

Денова Л.Д.¹ , Іванов Д.Д.² , Шухт О.Ю.³ ¹Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна³Медичний центр ТОВ «БЕТА-ПЛАЮС», м. Бровари, Київська обл., Україна

Ретроспективне сонографічне дослідження стану нирок: оцінка ниркового об'єму й індексу резистентності

For citation: *Pochki*. 2024;13(2):116-127. doi: 10.22141/2307-1257.13.2.2024.453

Резюме. Актуальність. Ультразвукове дослідження (УЗД) нирок — зручний, безпечний і доступний інструмент візуалізації нирок у повсякденній практиці як лікаря-нефролога, так і лікарів інших спеціалізацій. Об'єм нирок, розрахований сонографічним методом, дає уявлення про стан нирок пацієнта, але майже нічого не говорить про функцію нирок. Є багато досліджень ниркового індексу резистентності (IR) як маркера функції нирок. Значення IR зіставляли з рівнями сироваткового креатиніну і/або гістологічними даними. І хоча суперечливі дані досліджень обмежують використання IR як маркера функції нирок, правильна інтерпретація IR допомагає відновити його в статусі кандидата — маркера функції нирок. **Мета:** ретроспективно провести аналіз сонографічних показників нирок пацієнтів, які звернулися по амбулаторну медичну допомогу в лікувальний заклад м. Бровари. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективне рандомізоване когортне дослідження сонограм 66 амбулаторних пацієнтів, які звертались по амбулаторну медичну допомогу в приватний лікувальний заклад м. Бровари за період з лютого 2022 року по лютий 2024 року. Пацієнтів було поділено на 2 групи: 1-ша група (n = 31) — чоловіки, 2-га група (n = 35) — жінки. **Результати.** Результати множинної лінійної регресії для 1-ї групи (n = 31) для правої нирки (ПН) показали, що незалежна змінна в цій моделі, товщина ПН, як предиктор для IR ПН є малозначущою, а наступні незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для IR ПН: довжина ПН, ширина ПН, об'єм ПН, вік. Результати множинної лінійної регресії для 1-ї групи (n = 31) для лівої нирки (ЛН) свідчать, що незалежна змінна в цій моделі, ширина ЛН, як предиктор для IR ЛН є помірно значущою, а наступні незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для IR ЛН: довжина ЛН, товщина ЛН, об'єм ЛН, вік. Результати множинної лінійної регресії для 2-ї групи (n = 35) для ПН показали, що незалежні змінні в цій моделі, ширина ПН і вік, як предиктори для IR ПН є значущими, а наступні незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для IR ПН: довжина ПН, товщина ПН, об'єм ПН. Результати множинної лінійної регресії для 2-ї групи (n = 35) для ЛН свідчать, що незалежна змінна в цій моделі, ширина ЛН, як предиктор для IR ЛН є помірно значущою, а наступні незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для IR ЛН: довжина ЛН, товщина ЛН, об'єм ЛН, вік. **Висновки.** УЗД нирок дозволяє передбачити категорію пацієнтів, яким потрібна буде консультація нефролога/уролога, виявити групи ризику щодо хронічної хвороби нирок. **Ключові слова:** хронічна хвороба нирок; ультразвукове дослідження нирок; індекс резистентності нирок; об'єм нирок; довжина нирок; товщина нирок; ширина нирок

Вступ

Захворюваність на хронічну хворобу нирок (ХХН), гіпертонію і цукровий діабет (ЦД) 2-го типу постійно збільшується і посідає у світі перше місце серед причин смерті [1–3]. Поширеність ХХН більша серед пацієнтів похилого віку [1, 3]. Розмір нирки має значення для

функціонування нирок і виявлення ниркової патології [4]. Є думка, що зміни об'єму нирок виникають у доклінічній стадії ХХН і можуть використовуватися для прогнозування захворювання [1].

Також у літературі трапляються повідомлення про кореляційні зв'язки між індексом резистентності (IR),

© 2024. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Денова Лідія Данилівна, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна; e-mail: marbua18@gmail.com; Українська асоціація нефрологів, Міжнародне товариство нефрології (ISN)

For correspondence: Lidiya D. Denova, graduate student, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorohozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine; e-mail: marbua18@gmail.com; Ukrainian Association of Nephrologists, International Society of Nephrology (ISN)

Full list of authors information is available at the end of the article.

об'ємом, довжиною, структурою нирки, метаболічними хворобами (ЦД 2-го типу, гіпертензія, ожиріння тощо) [1, 5] і фіброзом нирок [6], який взагалі був визнаний найбільш незалежним тригером ризику швидкого прогресування ХХН з поганим прогнозом [7]. Головні причини зниження функції нирок — це ішемія і втрата ниркової паренхіми [5, 8].

Ультразвукова діагностика (УЗД) використовується в практиці лікаря майже 50 років. Уперше згадується про цю технологію для отримання зображень з низькою роздільною здатністю в 1939 році [9]. Розвиток УЗД з використанням п'єзоелектричного ефекту (1980-ті рр.) зміг усунути затримку між появою зображення і генерацією сигналу [10].

На даний час УЗД широко використовується для візуалізації органів черевної порожнини, зокрема нирок, трансабдомінальне УЗД також використовується для візуалізації нирки (згідно з визначенням, будь-яке дослідження з використанням ультразвукового низькочастотного конвексного датчика з розташуванням над черевною стінкою вважається трансабдомінальним УЗД) [9]. Для проведення трансабдомінального УЗД нирок абсолютних протипоказань немає [9]. Нирка має свою сонографічну анатомію та правила ультразвукового сканування. Створені спеціальні методики для нирки й основних патологій, які можна оцінити за допомогою УЗД [7, 9]. Наприклад, кортикальна площа нирок (КПН) розраховується з використанням формули: $KPH (cm^2) = \pi AB/4 - \pi ab/4$, де A — довжина нирки (см), B — ширина нирки (см), a — довжина центрального ехокомплексу (см), b — ширина центрального ехокомплексу (см) [11]; диференціальна площа паренхіми нирки — за формулою: $площа\ ПН / (площа\ ПН + площа\ ЛН)$, диференціальна довжина нирки — за формулою: $довжина\ ПН / (довжина\ ПН + довжина\ ЛН)$, диференціальна біполярна товщина — за формулою: $біполярна\ товщина\ ПН / (біполярна\ товщина\ ПН + біполярна\ товщина\ ЛН)$, подібним чином відбувається розрахунок для лівої нирки (ЛН) [12].

Вимірювання ІР є зручним інструментом оцінки ниркової перфузії. Різні дослідження вивчали ІР як ранній маркер порушення функції нирок [13]. Визначення ІР є обов'язковим [5, 11, 13–15].

Однак є певні обмеження щодо використання ІР. Наприклад, численні ниркові й нениркові змінні, такі як частота серцевих скорочень, вазоконстрикція, пульсовий тиск, артеріосклероз, венозний застій, захворювання клапанів (стеноз аорти тощо), а також вплив ліків обмежують його практичне використання [13].

Для поліпшення якості сигналу необхідно уникати таких помилок: 1) фоновий шум, який при занадто високому посиленні помилково сприймають за справжній потік; 2) при некоректному фільтрі — втрата низькочастотних доплерівських сигналів; 3) при неадекватній частоті повторення імпульсів — створення артефактів накладання або малої форми сигналу; 4) при занадто великому об'ємі вибірки отримується багато сигналів від близькорозташованих судин [14].

Але, на жаль, є деякі фактори, що пов'язані з пацієнтом або параметрами, які не можна змінити: до-

вільність при вимірюванні ІР, суб'єктивність при визначенні пікової максимальної та мінімальної швидкостей, низьку ймовірність вимірювання тієї ж самої *a. interlobularis renis* або *a. arcuata renis* під час повторних обстежень. І взагалі, є відносно мало даних щодо відтворюваності самого вимірювання [14].

ІР також корисний для оцінки стенозу *a. renalis* попри його неспецифічність. Іноді при проксимальному стенозі зі зниженим кровотоком можна помітити хвилю *Tardus parvus* (повільне підвищення і округлення систолічного піку), що є відносно специфічним для стенозу *a. renalis* [13, 15]. Значні розходження як між різними дослідниками, так і в одного дослідника під час повідомлення про ІР робить його менш привабливим для оцінки відповіді на терапевтичні втручання [13]. При об'ємному перевантаженні (зі збільшенням опором артеріальному діастолічному кровотоку), який спостерігається при венозному застої, ІР, як правило, підвищений [13]. Для підтвердження венозного застою потрібно зробити внутрішньониркову венозну доплерографію, яка, на відміну від внутрішньониркової доплерографії, є більш відтворюваною і влучним методом завдяки відсутності потреби точних вимірювань при аналізі форми хвилі [13].

При застійній нефропатії за допомогою доплерографії внутрішньониркових вен можна виявити реверс систолічної хвилі, підвищену пульсацію. Але можлива помилкова інтерпретація дослідження, наприклад, головної *v. renalis* замість *v. interlobularis renis* [16].

І в практиці нефролога сонографічна візуалізація нирок є зручним допоміжним і безпечним діагностичним інструментом в диференціації причин гострої та хронічної ниркової недостатності, оскільки цей метод є неінвазивним, недорогим і ефективним у візуалізації різних структур ниркової паренхіми [4, 17]. Наприклад, при оцінці коркового шару нирок: тонка, ехогенна кора — це необоротне пошкодження, тоді як товста, нормальна ехогенна кора свідчить про можливість відновлення після пошкодження [4, 5]. А також цей метод застосовується для оцінки різних патологічних станів, таких як гідронефроз [9, 18], гематурія та нефролітіаз [4, 18], тромбоз *v. renalis* [14], стеноз *a. renalis* або артеріальний анастомоз [14], для моніторингу функції трансплантата [14].

Мета дослідження: ретроспективно провести аналіз сонографічних показників нирок пацієнтів, які звернулись по амбулаторну медичну допомогу в лікувальний заклад м. Бровари.

Дизайн дослідження. У період з лютого 2022 року по лютий 2024 року було ретроспективно розглянуто сонограми нирок 648 пацієнтів. Рандомним методом було відібрано 66 пацієнтів. Ретроспективне рандомізоване дослідження проведене на базі приватного лікувального закладу м. Бровари, яке надає медичну амбулаторну допомогу пацієнтам. Рандомізовано проводили відбір сонограм пацієнтів, які звертались по амбулаторну медичну допомогу в ТОВ «БЕТА-ПЛЮС» для УЗД нирок. За 2 роки проведення дослідження на базі ТОВ «БЕТА-ПЛЮС» було проаналізовано соно-

грами 66 амбулаторних пацієнтів. Пацієнтів поділено на 2 групи: 1-ша група (n = 31) — чоловіки, 2-га група (n = 35) — жінки.

Матеріали та методи

Усі дані дослідження, які були отримані з медичних карт амбулаторних пацієнтів, були знеособлені. Інформовану згоду на участь у дослідженні в пацієнтів і/або у їхніх законних представників не отримували, оскільки за дизайном дослідження було ретроспективним. Були відібрані випадковим чином сонограми 66 пацієнтів. Пацієнтів поділено на 2 групи: 1-ша група (n = 31) — чоловіки, 2-га група (n = 35) — жінки. Проведено аналіз сонографічних показників нирок у жінок і чоловіків.

У пацієнтів досліджувались такі показники: довжина правої нирки (ПН), товщина ПН, ширина ПН, товщина паренхіми ПН, IR а. renalis ПН, загальний об’єм ПН, довжина ЛН, товщина ЛН, ширина ЛН, товщина паренхіми ЛН, IR а. renalis ЛН, загальний об’єм ЛН, вік, стать (рис. 1–4).

УЗД нирок проводилося одним лікарем для всіх пацієнтів згідно зі стандартним протоколом. На со-

нограмах (з максимальною довжиною осі) вимірювалися в горизонтальному положенні пацієнта, на спині, ширина, довжина, товщина кожної нирки. IR а. renalis визначався в горизонтальному положенні пацієнта, на спині, у межах центрального ехокомплексу.

Об’єм нирок розраховувався за формулою: $об'єм\ нирки\ (см^3) = довжина\ (см) \times ширина\ (см) \times товщина\ (см) \times 0,523$.

Артеріальний IR розраховувався таким чином: $IR = (Vmax - Vmin)/Vmid$, де $Vmax$ — систолічна швидкість кровотоку в а. renalis, $Vmin$ — діастолічна швидкість кровотоку в а. renalis, $Vmid$ — середня швидкість кровотоку в нирковій а. renalis; значення ~0,6 (0,5–0,7) вважається нормальним (для ниркових алотрансплантатів верхня межа 0,8–0,9).

Критеріями включення пацієнтів у дослідження були: наявність розмірів довжини, ширини, товщини нирок та IR а. renalis, вік від 18 до 64 років.

Критеріями виключення були відсутність необхідних сонографічних досліджень, вік менше за 18 або понад 64 роки, наявність злоякісних пухлин нирок, вади розвитку сечовивідних шляхів і/або полікістоз нирок.

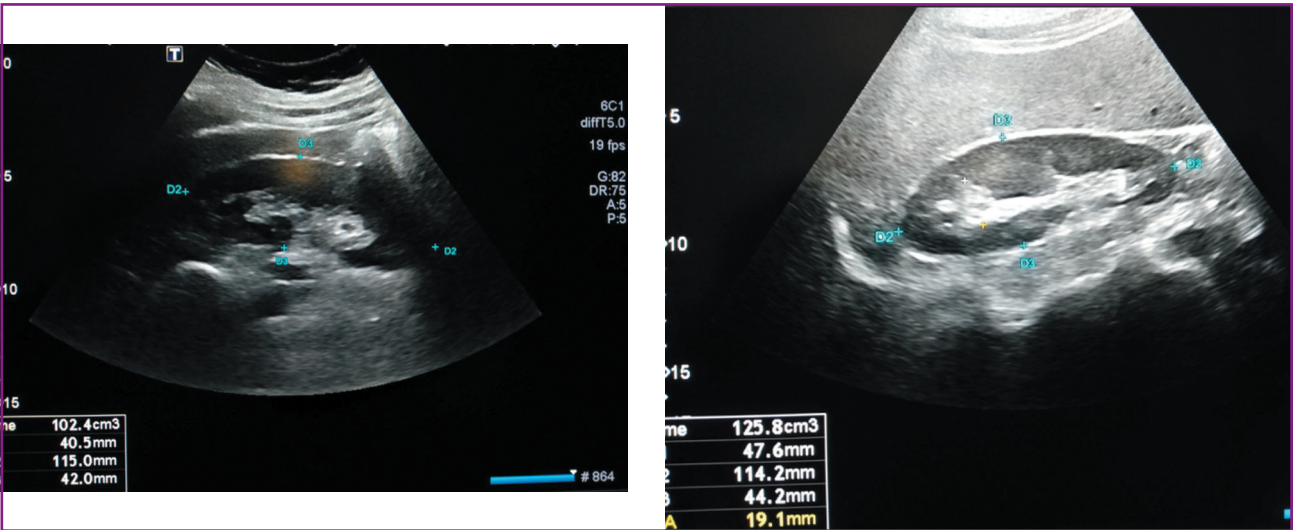


Рисунок 1. Вимірювання розмірів нирки: довжина та ширина

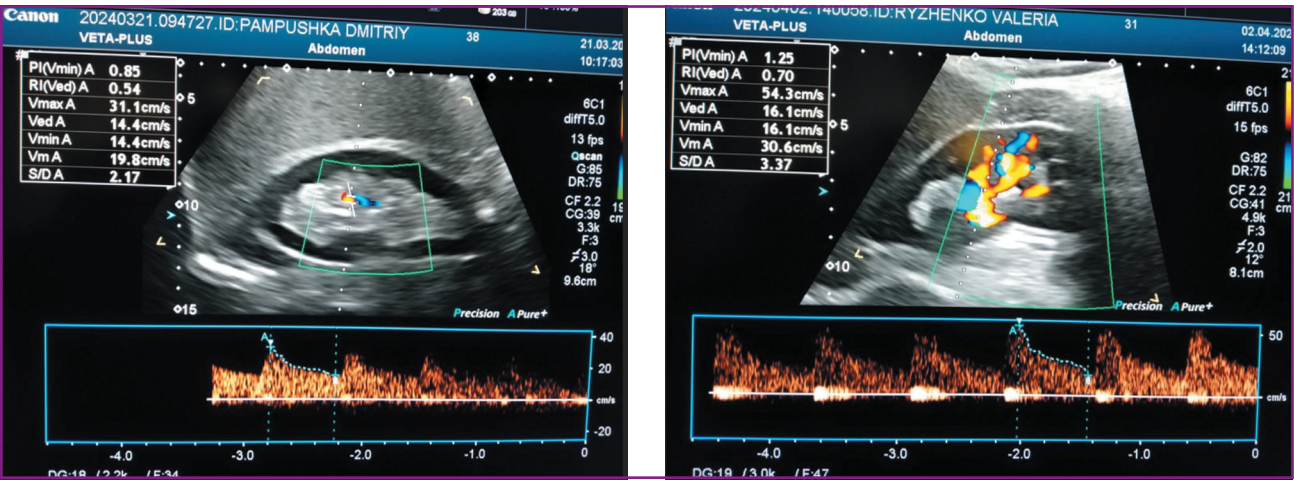


Рисунок 2. Вимірювання IR а. segmentalis renis

За віковою структурою пацієнти обох груп не мали статистично значущих відмінностей.

Дослідження проводилось на стаціонарному ультразвуковому апараті Canon Aplio 300 (Японія) з конвексним датчиком PVT-375BT 3,5 МГц (Toshiba, Японія).

Для оцінки розподілу даних використовувався критерій Колмогорова — Смірнова (тест Лілліфорса). Дані з нормальним розподілом були наведені як середнє $\pm$ стан-

дартне відхилення ($M \pm SD$), з ненормальним — подані як медіана (нижній кuartиль, верхній кuartиль) ($Me(Q_1; Q_3)$). Викривлені дані перед аналізом були логарифмічно перетворені. Категорійні дані подані у відсотках.

Кореляцію Пірсона використовували для оцінки зв'язку. Лінійну регресію проводили із залежною змінною і незалежними змінними. Кореляційний аналіз і аналіз множинної регресії проводили за коефіцієнтом

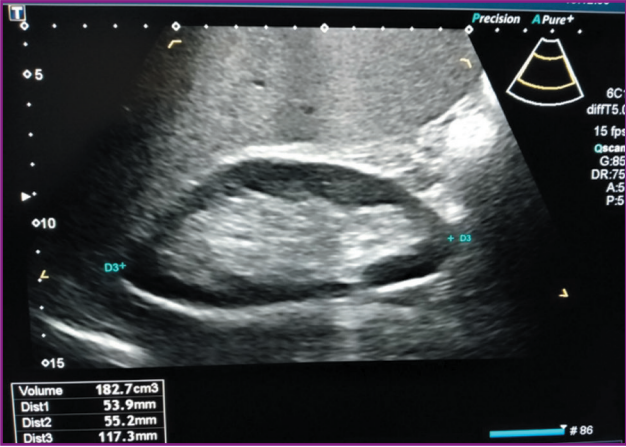


Рисунок 3. Жирова дистрофія нирки



Рисунок 6. Кіста нирки проста одинокіа

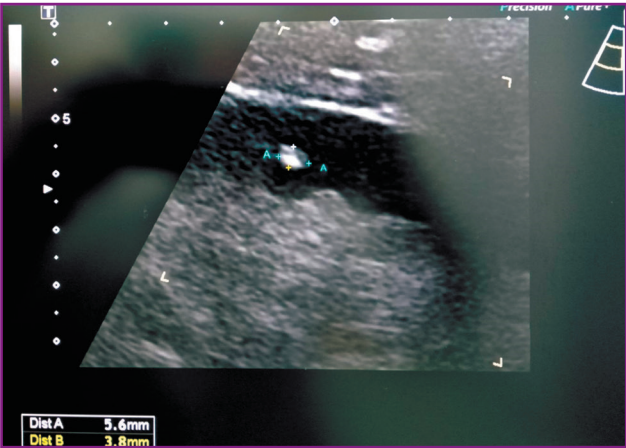


Рисунок 4. Ангіоліпиома нирки в середній її третині

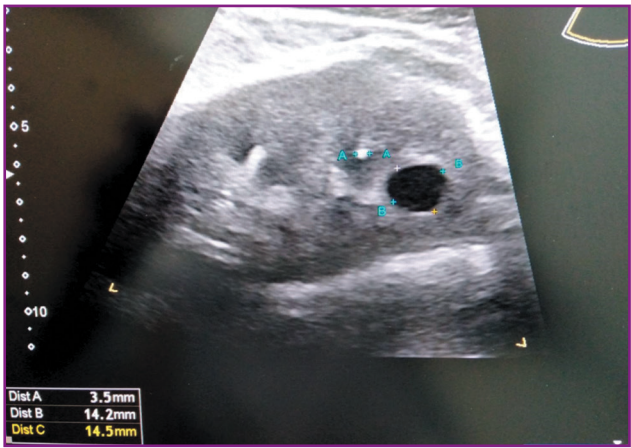


Рисунок 7. Проста кіста нирки + дрібне гіперехогенне включення паренхіми



Рисунок 5. Інтактна нирка

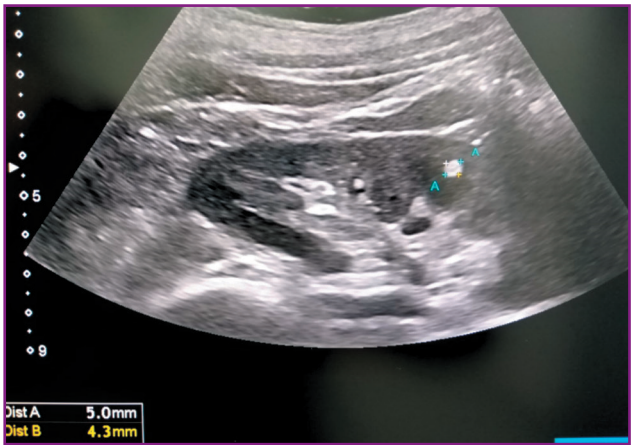


Рисунок 8. Ангіоліпиома в нижній третині нирки

кореляції Пірсона (r). Р-значення < 0,05 вважалося статистично значущим.

Математичний аналіз і статистична обробка результатів здійснювались за допомогою Microsoft Excel 2010 на ПК, онлайн-калькуляторів Statistic Kingdom. Дослідження було схвалено локальною комісією з питань етики.

Результати

Досліджено сонограми 66 амбулаторних пацієнтів, середній вік пацієнтів — 43–44 р., чоловіків — 31 (46,97 %), жінок — 35 (53,03 %).

При УЗД нирок виявлено, що значну частку становить сечосольовий діатез — 39 пацієнтів (59,09 %), нефролітіаз — 4 (6,06 %), кісти нирок були в 13 пацієнтів (19,7 %), інше — 10 (15,15 %) (рис. 3–8).

Було оцінено такі показники (табл. 1).

Результати множинної лінійної регресії для 1-ї групи (n = 31) показали слабкий сукупний незначний ефект між об’ємом ПН, віком, товщиною ПН, шириною ПН, довжиною ПН та ІР ПН ($F(1, 28) = 4,11$; $p = 0,052$; $R^2 = 0,13$; $R^2_{adj} = 0,1$) (табл. 2).

Незалежна змінна в цій моделі, товщина ПН, як предиктор для ІР ПН є малозначущою (Y-перетин (b): двосторонній; $T = 8,677339$; $p\text{-value} = 1,99956e-9$) (рис. 9).

Такі незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для ІР ПН: довжина ПН, ширина ПН, об’єм ПН, вік (загальна регресія: правобічна; $F(1, 28) = 4,114415$; $p\text{-value} = 0,0521276$; оскільки $p\text{-значення} \geq \alpha (0,05)$, ми приймаємо H_0) (рис. 10).

Перевірка моделі (рис. 11):

1) лінійна регресія залишкової нормальності передбачає нормальність залишкових помилок ($p\text{-value}$ Shapiro-Wilk дорівнює 0,4966);

Таблиця 1. Результати ультразвукового обстеження нирок (n = 66)

Показники	1-ша група (n = 31)		2-га група (n = 35)	
	ПН	ЛН	ПН	ЛН
Довжина нирки, мм	114 (111; 119,5)	116,75 (112; 119)	110,75 (106; 117)	110,5 (107; 116,25)
Ширина нирки, мм	55,75 (55; 59)	57 (55; 59)	55 (53; 57,5)	55 (53; 57,5)
Товщина нирки, мм	45,5 (43,5; 47,5)	45 (43; 47)	44 (42,5; 45)	45 (43; 46)
Об’єм нирок, см³	151,37 (140,49; 177,38)	155,865 (144,89; 168,23)	140,175 (123,985; 158,33)	145,55 (131,745; 158,045)
ІР	0,66 (0,64; 0,67)	0,66 (0,65; 0,67)	0,62 (0,61; 0,64)	0,625 (0,605; 0,64)

Примітка: дані наведені як $Me(Q_2)$ (Q_1 ; Q_3), де $Me(Q_2)$ — медіана, Q_1 — нижній кuartиль, Q_3 — верхній кuartиль.

Таблиця 2. Кореляційна матриця (Пірсон)

	ІР ПН	Вік	Довжина ПН	Ширина ПН	Товщина ПН	Об’єм ПН
ІР ПН	1	0,187307	0,287296	0,304759	0,357935	0,321986
Вік	0,187307	1	0,0243197	−0,052643	−0,0430416	−0,0322577
Довжина ПН	0,287296	0,0243197	1	0,957354	0,886022	0,972903
Ширина ПН	0,304759	−0,052643	0,957354	1	0,879526	0,972385
Товщина ПН	0,357935	−0,0430416	0,886022	0,879526	1	0,956365
Об’єм ПН	0,321986	−0,0322577	0,972903	0,972385	0,956365	1

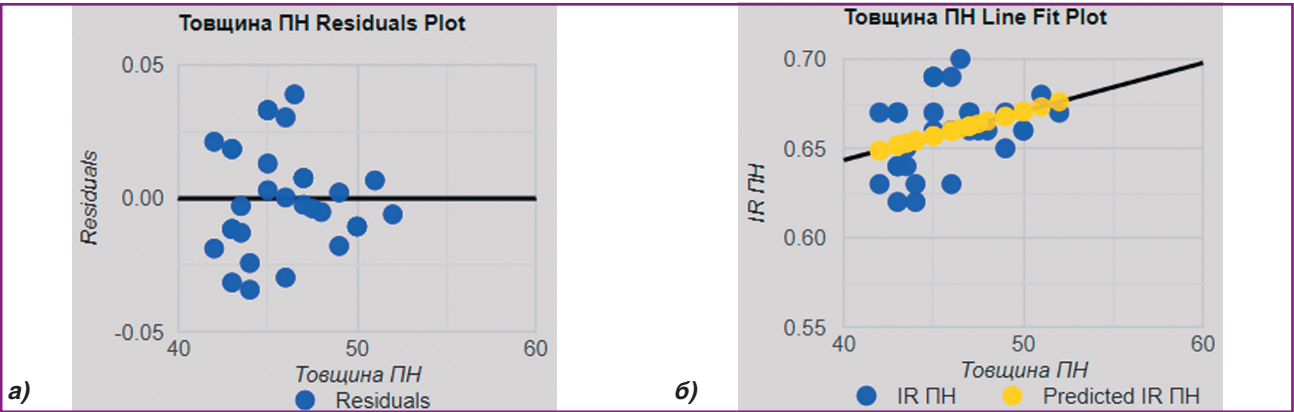


Рисунок 9: а) графік розподілу залишків показника «товщина ПН»; б) лінійний графік прогнозованого ІР

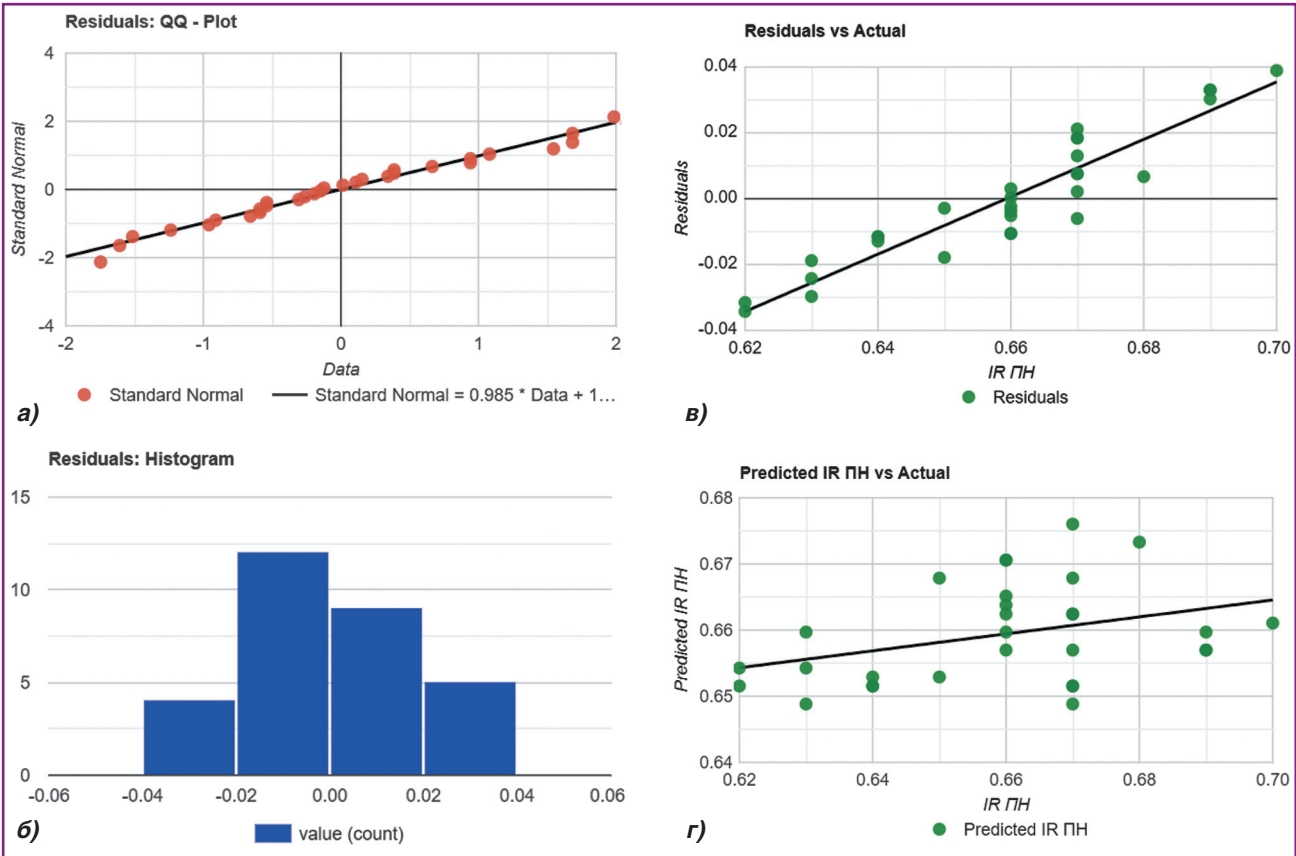


Рисунок 10: а) графік залишків QQ; б) гістограма залишків; в) графік залишків порівняно з фактичними; г) графік прогнозованого IR порівняно з фактичним

2) гомоскедастичність — р-значення тесту Уайта дорівнює 7,01106e-13 ($F = 93,811863$) — дисперсія не є однорідною;

3) мультиколінеарність не виникає, оскільки всі значення VIF менші за 2,5;

4) пріорна потужність усієї моделі низька (0,5409).

Результати множинної лінійної регресії для 1-ї групи ($n = 31$) свідчать про наявність помірного сукупного значущого ефекту між об'ємом ЛН, віком, товщиною ЛН, шириною ЛН, довжиною ЛН та IR ЛН ($F(1, 28) = 12,26$; $p = 0,002$, $R^2 = 0,3$; $R^2_{adj} = 0,28$) (табл. 3).

Незалежна змінна в цій моделі, ширина ЛН, як предиктор для IR ЛН є помірно значущою (Y-перетин (b): двосторонній; $T = 7,011355$; $p\text{-value} = 1,26258e-7$) (рис. 12).

Такі незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для IR ЛН: довжина ЛН, товщина ЛН, об'єм ЛН, вік (загальна регресія: правобічна; $F(1, 28) = 12,257917$; $p\text{-value} = 0,00157184$; оскільки $p\text{-значення} < \alpha (0,05)$, ми відхиляємо H_0) (рис. 13).

Перевірка моделі (рис. 14):

- 1) лінійна регресія залишкової нормальності передбачає нормальність залишкових помилок ($p\text{-value}$ Shapiro-Wilk дорівнює 0,3455);
 - 2) гомоскедастичність — р-значення тесту Уайта дорівнює 2,57838e-8 ($F = 35,755671$) — дисперсія не є однорідною;
 - 3) мультиколінеарність не виникає, оскільки всі значення VIF менші за 2,5;
 - 4) пріорна потужність усієї моделі низька (0,5409).
- Результати множинної лінійної регресії для 2-ї групи ($n = 35$) показали, що існує сильний колективний зна-

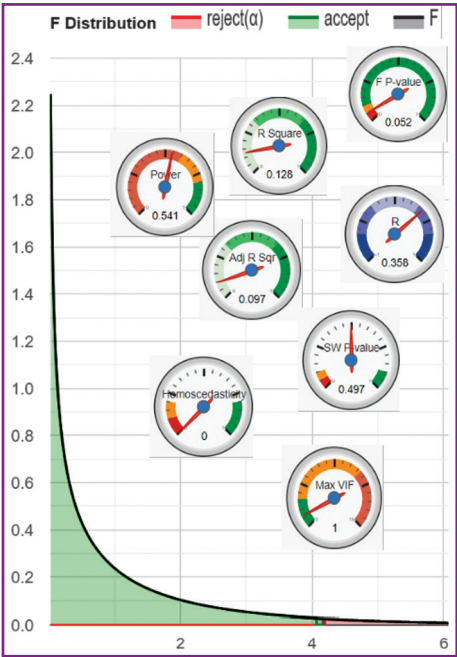


Рисунок 11. F-розподіл

Таблиця 3. Кореляційна матриця (Пірсон)

	ІР ЛН	Вік	Довжина ЛН	Ширина ЛН	Товщина ЛН	Об'єм ЛН
ІР ЛН	1	0,0176281	0,499195	0,551801	0,466263	0,51457
Вік	0,0176281	1	-0,118492	-0,0419749	-0,0455253	-0,086759
Довжина ЛН	0,499195	-0,118492	1	0,950989	0,852527	0,964111
Ширина ЛН	0,551801	-0,0419749	0,950989	1	0,903462	0,977195
Товщина ЛН	0,466263	-0,0455253	0,852527	0,903462	1	0,951922
Об'єм ЛН	0,51457	-0,086759	0,972903	0,977195	0,951922	1

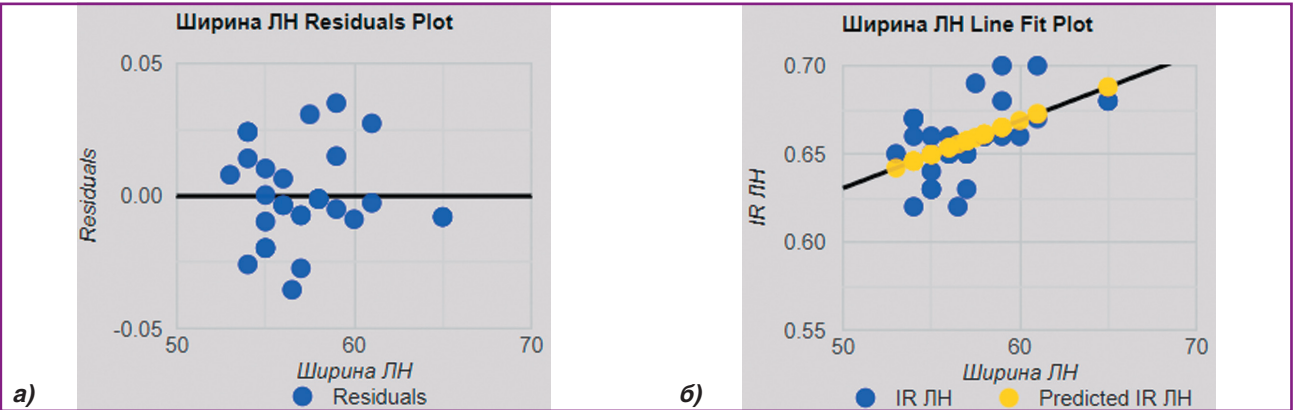


Рисунок 12: а) графік розподілу залишків показника «ширина ЛН»; б) лінійний графік прогнозованого ІР

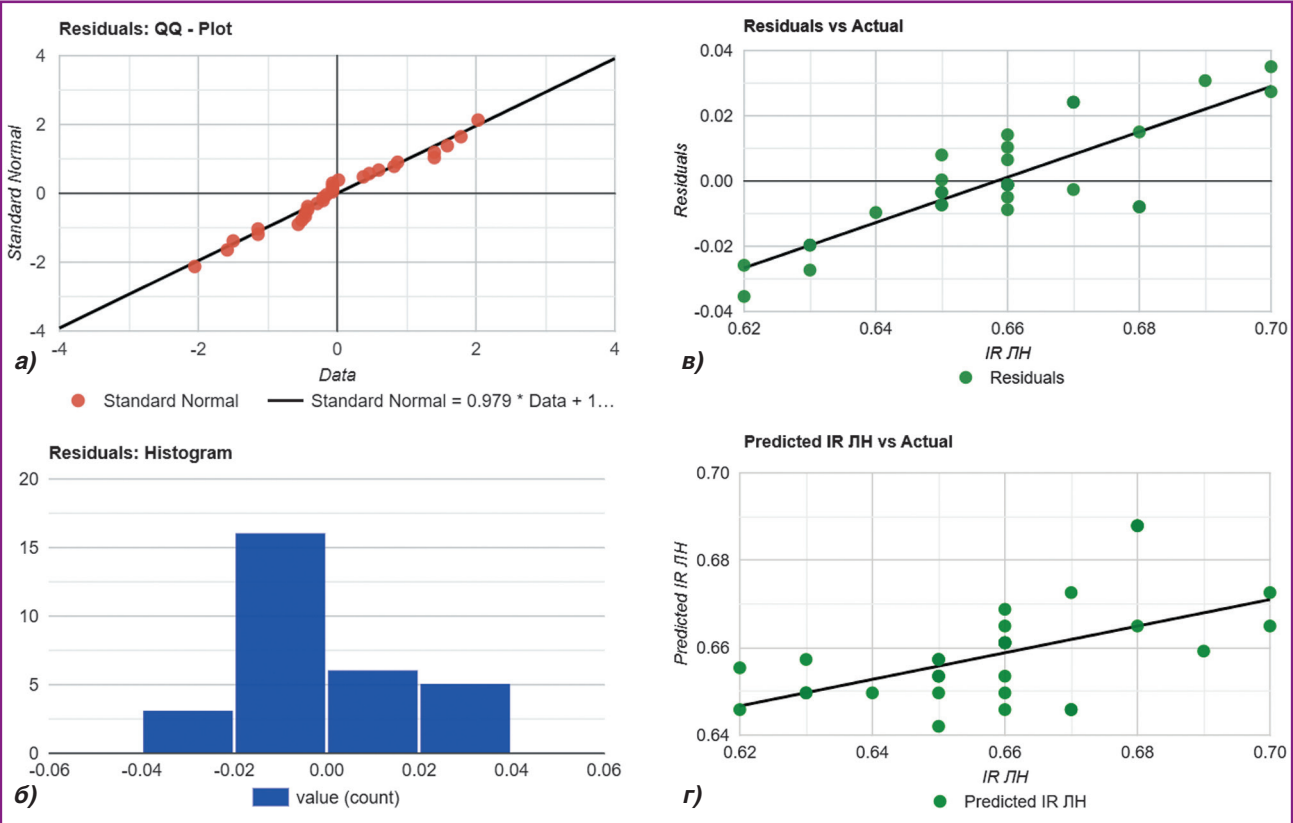


Рисунок 13: а) графік залишків QQ; б) гістограма залишків; в) графік залишків порівняно з фактичними; г) графік прогнозованого ІР порівняно з фактичним

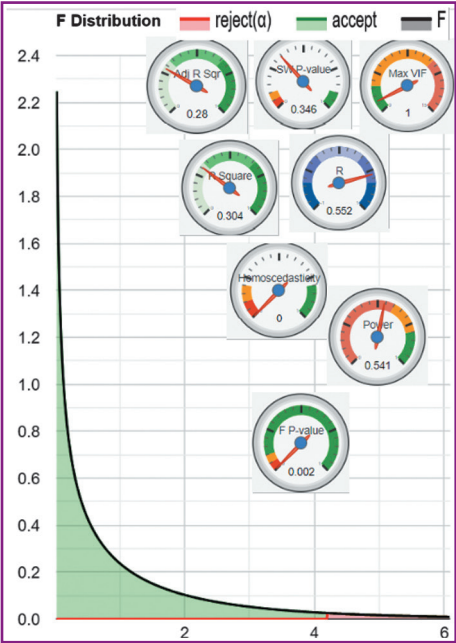


Рисунок 14. F-розподіл

чуший ефект між такими показниками, як вік, довжина ПН, ширина ПН, товщина ПН, об'єм ПН та ІР ПН ($F(2, 29) = 10,63$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,42$; $R^2_{adj} = 0,38$) (табл. 4). Незалежні змінні в цій моделі, ширина ПН і вік, як предиктори для ІР ПН є значущими (Y-перетин (b): двосторонній; $T = 5,88108$; $p\text{-value} = 0,00000220832$) (рис. 15). Наступні незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для ІР ПН: довжина ПН, товщина ПН, об'єм ПН (загальна регресія: правобічна; $F(2,$

$29) = 10,633$; $p\text{-value} = 0,00034379$; оскільки $p\text{-значення} < \alpha (0,05)$, ми відхиляємо H_0) (рис. 16).
Перевірка моделі (рис. 17):
1) лінійна регресія залишкової нормальності передбачає нормальність залишкових помилок ($p\text{-value}$ Shapiro-Wilk дорівнює $0,484$);
2) гомоскедастичність — $p\text{-значення}$ тесту Уайта дорівнює $9,67588e-7$ ($F = 23,183218$) — дисперсія не є однорідною;
3) мультиколінеарність не виникає, оскільки всі значення VIF менші за $2,5$;
4) пріорна потужність усієї моделі низька ($0,4505$).
Результати множинної лінійної регресії для 2-ї групи ($n = 35$) свідчать про наявність помірного сукупного значущого ефекту між об'ємом ЛН, віком, товщиною ЛН, шириною ЛН, довжиною ЛН та ІР ЛН ($F(1, 30) = 11,85$; $p = 0,002$; $R^2 = 0,28$; $R^2_{adj} = 0,26$) (табл. 5). Незалежна змінна в цій моделі, ширина ЛН, як предиктор для ІР ЛН є помірно значущою (Y-перетин (b): двосторонній; $T = 7,530104$; $p\text{-value} = 2,14487e-8$) (рис. 18).

Такі незалежні змінні не були значущими в цій моделі як предиктори для ІР ЛН: довжина ЛН, товщина ЛН, об'єм ЛН, вік (загальна регресія: правобічна; $F(1,30) = 11,849992$; $p\text{-value} = 0,00172025$; оскільки $p\text{-значення} < \alpha (0,05)$, ми відхиляємо H_0) (рис. 19).
Перевірка моделі (рис. 20):
1) лінійна регресія залишкової нормальності передбачає нормальність залишкових помилок ($p\text{-value}$ Shapiro-Wilk дорівнює $0,6143$);
2) гомоскедастичність — $p\text{-значення}$ тесту Уайта дорівнює $0,0000296055$ ($F = 15,263713$) — дисперсія не є однорідною;

Таблиця 4. Кореляційна матриця (Пірсон)

	ІР ПН	Вік	Довжина ПН	Ширина ПН	Товщина ПН	Об'єм ПН
ІР ПН	1	0,421381	0,51348	0,573532	0,511351	0,536759
Вік	0,421381	1	0,284688	0,211919	0,209251	0,240035
Довжина ПН	0,51348	0,284688	1	0,922547	0,808108	0,952413
Ширина ПН	0,573532	0,211919	0,922547	1	0,891599	0,968923
Товщина ПН	0,511351	0,209251	0,808108	0,891599	1	0,943559
Об'єм ПН	0,536759	0,240035	0,952413	0,968923	0,943559	1

Таблиця 5. Кореляційна матриця (Пірсон)

	ІР ЛН	Вік	Довжина ЛН	Ширина ЛН	Товщина ЛН	Об'єм ЛН
ІР ЛН	1	0,40495	0,508195	0,532122	0,451405	0,496081
Вік	0,40495	1	0,213805	0,218673	0,229396	0,227581
Довжина ЛН	0,508195	0,213805	1	0,977232	0,869071	0,976338
Ширина ЛН	0,532122	0,218673	0,977232	1	0,859682	0,972859
Товщина ЛН	0,451405	0,229396	0,869071	0,859682	1	0,943938
Об'єм ЛН	0,496081	0,227581	0,976338	0,972859	0,943938	1

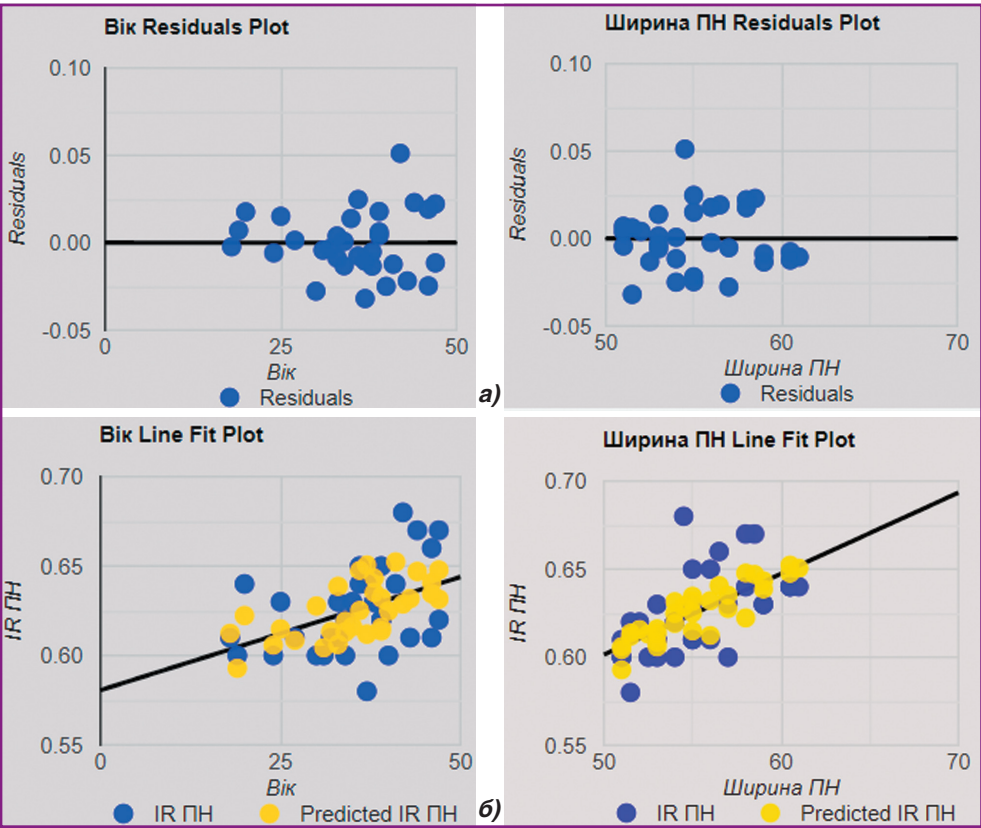


Рисунок 15: а) графік розподілу залишків;
б) лінійний графік прогнозованого ІР показників «вік» і «ширина ПН»

3) мультиколінеарність не виникає, оскільки всі значення VIF менші за 2,5;
4) пріорна потужність усієї моделі низька (0,5696).

Обговорення

Дослідники, які вивчають ІР нирки в пацієнтів з різними клінічними сценаріями, часто розглядають ІР як маркер ниркового ураження [19]. Enrico Giustiniano et al. (2022) проводили дослідження зв'язку ІР з С-реактивним протеїном, Т. Takenaka et al. (2016) — ІР з коливаннями артеріального тиску, М. Boran et al. (2018) — ІР з протеїнурією, М. Provenzano et al. (2020) — ІР з Нб, швидкістю клубочкової фільтрації тощо. А деякі науковці взагалі розглядають ІР як маркер

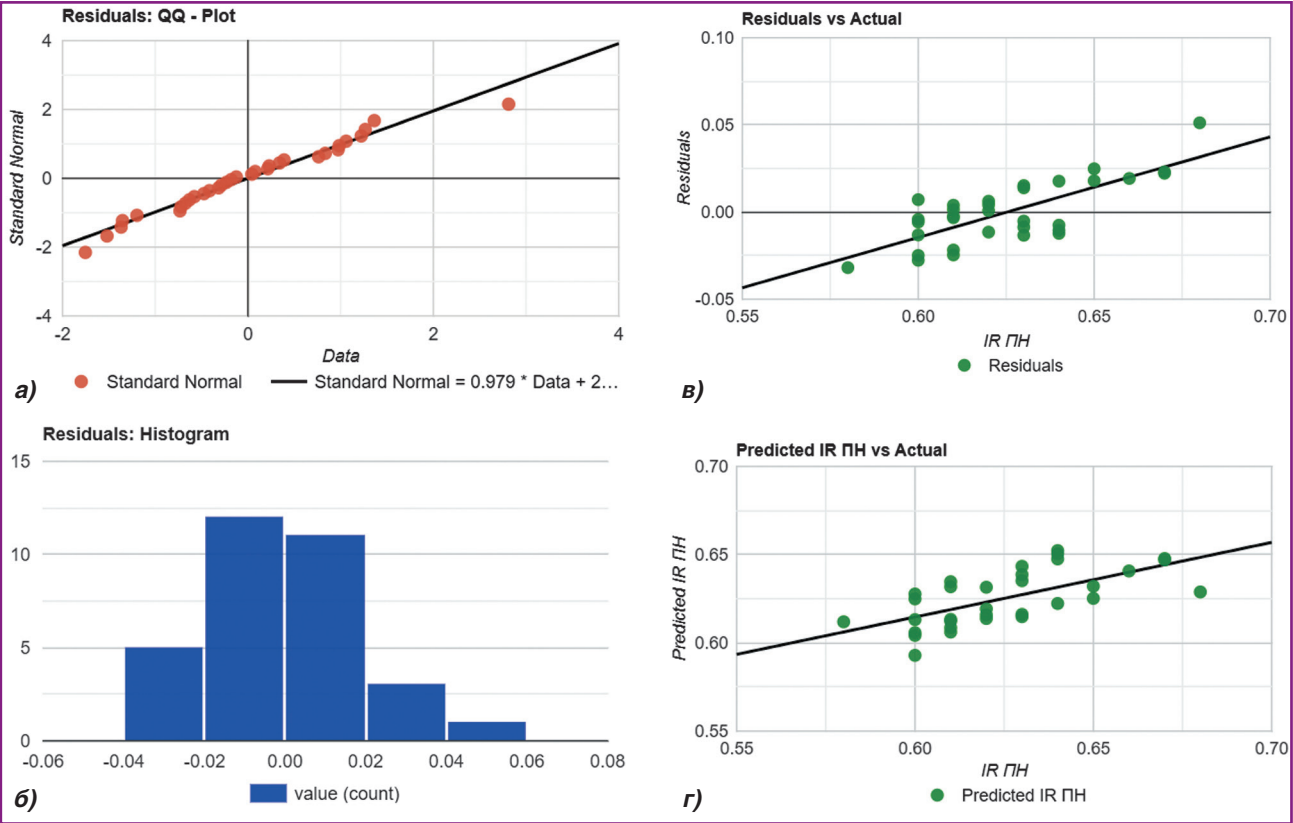


Рисунок 16: а) графік залишків QQ; б) гістограма залишків; в) графік залишків порівняно з фактичними;
г) графік прогнозованого ІР порівняно з фактичним

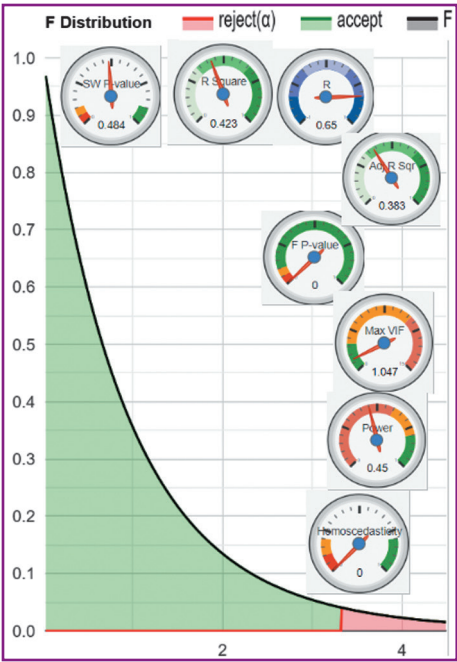


Рисунок 17. F-розподіл

прогресування ниркового ураження, а розміри нирки й ехогенність паренхіми — як маркери функції нирок (Francesco Maria Drudi et al., 2019).

У нашому дослідженні встановлені кореляційні зв'язки (статистично значущі) між шириною нирки й IR. Однофакторний кореляційний аналіз показав що-

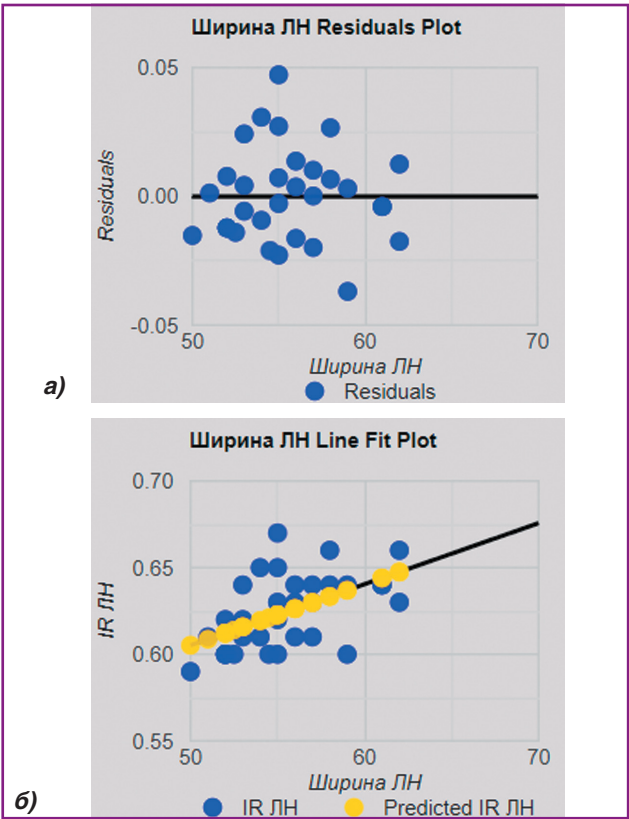


Рисунок 18: а) графік розподілу залишків показника «ширина ЛН»; б) лінійний графік прогнозованого IR

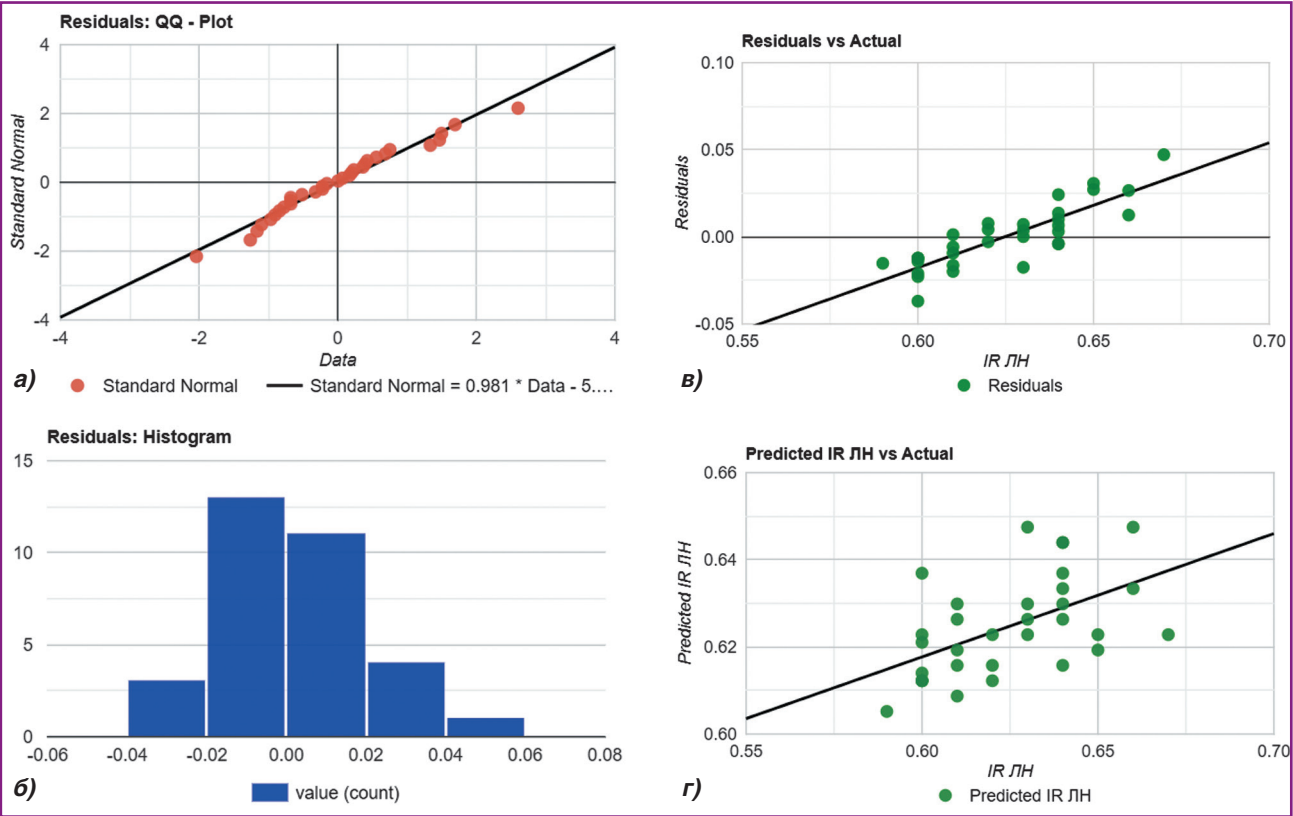


Рисунок 19: а) графік залишків QQ; б) гістограма залишків; в) графік залишків порівняно з фактичними; г) графік прогнозованого IR порівняно з фактичним

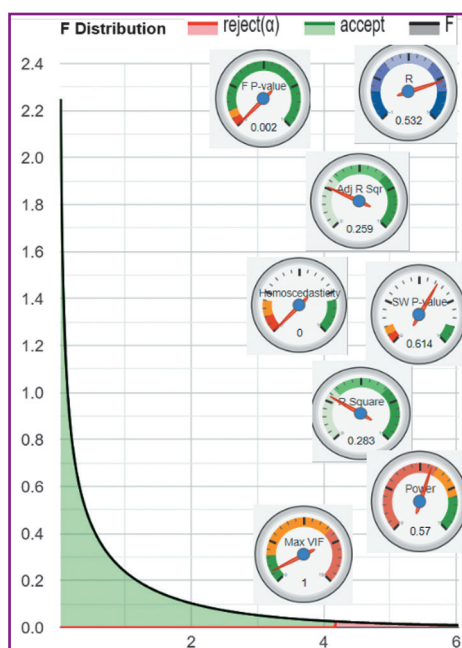


Рисунок 20. F-розподіл

найбільше мінімальну тенденцію IR до позитивної кореляції з таким показником, як ширина нирки, і лише в одному випадку — товщина нирки, і результат був статистично значущим. В одному випадку спостерігався двофакторний зв'язок, окрім ширини нирки на результативну ознаку впливав ще й вік.

У цьому дослідженні ми не ставили собі за мету перевірку кореляції з тестами функції нирок, у першу чергу наші зусилля були спрямовані на оцінку відтворюваності вимірювань IR як такого, щоб можна було створити зручну модель для практикуючих лікарів для більшої інформативності й об'єктивності в оцінці стану нирок пацієнтів.

Щодо дослідження є деякі обмеження: 1) дослідження проведено на одному ультразвуковому апараті лікарем-експертом, а отже, результати можуть відрізнятися від досліджень, які проведені на інших ультразвукових апаратах, і точність вимірів буде залежати від компетенції лікаря; 2) вибірка пацієнтів у дослідженні недостатньо велика; 3) не існує еталонного стандарту для вимірювання IR.

Висновки

За результатами множинної лінійної регресії можна зробити висновок, що ширина нирки має кореляційний зв'язок з IR, причому в жінок він виражений сильніше, ніж у чоловіків. Ми припускаємо, що УЗД нирок може бути використане для прогнозування погіршення функції нирок і створення моделі, яка б могла передбачити прогноз для нирок на підставі отриманих даних.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Стаття є фрагментом науково-дослідної роботи аспіранта кафедри не-

фрології та НЗТ Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика за темою «Екскреція уромодуліну і його клініко-лабораторна оцінка, значення в ранній діагностиці, ренопротекції і оптимізації лікування ХХН на фоні молекулярного стресу» у рамках НДР кафедри за темами: «Розроблення технології збереження функції нирок у пацієнтів з ХХН та гіперурикемією» (2021–2022 рр.), номер державної реєстрації 0121U100446, і «Вивчення впливу гіпоурикемічної терапії у пацієнтів з ХХН та обґрунтування оптимальної терапії» (2019–2023 рр.), № 0119U101718.

Внесок авторів. Денова Л.Д. — збір та аналіз інформації, написання статті, пошук та опрацювання фахової літератури за темою, підготовка рукопису до друку; Іванов Д.Д. — концептуалізація, методологія; Шухт О.Ю. — обстеження і лікування пацієнтів.

References

1. Thanaj M, Basti N, Cule M, et al. Kidney shape statistical analysis: associations with disease and anthropometric factors. *BMC Nephrol.* 2023 Dec 6;24(1):362. doi: 10.1186/s12882-023-03407-8.
2. Denova LD, Ivanov DD. Retrospective study of acid-base disturbances in patients with CKD. *Počki.* 2024;13(1):44-52. Ukrainian. doi: 10.22141/2307-1257.13.1.2024.439.
3. Denova LD, Ivanov DD. Quality of life of patients with pre-dialysis chronic kidney disease, its relationship with oxidant stress and uromodulin excretion. *Počki.* 2023;12(1):12-20. Ukrainian. doi: 10.22141/2307-1257.12.1.2023.389.
4. Ham YR, Lee EJ, Kim HR, et al. Ultrasound Renal Score to Predict the Renal Disease Prognosis in Patients with Diabetic Kidney Disease: An Investigative Study. *Diagnostics (Basel).* 2023 Jan 31;13(3):515. doi: 10.3390/diagnostics13030515.
5. Spiessicke P, Münch F, Fischer T, Hamm B, Lerchbaumer MH. Multiparametric ultrasound findings in acute kidney failure due to rare renal cortical necrosis. *Sci Rep.* 2021 Jan 21;11(1):2060. doi: 10.1038/s41598-021-81690-x.
6. Denova LD. Development of renal fibrosis in patients with chronic kidney disease: Mechanisms, biomarkers, and clinical implications. *Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis.* 2023;(79):54-67. Ukrainian. doi: 10.31450/ukrjnd.3(79).2023.08.
7. Chen Z, Ying TC, Chen J, et al. Using elastography-based multilayer perceptron model to evaluate renal fibrosis in chronic kidney disease. *Ren Fail.* 2023 Dec;45(1):2202755. doi: 10.1080/0886022X.2023.2202755.
8. Xiong L, Zou X, Luo X, et al. Longitudinal changes in renal parenchymal volume and function status after partial nephrectomy: a retrospective cohort study. *Int J Surg.* 2024 Feb 1;110(2):984-991. doi: 10.1097/JS9.0000000000000938.
9. Kurzweil A, Martin J. Transabdominal Ultrasound. In: *StatPearls. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2024 Jan.*
10. Koratala A, Kazory A. Seeing through the myths: Practical aspects of diagnostic point-of-care ultrasound in nephrology. *World J Nephrol.* 2023 Dec 25;12(5):112-119. doi: 10.5527/wjn.v12.i5.112.
11. Slyvka NA, Virstyuk NG, Martynyuk GA, Plesh IA, Boreiko LD, Bevz TI. Resistive index as a marker of renal function in hepatorenal syndrome. *Bukovinian Medical Herald.* 2019;23(1):81-86. Ukrainian. doi: 10.24061/2413-0737.XXIII.1.89.2019.12.
12. Cost GA, Merguerian PA, Cheerasarn SP, Shortliffe LM. Sonographic renal parenchymal and pelvicaliceal areas: new quan-

titative parameters for renal sonographic followup. *J Urol.* 1996 Aug;156(2 Pt 2):725-729. doi: 10.1097/00005392-199608001-00045.

13. Batool A, Chaudhry S, Koratala A. Transcending boundaries: Unleashing the potential of multi-organ point-of-care ultrasound in acute kidney injury. *World J Nephrol.* 2023 Sep 25;12(4):93-103. doi: 10.5527/wjn.v12.i4.93.

14. Theilig DC, Münzfeld H, Auer TA, et al. The Renal Resistive Index in Allografts: Is Sonographic Assessment Sufficiently Reproducible in a Routine Clinical Setting? - Reproducibility of the Renal Resistive Index. *Rofo.* 2020 Jun;192(6):561-566. English. doi: 10.1055/a-1086-5191.

15. Denova LD, Ivanov DD. Evaluation of the index of resistance and excretion of uromodulin in patients with predialysis chronic kidney disease, taking into account the index of comorbidity. *Počki.* 2023;12(2):26-41. Ukrainian. doi: 10.22141/2307-1257.12.2.2023.403.

16. Turk M, Robertson T, Koratala A. Point-of-care ultrasound in diagnosis and management of congestive nephropathy. *World*

J Crit Care Med. 2023 Mar 9;12(2):53-62. doi: 10.5492/wjccm.v12.i2.53.

17. Hollerieth K, Vo-Cong MT, Preuss S, Kemmner S, Stock KF. Miniaturised ultrasound evaluation at the bedside. *World J Urol.* 2023 Mar;41(3):635-640. doi: 10.1007/s00345-022-04018-y.

18. Krasiuk IV, Denova LD, Karpenko OV. Modern paradigm in the diagnosis of cystic diseases of the kidneys. *Počki.* 2024;13(1):77-84. Ukrainian. doi: 10.22141/2307-1257.13.1.2024.444.

19. Nykonenko AO, Zubryk IV, Podluzhnyi OO, Yakymenko VV. Analysis of the renal hemodynamics state in patients, suffering primary hyperaldosteronism in accordance to data of ultrasonographic Doppler scanning. *Klinichna khirurgiia.* 2019 Jan;86(1):35-39. Ukrainian. doi: 10.26779/2522-1396.2019.01.35.

Отримано/Received 02.04.2024

Рецензовано/Revised 11.04.2024

Прийнято до друку/Accepted 22.04.2024 ■

Information about authors

Lidiia D. Denova, graduate student, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: marbua18@gmail.com; Ukrainian Association of Nephrologists, International Society of Nephrology (ISN); <https://orcid.org/0000-0002-5678-5885>

Dmytro D. Ivanov, MD, DSc, PhD, Professor, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: ivanovdd@ukr.net; Head of the Ukrainian Association of Nephrologists, Head of the Ukrainian Association of Pediatric Nephrologists, International Society of Nephrology (ISN); <https://orcid.org/0000-0003-2609-0051>

Oleksandr Y. Shukht, doctor of ultrasound diagnostics, Medical centre "VETA-PLUS" LLC, Brovary, Kyiv region, Ukraine; e-mail: alekschehov56@gmail.com; Ukrainian Association of Gynecologists-endocrinologists; <https://orcid.org/0009-0001-1844-6540>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The article is a fragment of the research work of a graduate student of the Department of Nephrology and NRT of the Shupyk National Healthcare University of Ukraine on the topic "Excretion of uromodulin and its clinical and laboratory evaluation, significance in early diagnosis, renoprotection and optimization of treatment of CKD against the background of molecular stress", within the framework of the department's R&D on the topics: "Development of technology to preserve kidney function in patients with CKD and hyperuricemia" (2021–2022), state registration No. 0121U100446 and "Study of the impact of hypouricemic therapy in patients with CKD and justification of optimal therapy" (2019–2023), No. 0119U101718.

Authors' contribution. L.D. Denova — collection and analysis of information, writing an article, searching and processing specialized literature on the topic, preparing the manuscript for publication; D.D. Ivanov — conceptualization, methodology; O.Y. Shukht — examination and treatment of patients.

L.D. Denova¹, D.D. Ivanov², O.Y. Shukht³

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

³Medical Centre "VETA-PLUS" LLC, Brovary, Kyiv Region, Ukraine

Retrospective renal sonographic study: assessment of renal volume and resistance index

Abstract. Background. Renal ultrasound is a convenient, safe, and affordable tool for visualization of the kidneys in the daily practice of nephrologists and doctors of other specialties. Kidney volume, which is calculated by the sonographic method, gives an idea about the state of the kidneys of the patient, but says almost nothing about their function. There are many studies of renal index of resistance (IR) as a marker of kidney function. IR values were compared with serum creatinine levels and/or histological data. And although conflicting research data limit the use of IR as a marker of kidney function, correct interpretation of IR helps restore it to the status of a candidate marker of kidney function. The purpose of the study: to conduct a retrospective analysis of the sonographic renal parameters in patients who sought outpatient medical care at the Brovary medical institution. **Materials and methods.** Retrospective randomized cohort study was conducted of sonograms of 66 outpatients who sought outpatient medical care at a private medical facility in Brovary from February 2022 to February 2024. They were divided into 2 groups: the first one (n = 31) — men and the second group (n = 35) — women. **Results.** The results of multiple linear regression in the group 1 for right kidney (RK) showed that the independent variable in this model, RK thickness, is of low significance as a predictor for IR RK,

and the following independent variables were not significant as predictors for IR RK: RK length, RK width, RK volume, age. Multiple linear regression results in the group 1 for left kidney (LK) indicate that the independent variable in this model, LK width, is moderately significant as a predictor for LK IR, and the following independent variables were not significant as predictors for LK IR: LK length, LK thickness, LK volume, age. Multiple linear regression results in the group 2 for RK showed that the independent variables in this model, RK width and age, are significant as predictors for IR RK, and the following independent variables were not significant as predictors for IR RK: RK length, RK thickness, RK volume. Multiple linear regression results in the group 2 for LK indicate that the independent variable in this model, LK width, is moderately significant as a predictor for LK IR, and the following independent variables were not significant as predictors for LK IR: LK length, LK thickness, LK volume, age. **Conclusions.** Renal ultrasound allows predicting the category of patients who will need a consultation with a nephrologist/urologist, identifying risk groups for chronic kidney disease.

Keywords: chronic kidney disease; renal ultrasound; kidney resistance index; kidney volume; kidney length; kidney thickness; kidney width