	5	4,3
Лікування імуносупресорами	3	2,6
Ревматоїдний артрит	6	5,2
Наркоманія	4	3,5
Злоякісне новоутворення в анамнезі	11	9,5

Примітки: ГПМК – гостре порушення мозкового кровообігу; ІМ – інфаркт міокарда.

Фактори, асоційовані з наданням медичної допомоги на доопераційному етапі

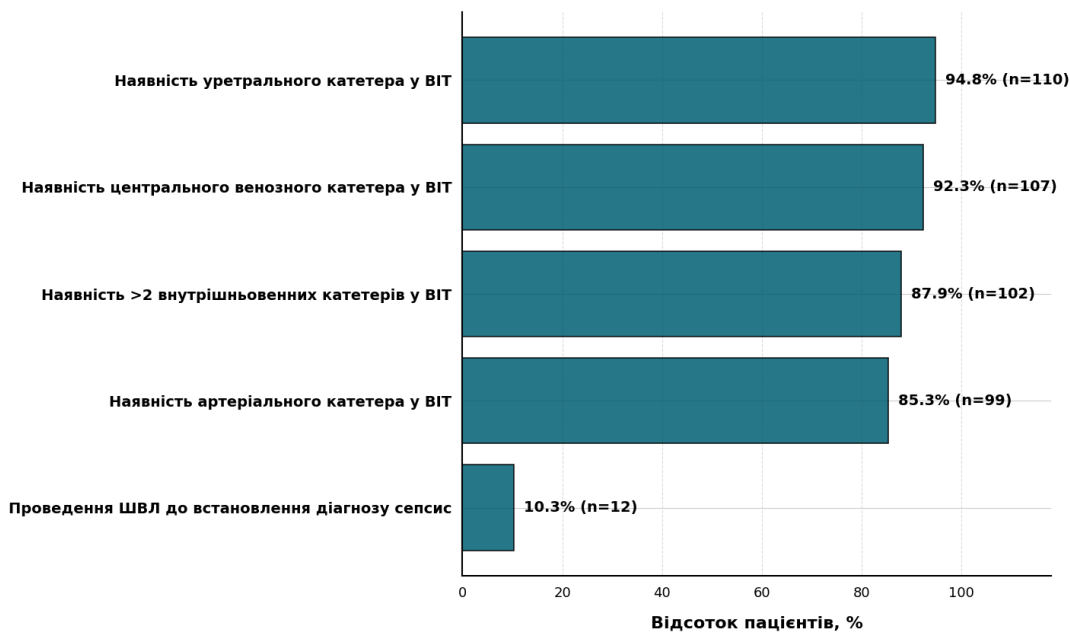


Рисунок 1. Фактори, асоційовані з наданням медичної допомоги на передопераційному етапі

бактеріальних препаратів. При цьому частка пацієнтів, яким було призначено карбапенеми протягом 90 днів до госпіталізації, склала 14(12,1 %) пацієнтів (таблиця 2).

Було проведено мікробіологічне дослідження пролежнів, трофічних виразок пацієнтів, отриманих до госпіталізації. Позитивне бактеріологічне дослідження було отримане в 33 (28,4 %) пацієнтів від загальної когорти пацієнтів. Серед них частка грампозитивних збудників становила 7 (21,2 %) пацієнтів, грамнегативних – 25 (75,8 %) пацієнтів, в 1 (3,0 %) випадку виявлено грибову флору.

Для виявлення факторів ризику виникнення грамнегативного сепсису серед доопераційних показників було використано метод однофакторної бінарної логістичної регресії. Статистично значущий

зв'язок ($p < 0,001$) було ідентифіковано для таких факторів: наявність більше двох внутрішньовенних катетерів у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ), відношення шансів (ВШ)=14,14 (95 % довірчий інтервал (ДІ) 3,61-55,31); проведення штучної вентиляції легень (ШВЛ) до встановлення діагнозу сепсис, ВШ=10,26 (95 % ДІ 3,97-26,52); повторна інтубація трахеї у ВІТ, ВШ=7,00 (95 % ДІ 2,26-21,70). При цьому наявність уретрального катетера збільшувала ризик розвитку грамнегативного сепсису у 15,37 разів, ВШ=15,37 (95 % ДІ 1,72-137,41) ($p < 0,05$) (таблиця 3).

За результатами багатофакторного аналізу з використанням моделі логістичної регресії було виявлено статистично значущі незалежні предиктори ризику розвитку грамнегативного сепсису при госпіталізації пацієнтів кардіохірургічного профілю. Зокрема, виявлення грамнегативного збудника в хронічній рані при госпіталізації (ВШ=4,66; 95 % ДІ: 1,05-20,68; $p < 0,05$); наявність більше двох внутрішньовенних катетерів (ВШ=12,46 (95 % ДІ: 3,44-45,11; $p < 0,05$); застосування кортикостероїдів у ВІТ до встановлення діагнозу сепсис (ВШ=7,55; 95 % ДІ: 1,31-43,35; $p < 0,05$) збільшували ризик розвитку сепсису (таблиця 4).

Для перевірки правильності прогностичної здатності розробленої багатофакторної моделі було побудовано ROC-криву (Receiver Operating Characteristic). Площа під ROC-кривою (Area Under the Curve, AUC) склала 0,96, чутливість – 90 %, специфічність – 90% (Рисунок 2).

Обговорення. Отримані результати дозволили виділити три ключові незалежні предиктори розвитку грамнегативного сепсису у кардіохірургічних пацієнтів.

Таблиця 2

Фармакологічний анамнез пацієнтів кардіохірургічного профілю

Причини	Всього (n=116)	
	n	%
Застосування кортикостероїдів у ВІТ до встановлення діагнозу сепсису	73	62,9
Застосування пробіотиків до встановлення діагнозу сепсису	49	42,2
Важка інфекція, що потребувала призначення ≥ 2 антибактеріальних препаратів протягом 30 днів до госпіталізації	40	34,5
Застосування карбапенемів в анамнезі (протягом останніх 90 днів)	14	12,1

Таблиця 3

Однофакторний аналіз предикторів грамнегативного сепсису (модель бінарної логістичної регресії)

Показник	OR	95% ДІ	p
I. Фактори, асоційовані з наданням медичної допомоги			
Наявність уретрального катетера у ВІТ, так/ні	15,37	1,72-137,41	<0,05
Наявність >2 внутрішньовенних катетерів у ВІТ, так/ні	14,14	3,61-55,31	<0,001
Проведення ШВЛ до встановлення діагнозу сепсис, так/ні	10,26	3,97-26,52	<0,001
Повторна інтубація трахеї у ВІТ, так/ні	7,00	2,26-21,70	<0,001
II. Фармакотерапія та медичний анамнез			
Застосування кортикостероїдів у ВІТ до встановлення діагнозу сепсису, так/ні	4,42	1,86-10,46	<0,001
Застосування пробіотиків до встановлення діагнозу сепсису, так/ні	2,86	1,15-7,09	<0,05
Застосування ≥2 антибактеріальних препаратів протягом 30 днів до госпіталізації, так/ні	0,40	0,17-0,92	<0,05
Застосування карбапенемів в анамнезі (протягом останніх 90 днів), так/ні	0,23	0,07-0,73	<0,05
III. Клініко-анамнестичні дані пацієнтів			
Артеріальна гіпертензія в анамнезі, так/ні	4,11	1,61-10,44	<0,01
Стаціонарне лікування за останні 12 місяців, так/ні	3,56	0,14-0,91	<0,05
ГПМК в анамнезі, так/ні	0,18	0,05-0,66	<0,01
Сепсис в анамнезі, так/ні	0,17	0,03-0,98	<0,05
IV. Мікробіологічний статус			
Виявлення грамнегативного збудника в рані при госпіталізації, так/ні	12,40	1,60-96,01	<0,05
V. Клініко-лабораторні показники при госпіталізації			
Рівень загального білка, г/л	1,07	1,02-1,13	<0,01
Рівень гемоглобіну, г/л	1,03	1,01-1,06	<0,01
Кількість еритроцитів, 10 ¹² /л	1,97	1,07-3,61	<0,05
Рівень С-реактивного протеїну, мг/л	0,99	0,98-1,00	<0,01
ШОЕ, мм/год	0,97	0,94-0,99	<0,01
VI. Показники гемодинаміки при госпіталізації			
CAT, мм рт. ст.	1,03	1,00-1,06	<0,05
ЦВТ, мм вод. ст.	0,99	0,98-0,99	<0,05
CI, л/хв/м ²	0,73	0,59-0,96	<0,05

Примітки: OR – Odds Ratio (відношення шансів); ДІ – довірчий інтервал; ШВЛ – штучна вентиляція легень; ВІТ – відділення інтенсивної терапії; ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів; ГПМК – гостре порушення мозкового кровообігу; ЦВТ – центральний венозний тиск; CI – серцевий індекс; CAT – середній артеріальний.

тів: наявність інфікованої рани (або верифікованого збудника), інвазивне навантаження (наявність більше двох судинних катетерів) та використання кортикостероїдів. Побудована на основі цих факторів прогностична модель демонструє, що патогенез розвитку септичних ускладнень у цій когорті пацієнтів є мультифакторним і базується на взаємодії «вхідних воріт», шляхів поширення та стану імунної резистентності організму.

Найбільш значущим фактором ризику є наявність інфікованої рани або ідентифікація патогенного збудника у локальному вогнищі. У контексті кардіохірургії це корелює з проблемою інфекцій області хірургічного втручання (IOXB), зокрема глибоких стерильних інфекцій та медіастинітів [5,6]. Грамнегативна флора (*Klebsiella* spp., *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa*), верифікована у рані, часто є госпітальною та мультирезистентною [7,8]. Наші дані підтверджують концепцію, що локальний інфекційний процес без адекватної санації та контролю швид-

ко трансформується у системну запальну відповідь. Хірургічна рана в цьому випадку виступає постійним резервуаром для транслокації бактерій у системний кровотік, що на тлі післяопераційного стресу значно підвищує ймовірність генералізації інфекції.

Іншим незалежним предиктором стала наявність більше двох внутрішньосудинних катетерів (центральних венозних, артеріальних, діалізних тощо). Це спостереження узгоджується з концепцією катетер-асоційованих інфекцій кровотоку (CLABSI) [9,10]. У кардіохірургічних пацієнтів висока потреба в інвазивному моніторингу та інотропній підтримці диктує необхідність мультидоступів [11]. Проте кожен додатковий катетер не лише порушує цілісність шкірних бар'єрів, а й слугує субстратом для формування мікробних біоплівки, особливо характерних для грамнегативних бактерій [12]. Збільшення кількості катетерів понад два критично підвищує «площу контакту» кровотоку із потенційно контамінованими

Таблиця 4

Багатофакторний аналіз незалежних предикторів розвитку грамнегативного сепсису (модель логістичної регресії)

Показник	OR	95%ДІ	p
I. Статистично значущі незалежні предиктори (p<0,05)			
1.1. Незалежні фактори ризику (ВШ>1)			
Виявлення грамнегативного збудника в рані при госпіталізації, так/ні	4,66	1,05-20,68	<0,05
Наявність >2 внутрішньовенних катетерів у ВІТ, так/ні	12,46	3,44-45,11	<0,05
Застосування кортикостероїдів у ВІТ до встановлення діагнозу сепсис, так/ні	7,55	1,31-43,35	<0,05
1.2. Незалежні фактори ризику (ВШ<1)			
Стаціонарне лікування за останні 12 місяців, так/ні	0,003	0,00005-0,22	<0,05
ГПМК в анамнезі, так/ні	0,08	0,01-0,87	<0,05
ЦВТ при госпіталізації, мм вод. ст	0,98	0,96-0,99	<0,05
СІ, при госпіталізації, л/хв/м ²	0,54	0,37-0,79	<0,05
II. Статистично незначущі показники (p≥0,05)			
Рівень гемоглобіну при госпіталізації, г/л	1,09	0,99-1,20	≥0,05
Застосування карбапенемів в анамнезі (протягом останніх 90 днів), так/ні	0,11	0,01-1,01	≥0,05
Наявність сечового катетера у ВІТ, так/ні	29,13	0,46-1839,63	≥0,05
Кількість еритроцитів в крові при госпіталізації, 10 ¹² /л	0,09	0,007-1,09	≥0,05
Застосування ≥ 2 антибактеріальних препаратів протягом 30 днів до госпіталізації, так/ні	6,05	0,75-49,00	≥0,05

Примітки: OR – Odds Ratio (відношення шансів); ДІ – довірчий інтервал; ВІТ – відділення інтенсивної терапії; ГПМК – гостре порушення мозкового кровообігу; ЦВТ – центральний венозний тиск; СІ – серцевий індекс.

поверхнями, перетворюючи засоби моніторингу на вхідні ворота для госпітальної флори.

Окремим фактором, включеним до прогностичної моделі, є використання кортикостероїдів. Роль глюкокортикоїдів у інтенсивній терапії залишається

предметом дискусій, однак у контексті ризику інфікування їхній вплив є переважно негативним через потужну імуносупресивну дію [13,14]. Пригнічення клітинного імунітету, фагоцитозу та продукції прозапальних цитокінів знижує здатність організму

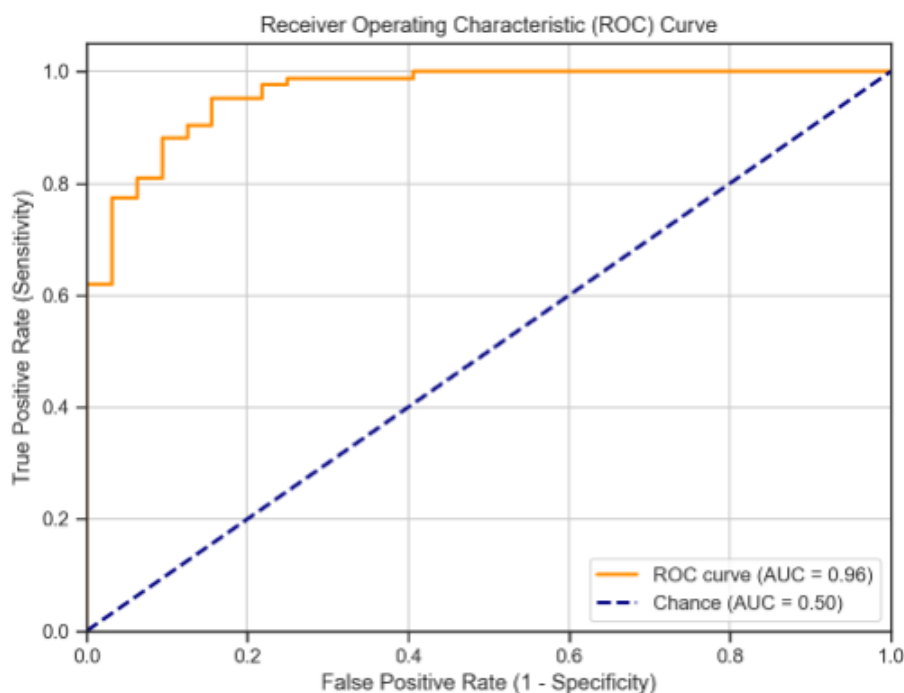


Рисунок 2. ROC-крива логістичної регресії прогнозування ризику виникнення сепсису викликаного грамнегативною флорою у кардіохірургічних пацієнтів на доопераційному етапі

протистояти агресивній грамнегативній флорі. У пацієнтів, які отримували кортикостероїди (як у рамках лікування супутньої патології, так і при терапії рефрактерного шоку), клінічна картина початку сепсису може бути стертою («німий сепсис»), що призводить до пізньої діагностики та відтермінування цілеспрямованої антибіотикотерапії [15].

Наша модель свідчить про те, що включення кортикостероїдів у схему лікування кардіохірургічного пацієнта є незалежним обтяжуючим фактором, який вимагає підвищеної настороженості щодо інфекційних ускладнень. Таким чином, розроблена прогностична модель об'єднує фактори джерела інфекції (рана/збудник), шляхів її поширення (катетери) та стану макроорганізму (імуносупресія стероїдами).

Висновки. За результатами багатофакторного аналізу було встановлено, що окремими незалежними факторами ризику є виявлення грамнегативного збудника в рані при госпіталізації (ВШ=4,66), наявність більше двох внутрішньовенних катетерів у відділенні інтенсивної терапії (ВШ=12,46) та застосування кортикостероїдів (ВШ=7,55). Практична цінність виявлених предикторів полягає в можливості ранньої стратифікації пацієнтів: комбінація цих трьох ознак вимагає від клініциста негайного перегляду тактики – від мінімізації інвазивних доступів до агресивного пошуку та санації вогнищ інфекції ще до розгортання повної клініки септичного шоку.

Прикінцеві твердження

Проведено аналіз 116 пацієнтів кардіохірургічного профілю на передопераційному етапі, який виявив незалежні предиктори грамнегативного сепсису: грамнегативний збудник в рані при госпіталізації, наявність >2 внутрішньовенних катетерів у ВІТ та застосування кортикостероїдів. Розроблена багатофакторна модель продемонструвала високу прогностичну здатність (AUC = 0,96; чутливість 90 %, специфічність 90 %), що підтверджує її ефективність для оцінки ризику сепсису на передопераційному етапі.

Список використаних джерел

References

1. Erdem H, Ankaralı H, Al-Tawfiq JA, et al. Mortality in surgical site infections post-cardiac surgery: a prospective, international ID-IRI study. Research Square [Preprint]. 2024. Available from: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4281241/v1>
2. Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. Lancet. 2020;395(10219):200–11. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32989-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32989-7)
3. Listewnik M, Sielicki P, Mokrzycki K, et al. The use of vacuum-assisted closure in purulent complications and difficult-to-heal wounds in cardiac surgery. Adv Clin Exp Med. 2015;24(4):643–50. Available from: <https://doi.org/10.17219/acem/28111>
4. Tan JM, Cannesson M, Feldman JM, et al. Emerging technology and the future of perioperative care: perspectives and recommendations from the 2023 Stoelting Conference of the Anesthesia Patient Safety Foundation. Anesth Analg. 2025;141(1):139–51. Available from: <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000007540>
5. Zukowska A, Zukowski M. Surgical site infection in cardiac surgery. J Clin Med. 2022;11(23):6991. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm11236991>
6. Nadeem-Tariq A, Kazemeini S, Michelberger M, et al. The role of gut microbiota in orthopedic surgery: a systematic review. Microorganisms. 2025;13(5):1048. Available from: <https://doi.org/10.3390/microorganisms13051048>

Перспективи подальших досліджень

Майбутні дослідження повинні бути дозволять сформувані прогностичні моделі для ідентифікації пацієнтів високого ризику розвитку грамнегативного сепсису під час госпіталізації та покращення результатів кардіохірургічного втручання.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування. Зовнішні джерела фінансування і підтримки відсутні. Гонорари або інші компенсації не виплачувалися.

Дотримання етичних норм. Автори рукопису свідомо засвідчують, що дослідження проводилось з використанням даних первинної медичної документації та включало клінічні спостереження за пацієнтами. Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини, директиви Європейського товариства 86/609 про участь людей у медико-біологічних дослідженнях, а також наказу Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009 р. Інформована згода на участь у дослідженні була отримана від усіх учасників після надання їм зрозумілої, повної та доступної інформації про мету, дизайн і методологію дослідження, його потенційні ризики, очікувані переваги та можливі альтернативи. Усі учасники підтвердили свою добровільну участь шляхом підписання документа про інформовану згоду.

Дослідження схвалене Комісією з питань етики та академічної доброчесності Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л.Шупика (вистяг з протоколу № 4/3 від 30 квітня 2024 р.).

Використання штучного інтелекту. Штучний інтелект не використовувався.

Первинні дані та матеріали. Клінічний первинний матеріал це дані пацієнтів ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М.Амосова НАМН України»

7. Kollef MH, Bassetti M, Francois B, et al. The intensive care medicine research agenda on multidrug-resistant bacteria, antibiotics, and stewardship. *Intensive Care Med.* 2017;43(9):1187–97. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4682-7>
8. Wang Y, Wang G, Zhao Y, et al. A deep learning model for predicting multidrug-resistant organism infection in critically ill patients. *J Intensive Care.* 2023;11(1):49. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00695-y>
9. Advani S, Meddings J, Marschall J, et al. The next frontier of healthcare-associated infection (HAI) surveillance metrics: beyond device-associated infections. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2024;45(6):693–7. Available from: <https://doi.org/10.1017/ice.2023.283>
10. Gominet M, Compain F, Beloin C, et al. Central venous catheters and biofilms: where do we stand in 2017? *APMIS.* 2017;125(4):365–75. Available from: <https://doi.org/10.1111/apm.12665>
11. Keranovic S, Salihovic E, Zrnjanovic D, et al. Inotropic and mechanical support of critically ill patient after cardiac surgery. *Med Arch.* 2020;74(3):236–9. Available from: <https://doi.org/10.5455/medarh.2020.74.236-239>
12. Jaml NL, Hafez RM, Khalil MS, et al. Bacterial biofilm development and its relationship with catheter-associated urinary tract infection. *Stresses.* 2025;5:58. Available from: <https://doi.org/10.3390/stresses5030058>
13. Whitlock RP, Devereaux PJ, Teoh KH, et al. Methylprednisolone in patients undergoing cardiopulmonary bypass (SIRS): a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet.* 2015;386(10000):1243–53. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00273-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00273-1)
14. Banerjee D, Feng J, Sellke FW. Strategies to attenuate maladaptive inflammatory response associated with cardiopulmonary bypass. *Front Surg.* 2024;11:1224068. Available from: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2024.1224068>
15. Téblick A, Peeters B, Langouche L, et al. Adrenal function and dysfunction in critically ill patients. *Nat Rev Endocrinol.* 2019;15(7):417–27. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0185-7>

Risk Assessment of Gram-Negative Sepsis in Cardiac Surgery: From Clinical and Anamnestic Predictors to a Prognostic Model

Kostiantyn P. Chyzh¹, Hanna B. Koltunova¹, Andriy P. Mazur¹, Mikhaïlo Yu. Antomonov², Nataliia M. Verych¹

¹National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract

Gram-negative sepsis remains a serious threat to cardiac surgery patients. The incidence of gram-negative sepsis at the preoperative stage accounts for 10–25 % of all reported cases. In the postoperative period, gram-negative bacteria were responsible for sternal wound infections in 35 % of cases and caused bacteremia in 11 % of cases. Preoperative assessment of the risk of gram-negative sepsis represents an essential component of the clinical strategy in cardiac surgery.

Aim. To investigate the clinical, laboratory, and anamnestic risk factors associated with the development of gram-negative sepsis in cardiac surgery patients, with the goal of constructing a prognostic model to identify high-risk patients at the preoperative stage.

Materials and methods. The study included clinical data from 116 patients who underwent examination and treatment at the M.M. Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine between January 1, 2020, and January 1, 2025. Inclusion criteria were bacteriological identification of a gram-negative pathogen in blood cultures at any stage of treatment, admission to the intensive care unit (ICU), and age over 18 years.

Results. Multivariate analysis showed that identification of a gram-negative pathogen in a chronic wound at the preoperative stage was most strongly associated with an increased likelihood of sepsis development (OR=18,101.36; 95 % CI: 13.95–23,487,640.00; $p<0.05$). The presence of more than two intravenous catheters in the ICU significantly increased the risk of gram-negative sepsis (OR=376.86; 95 % CI: 4.15–34,210.14; $p<0.05$). Use of corticosteroids in the ICU prior to the diagnosis of sepsis increased the odds of developing gram-negative sepsis by 7.55 times (95 % CI: 1.31–43.35; $p<0.05$). To assess the prognostic performance of the developed multivariate model, a ROC curve was constructed, demonstrating an AUC of 0.96, with a sensitivity of 90 % and a specificity of 90 %.

Conclusions. The study demonstrated that the key independent risk factors for the development of gram-negative sepsis were preoperative colonization of a chronic wound with gram-negative flora, a high frequency of intravascular device use in the ICU, and the immunosuppressive effect of corticosteroid therapy.

Keywords: *septic complications, open-heart surgery, risk stratification, clinical prediction, preoperative period.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 09.11.2025

Після доопрацювання / Revised: 04.12.2025

Прийнято до друку / Accepted: 08.12.2025