



Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis

Scientific and Practical, Medical Journal

Founder:

- National Kidney Foundation of Ukraine

ISSN 2304-0238;

eISSN 2616-7352

Journal homepage: <https://ukrjnd.com.ua>

Research article

Svitlana Romanenko¹, Stepan Marunyak^{1,2}, Sofia Chaikovska^{1,2},
Gavrylo Kovtun^{1,2}, Mykhailo Todurov², Serhii Sudakevych^{1,2},
Borys Todurov^{1,2}, Iryna Shifris^{1,3}

doi: 10.31450/ukrjnd.2(90).2026.08

Methods of renal replacement therapy and the course of the early postoperative period in patients with acute kidney injury following cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass

¹Heart Institute of the Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³State Institution “O.O. Shalimov National Scientific Centre for Surgery and Transplantology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine,” Kyiv, Ukraine

Citation:

Romanenko S, Marunyak S, Chaikovska S, Kovtun G, Todurov M, Sudakevych S, et al. Methods of renal replacement therapy and the course of the early postoperative period in patients with acute kidney injury following cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass. Ukr J Nephrol Dialys. 2026;2(90):72-85. doi: 10.31450/ukrjnd.2(90).2026.08.

Abstract. Acute kidney injury (AKI) following cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass is associated with increased mortality and prolonged intensive care unit (ICU) stays. The optimal choice of modality and regimen for renal replacement therapy (RRT) remains a matter of debate.

The aim of the study was to assess the incidence of AKI in patients following cardiac surgery and the impact of different RRT methods on the course of the early postoperative period in this patient group.

Methods. A total of 5,289 patients who underwent cardiac surgery between 2022 and 2025 were included in the retrospective study. AKI was defined according to KDIGO criteria. All adult patients requiring dialysis treatment were divided into groups based on the modality and regimen of RRT: intermittent haemodialysis (IHD, n=20), slow low-efficiency dialysis (SLED, n=21) and continuous renal replacement therapy (CRRT, n=17). The primary endpoint of the study was in-hospital mortality. **Results.** Of the total number of patients who underwent cardiac surgery, acute kidney injury (AKI) developed in 1,358 cases (25.7%), of whom 58 (4.27%) required treatment with continuous renal replacement therapy. The patient groups were representative in terms of demographic, laboratory and intraoperative characteristics. In the CRRT group, compared with the IHD and SLED groups, a significantly faster normalisation of creatinine and lactate was observed ($p < 0.05$ on days 1–14), more stable mean arterial pressure ($p = 0.032–0.041$), lower requirement for invasive support (12.9 ± 5.8 vs 21.3 ± 7.5 in the IHD group and 18.1 ± 6.8 in the SLED group; $p = 0.013$) and duration of mechanical ventilation (CRRT – 34 [24–60] hours vs 68 [42–110] in IHD and 52 [36–88] in SLED; $p = 0.018$). Furthermore, patients in the CRRT group had shorter lengths of stay in the ICU (10 [4–15] days; $p = 0.048$) and overall hospitalisation (19 [11–29] days; $p = 0.028$).

In the CRRT group, in-hospital mortality was 23.5% compared with 45.0% in the IHD group and 38.1% in the SLED group ($p = 0.372$); however, in multivariate analysis, CRRT treatment was significantly associated with a reduced risk of death (OR 0.50; 95% CI 0.23–0.99; $p = 0.048$). Independent predictors of mortality were lactate, MODS, duration of mechanical ventilation, sepsis and maximum VIS.

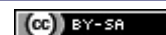
Conclusions. The incidence of acute kidney injury (AKI) in patients following cardiac surgery involving cardiopulmonary bypass was 25.7%; one in every four to five (4.27%) patients with AKI required renal replacement therapy. Compared with other methods, CRRT is associated with better early outcomes regarding the course of the early postoperative period and a reduced risk of mortality after adjustment for disease severity, particularly in haemodynamically unstable patients.

Key words: acute kidney injury, cardiac surgery, renal replacement therapy, continuous renal replacement therapy (CRRT), cardiopulmonary bypass, in-hospital mortality.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

© S. Romanenko, S. Marunyak, S. Chaikovska, G. Kovtun, M. Todurov, S. Sudakevych, B. Todurov, I. Shifris, 2026.

Correspondence should be addressed to Svitlana Romanenko: svetlana7415k@gmail.com



© Романенко С., Маруняк С., Чайковська С., Ковтун Г., Тодуров М., Судакевич С.,
Тодуров Б., Шіфріс І., 2026

УДК: 616.61-008.6-036.11:616.12-089.168.1]-085

Світлана Романенко¹, Степан Маруняк^{1,2}, Софія Чайковська^{1,2}, Гаврило Ковтун^{1,2}, Михайло Тодуров²,
Сергій Судакевич^{1,2}, Борис Тодуров^{1,2}, Ірина Шіфріс^{1,3}

Метод ниркової замісної терапії та перебіг раннього післяопераційного періоду у пацієнтів з гострим пошкодженням нирок після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом

¹ДНП «Інститут серця МОЗ України», м. Київ, Україна

²Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

³Державна установа «Національний науковий центр хірургії та трансплантології ім. О.О Шалімова НАМН України», м. Київ, Україна

Резюме. Гостре пошкодження нирок (ГПН) після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом асоціюється з підвищеною летальністю та тривалишим лікуванням у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ). Оптимальний вибір модальності та режиму ниркової замісної терапії (НЗТ) залишається дискусійним.

Метою дослідження було оцінити частоту ГПН у пацієнтів після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом та вплив різних методів та режимів НЗТ на перебіг раннього післяопераційного періоду у цієї категорії пацієнтів.

Методи. До ретроспективного дослідження було включено 5289 пацієнтів, які перенесли кардіохірургічні втручання із застосуванням штучного кровообігу протягом 2022–2025 роках. ГПН визначали за критеріями KDIGO. Усі дорослі пацієнти, які потребували лікування діалітичними методами, були розподілені на групи залежно від модальності та режиму НЗТ: інтермітуючий гемодіаліз (IHD, n=20), повільний низькоефективний діаліз (SLED, n=21) та безперервна ниркова замісна терапія (CRRT, n=17). Первинною кінцевою точкою дослідження була госпітальна летальність.

Результати. Із загальної кількості пацієнтів, які перенесли кардіохірургічні втручання, ГПН розвинулося у 1358 випадках (25,7%), в тому числі, у 58 (4,27%) - потребувало лікування методами НЗТ. Групи пацієнтів були репрезентативні за демографічними, лабораторними та інтраопераційними характеристиками. У групі CRRT, порівняно з IHD та SLED, констатовано достовірно швидша нормалізація креатиніну та лактату ($p < 0,05$ на 1–14-ту добу), стабільніший середній артеріальний тиск ($p = 0,032 - 0,041$), нижча потреба у VIS ($12,9 \pm 5,8$ vs $21,3 \pm 7,5$ у IHD та $18,1 \pm 6,8$ у SLED; $p = 0,013$) та тривалість ШВЛ (CRRT - 34 [24–60] год vs 68 [42–110] у IHD і 52 [36–88] у SLED; $p = 0,018$). Окрім того пацієнти групи CRRT мали більш короткі терміни перебування у ВІТ (10 [4–15] доби; $p = 0,048$) та загальної госпіталізації (19 [11–29] діб; $p = 0,028$).

У групі CRRT госпітальна летальність становила 23,5% проти 45,0% у групі IHD та 38,1% - у SLED ($p = 0,372$), однак у багатофакторному аналізі лікування CRRT достовірно асоціювалося зі зниженням ризику смерті (OR 0,50; 95% ДІ 0,23–0,99; $p = 0,048$). Незалежними предикторами летальності були лактат, MODS, тривалість ШВЛ, сепсис і максимальний VIS.

Висновки. Частота ГПН у хворих після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом склала 25,7%, в коженого четвертого - п'ятого (4,27%) пацієнта з ГПН виникла необхідність проведення НЗТ. Лікування CRRT, порівняно з іншими методами, асоціювалося як і з кращими результатами щодо перебігу раннього післяопераційного періоду, так і щодо зниження ризику летальності після корекції на тяжкість стану, особливо у гемодинамічно нестабільних пацієнтів.

Ключові слова: гостре пошкодження нирок, кардіохірургічні втручання, ниркова замісна терапія, безперервна ниркова замісна терапія (CRRT), штучний кровообіг, госпітальна летальність.

Вступ. Гостре пошкодження нирок (ГПН) є одним із найчастіших ускладнень після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом і асоціюється зі зростанням госпітальної летальності,

подовженням тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та більшою частотою поліорганної недостатності [1–3]. За даними літератури, ГПН розвивається у 5% – 43% пацієнтів після кардіохірургічних втручань, а потреба у лікуванні нирковою замісною терапією (НЗТ) виникає у 2–6% випадків та супроводжується летальністю до 60% [3, 4].

Патогенез кардіохірургічно-асоційованого ГПН є багатофакторним і включає ішемічно-реперфузійне ушкодження, системну запальну від-

Світлана Романенко
svetlana7415k@gmail.com

повідь, порушення мікроциркуляції та зниження доставки кисню (DO_2) під час штучного кровообігу [5-7]. Відомо, що мінімальні значення DO_2 на етапах перфузії тісно пов'язані з частотою післяопераційного ГПН та потребою у лікуванні діалізними методами НЗТ [7].

Незважаючи на активне впровадження екстракорпоральних методів лікування, оптимальний вибір модальності та режиму ниркової замісної терапії залишається дискусійним. У клінічній практиці застосовують інтермітуючий гемодіаліз (IHD), повільний низькоефективний діаліз (SLED) та безперервну замісну ниркову терапію (CRRT), кожна з яких має власні переваги та обмеження [8].

CRRT потенційно забезпечує кращу гемодинамічну стабільність, контроль водного балансу та корекцію метаболічних порушень у критично хворих пацієнтів [9], однак результати досліджень щодо її переваг у виживаності порівняно з інтермітуючими методами залишаються суперечливими [10]. У зв'язку з відсутністю єдиного підходу до вибору режиму НЗТ у пацієнтів з ГПН після кардіохірургічних втручань та обмеженими даними в національних когортних дослідженнях, актуальним є подальше вивчення впливу різних методів та режимів ниркової замісної терапії на клінічні результати лікування в ранньому післяопераційному періоді.

Метою дослідження було оцінити частоту ГПН у пацієнтів після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом та вплив різних методів та режимів ниркової замісної терапії на перебіг раннього післяопераційного періоду у цієї категорії пацієнтів.

Матеріали та методи. Дане дослідження є ретроспективним аналізом клінічних даних пацієнтів, яким проводили кардіохірургічні втручання зі штучним кровообігом впродовж 2022-2025 рр. у ДНП «Інституту серця МОЗ України», що є клінічною базою Кафедри кардіохірургії, рентгенодіагностичних та екстракорпоральних технологій Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л.Шупика. Дослідження схвалене Комісією з етики та академічної доброчесності Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика (протокол №10 від 18.12.24). Через ретроспективний та неінтервенційний характер дослідження не було необхідності отримувати інформовану згоду пацієнтів.

Критеріями включення у дослідження була потреба пацієнтів дорослого віку у проведенні лікування НЗТ у зв'язку з гострим пошкодженням нирок обумовленим кардіохірургічними втручаннями зі штучним кровообігом. Критеріями виключення - вік молодше 18 років, відсутність у медичній документації необхідної для аналізу інформації, передуюча хронічна хвороба нирок 5 ст. / 5Д ст., гостре пошкодження нирок, що вимагало застосування НЗТ при кардіохірургічних втручаннях без штучного кровообігу.

Рішення про ініціацію НЗТ у пацієнтів з ГПН після кардіохірургічних втручань у нашому відділенні інтенсивної терапії приймалося у відповідності до локальних протоколів на основі наявності одного або кількох традиційних показань, до яких належали: рефрактерний метаболічний ацидоз ($pH < 7,2$), олігурія $< 0,3$ мл/кг/год протягом понад 24 год попри оптимізацію переднавантаження, рівень креатиніну сироватки > 350 мкмоль/л, гіперкаліємія $> 6,0$ ммоль/л та клінічні ознаки гіпергідратації, що супроводжувалися розвитком набряку легень.

Критерії гострого пошкодження нирок визначали відповідно до класифікації KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, 2012) [11]. Основною змінною для оцінки розвитку ГПН була динаміка рівня сироваткового креатиніну протягом перших 48 годин після хірургічного втручання із додатковим урахуванням показників діурезу. Згідно з критеріями KDIGO, I стадія ГПН визначалася як підвищення рівня креатиніну у 1,5–1,9 раза від вихідного значення та/або зменшення діурезу $< 0,5$ мл/кг/год протягом 6–12 годин; II стадія – підвищення рівня креатиніну у 2,0–2,9 раза від вихідного рівня та/або діурез $< 0,5$ мл/кг/год протягом ≥ 12 годин; III стадія – зростання креатиніну у ≥ 3 рази від вихідного значення та/або діурез $< 0,3$ мл/кг/год упродовж ≥ 24 годин або потреба у проведенні замісної ниркової терапії. Швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ) розраховували на основі рівня креатиніну сироватки крові з урахуванням віку та статі пацієнта за формулою CKD-EPI [5].

Залежно від клінічного стану пацієнта та наявних технічних можливостей застосовували один із трьох методів НЗТ: інтермітуючий гемодіаліз (IHD), повільний низькоефективний діаліз (SLED) або безперервну замісну ниркову терапію (CRRT).

IHD проводили на апаратах Fresenius 4008 (Fresenius Medical Care, Німеччина) та Fresenius 5008 (Fresenius Medical Care, Німеччина). Тривалість сесії складала не менш ніж 4 години з використанням синтетичних високопотоківих діалізаторів через центральний венозний доступ. Потік крові встановлювали в межах 250–350 мл/хв, швидкість діалізату – 300–500 мл/хв. Об'єм ультрафільтрації розраховували індивідуально залежно від гемодинамічного статусу та клінічної потреби.

SLED проводилась на апараті Fresenius 5008 (Fresenius Medical Care, Німеччина). Тривалість сесії складала 6–12 годин при знижених швидкостях кровотоку (100–150 мл/хв) і потоку діалізату (150–200 мл/хв). Обсяг ультрафільтрації визначали з урахуванням водного балансу та толерантності хворого.

CRRT проводилась на апараті Prismaflex (Baxter, USA) з використанням режимів CVVH, CVVHD або CVVHDF залежно від клінічної ситуації. Дозу терапії встановлювали в межах 20 –

30 мл/кг/год. Баланс рідини контролювали безперервно з індивідуальним налаштуванням обсягу ультрафільтрації.

У всіх випадках в якості судинного доступу використовувався центральний венозний катетер для гемодіалізу розміром 12 Fr та довжиною 20 см, який в переважній більшості випадків встановлювали у праву яремну або підключичну вену, а за наявності клінічних показань - у ліву підключичну вену. Для профілактики тромбозу екстракорпорального контуру застосовували нефракціонований гепарин із навантажувальною дозою 10–25 МО/кг з подальшою інфузією у підтримуючій дозі 10–20 Од/кг/год при IHD та SLED або 3–20 Од/кг/год при режимах CRRT.

Для комплексної оцінки клінічного стану пацієнтів аналізували демографічні та антропометричні показники (вік, стать, індекс маси тіла), операційний ризик за шкалою EuroSCORE II, ургентність втручання та супутні захворювання, зокрема наявність цукрового діабету, артеріальної гіпертензії, гостре порушення мозкового кровообігу й кардіохірургічні операції в анамнезі.

З метою оцінки вихідного функціонального стану й резервів органів перед оперативним втручанням визначали лабораторні показники, а саме рівні гемоглобіну, альбуміну, креатиніну, сечовини та розрахункову швидкість клубочкової фільтрації. Функціональний стан серця оцінювали за даними ехокардіографії шляхом визначення фракції викиду лівого шлуночка, а також його кінцево-діастолічного та кінцево-систолічного об'ємів.

Для характеристики інтраопераційного навантаження та адекватності перфузії враховували тривалість штучного кровообігу та перетиснення аорти, мінімальний індекс доставки кисню (DO_2), проведення ультрафільтрації, необхідність переливань еритроцитарної маси, застосування механічної підтримки кровообігу (ВАБК та ЕКМО), використання діуретиків, а також обсяг інтраопераційного діурезу. У ранньому післяопераційному періоді проводили оцінку тяжкості стану за шкалами MODS та SOFA в першу післяопераційну добу, аналізували тривалість штучної вентиляції легень, частоту розвитку сепсису та раневої інфекції, потребу у вазоактивно-інотропній підтримці (VIS), обсяг післяопераційної крововтрати, необхідність повторних хірургічних втручань у зв'язку з кровотечею, динаміку креатиніну, діурезу та середнього артеріального тиску, об'єм і тривалість замісної ниркової терапії, а також тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії й загальну тривалість госпіталізації.

Первинною кінцевою точкою дослідження була госпітальна летальність серед пацієнтів із гострим пошкодженням нирок, асоційованим із кардіохірургічними втручаннями, які потребували лікування методами НЗТ.

Статистична обробка та математичний аналіз результатів дослідження здійснювався проведенням обчислення відносних та середніх величин, критеріїв їх достовірності. Визначали середнє значення (M), стандартне відхилення (SD) – за умов нормального розподілу та за умов відмінного від нормального, сукупності кількісних показників описувалися за допомогою значень медіани (Me) і нижнього і верхнього кватилей (Q1;Q3). Достовірність відмінностей оцінювали за загальноприйнятими у варіаційній статистиці t-критерій Ст'юдента (за умов нормального розподілу), непараметричний U-критерій Манна-Уїтні (за умов розподілу показників, відмінного від нормального), χ^2 . Для аналізу категоріальних змінних, таких як частота, використовували критерій хі-квадрат Пірсона або точний критерій Фішера (у відповідних випадках). Для оцінки статистично значущих факторів ризику проводився однофакторний аналіз із застосуванням непарного t-критерію для порівняння даних вимірювань і точного критерію Фішера для порівняння даних підрахунку. Різниця вважалася достовірною при досягнутому рівні значимості $p < 0,05$. Для виявлення незалежних факторів ризику використовувався багатофакторний логістичний аналіз. Для аналізу виживаності застосовували метод Каплана–Маєра з побудовою кривих виживаності для порівняння груп CRRT, IHD, SLED. Статистичну значущість відмінностей між кривими оцінювали за допомогою log-rank тесту. Відмінності вважалися достовірними при $p < 0,05$ (95,5%). З метою визначення прогностичних значень виконувався ROC-аналіз з визначенням площі ROC-кривої та оцінкою чутливості і специфічності. Всі одержані дані опрацьовано за допомогою пакету статистичних програм «XLSTAT» (Lumivero, Денвер, Колорадо, США).

Результати. У період з 2022 по 2025 роки в ДНП «Інститут серця Міністерства охорони здоров'я України» було виконано 6908 кардіохірургічних втручань із застосуванням штучного кровообігу. Серед цих пацієнтів 1329 осіб були віком до 18 років, у 268 виявлено вихідну хронічну хворобу нирок 5 ст. / 5Д ст., а у 22 пацієнтів відзначено летальний наслідок протягом перших 48 годин після операції. З урахуванням зазначених критеріїв виключення до подальшого аналізу було включено 5289 пацієнтів. Серед даних пацієнтів відповідно до критеріїв KDIGO гостре пошкодження нирок розвивалося у 1358 (25,7%) пацієнтів, причому ГПН I стадії виявлялося у 1005 випадках (74,0%), II стадія – у 294 випадках (21,6%) та III стадія ГПН у 59 випадках (4,40%), потреба у проведенні ниркової замісної терапії виникла у 58 випадках (4,27%) (рис. 1).

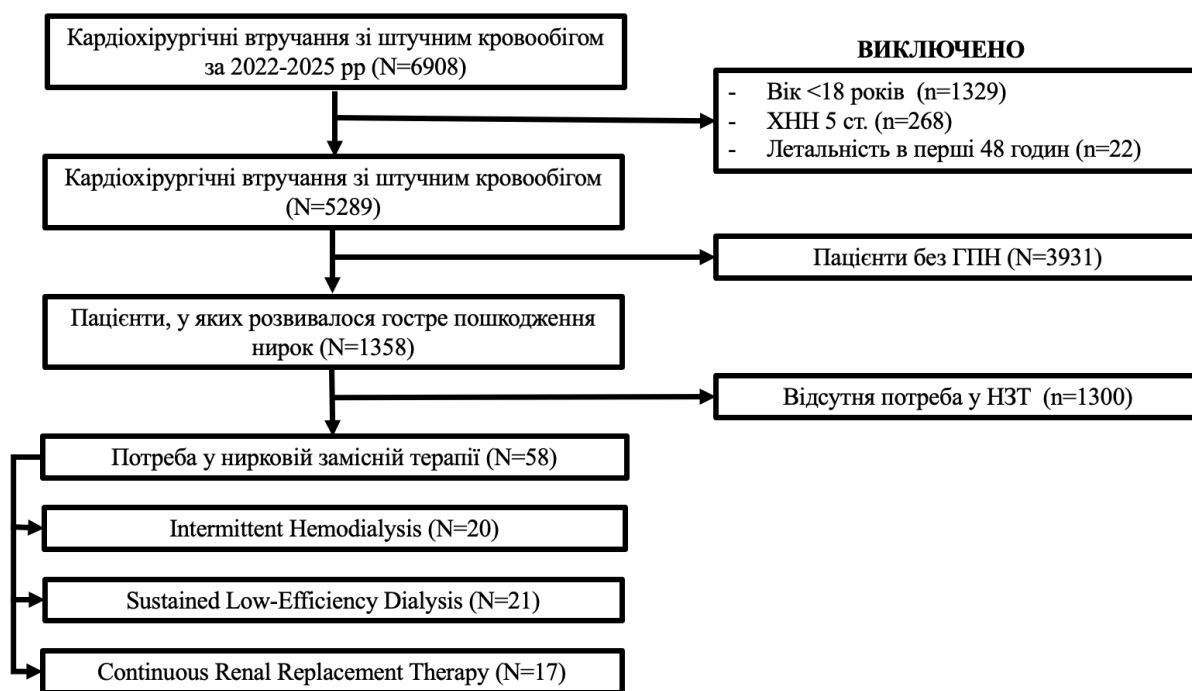


Рис. 1. Блок-схема відбору пацієнтів та застосування методів ниркової замісної терапії у дорослих пацієнтів після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом.

Примітки: ГПН – гостре пошкодження нирок; НЗТ – ниркова замісна терапія; ХНН – хронічна хвороба нирок.

Як наочно демонструють дані, надані у рис. 1, із загального числа пацієнтів, яким проводили НЗТ, 20 отримували лікування інтермітуючим гемодіалізом (група ІНД), 21 – повільним низькоефективним діалізом (група SLED), а 17 – безперервною нирковою замісною терапією (група CRRT).

Групи пацієнтів достовірно не відрізнялися між собою стосовно демографічних та антропометричних показників, коморбідних захворювань, лабораторних показників та результатів ЕхоКГ тощо (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика хворих в групах порівняння на момент включення в дослідження

Показник	ІНД (n=20)	SLED (n=21)	CRRT (n=17)	p
Демографічні та антропометричні параметри				
Вік, роки	61 [52;79]	64 [54;82]	59 [50;78]	0,312
Чоловіча стать, n (%)	14 (70,0)	15 (71,4)	12 (70,6%)	0,992
ІМТ, кг/м ²	27,4±4,1	28,1±3,9	26,9±4,7	0,629
Euroscore II, %	7,8±2,9	8,2±3,4	8,26±2,9	0,118
Ургентність втручання, n (%)	6 (30,0)	8 (38,1)	5 (29,4)	0,442
Коморбідні стани, n (%)				
Цукровий діабет	6 (30,0)	7 (33,3)	8 (47,1)	0,476
Артеріальна гіпертензія	17 (85,0)	19 (90,5)	15 (88,2)	0,938
ГПМК в анамнезі	2 (10,0)	3 (14,3)	4 (23,5)	0,411
Кардіохірургічні операції в анамнезі	4 (20,0)	6 (28,6)	7 (41,2)	0,229

<i>Продовження таблиці 1</i>				
Показник	IHD (n=20)	SLED (n=21)	CRRT (n=17)	p
Лабораторні показники				
Гемоглобін, г/л	111,5±12,1	108,9±14,7	102,9±15,3	0,093
Альбумін, г/л	37,2±4,2	35,9±3,9	36,8±4,6	0,112
Креатинін, мкмоль/л	109,8±33,6	111,5±28,1	103,9±22,5	0,281
Сечовина, ммоль/л	11,4±4,3	10,1±5,3	12,9±6,7	0,322
рШКФ (мл/хв/1,73 м ²)	68,1±9,6	66,8±8,6	65,5±6,6	0,119
Результати ЕхоКГ				
ФВ ЛШ, %	49,5±8,7	48,2±11,5	49,3±9,3	0,301
КДО ЛШ, мл	142,6±35,9	156,3±41,4	148,1±44,7	0,141
КСО ЛШ, мл	79,6±21,4	84,5±25,2	82,5±29,1	0,513

Примітки. ІМТ – індекс маси тіла, ГПМК – гостре порушення мозкового кровообігу, рШКФ – розрахункова швидкість клубочкової фільтрації, ФВ ЛШ – фракція викиду лівого шлуночка, КДО ЛШ – кінцево-діастолічний об'єм лівого шлуночка, КСО ЛШ – кінцево-систолічний об'єм лівого шлуночка

Слід зазначити, що і структура кардіохірургічних втручань та основні інтраопераційні характеристики у групах порівняння також не мали статистично достовірних відмінностей (табл. 2).

Таблиця 2

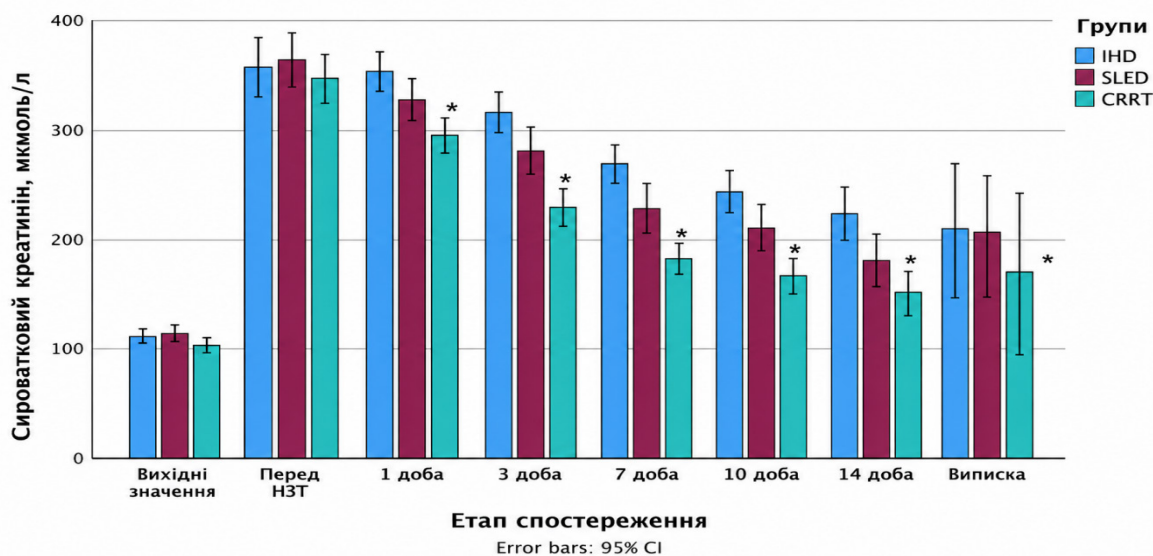
Особливості перебігу периопераційного періоду в групах порівняння

Показники	IHD (n=20)	SLED (n=21)	CRRT (n=17)	p
Структура кардіохірургічних втручань, n (%)				
АКШ	6 (30,0)	5 (23,8)	2 (11,8)	0,318
Операції з приводу клапанної патології	7 (35,0)	6 (28,6)	4 (23,5)	0,694
Операції на висхідній аорті та дузі	4 (20,0)	5 (23,8)	6 (35,3)	0,413
Змішані втручання (АКШ+клапанна патологія)	2 (10,0)	3 (14,3)	3 (17,6)	0,721
Трансплантації серця	1 (5,00)	2 (9,53)	2 (11,8)	0,618
Інтраопераційні дані				
Тривалість ШК, хв	134 (89;161)	128 (106;155)	137 (112;214)	0,194
Тривалість перетискання аорти, хв	93,4±18,1	89,5±22,5	112,3±28,2	0,514
Потреба у ЕрМ, n (%)	11 (55,0)	10 (47,6)	12 (70,6)	0,062
Мінімальне DO ₂ , мл/хв/м ²	273,0±28,6	276,0±21,8	265,0±16,4	0,195
Ультрафільтрація, n (%)	4 (20,0)	4 (19,0)	3 (17,6)	0,281
ГГЗС, n (%)	2 (10,0)	3 (14,3)	2 (11,8)	0,692
Тривалість ГГЗС, хв	8,2±2,1	10,6±4,9	10,2±6,6	0,388
Застосування ВАБК, n (%)	7 (35,0)	6 (28,6)	8 (47,1)	0,169
Застосування ЕКМО, n (%)	1 (5,00)	3 (14,3)	2 (11,8)	0,328
Інтраопераційний діурез, мл	1180±450	960±380	1010±270	0,284
Петлеві діуретики, n (%)	9 (45,0)	14 (66,7)	11 (64,7)	0,088

Примітки. АКШ – аортокоронарне шунтування, ШК – штучний кровообіг, ЕрМ – еритроцитарна маса, DO₂ – доставка кисню, ГГЗС – глибока гіпотермічна зупинка серця, ВАБК – внутрішньоаортальна балонна контрпульсація, ЕКМО – екстракорпоральна мембранна оксигенація.

У всіх групах до початку лікування НЗТ відзначалося прогресивне зростання рівня сироваткового креатиніну (рис. 2). Після ініціації терапії у пацієнтів, які отримували CRRT, спостерігалось більш швидке та стійке зниження креатиніну вже

з 1–3 доби з подальшою стабілізацією до моменту виписки. У групах IHD та SLED зниження показника було повільнішим і менш істотним, із тривалим збереженням підвищених концентрацій у пізні терміни спостереження.



Примітка. НЗТ – ниркова замісна терапія; 1, 3, 7, 10, 14 доба – відлік від початку НЗТ; виписка – перед випискою з стаціонару.
* $p < 0,05$ порівняно з групою IHD на відповідному етапі (post-hoc тест з поправкою Бонфєйроні).

Рис. 2. Динаміка сироваткового креатиніну на різних етапах спостереження, мкмоль/л

Загалом за даними однофакторного дисперсійного аналізу між групами спостерігалась достовірна різниця щодо рівня креатиніну на 1-у ($p=0,039$), 3-тю ($p=0,041$), 7-у ($p=0,031$), 10-ту ($p=0,037$) та 14 ($p=0,029$) доби після початку НЗТ та на етапі виписки ($p=0,048$) (рис.2).

Підвищені концентрації лактату до лікування НЗТ спостерігалось у всіх пацієнтів без достовірної різниці між групами порівняння ($p=0,439$). Динаміка показника надана на рис. 3.

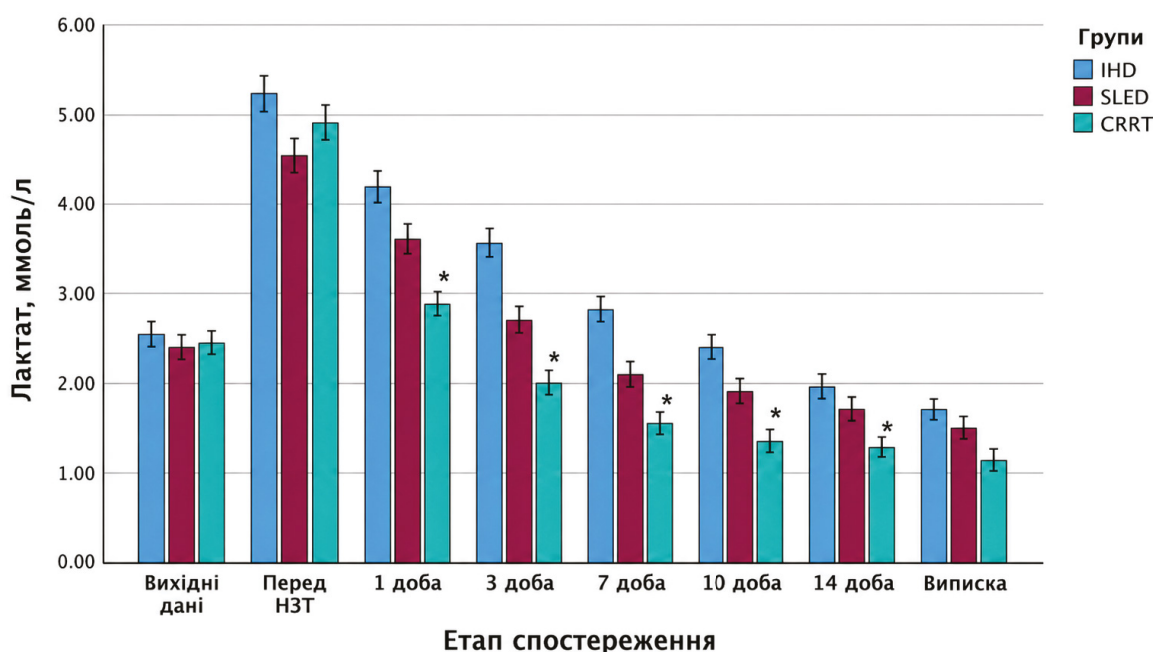


Рис. 3. Динаміка лактату на різних етапах спостереження, ммоль/л

Після початку терапії у пацієнтів групи CRRT спостерігалось найшвидше зниження рівня лактату з досягненням майже нормальних значень до 7–10 доби з достовірно нижчим значенням лактату на 1-у ($p=0,044$), 3-тю ($p=0,038$), 7-му ($p=0,031$) та 10-ту ($p=0,029$) добу у порівнянні з пацієнтами інших груп.

Що стосується динаміки середнього артеріального тиску, то після ініціації лікування у групі CRRT відзначалася більш швидка та стабільна нормалізація даного показника. Зокрема, констатовано достовірно вищі значення САТ на 3-тю ($p=0,034$), 7-му ($p=0,032$) та 14-ту ($p=0,041$) доби після початку CRRT (рис. 4).

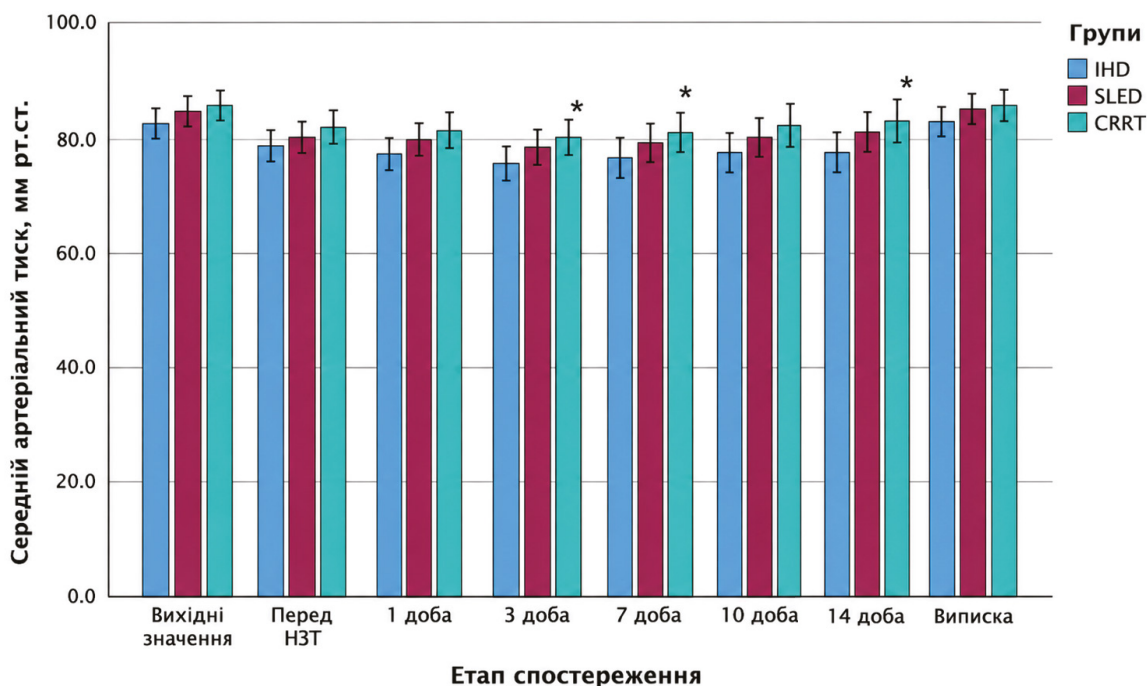


Рис. 4. Динаміка середнього артеріального тиску на різних етапах спостереження, мм рт ст

Слід зазначити, що у пацієнтів групи CRRT, констатовано достовірне скорочення тривалості використання штучної вентиляції легень порівняно з групами IHD та SLED (34 [24;60] год проти 68 [42;110] год та 52 [36;88] год відповідно;

$p = 0,018$). Достовірно нижчою у цій групі була і максимальна потреба у вазоактивній підтримці, зокрема VIS становив $12,9 \pm 5,81$ проти $21,3 \pm 7,49$ у IHD та $18,1 \pm 6,81$ у SLED; $p = 0,013$, табл. 3.

Таблиця 3

Особливості перебігу раннього післяопераційного періоду в групах порівняння

Показники	IHD (n=20)	SLED (n=21)	CRRT (n=17)	p
MODS на початку ЗНТ	7 [5;14]	6,5 [4;13]	7 [4;13]	0,643
SOFA Score на початку ЗНТ	8 [6;11]	9 [7;13]	9 [7;12]	0,511
Тривалість ШВЛ, години	68 [42;110]	52 [36;88]	34 [24;60]	0,018
Сепсис, n (%)	6 [30,0%]	5 [23,8%]	7 [41,2%]	0,103
Ранева інфекція, n (%)	3 [15,0]	3 [14,3]	2 [11,8]	0,697
VIS макс, бали	21,3±7,5	18,1±6,8	12,9±5,8	0,013
Післяопераційна крововтрата, мл	980±410	870±390	920±380	0,351
ЕрМ, n (%)	18 [90,0%]	18 [85,7%]	11 [64,7%]	0,148
СЗП, n (%)	19 [95,0%]	19 [90,5%]	14 [82,4%]	0,261
Ре-операція через кровотечу, n (%)	4 [20,0]	3 [14,3]	2 [11,8%]	0,171

Продовження таблиці 3

Показники	IHD (n=20)	SLED (n=21)	CRRT (n=17)	p
Тривалість від ГПН до НЗТ, доби	4 [1;6]	3 [1;8]	4 [1;7]	0,387
Середній об'єм ОУ за сесію, мл	2950±598	3590±1062	4548±1381	0,024
Відновлення функції нирок у тих, які вижили, n (%)	7/11 [63,6]	9/12 [75,0]	14/16 [87,5]	0,293
Тривалість перебування у ВІТ, доби	12 [8;17]	13 [6;19]	10 [4;15]	0,048
Тривалість госпіталізації, доби	23 [14;38]	24 [18;37]	19 [11;29]	0,028
Летальність у ВІТ, n (%)	7 [35,0]	8 [38,1]	3 [17,6]	0,319
Госпітальна летальність, n (%)	9 [45,0]	8 [38,1]	4 [23,5]	0,372

Примітки. MODS – Multiple Organ Dysfunction Score; SOFA Score – Sequential Organ Failure Assessment score; НЗТ – замісна ниркова терапія; ШВЛ – штучна вентиляція легень; VIS – Vasoactive–Inotropic Score; ОУ – об'єм ультрафільтрації, ГПН – гостре пошкодження нирок, ВІТ – відділення інтенсивної терапії, ЕрМ – еритроцитарна маса, СЗП – свіжозаморожена плазма, сАТ – середній артеріальний тиск.

Середній об'єм ультрафільтрації за один сеанс був найбільшим у CRRT (4548±1381 мл проти 2950±598 мл у IHD та 3590±1062 мл у SLED; $p = 0,024$).

Подальший аналіз перебігу раннього післяопераційного періоду дозволив констатувати, що пацієнти групи CRRT мали більш короткі терміни

перебування у ВІТ ($p=0,048$) та загальної госпіталізації ($p = 0,028$) порівняно з хворими груп IHD та SLED.

Аналіз за методом Каплана–Маєра не виявив статистично значущі відмінності у виживаності пацієнтів залежно від методу та режиму НЗТ (log-rank $p = 0,121$; рис. 5).

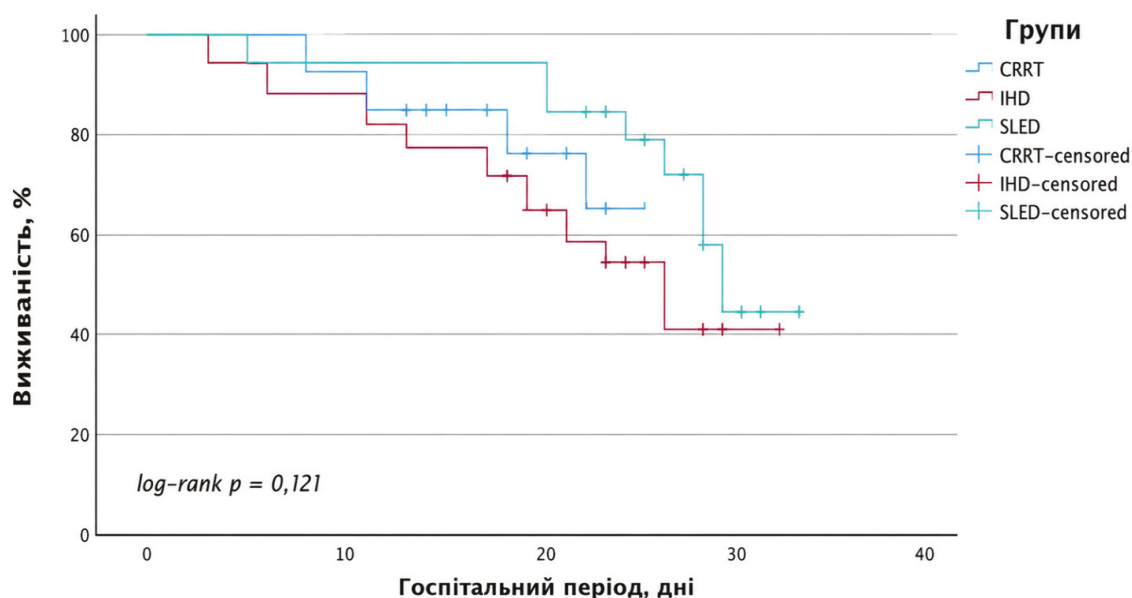


Рис. 5. Виживаність хворих досліджуваної когорти залежно від методу НЗТ.

Для оцінки впливу методу ниркової замісної терапії на госпітальну летальність було застосовано модель пропорційних ризиків Кокса. Референтною групою обрано інтермітуючий гемодіаліз (IHD). Загальна змінна «НЗТ» не мала статистично значущого впливу на виживаність (Wald = 1.946; $df = 2$; $p = 0.378$), однак аналіз коефіцієнтів для окремих методів лікування виявив клінічно значущі тенденції. Порівняно з IHD, застосування SLED не супроводжувалося статистично значущими відмінностями у ризику летального наслідку (HR = 1.64; 95% ДІ 0.45–5.94; $p = 0.453$), що свідчить про

подібні профілі виживаності між цими двома методами у даній вибірці. Разом з тим у групі CRRT була відзначена тенденція до зниження ризику госпітальної смертності. Застосування CRRT асоціювалося зі зменшенням HR порівняно з IHD (HR = 0.88; 95% ДІ 0.55–1.02; $p = 0.045$), що свідчить про потенційний протективний ефект безперервної замісної ниркової терапії у хворих на ГПН пацієнтів після кардіохірургічних втручань із .

Змінні з рівнем статистичної значущості $p < 0,10$ в однофакторному регресійному аналізі (модальність ниркової замісної терапії, EuroSCORE II,

фракція викиду лівого шлуночка, рівень гемоглобіну, середній артеріальний тиск та рівень лактату перед початком НЗТ, показник MODS у першу післяопераційну добу, тривалість штучної вентиляції

легень, максимальний показник вазоактивно-інотропного індексу (VIS), сепсис) були включені до багатофакторної бінарної логістичної регресійної моделі (табл. 4).

Таблиця 4

Однофакторний та багатофакторний логістичний регресійний аналіз факторів ризику летальності у пацієнтів з ГПН асоційованим з кардіохірургічними втручаннями, які потребують лікування методами НЗТ

Показники	Однофакторне ВШ (95% ДІ)	р	Мультифакторне ВШ (95% ДІ)	р
Метод НЗТ (CRRT vs IHD+SLED)	0,85 (0,21–0,96)	0,039	0,84 (0,23–0,99)	0,048
Вік, роки (за 1 рік)	1,03 (1,00–1,07)	0,052	1,02 (0,99–1,06)	0,140
Чоловіча стать, так/ні	1,11 (0,52–2,38)	0,780	–	–
ІМТ, кг/м ² (за 1 од.)	0,97 (0,90–1,05)	0,460	–	–
EuroSCORE II, % (за 1%)	1,09 (1,01–1,18)	0,026	1,06 (0,98–1,15)	0,130
Ургентність втручання, так/ні	1,55 (0,73–3,30)	0,250	–	–
ФВ ЛШ, % (за 1%)	0,96 (0,91–1,00)	0,064	0,97 (0,92–1,02)	0,190
Креатинін перед НЗТ (за 10 мкмоль/л)	1,08 (0,98–1,18)	0,110	–	–
Гемоглобін, г/л (за 10 г/л)	0,82 (0,67–1,00)	0,054	0,88 (0,71–1,09)	0,240
Тривалість ШК, хв (за 10 хв)	1,05 (0,98–1,12)	0,160	–	–
ГГЗС, так/ні	1,90 (0,68–5,41)	0,220	–	–
Середній АТ на початок НЗТ (за 10 мм рт.ст.)	0,88 (0,78–0,99)	0,036	0,91 (0,80–1,04)	0,180
Лактат на початок НЗТ (за 1 ммоль/л)	1,28 (1,10–1,49)	0,001	1,21 (1,03–1,42)	0,021
MODS на початок НЗТ (за 1 бал)	1,25 (1,09–1,44)	0,002	1,20 (1,03–1,39)	0,020
Тривалість ШВЛ, год (за 24 год)	1,32 (1,06–1,65)	0,014	1,27 (1,02–1,59)	0,032
VISmax, за 5 балів	1,23 (1,06–1,43)	0,007	1,18 (1,01–1,38)	0,040
ЕрМ (переливання), так/ні	1,58 (0,73–3,41)	0,240	–	–
Час від ГПН до НЗТ, доби	1,32 (0,80–1,75)	0,040	1,12 (0,80–1,75)	0,048
Відновлення функції нирок у тих, які вижили, так/ні	0,41 (0,16–1,04)	0,161	–	–
Сепсис, так/ні	2,65 (1,13–6,21)	0,024	2,30 (1,01–5,22)	0,047

Як наочно демонструють дані таблиці, за результатами багатофакторного аналізу, лікування безперервною нирковою замісною терапією було незалежно асоційоване зі зниженням ризику госпітальної летальності порівняно з іншими методами (CRRT проти IHD/SLED: ВШ 0,50; 95% ДІ 0,23–0,99; $p = 0,048$). Натомість підвищений рівень лактату та вищий показник MODS до початку НЗТ, більша тривалість штучної вентиляції легень, зрос-

тання максимального VIS та часу від початку ГПН до ініціації лікування НЗТ, сепсис були незалежними предикторами летальності.

За результатами ROC-аналізу найкращу прогностичну здатність щодо летальності продемонстрував рівень лактату на початок ниркової замісної терапії (AUC 0,78; 95% ДІ 0,68–0,87; $p = 0,001$) (табл. 5).

Таблиця 5

Чутливість та специфічність клініко-лабораторних предикторів летальності у пацієнтів із ГПН після кардіохірургічних втручань

Предиктор	AUC (95% ДІ)	Порогове значення	Чутливість, %	Специфічність, %	p
Лактат на початок НЗТ, ммоль/л	0,78 [0,68–0,87]	>4,2	74	71	0,001
MODS на початок НЗТ, бали	0,73 [0,62–0,83]	>8	69	68	0,004
VISmax, бали	0,55 [0,49–0,81]	>18	65	66	0,111
Тривалість ШВЛ, год	0,58 [0,47–0,79]	>72	63	64	0,118
Час від ГПН до НЗТ, доби	0,66 [0,54–0,77]	≤65	61	67	0,032

Примітка. AUC – площа під ROC-кривою; ДІ – довірчий інтервал; MODS – синдром поліорганної дисфункції; VISmax – vasoactive-inotropic score; ШВЛ – штучна вентиляція легень; НЗТ – ниркова замісна терапія. Порогові значення визначали за індексом Youden.

Оптимальне порогове значення >4,2 ммоль/л характеризувалося чутливістю 74% та специфічністю 71%. Також статистично значущими предикторами були показник MODS на початок НЗТ (AUC 0,73; $p=0,004$) та час від розвитку ГПН до початку НЗТ (AUC 0,66; $p=0,032$). Показники VISmax та тривалості ШВЛ не продемонстрували статистично значущої дискримінаційної здатності щодо прогнозування летальності.

Обговорення. У даному дослідженні проведено порівняння ефективності ІНД, SLED та CRRT у дорослих пацієнтів із ГПН після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом. Ключові результати свідчать, що застосування CRRT асоціювалося з більш сприятливим раннім клінічним перебігом – швидшою нормалізацією біохімічних показників, кращою стабільністю гемодинаміки, більш короткою тривалістю штучної вентиляції легень, а також зменшенням тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та загальної госпіталізації. Хоча в аналізі виживаності за методом Каплана–Маєра не було виявлено статистично значущої різниці між групами, багатофакторний регресійний аналіз продемонстрував незалежний асоціативний зв'язок між використанням CRRT та нижчим ризиком госпітальної летальності.

Отримані дані узгоджуються з сучасними уявленнями про фізіологічні переваги безперервних режимів ниркової замісної терапії у критично хворих пацієнтів. CRRT забезпечує рівномірний контроль водного балансу та кислотно-лужного стану без різких змін внутрішньосудинного об'єму, характерних для інтермітуючих методів, що знижує ризик гемодинамічної дестабілізації [11]. Це може пояснювати виявлену у нашій когорті нижчу потребу у вазоактивній підтримці та більш стабільні показники середнього артеріального тиску в групі CRRT. Переваги CRRT щодо гемодинамічної переносимості були також показані у багатоцентровому

рандомізованому дослідженні Vinsonneau C et al., де частота епізодів гіпотензії була нижчою у групі безперервної терапії порівняно з ІНД [12]. Наші результати узгоджуються і з даними вітчизняних дослідників Zakon K et al, які також довели клінічну доцільність застосування CRRT у кардіохірургічних пацієнтів із гострим пошкодженням нирок, особливо за умов гемодинамічної нестабільності та перевантаження рідиною [13].

Метааналіз Kellum JA et al. показав, що після корекції на тяжкість стану застосування CRRT асоціювалося зі зниженням ризику летальності (RR 0,72; 95% ДІ 0,60–0,87), а в підгрупах із порівняними характеристиками тяжкості – із ще більш вираженим ефектом (RR 0,48; 95% ДІ 0,34–0,69) [14]. Водночас дані масштабних реєстрових досліджень, зокрема OUTCOMEREA, не виявили універсальної переваги CRRT над інтермітуючими методами щодо 30-денної і 6-місячної виживаності, але підтвердили її потенційну користь у пацієнтів із вираженим перевантаженням рідиною [15]. Крім того, нещодавні дослідження характеризують CRRT як спосіб, який не лише підтримує виживаність, але й може зменшувати ризик розвитку хронічної хвороби нирок після гострого пошкодження нирок, що має важливе значення для віддалених наслідків [16].

Важливою знахідкою нашого дослідження є більш швидке зниження рівнів лактату та креатиніну у групі CRRT. Це узгоджується з концепцією безперервного кліренсу розчинених метаболітів та медіаторів системного запалення, що може сприяти швидшому відновленню органної функції [17]. Подібні висновки наведені у роботах Zarbock et al, які вказують на потенційну органопротекторну роль CRRT через вплив на цитокиновий каскад та мікроциркуляцію [18].

Дані Ranucci et al., які показали негативний вплив зниженої доставки кисню під час штучного кровообігу на функцію нирок, узгоджуються з ви-

явленими у нашому дослідженні високими рівнями лактату перед ініціацією НЗТ та їх прогностичним значенням щодо летальності [19].

Незважаючи на відсутність значущих відмінностей у Kaplan–Meier аналізі, багатофакторний регресійний аналіз показав асоціацію CRRT зі зниженням ризику летальності, що узгоджується з результатами Harvey AK et al., які описали тенденцію до кращих результатів виживаності у пацієнтів, які отримували безперервні методи лікування після корекції на тяжкість стану [20].

За результатами поточного дослідження у групі CRRT було констатовано більший об'єм ультрафільтрації порівняно з іншими групами. Це може свідчити про кумулятивну ефективність безперервної терапії та стабільніший гемодинамічний профіль, який дозволяє проводити більш повноцінну та безпечну корекцію гіпергідратації [21].

Показово, що SLED у досліджуваній когорті демонструвала проміжний профіль між IHD і CRRT, що узгоджується з літературними даними, які позиціонують її як “гібридну” модальність, що поєднує ефективність детоксикації з кращою переносимістю у гемодинамічно нестабільних пацієнтів [22]. Однак, у нашому дослідженні SLED не продемонструвала значущих переваг щодо виживаності, що може бути пов'язано з обмеженим розміром вибірки.

Нарешті, фактори, що незалежно асоціювалися з летальністю у нашому аналізі – підвищений лактат, високий показник MODS, тривала ШВЛ, наявність сепсису та високий VIS – повністю узгоджуються з результатами доступних спостережних досліджень, які визначають ці змінні, як ключові маркери тяжкості стану у кардіохірургічних пацієнтів [23, 24].

Поточне дослідження має певні обмеження, які слід враховувати при інтерпретації результатів: ретроспективний дизайн не дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки та створює ризик упередженості вибору методу НЗТ; одноцентровий характер обмежує екстраполяцію результатів на інші популяції; невелика чисельність підгруп, особливо CRRT, знижує статистичну потужність, зокрема щодо аналізу летальності; відсутність єдиного протоколу щодо показів до ініціації, дози та переходу між методами НЗТ могла вплинути на неоднорідність лікувального підходу; також не оцінювалися віддалені клінічні наслідки, що обмежує довгострокову інтерпретацію ефективності різних методів терапії.

Отримані результати свідчать, що CRRT може бути методом вибору у пацієнтів після кардіохірургічних втручань з нестабільною гемодинамікою, високим рівнем лактату та ознаками поліорганної недостатності. Водночас вибір модальності НЗТ повинен залишатися індивідуалізованим і базуватися на клінічному статусі пацієнта.

Висновки. Частота ГПН у хворих після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом складала 25,7%, в кожного четвертого – п'ятого (4,27%)

пацієнта з ГПН виникла необхідність проведення НЗТ.

Гостре пошкодження нирок після кардіохірургічних втручань зі штучним кровообігом асоціюється з несприятливими клінічними результатами та високою госпітальною летальністю.

Лікування CRRT, порівняно з іншими методами, асоціювалося з кращими ранніми результатами щодо зниження ризику летальності (CRRT проти IHD/SLED: ВШ 0,50; 95% ДІ 0,23–0,99; $p = 0,048$). Окрім того CRRT демонструє і інші переваги щодо перебігу раннього післяопераційного періоду у вигляді більш швидкої нормалізації креатиніну та лактату, кращої гемодинамічної стабільності, меншої потреби у вазопресорній підтримці, скорочення тривалості штучної вентиляції легень, перебування у відділенні інтенсивної терапії та тривалості загальної госпіталізації.

Незалежними предикторами несприятливого прогнозу, за результатами поточного дослідження, були підвищений рівень лактату, високі показники MODS та VIS, тривала ШВЛ, наявність сепсису та затримка початку НЗТ. Останнє є підтвердженням доцільності ранньої індивідуалізованої терапії та обґрунтованого вибору методу НЗТ.

Конфлікт інтересів. Автори гарантують відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості під час виконання роботи та написанні статті.

Джерела фінансування. Це дослідження не мало фінансової підтримки

Етичне схвалення. Дослідження схвалене Комісією з етики та академічної доброчесності Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика (протокол №10 від 18.12.24). Через ретроспективний та неінтервенційний характер дослідження не було необхідності отримувати інформовану згоду пацієнтів.

Доступність даних. Дані, що підтверджують результати цього дослідження, не є загальнодоступними у зв'язку з необхідністю дотримання конфіденційності персональної медичної інформації пацієнтів. Узагальнені або деперсоналізовані дані можуть бути надані відповідальним автором за обґрунтованим запитом.

Внесок кожного автора.

Романенко С.: концептуалізація; курація даних; написання первинного тексту; редагування та підготовка рукопису до друку;

Маруляк С.: дослідження (проведення процедур нирковозамісної терапії), курація пацієнтів із гострим пошкодженням нирок; методологія (коригування параметрів нирковозамісної терапії); написання первинного тексту; критичний перегляд і редагування рукопису;

Чайковська С.: дослідження (ведення пацієнтів до кардіохірургічного лікування); методологія (розробка дизайну дослідження); написання первинного тексту;

Ковтун Г.: дослідження – виконання хірургічного втручання; формальний аналіз (інтерпретація та узагальнення результатів); написання первинного тексту, редагування та підготовка рукопису до друку;

Тодуров М.: формальний аналіз (статистичний аналіз даних); написання первинного тексту, редагування та підготовка рукопису до друку;

Тодуров Б.: концептуалізація; дослідження (виконання кардіохірургічного втручання); формальний аналіз;

Судакевич С.: концептуалізація; дослідження (проведення процедур нирковозамісної терапії); формальний аналіз (інтерпретація та узагальнення результатів);

Шіфріс І.: дослідження (консультування пацієнтів із гострим пошкодженням нирок); формальний аналіз; написання первинного тексту рукопису; редагування та підготовка рукопису до друку.

Усі автори ознайомились з остаточною версією рукопису та схвалили її до подання.

Література (References):

1. Boyer N, Eldridge J, Prowle JR, Forni LG. Postoperative acute kidney injury. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2022;17(10):1535–45. doi: 10.2215/CJN.16541221.
2. Wang Y, Bellomo R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment. *Nat Rev Nephrol.* 2017;13(11):697–11. doi: 10.1038/nrneph.2017.119.
3. Peerapornratana S, Manrique-Caballero CL, Gomez H, Kellum JA. Acute kidney injury from sepsis: current concepts, epidemiology, pathophysiology, prevention and treatment. *Kidney Int.* 2019;96(5):1083–99. doi: 10.1016/j.kint.2019.05.026.
4. Scurt FG, Bose K, Mertens PR, Chatzikyrkou C, Herzog C. Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury. *Kidney360.* 2024;5(6):909–26. doi: 10.34067/KID.000000000000466.
5. Bagshaw SM, Neto AS, Smith O, Weir M, Qiu H, Du B, et al.; STARRT-AKI Investigators. Impact of renal-replacement therapy strategies on outcomes for patients with chronic kidney disease: a secondary analysis of the STARRT-AKI trial. *Intensive Care Med.* 2022;48(12):1736–50. doi: 10.1007/s00134-022-06912-w.
6. Kellum JA, Prowle JR. Paradigms of acute kidney injury in the intensive care setting. *Nat Rev Nephrol.* 2018;14(4):217–30. doi: 10.1038/nrneph.2017.184.
7. Maruniak S, Loskutov O, Swol J, Todurov B. Factors associated with acute kidney injury after on-pump coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Surg.* 2024;19(1):598. doi: 10.1186/s13019-024-03103-0.
8. Nash DM, Przech S, Wald R, O'Reilly D. Systematic review and meta-analysis of renal replacement therapy modalities for acute kidney injury in the intensive care unit. *J Crit Care.* 2017;41:138–44. doi: 10.1016/j.jccr.2017.05.002.
9. An JN, Kim SG, Song YR. When and why to start continuous renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury. *Kidney Res Clin Pract.* 2021;40(4):566–77. doi: 10.23876/j.krep.21.043.
10. Clark E, Wald R, Walsh M, Bagshaw SM, Canadian Acute Kidney Injury (CANAKI) Investigators. Timing of initiation of renal replacement therapy for acute kidney injury: a survey of nephrologists and intensivists in Canada. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27:2761–67. doi: 10.1093/ndt/gfr740.
11. Gaudry S, Grolleau F, Barbar S, Martin-Lefevre L, Pons B, Boulet É, et al. Continuous renal replacement therapy versus intermittent hemodialysis as first modality for renal replacement therapy in severe acute kidney injury: a secondary analysis of AKIKI and IDEAL-ICU studies. *Crit Care.* 2022;26(1):93. doi: 10.1186/s13054-022-03955-9.
12. Vinsonneau C, Camus C, Combes A, Costa de Beauregard MA, Klouche K, Boulain T, et al. Continuous venovenous haemodiafiltration versus intermittent haemodialysis for acute renal failure in patients with multiple-organ dysfunction syndrome: a multicentre randomised trial. *Lancet.* 2006;368(9533):379–85. doi: 10.1016/S0140-6736(06)69111-3.
13. Zakon K, Romanova V, Dudarenko V, Arbuzova I, Radchenko G. Differential approach of continuous and intermittent renal replacement therapy applying in cardiac surgery acute kidney injury. *Ukr J Nephrol Dial.* 2016;0(1(49):46–2. doi: 10.31450/ukrjnd.1(49).2016.04.
14. Kellum JA, Angus DC, Johnson JP, Leblanc M, Griffin M, Ramakrishnan N, et al. Continuous versus intermittent renal replacement therapy: a meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2002;28(1):29–37. doi: 10.1007/s00134-001-1159-4.
15. Truche AS, Darmon M, Bailly S, Clec'h C, Dupuis C, Misset B, et al. OUTCOMEREA Study Group.

- Continuous renal replacement therapy versus intermittent hemodialysis in intensive care patients: impact on mortality and renal recovery. *Intensive Care Med.* 2016;42(9):1408-17. doi: 10.1007/s00134-016-4404-6.
16. Valdenebro M, Martín-Rodríguez L, Tarragón B, Sánchez-Briales P, Portolés J. Renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury: 2020 nephrologist's perspective. *Nefrologia (Engl Ed).* 2021;41(2):102-14. English, Spanish. doi: 10.1016/j.nefro.2020.07.016.
 17. Erdélyi L, Trásy D. CRRT Is More Than Just Continuous Renal Replacement Therapy. *Pharmaceuticals (Basel).* 2024;17(12):1571. doi: 10.3390/ph17121571.
 18. Zarbock A, Nadim MK, Pickkers P, Gomez H, Bell S, Joannidis M, et al. Sepsis-associated acute kidney injury: consensus report of the 28th Acute Disease Quality Initiative workgroup. *Nat Rev Nephrol.* 2023;19(6):401-17. doi: 10.1038/s41581-023-00683-3.
 19. Ranucci M, Johnson I, Willcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, Justison GA, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;156(5):1918-27.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.04.045.
 20. Harvey AK, Burns KEA, McArthur E, Adhikari NKJ, Li D, Kitchlu A, et al. Short-and long-term outcomes of sustained low efficiency dialysis vs continuous renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury. *J Crit Care.* 2021;62:76-81. doi: 10.1016/j.jcrc.2020.11.003.
 21. Kovvuru K, Velez JCQ. Complications associated with continuous renal replacement therapy. *Semin Dial.* 2021;34(6):489-94. doi: 10.1111/sdi.12970.
 22. Caires RA, Abdulkader RCRM, Costa E Silva VT, Ferreira GS, Burdmann EA, Yu L, et al. Sustained low-efficiency extended dialysis (SLED) with single-pass batch system in critically-ill patients with acute kidney injury (AKI). *J Nephrol.* 2016;29(3):401-9. doi: 10.1007/s40620-015-0224-y.
 23. Strauß C, Albert F, Bormann E, Engelman DT, Bellomo R, Zarbock A; EPIS-AKI investigators. Risk factors, outcomes, and early prediction of cardiac surgery-associated acute kidney injury: a post hoc subgroup analysis of the Epidemiology of Surgery Associated Acute Kidney Injury study. *Br J Anaesth.* 2025;136(1):34-42. doi: 10.1016/j.bja.2025.08.043.
 24. Rewa OG, Tolwani A, Mottes T, Juncos LA, Ronco C, Kashani K, et al. ADQI Consensus Meeting Members on behalf of ADQI XXII. Quality of care and safety measures of acute renal replacement therapy: Workgroup statements from the 22nd acute disease quality initiative (ADQI) consensus conference. *J Crit Care.* 2019;54:52-7. doi: 10.1016/j.jcrc.2019.07.003.