



Всеукраїнська громадська організація
Асоціація урологів України
All-Ukrainian non-governmental organization
Ukrainian Urological Association



Державна установа «Інститут урології
імені академіка О.Ф. Возіанова
Національної академії медичних наук України»
State Institution «Academician O.F. Vozianov
Institute of Urology of the National Academy
of Medical Sciences of Ukraine»

№ 2(10) | 2026

КВИТЕНЬ/APRIL • ЧЕРВЕНЬ/JUNE

ISSN 3083-5976 • ISSN 3083-5984
(print) (online)

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ УРОЛОГІЇ

UKRAINIAN JOURNAL OF UROLOGY

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ / SCIENTIFIC JOURNAL

АНОНС

ІСТОРИЧНІ НАРИСИ

Горовий В.І., Соснін М.Д., Морару-Бурлеску Р.П.,
Шапринський В.О., Церковнюк Р.Г.,
Кравченко А.М., Чайка О.М., Верба М.А.

**ІСТОРІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОПСІЇ
ПЕРЕДМІХУРОВОЇ ЗАЛОЗИ У ХВОРИХ
НА РАК ПРОСТАТИ**

50

HISTORICAL ESSAYS

Gorovyi V.I., Sosnin M.D., Moraru-Burlesku R.P.,
Shaprynskyi V.O., Tserkovniuk R.H.,
Kravchenko A.M., Chaika O.M., Verba M.A.

**HISTORY OF THE INTRODUCTION
OF PROSTATE BIOPSY IN PATIENTS
WITH PROSTATE CANCER**

50

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Щукін Д.В., Маковозов О.О., Демченко В.М.,
Хареба Г.Г., Антонян І.М., Панасовський М.Л.,
Стецишин Р.В., Пінській Л.Л.

**ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ
НА СКЛАДНІСТЬ ХІРУРГІЇ ПУХЛИННИХ
ТРОМБІВ НИЖНЬОЇ ПОРОЖНИСТОЇ ВЕНИ
І МЕТОДИ ЇХ ОЦІНКИ**

64

ORIGINAL RESEARCH

Shchukin D.V., Makovozov A.A., Demchenko V.M.,
Khareba G.G., Antonyan I.M., Panasovsky M.L.,
Stetsyshyn R.V., Pinsky L.L.

**FACTORS AFFECTING THE COMPLICATION
OF SURGERY FOR TUMOR THROMBOSIS
OF THE INFERIOR VENA CAVA AND METHODS
OF THEIR ASSESSMENT**

64

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Володимир Миколайович Лісовий

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

Юрій Миколайович Гурженко

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Олександр Валентинович Борисов
Сергій Олександрович Возіанов
Сергій Вікторович Головко
В'ячеслав Миколайович Григоренко
Юрій Миколайович Гурженко
Владислав Миколайович Демченко
Вікторія Євгенівна Дріянська
Валерій Іванович Зайцев
Федір Іванович Костев
Юліан Олегович Мицик
Сергій Петрович Пасечніков
Тетяна Вікторівна Порошина
Валерій Севастьянович Сакало
Леонід Петрович Саричев
Володимир Володимирович Спиридоненко
Віктор Петрович Стусь
Олександр Владиславович Шуляк
Дмитро Володимирович Щукін

РЕДАКТОРИ ВИПУСКУ

Юрій Миколайович Гурженко
Олександр Владиславович Шуляк

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Ігор Михайлович Антонян
Мауріціо Браузі
Флоріан Вагенленер
Алессандро Вольпе
Фотіос Дімітріадіс
Микола Леонідович Панасовський
Володимир Федорович Петербургський
Олексій Олексійович Підмурняк
Кемаль Саріка
Пйотр Хлоста
Валтер Штрохмаєр

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Лариса Миколаївна Старцева

EDITOR-IN-CHIEF

Volodymyr Lisovyi

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Yurii Gurzhenko

EDITORIAL BOARD

Oleksandr Borisov
Sergiy Vozianov
Sergiy Golovko
Viacheslav Grygorenko
Yurii Gurzhenko
Vladyslav Demchenko
Viktoriya Driianska
Valerii Zaitsev
Fedir Kostiev
Yulian Mytsyk
Sergiy Pasiechnikov
Tetiana Poroshyna
Valerii Sakalo
Leonid Sarychev
Volodymyr Spyrydonenko
Viktor Stus
Oleksandr Shulyak
Dmytro Shchukin

EDITORS OF THE ISSUE

Yurii Gurzhenko
Oleksandr Shulyak

EDITORIAL COUNCIL

Ihor Antonyan
Maurizio Brausi
Florian Wagenlehner
Alessandro Volpe
Fotios Dimitriadis
Mykola Panasovskyi
Volodymyr Peterburgskyi
Oleksii Pidmurniak
Kemal Sarica
Piotr Chlosta
Walter Strohmaier

EXECUTIVE SECRETARY

Larysa Startseva

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ УРОЛОГІЇ

UKRAINIAN JOURNAL OF UROLOGY

Київ. 2026. № 2(10). 108 с.

Заснований у вересні 2024 року.
Виходить 4 рази на рік.

ЗАСНОВНИКИ:

Всеукраїнська громадська організація
Асоціація урологів України (ВГО АУУ);

Лісовий Володимир Миколайович,
доктор медичних наук, професор,
член-кореспондент НАМН України,
лауреат Державної премії України,
заслужений лікар України;

Державна установа
«Інститут урології
імені академіка О.Ф. Возіанова
Національної академії
медичних наук України».

ВИДАВЕЦЬ:

ТОВ «ДІА»,
Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
№ 1149 (серія ДК) від 12.12.2002 р.

Рекомендовано до друку

Вченою радою
Державної установи
«Інститут урології
імені академіка О.Ф. Возіанова
Національної академії
медичних наук України»
(протокол № 3 від 26 травня 2026 року).

Ідентифікатор медіа R30-05440,
згідно з рішенням
Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення
від 29.08.2024 № 2628.

Статті прорецензовано.

Адреса редакції:

9а, вул. В. Винниченка,
м. Київ, 04053, Україна
e-mail: mail@urology-journal.org.ua



ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ АСОЦІАЦІЯ УРОЛОГІВ УКРАЇНИ
ALL-UKRAINIAN NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATION UKRAINIAN UROLOGICAL ASSOCIATION



ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ УРОЛОГІЇ ІМЕНІ АКАДЕМІКА О.Ф. ВОЗІАНОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»
STATE INSTITUTION «ACADEMICIAN O.F. VOZIANOV INSTITUTE OF UROLOGY
OF THE NATIONAL ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES OF UKRAINE»

Підписано до друку 28.07.2026 р. Формат 60 × 84/8. Друк офсетний. Папір крейдований.
Ум. друк. арк. 12,56. Наклад 50 прим. Зам. № УЖУ-02–26.

Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи № 1149 (серія ДК) від 12.12.2002 р.
45, вул. Васильківська, м. Київ, 030022, Україна.

Цілковите або часткове розмножування в будь-який спосіб матеріалів,
опублікованих у цьому виданні, допускається лише з письмового дозволу видавця.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА КЛІНІЧНА УРОЛОГІЯ

Кальчук Р.Д., Ухаль М.І., Семанів О.М.
Інструментальні методи дослідження функції нирок в умовах розвитку хронічного захворювання та у віддалені терміни після перенесеного краш-синдрому 41

ІСТОРИЧНІ НАРИСИ

Горовий В.І., Соснін М.Д., Морару-Бурлеску Р.П., Шапринський В.О., Церковнюк Р.Г., Кравченко А.М., Чайка О.М., Верба М.А.
Історія впровадження біопсії передміхурової залози у хворих на рак простати 50

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Руденко А.В., Шуляк О.В., Дріянська В.Є.
Медичні аспекти бактерицидної, протівірусної та протигрибкової активності, гемостатичних властивостей нових олігомерів та сітчастих полімерів, синтезованих в Україні, та інших перспективних засобів. 59

Шукін Д.В., Маковозов О.О., Демченко В.М., Хареба Г.Г., Антонян І.М., Панасовський М.Л., Стецишин Р.В., Пінській Л.Л.
Фактори, що впливають на складність хірургії пухлинних тромбів нижньої порожнистої вени і методи їх оцінки 64

МІНІІНВАЗИВНІ МЕТОДИ В УРОЛОГІЇ

Зеленський О.І., Шукін Д.В., Аркатов А.В., Махмудов Ю.Ю.
Лікування доброякісної простатичної обструкції за допомогою технології REZUM ... 76

ЛІКАРЮ ПРАКТИКУ

Спиридоненко В.В., Гурженко Ю.М.
Спиртовий екстракт *Serenoa repens* в лікуванні початкових стадій доброякісної гіперплазії передміхурової залози 82

ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

Лісовий В.М., Шуляк О.В., Дріянська В.Є., Мицик Ю.О.
Травматичні урологічні ушкодження — необхідність та актуальність розробки клінічних рекомендацій під час війни 89

СТОРІНКА ПАМ'ЯТІ

Світлій пам'яті Людмили Іванівни НЕМИРОВИЧ 101

ІНФОРМАЦІЯ

Авторам журналу 102

EXPERIMENTAL AND CLINICAL UROLOGY

Kalchuk R.D., Ukhal M.I., Semaniv O.M.
Instrumental methods for assessing renal function in patients with chronic disease and in the long term following crush syndrome 41

HISTORICAL ESSAYS

Gorovyi V.I., Sosnin M.D., Moraru-Burlesku R.P., Shaprynskyi V.O., Tserkovniuk R.H., Kravchenko A.M., Chaika O.M., Verba M.A.
History of the introduction of prostate biopsy in patients with prostate cancer 50

ORIGINAL RESEARCH

Rudenko A.V., Shulyak O.V., Driianska V.Ye.
Medical aspects of bactericidal, antiviral, and antifungal activity, hemostatic properties of new oligomers and networked polymers synthesized in Ukraine, and other promising agents 59

Shchukin D.V., Makovozov A.A., Demchenko V.M., Khareba G.G., Antonyan I.M., Panasovsky M.L., Stetsyshyn R.V., Pinsky L.L.
Factors affecting the complication of surgery for tumor thrombosis of the inferior vena cava and methods of their assessment 64

MINIMALLY INVASIVE TECHNIQUES IN UROLOGY

Zelensky O.I., Shchukin D.V., Arkatov A.V., Makhmudov Y.Yu.
Treatment of benign prostatic obstruction using REZUM technology 76

PRACTICING DOCTOR

Spyrydonenko V.V., Gurzhenko Yu.M.
Alcoholic extract of *Serenoa repens* in the treatment of early stages of benign prostatic hyperplasia 82

REVIEW ARTICLE

Lisovyi V.M., Shulyak O.V., Driianska V.Ye., Mytsyk Yu.O.
Traumatic urological injuries — the need for and relevance of developing clinical guidelines during war 89

MEMORY PAGE

In loving memory of Lyudmila Ivanivna NEMYROVICH 101

INFORMATION

To the authors of the journal 102

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ НИРОК В УМОВАХ РОЗВИТКУ ХРОНІЧНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ ТА У ВІДДАЛЕНІ ТЕРМІНИ ПІСЛЯ ПЕРЕНЕСЕНОГО КРАШ-СИНДРОМУ

Р.Д. Кальчук¹, М.І. Ухаль², О.М. Семанів²

¹ Військово-медичний клінічний центр Південного регіону, м. Одеса, Україна

² Одеський Національний медичний університет, м. Одеса, Україна

Конфлікт інтересів: відсутній.

АНОТАЦІЯ. Хронічна хвороба нирок (ХХН) є глобальною медичною проблемою. В арсеналі діагностичних методів дослідження функції нирок, окрім лабораторних, використовуються інструментальні методи діагностики ранніх і пізніх патологічних змін при ХХН та у віддалені терміни після перенесеного краш-синдрому. Аналіз даних літератури показав, що ультразвукова діагностика (УЗД) може використовуватися як частина початкового дослідження під час медичного огляду як скринінг-метод. Якщо виявляється відхилення від еталонних значень ультразвукового дослідження пацієнтам слід проводити більш глибоке обстеження за допомогою мультиспіральної комп'ютерної томографії (МСКТ), магнітно-резонансної томографії (МРТ), сцинтиграфії або динамічної позитронно-емісійної томографії (ПЕТ-КТ).

МЕТОЮ цієї роботи є узагальнення літературних досліджень, присвячених вивченню можливості використання сучасних інструментальних методів для визначення функції нирок в різних стадіях ХХН, в ранні і пізні терміни після перенесеного краш-синдрому та змін в нирках під дією інших патологічних факторів.

РЕЗУЛЬТАТИ. Аналіз літературних досліджень показав, що УЗД може використовуватися як частина початкового дослідження під час медичного огляду як скринінг-метод. Це особливо важливо з огляду на поширеність ХХН та порушення функції нирок в різних термінах після перенесеного краш-синдрому, частота якого в Україні висока у військових та цивільного населення через воєнні дії. При виявленні при УЗД значних змін в паренхімі нирок, необхідно проводиться більш глибоке дослідження за допомогою доплерівського картування та розрахунку індексу опору в ниркових судинах. Якщо виявляється при УЗД та доплерівському картуванні значні зміни в паренхімі нирок та в ниркових судинах пацієнтам слід проводити більш глибоке обстеження за допомогою МСКТ, МРТ, ПЕТ-КТ. При дослідженні функціональних і морфологічних змін в нирках у хворих при різних стадіях ХХН, а також у пацієнтів, які перенесли краш-синдром, в арсеналі лікаря повинен бути не один, а декілька інструментальних методів (тобто розраховувати на гібридне дослідження) які найбільше точно можуть допомогти правильно поставити стадію захворювання і прогнозування. Так, МСКТ разом з визначенням сироваткового креатиніну (SCr) для розрахунку швидкості гломерулярної фільтрації (eGFR) дозволяє визначати окрему функцію нирок. МСКТ дозволяє оцінити не лише анатомічну структуру нирок, а й створити 3D-зображення, оцінити перфузію та неінвазивно розрахувати швидкість гломерулярної фільтрації. МРТ дозволяє оцінити низку параметрів (об'єм нирок, кровотік у нирковій артерії, перфузія ниркової кори тощо), а також провести МР-гістологічне дослідження нирок, що дозволяє неструктурно оцінювати орган у 3D зображенні і може в майбутньому дозволити оцінити не лише функціональну здатність нирки та її сегментів або окремого нефрон. Динамічна ПЕТ-візуалізація за допомогою фільтрованого гломерулярного Ga-DOTA трасера має потенціал для неінвазивної оцінки GFR за допомогою кінетичного компартментного моделювання, що дозволяє не лише візуалізувати функцію нирок, а й точно її вимірювати за допомогою камери очищення активності. Динамічна нефросцинтиграфія дозволяє оцінити зміни кровотоку в судинах нирок, секрецію та ескрецію радіофармапрепарату, а статична визначить структуру нирок з виявленням фіброзного та рубцевого процесу у хворих з ХХН, та в пізні терміни після перенесеного краш-синдрому розміром кілька міліметрів. На сьогодні нефросцинтиграфія та ПЕТ-візуалізація з використання підібраних радіофармацевтичних препаратів залишаються золотим стандартом для визначення функції та морфологічних змін в нирках.

ВИСНОВКИ. Сучасні інструментальні методи оцінки функції нирок відкривають широкі можливості для їх клінічного застосування. Інструментальні дослідження змін в нирках під дією різних патологічних факторів та в різні терміни після перенесеного краш-синдрому доцільно починати з УЗД під час медичного огляду як скринінг-метод. При виявленні при УЗД значних змін в паренхімі нирок, необхідно проводиться більш глибоке дослідження за допомогою доплерівського картування, МСКТ, МРТ, сцинтиграфії або ПЕТ-КТ. Всебічне дослідження функціональних і морфологічних змін в нирках у хворих при різних стадіях ХХН, а також у пацієнтів, які перенесли краш-синдром, повинно проводитись з використанням декілька інструментальних методів (гібридне дослідження) які найбільше

точно можуть допомогти правильно поставити стадію захворювання, вибрати оптимальні методи лікування та здійснити адекватне прогнозування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: функція нирок; хронічна ниркова недостатність, краш-синдром, ультразвукове дослідження, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, нефросцинтиграфія, позитронно-емісійна комп'ютерна томографія.

INSTRUMENTAL METHODS OF RESEARCHING KIDNEY FUNCTION IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF CHRONIC DISEASE AND IN THE LONG TERM AFTER CRASH SYNDROME

R.D. Kalchuk¹, M.I. Ukhal², O.M. Semaniv²

¹ Military Medical Clinical Center of the Southern Region, Odesa, Ukraine

² Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

Conflict of interest: none.

INTRODUCTION. Chronic kidney disease (CKD) is a global medical problem. In the arsenal of diagnostic methods for studying kidney function, in addition to laboratory methods, instrumental methods are used to diagnose early and late pathological changes in CKD and in the long term after a crash syndrome. Analysis of literature studies has shown that ultrasound diagnostics (US) can be used as part of the initial examination during a medical examination as a screening method. If a deviation from the reference values of ultrasound examination is detected, patients should undergo a more in-depth examination using multislice computed tomography (MSCT), magnetic resonance imaging (MRI), scintigraphy, or dynamic positron emission tomography (PET-CT).

PURPOSE. The purpose of this work is to summarize literature studies devoted to the study of the possibility of using modern instrumental methods to determine kidney function in different stages of chronic kidney disease, in the early and late stages after the suffered crash syndrome and changes in the kidneys under the influence of other pathological factors.

RESULTS. Analysis of literature studies showed that ultrasound diagnostics (US) can be used as part of the initial examination during a medical examination as a screening method. This is especially important given the prevalence of chronic renal failure and impaired renal function at different times after the transferred crash syndrome, the frequency of which in Ukraine is high in the military and civilian population due to military operations. If significant changes in the renal parenchyma are detected during ultrasound, a more in-depth study should be performed using Doppler mapping and calculation of the resistance index in the renal vessels. If ultrasound and Doppler mapping reveal significant changes in the renal parenchyma and renal vessels, patients should undergo a more in-depth examination using multislice computed tomography (MSCT), magnetic resonance imaging (MRI), scintigraphy, or dynamic positron emission tomography (PET-CT). When examining functional and morphological changes in the kidneys in patients with different stages of chronic kidney disease, as well as in patients who have suffered a crash syndrome, the doctor should have not one, but several instrumental methods in his arsenal (i.e., rely on a hybrid study) that can most accurately help to correctly stage the disease and predict the prognosis. MSCT, together with the determination of serum creatinine (SCr) to calculate the glomerular filtration rate (eGFR), allows for the determination of individual kidney function. MSCT allows for the assessment not only of the anatomical structure of the kidneys, but also to create a 3D image, assess perfusion and non-invasively calculate the glomerular filtration rate. MRI allows for the assessment of a number of parameters (kidney volume, renal artery blood flow, renal cortex perfusion, etc.), as well as for MR histological examination of the kidneys, which allows for non-destructive assessment of the organ in a 3D image and may in the future allow for the assessment of not only the functional capacity of the kidney and its segments or an individual nephron. Dynamic PET imaging using filtered glomerular Ga-DOTA tracer has the potential for noninvasive assessment of GFR using kinetic compartment modeling, which allows not only to visualize renal function, but also to accurately measure it using an activity purification chamber. Dynamic nephroscintigraphy will allow to assess changes in blood flow in the renal vessels, secretion and excretion of the radiopharmaceutical, and static one will determine the structure of the kidneys with the detection of fibrotic and cicatricial processes in patients with CKD, and in the late stages after a crash syndrome of several millimeters in size. Today, nephroscintigraphy and PET imaging using selected radiopharmaceuticals remain the gold standard for determining function and morphological changes in the kidneys.

CONCLUSIONS. Modern instrumental methods of assessing kidney function open up wide opportunities for their clinical application. Instrumental studies of changes in the kidneys under the influence of various pathological factors and at different times after the suffered crash syndrome should begin with ultrasound during a medical examination as a screening method. If significant changes in the renal parenchyma are detected during ultrasound, a more in-depth study should be performed using Doppler mapping, MSCT, MRI, scintigraphy or PET-CT. A comprehensive study of functional and morphological changes in the kidneys in patients with different stages of chronic renal failure, as well as in patients who have suffered a crash syndrome, should be carried out using several instrumental methods (hybrid study) that can most accurately help to correctly stage the disease, choose optimal treatment methods and make an adequate prognosis.

KEYWORDS: kidney function; chronic renal failure, crash syndrome, ultrasound, computed tomography, magnetic resonance imaging, nephroscintigraphy, positron emission computed tomography.

ВСТУП

Хронічна хвороба нирок (ХХН) є глобальною медичною проблемою [1]. Близько 13% дорослого населення планети страждає на ХХН, а їхня кількість щороку зростає на 5–8%. [2, 3]. На розвиток ХХН впливає цілий ряд негативних факторів, таких як артеріальна гіпертензія, цукровий діабет, ожиріння, паління тощо та особливо їх поєднання. Такі патологічні фактори, як клубочкова та капілярна гіпертензія, запалення сечової системи, значно швидше призводять до гіпоксії та фіброзу ниркової паренхіми, і, як наслідок, до розвитку ХХН [4, 5].

Важливо підкреслити, що на сьогоднішній час значну роль в розвитку ХХН нерідко відіграють дії травматичних факторів [6, 7]. Дія цих факторів є також особливо важлива в Україні у зв'язку зі значними мінно-вибуховими пошкодженнями кінцівок та тіла воїнів, а також мирного населення під час бомбардувань їхнього житла [9–12]. У цьому випадку, внаслідок масового рабдоміолізу та міоглобінурії розвивається важке ураження нирок — краш-синдром [13–16]. У пацієнтів, які перенесли краш-синдром, у віддалені терміни практично в усіх виникають умови для хронізації та прогресування патологічних змін у нирках аж до розвитку ХХН [17–21].

Найпершими маркерами, що відображають субклінічний перебіг хронічного порушення функції нирок, вважаються підвищення рівня альбуміну в сечі та зниженням швидкості гломерулярної фільтрації (GFR) [22, 23]. Важливим є також той факт, що в арсеналі діагностичних методів дослідження функції нирок, окрім лабораторних досліджень, використовуються інструментальні методи діагностики ранніх і пізніх патологічних змін в нирках [24].

Використання інструментальних методів дослідження функції нирок у пацієнтів, які перенесли краш-синдром, є також надзвичайно важливим для діагностики патологічних змін нирок у віддалені терміни після перенесеного краш-синдрому [25, 26].

Наразі, для визначення функції нирок можна використовувати УЗД з одночасним використанням доплерографії. Для більш поглибленого дослідження функціональних та морфологічних змін в нирках використовується МСКТ, МРТ, нефросцинтиграфія або ПЕТ-КТ. Вибір методу є нелегким завданням для клініциста, оскільки необхідно враховувати низку факторів: можливості медичної установи, вартість дослідження, іонізуюче випромінювання, залежність від рівня креатиніну в крові, фізична форма пацієнта тощо.

Метою цієї роботи є узагальнення літературних досліджень, присвячених вивченню можливості використання сучасних інструментальних методів для визначення функції нирок в різних стадіях ХХН, в ранні і пізні терміни після перенесеного краш-синдрому та змін в нирках під дією інших патологічних факторів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ми проаналізували 57 наукових досліджень, що стосувалися теми огляду, а також доцільність і можливість використання інструментальних методів для вивчення функціональної здатності нирок при хронічних захворюваннях та віддалені терміни після перенесеного краш-синдрому.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ультразвукове дослідження нирок. Цей метод добре довів свою ефективність під час початкового огляду, тому його застосовують майже в усіх медичних закладах. Як правило, стандартне ультразвукове дослідження включає обов'язкове визначення розміру нирки, товщини паренхіми, ехогенності паренхіми, стану порожнистої системи та інших параметрів. Рекомендація Американського коледжу радіології вказує, що виявлення аномалій у поздовжньому діаметрі нирки, об'ємі нирок, товщині паренхіми, гіперехогенності паренхіми та індексі резистентності може свідчити про порушення функціональної здатності нирок [27].

Товщина паренхіми — це відстань між капсулою кори та верхівками пірамід синуса нирки. Зазвичай цей показник становить 15–25 мм [28]. У літніх пацієнтів (старших за 60 років) цей показник трохи нижчий — близько 11 мм. Зміна товщини паренхіми, а також загальної довжини нирки, свідчить про хронічну природу ниркової недостатності. Деякі пацієнти з товщиною паренхіми від 1,5 до 1,0 см все ще мають потенціал покращити функцію нирок, але при товщині менше 1,0 см вона практично втрачається [29]. Товщина паренхіми корелює сильніше, ніж поздовжній розмір, зі швидкістю клубочкової фільтрації (GFR) [30]. В роботі M. Meola et.al. було доведено, що у пацієнтів із ХХН кортикальна ехогенність поступово зростає зі зменшенням товщини паренхіми. Водночас ці два стани співіснують навіть у випадку нормального поздовжнього розміру нирки [31].

Доплерівське картування дозволяє визначити природу кровотоку, тобто його напрямок, швидкість, опірність, судинну прохідність, діаметр і ступінь атеросклеротичного процесу на внутрішній стінці. За даними N.Lerolle et.al, доп-

лерівське ультразвукове дослідження — це неінвазивний метод, який виявляє виражені зміни кровотоку на рівні мікросудин [32]. Доплерівське картування є корисним для виключення або підтвердження тромбозу, аневризми та інших патологічних змін судин [33]. Спектральна доплерівська сонографія аналізує зміни швидкості кровотоку залежно від часу проходження крові в головній нирковій артерії та внутрішньониркових судинах [34]. Доплерівське спектральне дослідження дозволяє оцінити стан ниркових судин та визначити індекс їхньої резистентності, що дозволяє опосередковано припускати зниження функціональної здатності нирок. Розрахунок індексу опору (IR) є непрямим індикатором імпедансу мікроциркуляції [34]. Це сума сил опору, які протидіють пульсуючому кровотоку в артерії, тобто гідравлічному опору, кінематичній вязкості та еластичності стінок. Наразі, ультразвукові апарати, здатні виконувати доплерівське картування, автоматично розраховують IR. У молодих здорових людей нормальний рівень IR близький до 0,60. IR 0,70 вважається верхньою межею еталонних значень. При ХХН поступова втрата ниркової маси, гломерулярна атрофія та трубчато-інтерстиціальний фіброз відповідають за зниження ниркового кровотоку, що зменшує амплітуду спектрального хвильового профілю. Коли уражені переважно дрібні судини (300–100 мкм), як при нефроангіосклерозі, цукровому діабеті та васкуліті, поперечний переріз мікроциркуляційного шару та його судинна розтяжність зменшуються. Через високу жорсткість артерій та атеросклеротичну атрофію, а також ремодельовання дрібних судин, ці патологічні умови визначають підвищені значення IR (більше 0,75–0,80) [35]. IR понад 0,70 є прогностичною ознакою найгіршого варіанту прогресування ХХН, незалежно від базової оцінки GFR [35]. Зміни в IR завжди пов'язані з патологічним процесом. У працях С. Liu et al. було показано, що розмір нирки у поєднанні з іншими ультразвуковими показниками може мати потенціал для оцінки змін функціонального стану в умовах розвитку хронічного захворювання нирок [36].

Незважаючи на всі вищезазначені переваги, ультразвукове дослідження має й недоліки: фрагментацію дослідження та залежність від оператора. Щоб допомогти діагностам, вчені з Південної Кореї створили систему на основі нейронних мереж, яка дозволяє їм незалежно розпізнавати ультразвукові зображення у пацієнтів із ХХН [37]. За допомогою машинного навчання автоматизована система крок за кроком сегмен-

тує модель, вимірює та класифікує ультразвукові зображення нирок з високою продуктивністю. Автори дійшли висновку, що інтеграція вимірних ознак, витягнутих компютером, у моделі машинного навчання може покращити класифікацію ХХН, що свідчить про ступінь зниження функціональної здатності нирок [37].

Компютерна томографія в оцінці змін функціонального стану нирок. Компютерна томографія (КТ) має вищу діагностичну точність, ніж ультразвукове дослідження нирок, але доступність цього методу дослідження нижча і вартість значно вища [38]. КТ може вибірково ідентифікувати функціональні ділянки ниркової тканини та виключати нефункціональні, а також вимірювати об'єм ниркової паренхіми у 3D-режимі [39–41]. У роботі R. Wahba et al. було показано, що існує тісний зв'язок між об'ємом паренхіми нирки, визначеним КТ-об'ємною метрикою, та індикаторами сцинтиграфії [42]. За даними Y. Mitsui et al. зафіксовано зв'язок між об'ємом паренхіми нирок і розрахунковим GFR [43]. У працях M.M. Zheng et al. було показано, що окрему функцію нирок можна визначити на основі об'єму паренхімального розділення нирки (sRPV) та окремого об'єму ниркового калікса — миски (sRCPV), виміряних за допомогою тривимірного КТ [44]. В одному з нещодавніх досліджень було показано, що порівняно із загальним об'ємом нирок зменшення об'єму паренхіми нирки тісніше пов'язане з порушенням функції нирок і, відповідно, має більшу прогностичну силу [45]. Авторами доведено, що використання комп'ютерної програми для отримання тривимірних зображень з використанням багатоспіральної комп'ютерної томографії із контрастом дозволяє отримувати дані про перфузію, клубочкову фільтрацію, а також очікувану кількість сечі, що виділяється, за допомогою GFR та інших параметрів у пацієнта [45]. За даними W. Shi et al., поєднання Т-гломерулярної фільтрації (eGFR) дозволяє визначати окрему функцію нирок, подібно до динамічної нефросцинтиграфії та ПЕТ-КТ радіонуклідної томографії [46].

Магнітно-резонансна томографія. Магнітно-резонансна томографія (МРТ) має великий потенціал для визначення функціональної здатності нирок. Завдяки використанню цієї методики можна неінвазивно оцінити патофізіологічні процеси, пов'язані з гострим або хронічним ушкодженням ниркової тканини. МРТ проводять як з контрастним агентом, так і без нього. Для визначення функціональної здатності нирок найчастіше використовують такі параметри:

- об'єм нирок;
- кровообіг у нирковій артерії та вені (фазово-контрастний МРТ);
- оцінка кортикальної перфузії нирки (артеріальне маркування спіну (ASL));
- кількісна оцінка перфузії ASL (довготривалий час релаксації T1), що дозволяє оцінити ступінь фіброзу та запалення;
- термічно індукований броунівський рух води в тканинах (дифузійно-зважена візуалізація (DWI));
- рівень оксигенації тканин (візуалізація як функція оцінки оксигенації тканин (BOLD)).

Завдяки сучасним технологіям можна отримати кілька вимірювань одночасно за одну сесію МРТ, яка триває 45 хв. Це дозволяє надійно оцінити повну картину змін у морфології, мікроструктури в гемодинаміці та насичення нирок киснем, а також краще зрозуміти патофізіологію змін порівняно зі збором інформації лише за допомогою одного індикатора МРТ [46]. Найдетальніший опис мультипараметричної МРТ-техніки для оцінки функції нирок наведено в роботі E.F. Sox [47]. Згідно з протоколом, представленим ними, під час 45-хвилинної сесії сканування можна отримати дані про структуру, рівень оксигенації та гемодинаміку нирки. Крім того, МРТ дозволяє визначити функцію нирок шляхом магнітно-резонансної гістології.

Гістологія магнітного резонансу. Магнітно-резонансна гістологія — це методика, яка доповнює традиційну гістологію, надаючи мікроскопічні зображення цілих зразків. Магнітно-резонансна гістологія дозволяє неруйнівню оцінювати цілі органи на 3D-зображеннях з використанням контрасту, що залежить від води в тканинах. Цей метод застосовується в патології та токсикології для кількісної оцінки структур тканин. У нирках він може оцінювати хронічні захворювання, запалення та вікову дегенерацію [48]. Крім того, магнітно-резонансна гістологія пропонує метод візуалізації мікроструктур. Магнітно-резонансна гістологія включає транскардіальну перфузійну фіксацію. Контрастні речовини на основі гадолінію, такі як Magnevist (Gd-DTPA) або ProHance (Gd-HP-DO3A), використовуються під час перфузії для підсилення сигналу МРТ [49].

Позитронноемісійна томографія-КТ (ПЕТ-КТ). ПЕТ-КТ — це радіонуклідний томографічний метод, заснований на реєстрації пари гамма-квантів, що виникають під час анігіляції позитронів електронами, і призначений для одного етапного детального дослідження всього тіла та

конкретних органів, в тому числі, нирок [50]. Позитронно-емісійна томографія дозволяє досліджувати розподіл і накопичення попередньо введеного радіофармацевтичного препарату у внутрішніх органах та тканинах. Вибір необхідних радіофармацевтичних препаратів дозволяє вивчати метаболізм, транспорт речовин, взаємодію ліганд-рецепторів, експресію генів та інші процеси за допомогою ПЕТ-КТ. Використання радіофармацевтичних препаратів різних класів біологічно активних сполук робить ПЕТ універсальним інструментом сучасної медицини. На сьогодні в ПЕТ-КТ використовуються ізотопи елементів другого періоду періодичної таблиці, що випромінюють позитрони:

- вуглець-11 ($T_{1/2} = 20,4$ хв);
- азот-13 ($T_{1/2} = 9,96$ хв);
- кисень-15 ($T_{1/2} = 2,03$ хв);
- фтор-18 ($T_{1/2} = 109,8$ хв).

Найпоширенішими є радіофармацевтичні препарати на основі фтору, оскільки ця речовина має найдовший період напіврозпаду та найнижчу енергію випромінювання.

За допомогою ПЕТ стає можливим неінвазивний розрахунок GFR. Для цього використовується розрахунок плазмового кліренсу етилендіамінтетрацтової кислоти (ЕДТА), але це займає багато часу і вимагає технічних навичок і обладнання, які не завжди доступні в діагностичних відділеннях медичних закладів. ПЕТ дозволяє не лише візуалізувати функцію нирок, але і точно її вимірювати за допомогою камери очищення активності. У працях M. Hofman et al. було доведено, що $^{68}\text{Ga-EDTA}$ ПЕТ-КТ-GFR добре корелює з результатами розрахованої GFR, отриманої за допомогою концентрації креатиніну в крові, тоді як динамічна ПЕТ візуалізація забезпечує метод оцінки GFR без взяття зразків крові [51].

Динамічна ПЕТ-візуалізація за допомогою фільтрованого гломерулярного Ga-DOTA трасера має потенціал для неінвазивної оцінки GFR за допомогою кінетичного компартментного моделювання. Перше дослідження, присвячене порівнянню людської ниркової динаміки за допомогою ПЕТ-зображень Ga-DOTA з нирковою сцинтиграфією, а також порівнянню результатів ПЕТ з GFR-вимірюваннями на основі концентрації креатиніну в сироватці, було проведено німецькими колегами під керівництвом D. Kersting [52]. Згідно з опублікованими результатами, автори дійшли висновку, що нирка Ga-DOTA ПЕТ може бути підходящою альтернативою традиційній сцинтиграфії, оскільки візуальна оцінка ПЕТ-зображень і традиційних ренограм має по-

рівнянні результати GFR, отримані шляхом неінвазивного однокомпонентного моделювання даних PET. Для візуальної оцінки та розрахунку GFR достатньо зібрати динамічні дані PET протягом 15 хв [52].

Нефросцинтиграфія. Нефросцинтиграфія — це безпечний метод функціональної візуалізації, який використовує радіо-фармпрепарати (РФП) для оцінки ниркового кровотоку, секреції, екскреції та структурних змін нирок [53]. Динамічна нефросцинтиграфія дозволить оцінити зміни кровотоку в судинах нирок, секрецію та екскрецію радіо-фармпрепарату, а статична визначить структуру нирок з виявленням фіброзного та рубцевого процесу у хворих на ХХН, у тому числі, в пізні терміни після перенесеного краш-синдрому [53, 54]. В сучасній ядерній медицині практично всі РФП для нефросцинтиграфії створюються на основі ізотопу Технецій-99м. Він має ідеальний період напіврозпаду (6 годин) і мінімальне променеве навантаження [54]. Вибір конкретного препарату залежить від мети дослідження: оцінка фільтрації, секреції або структури нирок.

Для динамічної нефросцинтиграфії використовують препарати, які швидко проходять через нирку, дозволяючи в реальному часі оцінити кровотік і виведення сечі [53]. Так, для вивчення функції ниркових каналців (тубулярного апарату) нирки використовується Технецій-99м-MAG3 (Меркаптоацетилтригліцин / «Технемаг»): Найпопулярніший тубулотропний препарат [53]. Він виводиться клітинами ниркових каналців (секретується майже 100%). Має високу контрастність і вважається «золотим стандартом» для обстеження пацієнтів з тяжкою нирковою недостатністю.

За даними В.Ю. Кундіна [53] до найбільш істотних переваг динамічної нефросцинтиграфії в порівнянні з МСКТ та МРТ відноситься:

1. Роздільний аналіз лівої та правої нирки у загальному функціональному нирковому процесі (наприклад, робота у співвідношенні 40% на 60%).

2. Рання діагностика функціональних збоїв ниркових каналців та порушення клубочкової фільтрації в режимі, коли структура ниркової тканини за даними УЗД ще здається нормальною.

3. Висока ефективність визначення каналцевої секреції та клубочкову фільтрацію у різних стадіях ХХН, а також у ранні та пізні терміни після перенесеного краш-синдрому

4. Мінімальне променеве навантаження, оскільки препарати вводяться в мікродозах, не

викликають алергії і повністю виводяться з організму протягом доби.

Для статичної нефросцинтиграфії використовуються препарати, які надовго затримуються у нирковій тканині, дозволяючи робити чіткі знімки структури органу у різних проекціях [54]. Основним препаратом для статичного дослідження є Технецій-99м-DMSA (Дімеркаптоантарна кислота/«Сукцимер»). Близько 40% введеної дози цього препарату фіксується у клітинах кіркової речовини нирок. Він незамінний для виявлення зон ішемії, прихованих вогнищ запалення, а також фіброзного та рубцевого процесу у хворих з хронічним пієлонефритом та ХХН, а також патологічних змін у ранні та пізні терміни після перенесеного краш-синдрому [54].

До важливих переваг статичної нефросцинтиграфії порівняно навіть УЗД та магнітно-резонансним гістологічним дослідженням є рання діагностика порушення патологічних процесів окремо в обох нирках — зон ішемії, прихованих вогнищ запалення, а також фіброзного та рубцевого процесу. При цьому метод візуалізує фіброзні зміни каналців і рубцеві процеси в різних стадіях ХХН, а також у пізні терміни після перенесеного краш-синдрому розміром кілька міліметрів [55].

РЕЗЮМЕ

Дослідження функції нирок з використанням інструментальних методів доцільно починати УЗД під час медичного огляду, як метод скринінгу. Якщо виявляються сутєві зміни в паренхімі нирок, слід провести більш глибоке дослідження за допомогою доплерівського картування та розрахунку індексу опору. УЗД відіграє важливу роль у діагностиці хронічної хвороби нирок, але інтерпретація зображень вимагає серйозної підготовки. Щоб допомогти діагностам, вчені з Південної Кореї створили систему на основі нейронних мереж, яка дозволяє їм незалежно розпізнавати ультразвукові зображення у пацієнтів із ХХН [37]. За допомогою машинного навчання автоматизована система крок за кроком сегментує модель, вимірює та класифікує ультразвукові зображення нирок з високою продуктивністю, що може покращити класифікацію ХХН.

На відміну від ультразвуку, КТ дозволяє оцінити не лише анатомічну структуру нирок, а й створити 3D-зображення, оцінити перфузію та неінвазивно розрахувати швидкість гломерулярної фільтрації.

МРТ має ще більші можливості у визначенні функції нирок, ніж ультразвук і КТ. Мультипара-

метрична МРТ дозволяє оцінити низку параметрів (об'єм нирок, кровотік у нирковій артерії, перфузія ниркової кори тощо) протягом 45 хв, що дає змогу всебічно визначити функціональні можливості нирок.

МР-гістологія — ще один перспективний напрям у оцінці функціональних можливостей нирок. МР-гістологія дозволяє неструктивно оцінювати цілі органи у 3D і може використовувати водно-залежний контраст у тканинах нирки [49]. Отримані результати свідчать, що покращення цього підходу в майбутньому може дозволити оцінити не лише функціональну здатність нирки або її сегментів, а й окремого нефрона.

Останнім часом все більше робіт присвячено вивченню можливості використання штучного інтелекту для аналізу інструментальних дослідницьких даних. Наразі за допомогою штучного інтелекту можна визначити тему нирок, їх розмір, структуру, а також оцінку функції за допомогою МСКТ [56, 57].

На сьогодні динамічна та статична нефросинтіграфія, а також динамічна ПТЕ-візуалізація з використанням підібраних радіофармацевтичних препаратів залишаються золотим стандартом для визначення функціональної здатності нирок та візуалізації фіброзних зміни каналців і рубцевих процесів в нирках при різних стадіях ХХН

та у пацієнтів в ранніх і пізніх термінах після перенесення краш-синдрому.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні інструментальні методи оцінки функції нирок відкривають широкі можливості для їх клінічного застосування.

2. Інструментальні дослідження змін в нирках під дією різних патологічних факторів та в різні терміни після перенесеного краш-синдрому доцільно починати з УЗД під час медичного огляду як скринінг-метод.

3. При виявленні при УЗД значних зміни в паренхімі нирок, необхідно проводиться більше глибоке дослідження за допомогою доплерівського картування, МСКТ, МРТ, сцинтиграфії або ПЕТ-КТ.

4. Всебічне дослідження функціональних і морфологічних змін в нирках у хворих при різних стадіях ХХН, а також у пацієнтів, які перенесли краш-синдром, повинно проводитись із використанням декількох інструментальних методів (гібридне дослідження) які найбільше точно можуть допомогти правильно поставити стадію захворювання, вибрати оптимальні методи лікування та здійснити адекватне прогнозування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jha V, Garcia-Garcia G, Iseki K., et al. Chronic kidney disease: global dimension and perspectives. *Lancet*. 2013 Jul 20;382(9888):260–72. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60687-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60687-X).
2. Ninomiya T, Perkovic V, Verdon C., et al. Proteinuria and stroke: a meta-analysis of cohort studies. *Am J Kidney Dis*. 2009;53:417–25. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2008.08.032>.
3. Zong L, Yao M, Ni J, et al. Kidney function is associated with severity of white matter hyperintensity in patients with acute ischemic stroke/TIA. *BMC Neurol*. 2016;16(1):193. <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0714-0>.
4. Tanner RM, Calhoun DA, Bell EK., et al. Prevalence of apparent treatment-resistant hypertension among individuals with CKD. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2013;8(9):1583–90. <https://doi.org/10.2215/CJN.00550113>.
5. Bernbaum M, Menon BK, Fick G., et al. Reduced blood flow in normal white matter predicts development of leukoaraiosis. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2015;35(10):1610–5. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2015.92>.
6. System USRD. 2018 USRDS annual data report: Epidemiology of kidney disease in the United States. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.01.001>
7. Hilty MP, Behrendt I, Benneker LM, Martinoli LS., et al. Pelvic radiography in ATLS algorithms: A diminishing role? *Emerg. Surg*. 2008;4(3):11. <https://doi.org/10.1186/1749-7922-3-11>.
8. Довбиш МА, Волошин МА, Подгайний Ю Л, Довбиш ІМ, Губарь АА. Патоморфологічні зміни в нирках померлих в результаті політравми. *Урологія*. 2015; 3:11–3.
9. Васильєв ГО, Васильєв АГ, Недашківський СМ. Синдром тривалого здавлювання/роздавлювання (краш-синдром). *Медицина невідкладних станів*. 2013; 7(54):15–21.
10. Казмірчук АП. Гостре пошкодження нирок у військово-службовців при crush-синдромі. *Урологія. Нефрологія. Андрологія*. (Тематичний номер). 2023;1–2(28–29):14–5.
11. Криштафор ДА, Клигуненко ЕН, Криштафор АА. Сравнительная характеристика политравмы мирного времени и боевой травмы в стационаре III уровня. *Медицина невідкладних станів*. 2019;3:127–33.
12. Зозуля ІС, Волосовець АО, Вербицький ІВ. Щодо синдрому довготривалого стиснення (краш-синдром): діагностика, клініка, надання невідкладної допомоги на догоспітальному та госпітальному етапах. *Український медичний часопис*. 2025;9–18. <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.266214>
13. Sauret JM, Marinides G, Wang GK. Rhabdomyolysis. *American Family Physician*. 2002;65(5):907–12. PMID: 11898964
14. Davidov T, Hong JJ, Malczynski JT. Novel use of acetazolamide in the treatment of rhabdomyolysis-induced myoglobinuric renal failure. *J Trauma*. 2006 Jul;61(1):213–5. PMID 16832275.
15. Bosch X, Poch E, Grau JM. Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *New England J Medicine*. 2009 July;361(1):62–72. <https://doi.org/10.1056/NEJMr0801327>.

16. Rajagopalan S. Crush Injuries and the Crush Syndrome. *Med J Armed Forces India*. 2010;**66**:317–20. [https://doi.org/10.1016/S0377-1237\(10\)80007-3](https://doi.org/10.1016/S0377-1237(10)80007-3).
17. Kodadek L, Carmichael II SP, Seshadri A., et al. Rhabdomyolysis: an American Association for the Surgery of Trauma Critical Care Committee Clinical Consensus Document. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2022;**7**(1):p.e000836. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2021-000836>.
18. Stewart IJ, Faulk TI, Sosnov JA., et al. Rhabdomyolysis among critically ill combat casualties: Associations with acute kidney injury and mortality. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;**80**:492–8. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000933>.
19. Бойко ВВ. Обрані лекції з військово-польової хірургії / за ред.: ВВ Бойко, ВМ Лісовий, ВВ Макаров [та ін.]. Харків: НТМТ, 2018. 212 с.
20. Anderson J, Cole M, Pannell D. Management of Severe Crush Injuries in Austere Environments: A Special Operations Perspective. *J Spec Oper Med*. 2022 May **31**;**22**(2): 43–7. <https://doi.org/10.55460/2Y7A-IGK7/>
21. Krost WS, Mistovich JJ, Limmer DD. Beyond the basics: crush injuries and compartment syndrome. *EMS Mag*. 2008 Feb;**37**(2):67–71; quiz 72-3. PMID: 18320859.
22. Long B, Liang SY, Gottlieb M. Crush injury and syndrome: A review for emergency clinicians. *Am J Emergency Medicine*. 2023;**69**:180–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2023.04.029>.
23. Fattah H, Layton A, Vallon V. How Do Kidneys Adapt to a Deficit or Loss in Nephron Number? *Physiology (Bethesda)*. 2019 May **1**;**34**(3):189–97. <https://doi.org/10.1152/physiol.00052.2018>.
24. Venkatachalam MA, Griffin KA, Lan R, Geng H, Saikumar P, Bidani AK. Acute kidney injury: a springboard for progression in chronic kidney disease. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2010;**298**(5):1078–94. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00017.2010>.
25. Long B, Koyfman A, Gottlieb M. Evaluation and Management of Acute Compartment Syndrome in the emergency department. *J Emerg Med*. 2019 Apr;**56**(4):386–97. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2018.12.021>.
26. Long B, Liang SY, Gottlieb M. Crush injury and syndrome: A review for emergency clinicians. *Am J Emergency Medicine*. 2023;**69**:180–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2023.04.029>.
27. ACR practice guideline for the performance of an ultrasound examination of the abdomen and/or retro-peritoneum (in collaboration with the American Institute of Ultrasound in Medicine AIUM).
28. Avramovski P, Ilkovska B, Nikleski Z, Avramovska M, Sikole A. Which better determines the renal function and glomerular filtration rate: renal parenchymal thickness or renal resistive index? *Saudi J Kidney Dis Transpl*. 2021; **32**(3):754–62. <https://doi.org/10.4103/1319-2442.336771>.
29. Venkatachalam MA, Griffi KA, Lan R., et al. Acute kidney injury: a springboard for progression in chronic kidney disease. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2010;**298**(5):1078–94. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00017.2010>
30. Beland MD, Walle NL, Machan JT, Cronan JJ. Renal cortical thickness measured at ultrasound: is it better than renal length as an indicator of renal function in chronic kidney disease? *AJR Am J Roentgenol*. 2010;**195**(2):146–9. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.4104>.
31. Meola M, Samoni S, Petrucci I. Imaging in chronic kidney disease. *Contrib Nephrol*. 2016;**188**:69–80. doi: <https://doi.org/1159/000445469>.
32. Lerolle N, Guérot E, Faisy C, Bornstain C, Diehl JL, Fagon JY. Renal failure in septic shock: Predictive value of Doppler-based renal arterial resistive index. *Intensive Care Med*. 2006;**32**(10):1553–9. <https://doi.org/10.1007/s00134-006-0360-x>.
33. Bude RO, Rubin JM. Relationship between the resistive index and vascular compliance and resistance. *Radiology*. 1999;**211**(2):411–7. <https://doi.org/10.1148/radiology.211.2.r99ma48411>.
34. Petrucci I, Clementi A, Sessa C, Torrisi I, Meola M. Ultrasound and color Doppler applications in chronic kidney disease. *J Nephrol*. 2018;**31**(6):863–79. <https://doi.org/10.1007/s40620-018-0531-1>.
35. Sugiura T, Wada A. Resistive index predicts renal prognosis in chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*. 2009;**24**(9):2780–5. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfp121>.
36. Liu C, Wang X. Clinical utility of ultrasonographic evaluation in acute kidney injury. *Transl Androl Urol*. 2020; **9**(3):1345–55. <https://doi.org/10.21037/tau-20-831>.
37. Lee S, Kang M, Byeon K, Lee SE, Lee IH, Kim YA., et al. Machine learning-aided chronic kidney disease diagnosis based on ultrasound imaging integrated with computer-extracted measurable features. *J Digit Imaging*. 2022;**35**(5):1091–100. <https://doi.org/10.1007/s10278-022-00625-8>.
38. Brisbane W, Bailey MR, Sorensen MD. An overview of kidney stone imaging techniques. *Nat Rev Urol*. 2016; **13**(11):654–62. <https://doi.org/10.1038/nrurol.2016.154>.
39. Poggio ED, Wang X, Greene T, Van Lente F, Hall PM. Performance of the modification of diet in renal disease and Cockcroft–Gault equations in the estimation of GFR in health and in chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol*. 2005;**16**(2):459–66. <https://doi.org/10.1681/ASN.2004060447>.
40. Halleck F, Diederichs G, Koehlitz T, Slowinski T, Engelen F, Liefeldt L, et al. Volume matters: CT-based renal cortex volume measurement in the evaluation of living kidney donors. *Transplant Int*. 2013;**26**(12):1208–16. <https://doi.org/10.1111/tri.12195>.
41. Patankar K, Low RS, Blakeway D, Ferrari P. Comparison of computer tomographic volumetry versus nuclear split renal function to determine residual renal function after living kidney donation. *Acta Radiol*. 2013;**55**(6):753–60. <https://doi.org/10.1177/0284185113504195>
42. Wahba R, Franke M, Hellmich M, Kleinert R, Cingöz T, Schmidt MC., et al. Computed tomography volumetry in preoperative living kidney donor assessment for prediction of split renal function. *Transplantation*. 2016;**100**(6): 1270–7. <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000000889>.
43. Mitsui Y, Sadahira T, Araki M, Wada K, Tanimoto R, Ariyoshi Y., et al. The assessment of renal cortex and parenchymal volume using automated CT volumetry for predicting renal function after donor nephrectomy. *Clin Exper Nephrol*. 2018;**22**(2):453–8. <https://doi.org/10.1007/s10157-017-1454-1>.
44. Zheng MM, Zhu YC, Shang LM, Du CK, Zhang L, Sun W., et al. Use of CT-based renal volumetry for the measurement of split renal function: a split glomerular filtration rate prediction model based on unilateral renal volume parameters. *Clin Radiol*. 2022;**77**(10):759–66. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.023>.
45. Xie Y, Xu M, Chen Y, Zhu X, Ju S, Li Y. The predictive value of renal parenchymal information for renal function

- impairment in patients with ADPKD: a multicenter prospective study. *Abdom Radiol (NY)*. 2022;**47**(8):2845–57. <https://doi.org/10.1007/s00261-022-03554-w>.
46. Shi W, Liang X, Wu N, Zhang H, Yuan X, Tan Y. Assessment of split renal function using a combination of contrast-enhanced ct and serum creatinine values for glomerular filtration rate estimation. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;**215**(1):142–7. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.22125>.
47. Cox EF, Buchanan CE, Bradley CR, Prestwich B, Mahmoud H, Taal M, et al. Multiparametric renal magnetic resonance imaging: Validation, interventions, and alterations in chronic kidney disease. *Front Physiol*. 2017;**14**:8:696. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00696>.
48. Xie L, Cianciolo RE, Hulette B, Lee HW, Qi Y, Cofer G, Johnson GA. Magnetic resonance histology of age-related nephropathy in the Sprague Dawley rat. *Toxicol Pathol*. 2012;**40**(5):764–78. <https://doi.org/10.1177/0192623312441408>.
49. Johnson GA, Cofer GP, Fubara B, Gewalt SL, Hedlund LW, Maronpot RR. Magnetic resonance histology for morphologic phenotyping. *J Magn Reson Imaging*. 2002;**16**(4):423–9. <https://doi.org/10.1002/jmri.10175>.
50. Bailey DL, Townsend DV, Wolf PE, Maisie MN. Positron emission tomography: basic sciences. Secaucus, New Jersey: Springer-Verlag. 2005. 382 p.
51. Hofman M, Binns D, Johnston V, Siva S, Thompson M, Eu P, Collins M, Hicks RJ. 68GaEDTA PET/CT imaging and plasma clearance for glomerular filtration rate quantification: comparison to conventional 51Cr-EDTA. *J Nucl Med*. 2015;**56**(3):405–50. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.147843>.
52. Kersting D, Sraieb M, Seifert R., et al. First experiences with dynamic renal [68Ga] Ga-DOTA PET/CT: a comparison to renal scintigraphy and compartmental modelling to non-invasively estimate the glomerular filtration rate. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2022;**49**(10):3373–86. <https://doi.org/10.1007/s00259-022-05781-1>.
53. Кундін ВЮ. Динамічна реносцинтиграфія в нефрологічній практиці. Актуальні проблеми нефрології : зб. наук. пр. Київ, 2003. Вип. 8:64–71. ISSN 1027-3204.
54. Коваль ГЮ, Мечев ДС, Сиваченко ТП, та ін. Променева діагностика: [в 2 т.] / за ред. ГЮ Коваль. Київ: Медицина України, 2009. Т. 1. 832 с.
55. Piepsz A. Radionuclide studies in paediatric nephro-urology. *Eur J Radiol*. 2002;**43**:146–53. [https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(02\)00111-0](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(02)00111-0).
56. Zheng Q, Furth SL, Tasian GE, Fan Y. Computer-aided diagnosis of congenital abnormalities of the kidney and urinary tract in children based on ultrasound imaging data by integrating texture image features and deep transfer learning image features. *J Pediatr Urol*. 2019;**15**(1):75.e1–75.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2018.10.020>
57. Dhruv B, Mittal N, Modi M. Artificial intelligence optimized imag segmentation techniques for renal cyst detection. *J Med Eng Technol*. 2022;**46**(5):415–23. <https://doi.org/10.1080/03091902.2022.2080882>.

■ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

КАЛЬЧУК Роман Дмитрович, керівник Військово-медичного клінічного центру Південного регіону. Полковник медичної служби. 2/2, Пироговська вулиця, м. Одеса, 65000, Україна. E-mail: kalchukroman1972@gmail.com. ORCID:<https://orcid.org/0009-0001-6485-0456>

УХАЛЬ Михайло Іванович, професор кафедри загальної, дитячої та військової хірургії з курсом урології та офтальмології Одеський Національний медичний університет. Д-р мед. наук, професор. 2, пров. Валіховського, м. Одеса, 65026, Україна. E-mail: michaelukhal@ukr.net. ORCID iD: 0000-0001-5356-8984

СЕМАНІВ Олег Мирославович, асистент кафедри загальної, дитячої та військової хірургії з курсом урології Національного університету охорони здоров'я. Канд. мед. наук. 2, пров. Валіховського, м. Одеса. 65026, Україна. E-mail: somik197819@gmail.com. ORCID iD: 0000-0001-9395-4089

KALCHUK Roman, Head of the Military Medical Clinical Center of the Southern Region. Colonel of the Medical Service. 2/2, Pirogovska Street, Odessa, 65000, Ukraine. E-mail: kalchukroman1972@gmail.com. ORCID:<https://orcid.org/0009-0001-6485-0456>

UKHAL Michael, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Urology of Nephrology National Healthcare University of Ukraine. Doctor of Medical Sciences, professor. 2, Valikhovsky Lane, Odessa. 65026, Ukraine. E-mail: michaelukhal@ukr.net. ORCID iD: 0000-0001-5356-8984

SEMANIV Oleg, Assystem of the Department of Urology of Nephrology. Candidate of Medical Sciences. 2, Valikhovsky Lane, Odessa. 65026, Ukraine. E-mail: somik197819@gmail.com. ORCID iD: 0000-0001-9395-4089

■ КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ / CORRESPONDENCE TO

УХАЛЬ Михайло Іванович: 2, пров. Валіховського, м. Одеса. 65026, Україна. Тел. +38 050 3365349; E-mail: michaelukhal@ukr.net.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
15.05.2026

Отримано після рецензування
Received after review
25.05.2026

Прийнято до друку
Accepted for printing
28.07.2026