



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

S. Kushnirenko, O. Lysianska

doi: 10.31450/ukrjnd.4(88).2025.07

Clinical profile and prognostic significance of intradialytic hypoxemia in patients undergoing hemodialysis

P.L. Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Citation:

Kushnirenko S, Lysianska O. Clinical profile and prognostic significance of intradialytic hypoxemia in patients undergoing hemodialysis. Ukr J Nephrol Dialys. 2025;4(88):55-62. doi: 10.31450/ukrjnd.4(88).2025.07.

Abstract. Intradialytic hypoxemia (IH) is a frequently observed but insufficiently characterized phenomenon in maintenance hemodialysis (HD). Its associations with clinical phenotype, nutritional-inflammatory markers, and short-term outcomes in routine HD practice remain inadequately defined. The present study aimed to characterize the clinical profile of patients with IH and determine its prognostic significance for hospitalization rates and one-year survival.

Methods. A prospective single-center study included 120 HD patients. IH was defined as mean $SpO_2 < 94\%$, $SpO_2 < 94\%$ for $\geq 10\%$ of the HD session, and/or $PaO_2 < 70$ mmHg. Patients were stratified into IH ($n=26$) and non-IH groups ($n=94$). Arterial blood gases, SpO_2 trends, spirometry, biochemical parameters, hospitalization frequency, and survival were evaluated.

Results. Patients with IH demonstrated a lower PaO_2 : 68.1 ± 5.4 vs. 87.3 ± 7.2 mmHg ($p < 0.0001$); lower mean SpO_2 : $92.1 \pm 1.8\%$ vs. $96.4 \pm 1.2\%$ ($p < 0.001$); greater duration of desaturation ($SpO_2 < 94\%$): 62.6% vs. 5.1% of session time ($p < 0.0001$); and lower serum albumin: 34.2 ± 4.8 vs. 38.5 ± 3.9 g/L ($p < 0.001$). Concomitant intradialytic hypertension was more frequent in the IH group (34.6% vs. 11.8% , $p = 0.0078$). Hospitalization frequency was markedly higher among patients with IH: $1.7-2.1$ hospitalizations per patient per year, depending on the presence of intradialytic hypertension, compared with $1.2-1.6$ in the non-IH group ($U = 2359.0$; $p = 2.01 \times 10^{-19}$). A trend toward reduced one-year survival was observed in the IH group: 81.62% vs. 91.49% (log-rank $p = 0.06$).

Conclusions. IH in HD patients is associated with significant impairments in oxygenation, lower nutritional-inflammatory status, and substantially higher hospitalization rates, with a trend toward reduced survival. IH may represent a clinically relevant marker of elevated short-term risk. Routine SpO_2 monitoring may improve early identification of high-risk patients.

Keywords: chronic kidney disease, renal replacement therapy, hemodialysis, survival, intradialytic hypoxemia, intradialytic arterial hypertension.

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

© S. Kushnirenko, O. Lysianska, 2025.

Correspondence should be addressed to Oksana Lysianska: lisyanskaya.oksna@gmail.com

Article history:

Received September 07, 2025

Received in revised form
October 23, 2025

Accepted October 24, 2025



© Кушніренко С., Лисянська О., 2025

УДК: 616.12:616.24]-008.46-07:616.61-085.38-073.27

С. Кушніренко, О. Лисянська

Клінічний профіль та прогностичне значення інтрадіалізної гіпоксемії у пацієнтів з ХХН V стадії, які лікуються методом гемодіалізу

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

Резюме. Інтрадіалізна гіпоксемія (ІГ) є поширеним, але недостатньо охарактеризованим явищем серед хворих на хронічну хворобу нирок V, які лікуються методом гемодіалізу (ГД). Її зв'язок з клінічним профілем пацієнтів, та короткостроковими наслідками в умовах реальної клінічної практики залишаються недостатньо визначеними. Метою цієї роботи було оцінити клінічний профіль ІГ у пацієнтів з ХХН V ГД та визначити її прогностичне значення щодо частоти госпіталізацій та однорічної виживаності пацієнтів.

Методи. У проспективне одноцентрове дослідження включено 120 ГД пацієнтів. ІГ визначали за критеріями: середнє $SpO_2 < 94\%$, $SpO_2 < 94\% \geq 10\%$ тривалості процедури та/або $PaO_2 < 70$ мм рт. ст. Пацієнтів розподілено на групу з ІГ ($n=26$) та без ІГ ($n=94$). Оцінювали газообмін (PaO_2 , $PaCO_2$, HCO_3^-), SpO_2 , спірометрію, лабораторні показники та частоту госпіталізацій. Виживаність аналізували методом Каплана-Майєра.

Результати. Пацієнти з ІГ мали нижчий PaO_2 : $68,1 \pm 5,4$ мм рт. ст. проти $87,3 \pm 7,2$ мм рт. ст. у групі без ІГ ($p < 0,0001$), нижче середнє SpO_2 : $92,1 \pm 1,8\%$ проти $96,4 \pm 1,2\%$ ($p < 0,001$), більшу тривалість десатурації ($SpO_2 < 94\%$): $62,6\%$ часу процедури проти $5,1\%$ ($p < 0,0001$), нижчий рівень альбуміну: $34,2 \pm 4,8$ г/л проти $38,5 \pm 3,9$ г/л ($p < 0,001$).

Супутня інтрадіалізна артеріальна гіпертензія (ІАГ) частіше визначалась у пацієнтів з ІГ: $34,6\%$ проти $11,8\%$ ($p = 0,0078$). Частота госпіталізацій була статистично значущо вищою у групі ІГ: $1,7$ - $2,1$ госпіталізацій на пацієнта на рік залежно від наявності ІАГ, порівняно з $1,2$ - $1,6$ у групі без ІГ ($U = 2359,0$; $p = 2,01 \times 10^{-19}$). Аналіз однорічної виживаності хворих демонстрував тенденцію до зниження у пацієнтів з ІГ: $81,62\%$ проти $91,49\%$ (log-rank $p = 0,06$).

Висновки. ІГ у ГД пацієнтів асоціюється з більш вираженими порушеннями оксигенації, нутритивно-запальними змінами та значно вищою частотою госпіталізацій. Спостерігається тенденція до зниження однорічної виживаності. ІГ може розглядатися як маркер підвищеного клінічного ризику, а рутинний моніторинг SpO_2 - як ефективний інструмент ранньої стратифікації ризику.

Ключові слова: хронічна хвороба нирок, нирково-замісна терапія, гемодіаліз, виживаність, інтрадіалізна гіпоксемія, інтрадіалізна артеріальна гіпертензія.

Вступ. Хронічна хвороба нирок (ХХН) залишається актуальною медико-соціальною проблемою через високий ризик прогресування до термінальної стадії ниркової недостатності та необхідність проведення ниркової замісної терапії (НЗТ). Згідно з сучасними даними, поширеність серцево-судинних захворювань серед таких пацієнтів становить 60% , а смертність наближається до 50% [1]. Незважаючи на ефективність гемодіалізу (ГД) у підтримці життєво важливих функцій, цей метод нерідко супроводжується розвитком інтрадіалізної гіпоксемії (ІГ), що характеризується зниженням SpO_2 або парціального тиску кисню (PaO_2) під час сеансу. Єдиних рекомендацій щодо цільових рівнів SpO_2 під час ГД наразі не існує. Водночас, з огляду

на ризик діаліз-асоційованої гіпоксемії, доцільним є орієнтування на рекомендації ВООЗ (2011) щодо ведення пацієнтів, зокрема на цільові межі сатурації, прийняті в анестезіології, де $SpO_2 < 95\%$ розцінюється як ознака потенційної гіпоксемії, а значення $< 90\%$ — як критичні [2-4].

ІГ частіше спостерігається у хворих із супутніми серцево-легеневими захворюваннями, зокрема хронічною серцевою недостатністю, обструктивними порушеннями дихання та синдромом апное чи запальними змінами [3, 5]. Відомо, що гіпоксемія здатна викликати системні зміни, включно з активацією запальних процесів, дисфункцією еритроцитів, порушенням метаболізму та зниженням трофічної підтримки тканин [6-9]. Мультицентрові дослідження свідчать, що тривала або виражена ІГ може бути незалежним фактором ризику госпіталізацій та смертності. Зокрема, Meyring-Wösten та співавт. продемонстрували, що інтрадіалізна сатурація $< 90\%$ протягом $\geq 30\%$ від тривалості процедури асоційована з підвищеною частотою госпіталізацій та загальною смертністю [10]. Досліджен-

Оксана Лисянська

lisyanskaya.oksana@gmail.com

ня, присвячені центральній венозній оксигенації ($ScvO_2$), також свідчать, що навіть помірне зниження оксигенації крові корелює зі зростанням ризику несприятливих клінічних подій у ГД пацієнтів та відображає системний дисбаланс між доставкою та споживанням кисню [11, 12].

Попри накопичення окремих даних, клінічний профіль ГД пацієнтів з ІГ, включно з характеристиками газообміну, показниками зовнішнього дихання, супутніми захворюваннями та лабораторними маркерами, залишається недостатньо визначеним. Крім того, мало досліджень оцінюють короткострокове прогностичне значення ІГ (зокрема її вплив на частоту госпіталізації та однорічну виживаність) у реальних умовах рутинної діалітичної практики, що створює потребу в інтегрованому підході до оцінки ІГ як потенційного маркера підвищеного ризику ускладнень.

У цьому контексті **метою** нашого дослідження було оцінити клінічний профіль ІГ у пацієнтів з ХХН V ГД та визначити її прогностичне значення щодо частоти госпіталізацій та однорічної виживаності.

Матеріали та методи. В одноцентровому проспективному когортному дослідженні взяли участь 120 пацієнтів із ХХН VГД стадії, які лікувались в умовах КНП КОР «Київська обласна клінічна лікарня», що є клінічною базою кафедри нефрології та нирковозамісної терапії НУОЗ України імені П.Л. Шупика. Дослідження проведено відповідно до етичних принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2013 р.). Протокол дослідження розглянуто та схвалено комісією з питань етики НУОЗ України імені П. Л. Шупика (протокол № 2 від 01.02.2016). Усі пацієнти надали інформовану письмову згоду на участь у дослідженні.

Медіана (Me) віку пацієнтів становила 52 роки, IQR (38; 59). Вибірка включала приблизно рівну кількість пацієнтів молодого та середнього віку, тоді як найменша частка припадала на пацієнтів, що мають вік понад 60 років. За статевим розподілом переважали жінки – 68 осіб (56.6%). Середній стаж ГД становив 51.82 ± 50.67 місяця.

Критеріями включення були: вік від 18 років, лікування ГД ≥ 3 місяців; $spKt/V \geq 1,2$, можливість виконання моніторингу SpO_2 та забору артеріальної крові під час процедури, стабільний клінічний стан пацієнта без ознак гострої інфекції або дихальної декомпенсації.

Критерії виключення: тромбоцитопенія, туберкульоз легень, травматичні ураження або судинна патологія верхніх кінцівок, нігті, покриті лаком, тремор верхніх кінцівок, стійкі порушення ритму, легенева кровотеча, критичний стан, виражена гіпотензія, неможливість забезпечити коректне вимірювання SpO_2 чи виконати артеріальний забір крові.

Усі пацієнти лікувались методом ГД тричі на тиждень з точним волюметричним контролем ульт-

трафільтрації. Лікування здійснювали з використанням біосумісних високопотоккових мембран; швидкість кровотоку 250–350 мл/хв, діалізату – 500 мл/хв.

Ступінь задишки оцінювали за шкалою Borg. Функція зовнішнього дихання визначалась за допомогою спірометрії, що включала об'єм форсованого видиху за 1 секунду (ОФВ1), форсовану життєву ємність легень (ФЖЄЛ), а також розрахунок співвідношення ОФВ1/ФЖЄЛ для встановлення типу дихальних порушень. Моніторинг артеріального тиску (АТ) проводився кожні 15 хвилин під час процедури ГД за допомогою пристрою для автоматичного моніторингу у поєднанні з неінвазивним визначенням SpO_2 методом пульсоксиметрії з використанням монітору пацієнта G3H. Це дозволяло здійснювати безперервний контроль АТ, частоти серцевих скорочень (ЧСС) та SpO_2 протягом усього сеансу.

ІГ визначали як: середнє SpO_2 під час сеансу $<94\%$ або $SpO_2 <94\% \geq 10\%$ тривалості процедури, або $PaO_2 < 70$ мм рт. ст. під час ГД. Обстеження проводилось протягом 1-2 тижнів і включало 3-6 сеансів ГД на пацієнта.

Лабораторні показники включали гемоглобін (Hb), гематокрит (Ht), альбумін; гази артеріальної крові (рН, PaO_2 , $PaCO_2$, HCO_3^-), стандартні біохімічні тести.

Досліджувана когорта була розподілена на дві групи. Перша група (I) складалась з 26 пацієнтів із ІГ, серед яких було 14 жінок (53.8%), а середній стаж ГД становив 62 ± 51.7 місяця. Друга група (II) – 94 пацієнта без ІГ, із яких жінок було 54 (57.4%), а середній стаж ГД становив 49 ± 50.3 місяця.

Основними оцінюваними параметрами були клінічні та функціональні характеристики пацієнтів залежно від наявності ІГ, показники оксигенації та газообміну, а також частота госпіталізацій та виживаність хворих. Початком спостереження вважали дату підписання інформованої згоди, а аналіз даних здійснювали протягом одного року після первинного обстеження.

Статистичну обробку отриманих результатів проведено на персональному комп'ютері за допомогою програмного забезпечення «Excel» (ліцензована версія) та «SPSS» (26.0, IBM версія Corporation, США). У разі відхилення від нормального розподілу дані представлені як Me та міжквартильний розмах [Q1; Q3]. Достовірність відмінностей між групами оцінювали за допомогою: t-критерію Стьюдента (для даних із нормальним розподілом), U-критерію Манна-Уїтні (для показників із розподілом, відмінним від нормального), χ^2 -критерію (для якісних даних). Виживаність оцінювали методом Каплана-Майєра з використанням лог-рангового тесту. Критичний рівень статистичної значущості прийнято $p < 0.05$.

Результати. Основні клініко-лабораторні показники, супутні захворювання, функціональні параметри дихальної системи, рівень АТ та SpO_2 представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Клінічні, лабораторні та функціональні відмінності між пацієнтами з ІГ та без ІГ

Показники	I група (з ІГ) (n=26)	II група (без ІГ) (n=94)	95% ДІ для різниці між групами	p-level
Стаж ГД, міс	62±51.7	49±50.3	13.0 [9.3 –35.3]	0.249
Hb, г/л	91.1±11.7	90.1±12.9	1.0 [4.2– 6.2]	0.722
Ht, %	28.1±3.1	27.8±2.8	0.3 [1.0–1.6]	0.638
Альбумін, г/л	29±1.21	31±1.4	-2.0 [1.41– 2.59]	<0.001*
pH	7.37±0.04	7.38±0.06	-0.01 [-0.030– 0.010]	0.425
PaO ₂ мм рт ст	58.9±10.2	73.2±5.2	-14.30 [-18.36–10.24]	<0.0001*
PaCO ₂ , мм рт ст	37.8±10.3	34.2±10.44	3.60 [0.89–8.09]	0.121
HCO ₃ ⁻ , ммоль/л	21.36±4.8	19±3.37	2.36 [0.39–4.33]	0.005*
Задишка за шкалою Borg бал Me (IQR)	2.5 [1-3]	1.5[1-2]	1.0 [0.82– 118]	0.507
ХОЗЛ, n (%)	5 [19.23%]	7 [7%]	11.78 [-4.27–27.84]	0.076
ХСН, n (%)	5 [19. 23%]	6 [6.3%]	12.93 [0.3– 254]	0.044*
ЦД, n(%)	4 [15. 38 %]	17 [18. 08%]	-2.7 [-19.2–13.8]	0.748
IDWG, кг	2.5±0.9	2.4±0.8	0.1 [0.28–0.48]	0.584
IDWG (кг %)	2.9±1.0	2.8±1.0	0.10 [0.33–0.53]	0.653
Час процедури ГД (хвилини)	225.7±28.3	228.0±25.1	-2.30 [-14.30–9.70]	0.688
УФО, л	2.6±1.2	2.4±1.0	0.20 [0.30–0.70]	0.390
spKt/V	1.5±0.1	1.5±0.3	0	
SpO ₂ ,%	92.1±1.6	95.2±1.3	-3.10 [-3.77; -2.43]	<0.001*
SpO ₂ <94%, % часу	62.6±19.1	51±7.5	57.5 [46.59; 68.41]	<0.001*
ОФВ1	1.99±0.54	2.04±0.61	-0.55 [-0. 33; 0.14]	0.41
ФЖЕЛ	2.35±0.61	2.34±0.86	0.01 [-0.42;0.44]	0.96
ОФВ1/ФЖЕЛ	0.84±0.08	0.87±0.09	-0.03[-0.067 до 0.007]	0.107
Початковий САТ, Me (IQR), мм.рт.ст.	146 [122.75 – 166.75]	147 [121.75 – 164.0]	-1 [-15;13]	0.89
Кінцевий САТ, Me (IQR), мм.рт.ст.	149 [121.75 – 164.0]	140 [123.75 – 160.5]	9 [-5.3;23.3]	0.19
Частка пацієнтів з ІАГ (n) ч/ж	34.6 [9]. 5/4	11.8 [10] 4/6	23.98 [4.66; 43.3]	0.0078*
ЧСС, уд/хв	73.5 [66;80]	74.5 [68; 82]	-0.1[-5.50;3.50]	0.316

* Відмінність між групами є статистично значущою, $p < 0.05$

Примітка: IDWG – міждіалізний приріст маси тіла; УФО – ультрафільтраційний об'єм; n – кількість пацієнтів; САТ – систолічний артеріальний тиск.

Як продемонстровано у табл. 1, між досліджуваними групами не виявлено статистично значущих відмінностей за віком, статевим розподілом, нозологічними формами ХХН, тривалістю та адекватністю проведення ГД, а також за загальними показниками крові. Водночас рівень альбуміну в сироватці крові пацієнтів I групи виявився достовірно нижче, ніж у пацієнтів II групи ($p < 0.001$), що може відобразити наявність хронічного запалення, гіперкатаболізму та погіршення харчового статусу. Пацієнти

I групи (з ІГ) мали тенденцію до більш вираженої задишки за шкалою Borg (2,5 [1;3] проти 1,5 [1;2] у II групі), проте ця різниця не досягла статистичної значущості ($p = 0.507$). Крім того у пацієнтів цієї ж групи зафіксовано значно нижчий рівень PaO₂ 58.9 ± 10.2 мм рт. ст. у порівнянні з результатами, отриманими в II групі, де відповідний показник PaO₂ становив 73.2 ± 5.2 мм рт. ст.; $p < 0.0001$). Значення бікарбонату (HCO₃⁻) у I групі (з ІГ) було вищим, що може свідчити про метаболічну компенсацію хро-

нічної гіпоксемії за рахунок збільшення бікарбонатного резерву ($p = 0.005$). PaCO_2 у I групі (ІГ) становив 37.8 ± 10.3 мм.рт.ст. проти 34.2 ± 10.44 мм.рт.ст. відповідного показника у II групі, що може свідчити про наявність гіповентиляції або неадекватної респіраторної компенсації і потребує подальшого вивчення. Проте ця відмінність не досягла рівня статистичної значущості ($p = 0.121$). Пацієнти I групи з ІГ також мали нижчі показники SpO_2 ($p < 0.001$). За отриманими даними, суттєвих відмінностей у показниках зовнішнього дихання (ОФВ1, ФЖЕЛ, ОФВ1/ФЖЕЛ) між групами не виявлено.

Пацієнти I групи мали статистично вищу частку ХСН ($p = 0,044$). Частота супутньої інтрадіалізної артеріальної гіпертензії (ІАГ) також була вищою в групі ІГ – 34,6% проти 11,8% у групі без ІГ ($p = 0,0078$). Крім того, у пацієнтів I групи з ІГ середня кількість госпіталізацій становила 1,7 на одного пацієнта протягом року. За наявності ІАГ у межах цієї групи середня частота госпіталізацій зростала до 2,1 на одного пацієнта на рік.

У II групі (без ІГ) частота госпіталізацій була нижчою: 1,6 на пацієнта на рік за наявності ІАГ та 1,2 – за її відсутності ($U = 2359,0; p = 2,01 \times 10^{19}$) (рис. 1).

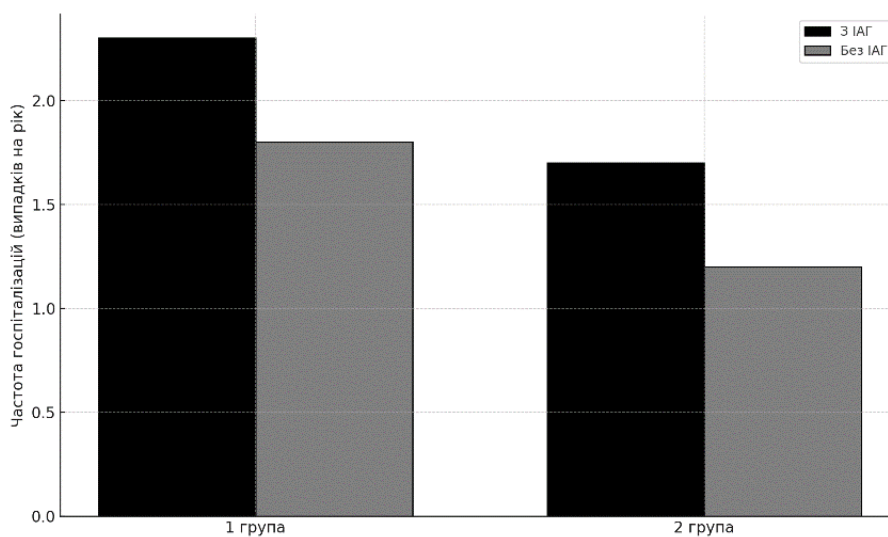


Рис. 1. Частота госпіталізацій залежно від наявності ІАГ у досліджуваних групах.

Аналіз виживаності за методом Каплана–Майєра показав тенденцію до нижчої однорічної виживаності у пацієнтів з ІГ (81,62% проти 91,49%).

Проте, різниця між групами не досягла статистичної значущості (log-rank $p = 0,06$) (рис. 2).

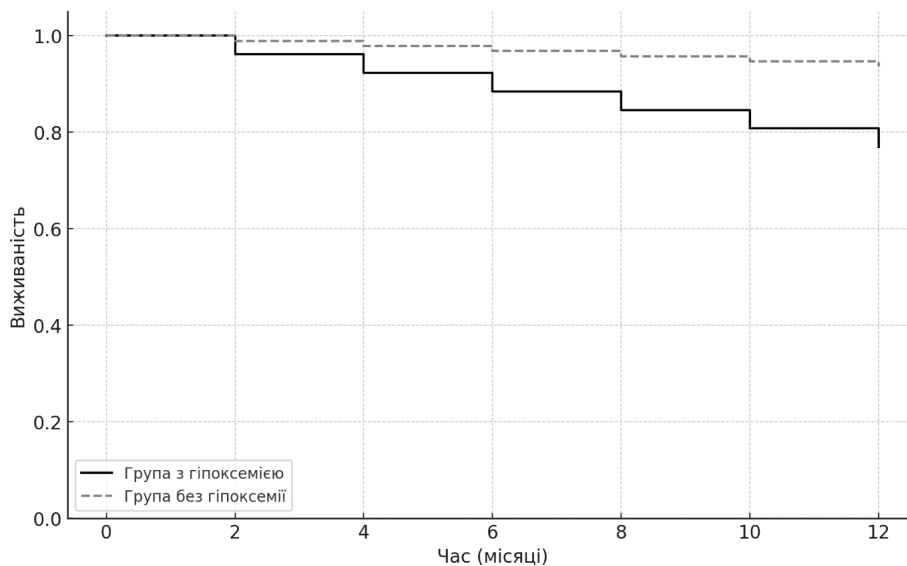


Рис. 2. Крива виживаності пацієнтів різних груп протягом 12 місяців за методом Каплана-Майєра

Найпоширенішою причиною смерті був інсульт, який зафіксований у 50 пацієнтів (41.7%). По одному випадку (8.3%) припало на інфаркт міокарда та раптову зупинку серця. Сепсис став причиною летального наслідку у 2 пацієнтів (16.7%). У

трьох випадках (25%) причина залишилася невстановленою. Статистично значущих відмінностей між групами не виявлено ($\chi^2 < 0.0001$; $p = 0.99$), що свідчить про багатофакторний характер механізмів смерті (рис. 3)

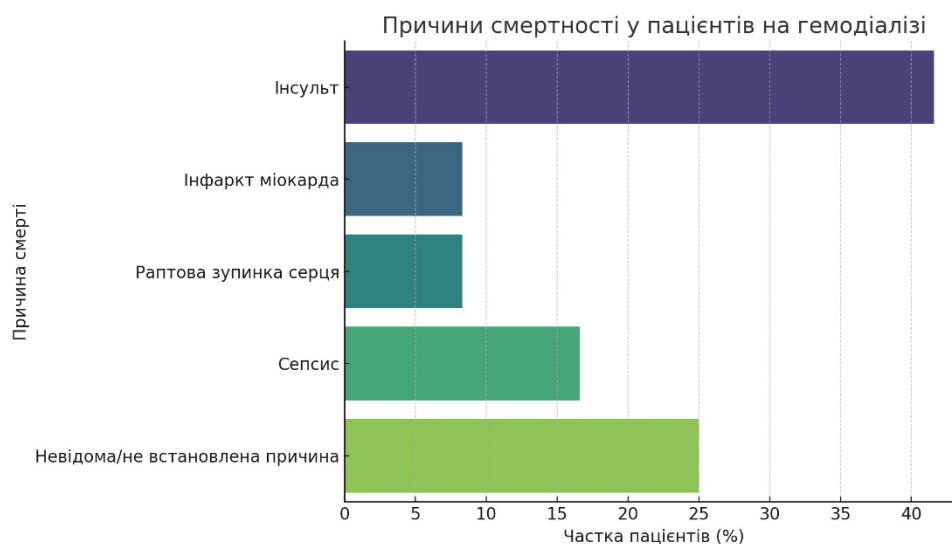


Рис. 3. Причина смертності на ГД

Обговорення. Незважаючи на наявність поодиноких публікацій, які висвітлюють окремі аспекти ІГ, цілісне розуміння цього феномену у ГД пацієнтів залишається обмеженим. Отримані нами дані дозволяють окреслити фенотип пацієнтів із ІГ, для якого характерні більш виражені відхилення фізіологічних параметрів та несприятливі клінічні події. Ключові результати можна узагальнити наступним чином: ГД пацієнти з ІГ мали значуще нижчі значення PaO_2 і SpO_2 , знижений рівень альбуміну, вищу частоту ІАГ та госпіталізацій та тенденцію до зниження однорічної виживаності.

Продемонстроване зниження рівня PaO_2 та SpO_2 у пацієнтів І групи узгоджуються з гіпотезою щодо порушення вентиляційно-перфузійного балансу або дисфункцію дихальних м'язів, зумовлену уремичним станом, анемією та серцево-судинною коморбідністю [3, 13, 14].

Зниження рівня альбуміну у пацієнтів з ІГ свідчить про хронічне системне запалення, гіперкатаболізм та порушення нутритивного статусу, що традиційно розглядається як предиктор несприятливого прогнозу у ГД пацієнтів [8, 15]. Отримані результати узгоджуються з даними Meuring-Wösten та співавт., які продемонстрували, що пацієнти з тривалою інтрадіалізною десатурацією мають виражені ознаки запалення та підвищений ризик госпіталізацій і смертності [10].

ІАГ значно частіше спостерігалась у пацієнтів з порушенням оксигенації крові. ІАГ, що визначається як парадоксальне підвищення АТ під час або після діалізу, є серйозним клінічним ускладненням, пов'язаним з підвищеною активністю симпа-

тичної нервової системи, порушенням судинного тону, надмірною ультрафільтрацією або зниженням продукції оксиду азоту [13, 16, 17]. Проте, варто зазначити, що виявлена асоціація з частотою госпіталізацій не може бути інтерпретована як причинно-наслідкова та потребує підтвердження у подальших дослідженнях.

Показники виживаності також вказують на негативний вплив ІГ: пацієнти І групи мали нижчу однорічну виживаність порівняно з ІІ групою (81,62% проти 91,5%). Навіть попри відсутність статистично значущої різниці між групами, факт, що більшість смертей припадали на серцево-судинні події, ще раз доводить: саме серцево-легенева дисфункція залишається ключовим чинником ризику для ГД пацієнтів [7, 18]. Отримані дані узгоджуються з попередніми дослідженнями, які продемонстрували асоціацію зниження оксигенації ($ScvO_2$) зі зростанням ризику смерті [11, 12].

Отже, результати нашої роботи підтверджують, що ІГ є не лише частим явищем під час ГД, але й клінічно значущим чинником ризику госпіталізацій, серцево-судинних ускладнень та зниження виживаності. Рутинне вимірювання SpO_2 може бути простим та ефективним інструментом стратифікації ризику, що узгоджується з рекомендаціями ВООЗ щодо моніторингу сатурації у критичних станах [2] і підтверджує доцільність впровадження регулярної оцінки оксигенації під час ГД.

Дане дослідження має певні обмеження, які необхідно враховувати під час інтерпретації результатів. По-перше, одноцентровий дизайн зменшує узагальнення отриманих результатів на широку по-

пуляцію ГД пацієнтів. По-друге, розмір вибірки, зокрема групи з ІГ, був відносно невеликим, тому результати потребують підтвердження у багатоцентрових проспективних дослідженнях. По-третє, у дослідженні не враховано низку потенційних конфаундерів, таких як тип діалітичної мембрани, параметри ультрафільтрації, склад і температура діалітичного розчину, а також тривалість процедури, що можуть впливати на рівень оксигенації та показники артеріального тиску. Крім того, визначення PaO_2 та PaCO_2 проводилось протягом 2-6 ГД сесій, що обмежує можливість повної оцінки динаміки цих параметрів. Насамкінець, період спостереження становив лише один рік, тому довгострокові наслідки ІГ залишаються невизначеними та потребують подальшого вивчення.

Перспективні дослідження мають включати багатофакторний аналіз зв'язку між ІГ, запальними маркерами, нутритивним статусом і серцево-легеневою функцією, а також розроблення протоколів безперервного моніторингу SpO_2 з метою раннього виявлення пацієнтів високого ризику.

Висновки. Отримані результати демонструють клінічне значення виявлення гіпоксемії під час процедури ГД у пацієнтів з ХХН V стадії та її можливу роль як маркера підвищеного ризику госпіталізацій та зниження виживаності:

- 1) ІГ є частим феноменом у ГД-пацієнтів і супроводжується зниженням PaO_2 та SpO_2 , що свідчить про істотне порушення оксигенації під час процедури;
- 2) ГД пацієнти з ІГ характеризуються менш сприятливим клінічним профілем, включно з ниж-

чим рівнем альбуміну, більшою частотою ІАГ, ХСН та госпіталізацій;

- 3) наявність ІГ асоціюється з тенденцією до зниження однорічної виживаності, що корелює з даними міжнародних досліджень щодо її несприятливого прогностичного значення.

Регулярний контроль SpO_2 під час процедури ГД може слугувати простим та дієвим інструментом для ідентифікації пацієнтів з підвищеним ризиком несприятливих наслідків.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на уточнення патогенетичних механізмів ІГ, валідацію її прогностичного значення та впровадження протоколів постійного моніторингу оксигенації в діалітичних центрах.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Робота виконана в рамках НДР кафедри нефрології та нирково-змісної терапії НУОЗ України імені П.Л.Шупика «Організація та надання нефрологічної допомоги в умовах обмежених ресурсів та військового стану» (державний реєстраційний номер 0123U101260).

Інформація про внесок кожного учасника.

С. Кушніренко: концепція та дизайн дослідження, керівництво роботою, науковий нагляд за виконанням дослідження, аналіз результатів, редагування статті.

О. Лисянська: обстеження пацієнтів, збір та аналіз клінічних даних, написання тексту статті, аналіз літературних джерел.

Література (References):

1. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of CKD. *Kidney Int Suppl.* [Internet]. 2013;3(1):1–163. Available from: https://kdigo.org/wp-content/uploads/2017/02/KDIGO_2012_CKD_GL.pdf.
2. World Health Organization. Pulse oximetry training manual Geneva: WHO Press. [Internet]. 2011; 24. (WHO Patient Safety). Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/patient-safety/pulse-oximetry/who-ps-pulse-oxymetry-training-manual-en.pdf?sfvrsn=322cb7ae_6.
3. Kooman JP, Stenvinkel P, Shiels PG, Feelisch M, Canaud B, Kotanko P. The oxygen cascade in patients treated with hemodialysis and native high-altitude dwellers: lessons from extreme physiology to benefit patients with end-stage renal disease. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2021;320(3):249–61. doi: 10.1152/ajprenal.00540.2020.
4. McGuire S, Krishnan N, Malik AR, Waddell A, Russell SL, Denton F, et al. Hypoxia during maintenance hemodialysis—the critical role of pH. *Clin Kidney J.* 2023;16(2):262–71. doi: 10.1093/ckj/sfac191.
5. Bhatta BS, Alghoula F, Berim I. Hypoxia [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. [Internet]. 2024. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482316/>.
6. Prasad B, Hemmet J, Suri R. Five things to know about intradialytic hypertension. *Can J Kidney Health Dis.* 2022;9:1–3. doi: 10.1177/20543581221106657.
7. Hartzell S, Haverly M, Farouk S, Kuntsevich V, Cantarelli C, Cravedi P. Prolonged intradialytic hypoxemia is associated with functional disturbances in erythrocytes. *Kidney Int Rep.* 2021;6(10):2702–2705. doi: 10.1016/j.ekir.2021.07.005.
8. Cohen-Hagai K, Nacasch N, Sternschuss A, Ohana M, Wolach B, Benchetrit S, et al. Malnutrition and inflammation in hemodialysis patients: comparative evaluation of neutrophil reactive oxygen formation. *Nutrition.* 2020;78:110793. doi: 10.1016/j.nut.2020.110793.

9. *Rotondi S, Tartaglione L, Muci ML, Pasquali M, Panocchia N, Aucella F, et al.* Oxygen extraction and mortality in patients undergoing chronic haemodialysis treatment: a multicentre study. *J Clin Med.* 2022;12(1):138. doi: 10.3390/jcm12010138.
10. *Meyring-Wösten A, Zhang H, Ye X, Fuertinger DH, Chan L, Kappel F, et al.* Intradialytic Hypoxemia and Clinical Outcomes in Patients on Hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(4):616-25. doi: 10.2215/CJN.08510815.
11. *Chan L, Zhang H, Meyring-Wösten A, Campos I, Fuertinger D, Thijssen S, et al.* Intradialytic Central Venous Oxygen Saturation is Associated with Clinical Outcomes in Hemodialysis Patients. *Sci Rep.* 2017;7(1):8581. doi: 10.1038/s41598-017-09233-x.
12. *Zhang H, Campos I, Chan L, Meyring-Wösten A, Tapia Silva LM, Rivera Fuentes L, et al.* Association of Central Venous Oxygen Saturation Variability and Mortality in Hemodialysis Patients. *Blood Purif.* 2019;47(1-3):246-253. doi: 10.1159/000494630.
13. *Campos I, Chan L, Zhang H, Deziel S, Vaughn C, Meyring-Wösten A, et al.* Intradialytic hypoxemia in chronic hemodialysis patients. *Blood Purif.* 2016;41(1-3):177-87. doi: 10.1159/000441271.
14. *Dias GF, Bonan NB, Steiner TM, Tozoni SS, Rodrigues S, Nakao LS, et al.* Indoxyl sulfate, a uremic toxin, stimulates reactive oxygen species production and erythrocyte cell death supposedly by an organic anion transporter 2 (OAT2) and NADPH oxidase activity-dependent pathways. *Toxins (Basel).* 2018;10(7):280. doi:10.3390/toxins10070280.
15. *Sahathevan S, Khor BH, Ng HM, Abdul Gafor AH, Mat Daud ZA, Mafra D, et al.* Understanding development of malnutrition in hemodialysis patients: a narrative review. *Nutrients.* 2020;12(10):3147. doi: 10.3390/nu12103147.
16. *Mokhtar SA, Ahmed LI, Hadad SM.* Correlations between intradialytic hypoxemia and complications in patients undergoing regular hemodialysis. *Al-Azhar Int Med J.* 2023;4(12):Article 24. doi: 10.58675/2682-339X.2153.
17. *Iatridi F, Theodorakopoulou MP, Karagiannidis AG, Sarafidis P.* Intradialytic hypertension in maintenance hemodialysis. *Curr Hypertens Rep.* 2024;27(1):1. doi:10.1007/s11906-024-01320-5.
18. *Buchanan C, Mohammed A, Cox E, Kohler K, Canaud B, Taal MW, et al.* Intradialytic cardiac magnetic resonance imaging to assess cardiovascular responses in a short-term trial of hemodiafiltration and hemodialysis. *J Am Soc Nephrol.* 2016;28(5):1269-77. doi: 10.1681/ASN.2016060686.