

Красюк І.В.¹ , Гриднєв А.А.¹ , Пилипенко Є.В.² 

¹Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

²ДУ «Інститут урології імені академіка О.Ф. Возіанова» НАМН України, м. Київ, Україна

Сучасний погляд на профілактику та метафілактику сечокам'яної хвороби

For citation: *Kidneys*. 2025;14(2):161-167. doi: 10.22141/2307-1257.14.2.2025.515

Резюме. Сечокам'яна хвороба (СКХ) — поширене мультифакторіальне захворювання сечовидільної системи з високою частотою рецидивів. У статті розглянуто сучасні підходи до профілактики та метафілактики СКХ. Первинна профілактика базується на корекції способу життя: адекватній гідратації, дієтичних рекомендаціях, зниженні споживання натрію, білка та оксалатів. Метафілактика — це індивідуалізована стратегія, що враховує склад каменя, метаболічні порушення та супутні захворювання. Огляд також включає нові напрями досліджень: роль мікробіоти, генетичних факторів, цифрових технологій та ШІ. Підкреслюється потреба в мультидисциплінарному підході та тривалому супроводі пацієнтів для зменшення ризику рецидивів та ускладнень.

Ключові слова: сечокам'яна хвороба; уролітіаз; профілактика; метафілактика; рецидив; гіперкальціурія; гіпероксалурія; уратні камені; цитрат; дієта; гідратація; кишкова мікробіота; генетика; штучний інтелект; персоналізована медицина

Сечокам'яна хвороба (СКХ), або уролітіаз, є однією з найбільш поширених патологій сечової системи, яка має суттєве медичне, соціальне та економічне значення. Згідно з епідеміологічними даними останніх років, поширеність уролітіазу становить від 10 до 15 % серед дорослого населення в розвинених країнах, а у деяких географічних регіонах сягає 20 % [1]. У зв'язку зі зміною характеру харчування, збільшенням тривалості життя, глобальними кліматичними змінами та зростанням частоти метаболічного синдрому очікується подальше підвищення поширеності СКХ у найближчі десятиліття.

СКХ характеризується утворенням каменів у сечовивідних шляхах, що супроводжується рецидивуючим перебігом, болем, обструкцією, ризиком інфекцій сечових шляхів, розвитком гідронефрозу та, у низці випадків, розвитком хронічної хвороби нирок. За даними сучасних джерел, упродовж 5 років після першого епізоду СКХ у 30–50 % пацієнтів виникає рецидив [2]. Саме ця схильність до повторного нефролітіазу зумовлює потребу в довгостроковому моніторингу та впровадженні системних підходів до первинної профілактики та метафілактики захворювання.

Актуальність проблеми також полягає в тому, що СКХ рідко обмежується лише локальними змінами в сечовій системі — вона тісно пов'язана з низкою системних захворювань обміну речовин, таких як подагра, ожиріння, цукровий діабет 2-го типу, метаболічний синдром, артеріальна гіпертензія. Наявність уролітіазу, особливо у поєднанні з цими патологіями, значно підвищує ризик розвитку ниркової недостатності [3]. Таким чином, ефективна профілактика СКХ може зменшити загальне навантаження на систему охорони здоров'я та зменшити економічний тягар.

Профілактика сечокам'яної хвороби включає зміну способу життя, зокрема нормалізацію харчування, збільшення споживання рідини, обмеження споживання солі, білків та щавлевої кислоти, корекцію супутніх метаболічних порушень. Метафілактика ж передбачає індивідуалізовані заходи, які базуються на результатах метаболічного обстеження, складі сечових каменів та 24-годинному аналізі сечі. В умовах доказової медицини ці підходи отримали значну підтримку в рекомендаціях провідних міжнародних організацій, як-от Європейська асоціація урологів (EAU) та Американська урологічна асоціація (AUA) [4, 5].

© 2025. 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: Красюк І.В., к.мед.н., доцент, завідувачка кафедри нефрології та урології, Інститут післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: krasiukiv@gmail.com

For correspondence: Irina V. Krasiuk, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Nephrology and Urology, Institute of Postgraduate Education, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: krasiukiv@gmail.com

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

Однак, попри наявність детальних рекомендацій, практика показує, що значна частина пацієнтів не отримує належної профілактичної допомоги після епізоду нефролітіазу. У багатьох випадках лікування обмежується лише хірургічним втручанням без подальшого з'ясування причин нефролітіазу та призначення відповідної метафілактики. Це призводить до високої частоти рецидивів і ускладнень. З огляду на це одним із ключових завдань сучасної урології є підвищення рівня обізнаності лікарів та пацієнтів щодо можливостей і доцільності метафілактичного підходу до лікування уролітіазу.

Крім того, у фокусі сучасних досліджень перебувають нові методи профілактики, що включають фармакологічну корекцію мікроелементного обміну, модифікацію кишкової мікробіоти, використання інгібіторів кристалізації, дослідження генетичних предикторів СКХ, а також застосування алгоритмів штучного інтелекту для персоналізованого прогнозування рецидивів [6, 7]. Таким чином, огляд сучасної літератури щодо профілактики та метафілактики СКХ є не лише науково обґрунтованим, а й практично значущим кроком до оптимізації медичної допомоги пацієнтам з уролітіазом.

Метою цієї роботи є систематизація сучасних уявлень про етіопатогенез СКХ, оцінка ефективності існуючих профілактичних та метафілактичних стратегій, а також окреслення перспективних напрямів подальших досліджень у цій сфері.

Етіологія та патогенез сечокам'яної хвороби

СКХ є мультифакторіальним захворюванням, яке розвивається внаслідок складної взаємодії генетичних, метаболічних, дієтичних, екологічних та анатомічних факторів. Формування каменів у сечовивідній системі відбувається через порушення балансу між речовинами, які утворюють кристали (оксалати, кальцій, сечова кислота тощо), та тими, що інгібують кристалізацію (цитрати, магній, глікозаміноглікани) [8–11].

Патогенетично ключовим моментом є перенасичення сечі літогенними солями, що сприяє нуклеації, росту та агрегації кристалів, які згодом перетворюються на камені. Це перенасичення може бути зумовлене як станами, які збільшують виведення речовин, що утворюють камені (гіпероксалурія, гіперкальціурія, гіперурикозурія), так і зниженням об'єму сечі (через недостатню гідратацію або підвищене потовиділення), що збільшує концентрацію солей у сечі [8–11].

Один з важливих етіологічних факторів — це гіперкальціурія, яка найчастіше має ідіопатичний характер. Вона виявляється у понад 50 % пацієнтів із кальцієвими каменями і пов'язана як з підвищеним всмоктуванням кальцію в кишечнику, так і з порушенням реабсорбції кальцію в ниркових каналцях. Не менш значущим є гіпероксалурія, яка може мати первинний (генетичний) або вторинний характер (зумовлений, наприклад, порушенням кишкового всмоктування або надмірним споживанням щавлевої кислоти) [8–11].

Важливою формою СКХ є уратний уролітіаз, що розвивається в умовах кислої реакції сечі ($\text{pH} < 5,5$) та високої концентрації сечової кислоти. Цей тип каменів часто спостерігається у пацієнтів із метаболічним синдромом, подагрою та ожирінням. Вони мають високу схильність до рецидиву, однак можуть бути ефективно профілактиковані завдяки алкалізації сечі [12].

Цистинові камені, хоча й рідкісні, також заслуговують на увагу у патогенезі. Вони виникають унаслідок генетичного дефекту — цистинурії, що спричиняє надлишкове виведення цистину, погано розчинної амінокислоти. Водночас інфекційні камені (наприклад, струвитні) утворюються в умовах лужної сечі при хронічних інфекціях сечової системи, що супроводжуються уреаз-продукуючими бактеріями, зокрема *Proteus mirabilis*, *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp. [13].

Останніми роками в патогенезі СКХ активно досліджується роль мікробіому кишечника та сечових шляхів. Доведено, що певні бактерії, наприклад *Oxalobacter formigenes*, сприяють деградації оксалату в кишечнику, знижуючи його системне надходження і, відповідно, ризик утворення оксалатних каменів. Втрата колонізації такими мікроорганізмами після антибіотикотерапії асоціюється з вищим ризиком гіпероксалурії та рецидивів СКХ.

Генетичні фактори також відіграють дедалі помітнішу роль у розумінні патогенезу. Ідентифіковано понад 30 генів, асоційованих з підвищеним ризиком розвитку СКХ, серед яких CLDN14, SLC26A1, SLC3A1, ALPL. Генетичні порушення можуть впливати як на транспорт електrolітів у нирках, так і на здатність організму продукувати або руйнувати кристалоінгібітори [14].

До екзогенних факторів, що сприяють розвитку СКХ, належать:

- низьке споживання рідини (основний фактор ризику);
- надлишок тваринного білка в раціоні;
- надмірне вживання кухонної солі;
- дефіцит цитратів та магнію в сечі;
- низька фізична активність;
- тривале перебування у спекотному кліматі.

Отже, етіопатогенез СКХ — це складний механізм порушень, у якому перехресноються метаболічні, інфекційні, анатомічні та поведінкові фактори. Саме тому ефективна профілактика та метафілактика уролітіазу потребує комплексного, персоналізованого підходу, який передбачає не лише лікування конкретного епізоду, але й глибоке розуміння індивідуальних патофізіологічних механізмів у кожного пацієнта.

Профілактика сечокам'яної хвороби

Профілактика сечокам'яної хвороби є ключовим елементом у зменшенні її поширеності, зниженні частоти рецидивів та мінімізації ускладнень. Враховуючи поліетіологічний характер уролітіазу, профілактичні заходи повинні бути багатокомпонентними, охоплювати як модифікацію способу життя, так і усунення метаболічних порушень. Основу сучасної профілактики становлять немедикаментозні втручання, серед яких

особливу роль відіграють корекція гідратації, дієтичні рекомендації та модифікація факторів ризику.

Одним з найефективніших і водночас найпростіших методів профілактики є підвищення добового споживання рідини. Достатня гідратація призводить до збільшення об'єму сечі, що зменшує її літогенність шляхом зниження концентрації каменеутворюючих солей. За рекомендаціями Європейської асоціації урологів (EAU, 2024), пацієнтам зі СКХ слід підтримувати діурез на рівні не менше 2–2,5 літра на добу. Результати багатоцентрових досліджень підтверджують, що високе споживання рідини асоціюється зі зменшенням ризику рецидиву на 40–50 % [15]. Особливу увагу слід звертати на якість рідини: перевагу слід надавати воді, тоді як вживання солодких газованих напоїв, особливо з високим вмістом фруктози, значно підвищує ризик каменеутворення.

Дієта є другим наріжним каменем профілактики. Вона має бути адаптованою до типу каменів, що виявлені або очікуються на підставі метаболічного аналізу. При кальцієвих каменях важливим є помірне, а не жорстке обмеження кальцію в раціоні. Низьке споживання кальцію сприяє підвищенню абсорбції оксалату в кишечнику, що, у свою чергу, підвищує ризик оксалатного уrolітіазу. Оптимальним вважається споживання кальцію на рівні 1000–1200 мг/добу з їжею [16].

Також доведена профілактична цінність обмеження тваринного білка, особливо червоного м'яса, яке підвищує екскрецію кальцію, сечової кислоти та знижує рівень цитрату в сечі. Надмірне споживання кухонної солі також є потужним літогенним фактором: натрій сприяє втраті кальцію із сечею, тож рекомендоване обмеження натрію до < 2 г/добу. Продукти з високим вмістом оксалату (шпинат, ревіль, буряк, шоколад, горіхи) слід обмежувати, особливо пацієнтам з гіпероксалурією [17].

Підвищення рівня цитрату в сечі, який діє як природний інгібітор кристалізації, також визнане важливим профілактичним заходом. Збільшення споживання цитрусових соків (особливо лимонного) може підвищувати цитратурію. У деяких випадках доцільне медикаментозне призначення калію цитрату, що також сприяє алкалізації сечі — особливо ефективно при уратних та цистинових каменях [18].

У пацієнтів із рецидивуючим уратним уrolітіазом профілактика включає алкалізацію сечі (цільовий рН — 6,0–6,5) за допомогою натрію бікарбонату або калію цитрату. Це значно поліпшує розчинність сечової кислоти та знижує ризик кристалізації [19]. У певних випадках також застосовуються інгібітори ксантиноксидази (наприклад, алопуринол) у пацієнтів з гіперурикозурією та/або подагрою.

Окрему нішу в профілактиці займає модифікація способу життя: підвищення рівня фізичної активності, зниження маси тіла при наявності ожиріння, контроль рівня глюкози та артеріального тиску. СКХ все частіше асоціюється з компонентами метаболічного синдрому, тож профілактичні заходи мають враховувати ці коморбідності [20].

З огляду на вищесказане, сучасна концепція профілактики СКХ базується на поєднанні універсальних (загальних для всіх пацієнтів) та індивідуалізованих (залежно від типу каменя, біохімічних показників та супутньої патології) заходів. Результати багатоцентрових рандомізованих досліджень підтверджують ефективність такого підходу у зниженні частоти рецидивів, а відповідність пацієнтів рекомендаціям залишається ключовою детермінантою успіху.

Метафілактика сечокам'яної хвороби

Метафілактика сечокам'яної хвороби — це сукупність заходів, спрямованих на запобігання рецидивам у пацієнтів, які вже перенесли хоча б один епізод каменеутворення. На відміну від загальної профілактики, що орієнтована на первинне запобігання, метафілактика базується на результатах індивідуального обстеження, аналізі складу каменя, метаболічних характеристиках пацієнта та наявності супутніх захворювань. Її мета — мінімізувати ризик повторного формування каменів шляхом впливу на основні патогенетичні механізми у конкретного пацієнта.

Першим кроком у плануванні метафілактики є аналіз складу каменя (на основі інфрачервоної спектроскопії або рентгендіфракційного методу). Це дає змогу визначити тип солей (кальцій-оксалати, кальцій-фосфати, сечова кислота, струвіти, цистин) та припустити можливі метаболічні порушення. Далі проводиться 24-годинний аналіз сечі, який дає змогу оцінити об'єм сечі, рівні кальцію, оксалату, цитрату, магнію, сечової кислоти, рН та натрію. За наявності значущих відхилень призначається цілеспрямована терапія [21].

У пацієнтів із гіперкальціурією доцільне призначення тіазидоподібних діуретиків (гідрохлортіазид, індапамід), які знижують екскрецію кальцію із сечею. Терапія ефективна лише за дотримання обмеження солі в дієті, інакше її ефективність знижується. Крім того, рекомендується нормальне надходження кальцію з їжею (не менше 1000 мг/добу), адже обмеження кальцію в дієті може парадоксально збільшувати ризик рецидиву через зростання абсорбції оксалату.

У випадку гіпероксалурії, яка може бути первинною або вторинною, ключовими метафілактичними заходами є обмеження продуктів, багатих на шавлеву кислоту, вживання кальцію з їжею (для зв'язування оксалату в кишечнику) та, за потреби, призначення препаратів кальцію у вигляді харчової добавки.

Пацієнтам із гіпоцитратурією рекомендовано збільшити вживання цитрусових продуктів, а також застосування калію цитрату — як перорально, так і у вигляді гранул або таблеток із повільним вивільненням. Цитрат є природним інгібітором кристалізації кальцієвих солей, а також алкалізуючим агентом, що має особливе значення для профілактики уратного і цистинового каменеутворення [22].

Гіперурикозурія — ще один значущий фактор у патогенезі СКХ, особливо при сечокислих каменях. У таких випадках застосовуються алопуринол або фебуксостат — препарати, що знижують утворення сечової

кислоти. Обов'язковим компонентом метафілактики уратного уролітіазу є підтримання рН сечі в межах 6,2–6,8 за допомогою цитратів або бікарбонату натрію. Регулярний моніторинг рН сечі є необхідною умовою успішного лікування [23].

Струвितні камені виникають на фоні хронічних інфекцій сечових шляхів, що спричинені уреазопродуючими бактеріями. Профілактика рецидивів включає повноцінне лікування інфекції, санацію сечових шляхів та, за потреби, призначення інгібіторів уреаз (ацетогідроксамова кислота). Однак найважливішим є повне видалення каменів, оскільки залишки сприяють постійній колонізації та рецидивам [24].

При цистинурії, рідкісному спадковому стані, до профілактики входять агресивна гідратація (цільовий діурез > 3 л/добу), лужна реакція сечі (рН > 7,0) та, за потреби, призначення тіолсульфаніламідних препаратів (пеніциламін, тіопронін), які зв'язують цистин у розчинну форму.

Крім медикаментозної терапії, важливим компонентом метафілактики є освітня робота з пацієнтом. Регулярний моніторинг показників сечі, контроль гідратації, дотримання дієти та самостійне вимірювання рН — усе це підвищує прихильність до лікування та зменшує ризик рецидивів [25, 26]. Пацієнтам рекомендується ведення щоденника питного режиму, що допомагає контролювати добовий діурез.

Нові підходи до метафілактики також включають застосування цифрових технологій. Наприклад, мобільні додатки, які нагадують про необхідність пити воду або контролювати рН сечі, демонструють позитивні результати у підвищенні прихильності до профілактичних заходів [27].

З огляду на це ефективна метафілактика СКХ — це персоналізована, науково обґрунтована та динамічна стратегія, що базується на даних клінічної, лабораторної та біохімічної оцінки пацієнта. Її успішність залежить не лише від правильно підібраної терапії, а й від активної участі пацієнта у процесі тривалого спостереження та контролю.

Сучасні дослідження та перспективи

Попри значний прогрес у розумінні механізмів каменеутворення та наявність доказових рекомендацій щодо профілактики й метафілактики СКХ, рівень рецидивів залишається високим, а прихильність пацієнтів до тривалих профілактичних заходів — недостатньою. Це зумовлює зростаючий інтерес дослідників до вивчення нових патофізіологічних ланок, біомаркерів, генетичних факторів та застосування інноваційних технологій для поліпшення результатів ведення пацієнтів із уролітіазом.

Один із найперспективніших напрямів — дослідження мікробіоти кишечника та сечової системи. Останні дані свідчать про тісний зв'язок між кишковим дисбіозом та ризиком розвитку оксалатних каменів. Наприклад, *Oxalobacter formigenes* — облигатний анаероб, який метаболізує оксалат у кишечнику — вважається захисним фактором. Його зникнення після

антибіотикотерапії асоціюється з підвищенням рівня оксалату в сечі та зростанням ризику СКХ. У клінічних дослідженнях вивчається потенціал пробіотичних препаратів, які містять оксалат-метаболізуючі штами, а також перспективи трансплантації мікробіоти при рецидивуючому уролітіазі [28].

Значну увагу приділено генетичній схильності до СКХ. Сучасні геномні дослідження (GWAS) дали змогу ідентифікувати низку генетичних варіантів, асоційованих із ризиком каменеутворення — зокрема CLDN14, SLC34A1, SLC26A1, ALPL, які регулюють транспорт кальцію, фосфатів та інших іонів у ниркових каналах [29]. Індивідуальна генетична схильність може зумовлювати відмінності у відповіді на профілактичні втручання, тому майбутні стратегії можуть включати персоналізовану метафілактику на основі генетичного профілю пацієнта.

Також триває пошук нових біомаркерів, які дали б змогу оцінювати ризик рецидивів, ефективність терапії та активність каменеутворення. До потенційних маркерів входять рівень інгібіторів кристалізації (наприклад, нефрокальцину, уропонтину), білки теплового шоку, показники окисного стресу та запалення [30]. Розробка доступних панелей біомаркерів дозволить на ранніх етапах ідентифікувати пацієнтів із високим ризиком рецидиву та адаптувати профілактичну стратегію.

У фокусі сучасних досліджень перебувають і цифрові інструменти, зокрема мобільні застосунки, які допомагають пацієнтам відстежувати рівень гідратації, нагадують про прийом ліків або вимірювання рН сечі. Наприклад, в рамках пілотного проєкту у Великій Британії пацієнти з СКХ, які користувалися мобільним додатком з персоналізованими порадами щодо профілактики, мали на 35 % менше рецидивів протягом року спостереження [31].

Одним із нових напрямів є використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для прогнозування рецидивів та оптимізації метафілактики. Моделі на основі багатофакторного аналізу (вік, стать, склад каменя, рН сечі, біохімічні показники, генетичні дані) демонструють високу точність у визначенні пацієнтів з підвищеним ризиком повторного каменеутворення [32, 33]. Такі алгоритми можуть використовуватись як у клінічній практиці, так і у віддаленому моніторингу пацієнтів.

Ще одним перспективним напрямом є дослідження нових фармакологічних агентів, зокрема інгібіторів кристалізації (наприклад, імітаторів глікопротеїнів, що пригнічують нуклеацію), нових форм цитратів із поліпшеною біодоступністю, а також сполук, що впливають на транспорт оксалату в кишечнику. У стадії доклінічного вивчення перебувають також препарати, які впливають на регуляцію кальцієвого гомеостазу через білки сімейства TRPV.

Інтерес викликають і альтернативні підходи, зокрема фітотерапія. Деякі рослинні препарати, наприклад екстракти *Phyllanthus niruri*, *Orthosiphon stamineus*, продемонстрували позитивний вплив на інгібування кристалізації в експериментальних моделях. Однак для

широкого впровадження в клінічну практику бракує високоякісних рандомізованих досліджень.

Успішність профілактики та метафілактики також тісно пов'язана з розвитком інтердисциплінарних програм, які об'єднують урологів, нефрологів, дієтологів, лікарів загальної практики. Такий підхід дає змогу не лише поліпшити контроль над СКХ, але й оптимізувати лікування супутніх станів — ожиріння, діабету, подагри, метаболічного синдрому.

Як наслідок, сучасні дослідження свідчать про поступовий перехід від універсальних рекомендацій до індивідуалізованої, біоінформатично обґрунтованої профілактики, що враховує не лише біохімічні показники, а й мікробіом, генетику, поведінкові фактори та цифрову підтримку пацієнта. Найближчими роками очікується впровадження нових технологій, що можуть кардинально змінити парадигму ведення хворих з уролітіазом, перетворивши цю нібито «звичну» патологію на керований хронічний стан з мінімальним ризиком рецидиву.

Висновки

Сечокам'яна хвороба залишається однією з найбільш поширених і рецидивуючих патологій урологічної практики. Її багатофакторна етіологія та складний патогенез зумовлюють необхідність комплексного, персоналізованого підходу до профілактики та метафілактики. Проведений огляд літератури дає змогу дійти низки висновків, що мають як клінічне, так і стратегічне значення для подальшого розвитку профілактичної урології.

По-перше, ефективна первинна профілактика СКХ ґрунтується на базових, але водночас високоефективних заходах: оптимальній гідратації, збалансованому харчуванні, зменшенні споживання натрію, білка та продуктів, багатих на оксалати, а також збільшенні споживання природних інгібіторів кристалізації (цитратів, калію, магнію). Ці втручання мають бути частиною загальної культури здорового способу життя та впроваджуватись навіть у пацієнтів із незначними проявами сечокам'яної хвороби.

По-друге, метафілактика СКХ вимагає чіткої стратифікації пацієнтів за типом каменя, метаболічним профілем, частотою рецидивів та супутніми захворюваннями. Використання даних 24-годинного аналізу сечі, оцінка складу каменя та виявлення метаболічних порушень дають змогу цілеспрямовано застосовувати фармакотерапію (тіазиди, цитрати, алопуринол тощо) та формувати персоналізовані рекомендації. Акцент має бути зроблений на прихильність до терапії та динамічний моніторинг результатів.

По-третє, сучасна наука відкриває нові горизонти у профілактиці та метафілактиці уролітіазу. Дослідження мікробіоти кишечника та сечових шляхів, генетичної схильності, впливу харчових патернів, застосування штучного інтелекту та цифрових технологій створюють передумови для революції в індивідуалізованій профілактиці. І хоча частина цих підходів ще перебуває у стадії досліджень, вже зараз вони формують майбутню парадигму ведення пацієнтів із СКХ.

Водночас слід зазначити, що попри стрімкий прогрес у вивченні патогенезу та профілактики уролітіазу, значна частина сучасних досліджень має обмежену доказову базу. Переважають невеликі когортні або ретроспективні спостереження, що не завжди дають змогу зробити узагальнення для широкої клінічної практики. Наразі бракує великих багатоцентрових рандомізованих досліджень з довгостроковим наглядом, які дозволили б об'єктивно оцінити ефективність індивідуалізованої профілактики в різних групах пацієнтів. Ця прогалина у знаннях є серйозним викликом для формування стійких рекомендацій на рівні міжнародних установ.

У підсумку, ефективна профілактика та метафілактика сечокам'яної хвороби має бути багаторівневою, персоналізованою, інтегрованою в довготривалу взаємодію лікаря та пацієнта. Вона повинна ґрунтуватись на сучасних доказах, активно використовувати потенціал міждисциплінарного підходу та враховувати не лише біохімічні, а й поведінкові, генетичні та соціальні фактори. Такий підхід дозволить не лише знизити тягар СКХ, а й поліпшити загальне здоров'я та якість життя пацієнтів.

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

Інформація про фінансування. Стаття є фрагментом науково-дослідницької роботи аспіранта кафедри нефрології та урології ІПО НМУ імені О.О. Богомольця та ДУ «Інститут урології імені академіка О.Ф. Возіанова» НАМН України за темою «Розробка інструментів прогнозування перебігу нефролітіазу з урахуванням стану кишкового мікробіому» в рамках дисертаційного дослідження, що проводиться на кафедрі нефрології та урології ІПО НМУ імені О.О. Богомольця.

Внесок авторів. Красюк І.В. — збір та аналіз інформації, написання статті, пошук та опрацювання фахової літератури за темою, підготовка рукопису до друку; Гриднєв А.А. — пошук та опрацювання фахової літератури за темою, підготовка рукопису до друку; Пилипенко Є.В. — збір та аналіз інформації.

References

1. Khalili P, Jamali Z, Sadeghi T, et al. Risk factors of kidney stone disease: a cross-sectional study in the southeast of Iran. *BMC Urol.* 2021 Oct 8;21(1):141. doi: 10.1186/s12894-021-00905-5.
2. Worcester EM, Coe FL. Clinical practice. Calcium kidney stones. *N Engl J Med.* 2010 Sep 2;363(10):954-963. doi: 10.1056/NEJMcpr1001011.
3. Khan SR, Canales BK, Dominguez-Gutierrez PR. Randall's plaque and calcium oxalate stone formation: role for immunity and inflammation. *Nat Rev Nephrol.* 2021 Jun;17(6):417-433. doi: 10.1038/s41581-020-00392-1.
4. European Association of Urology (EAU). EAU Guidelines on Urolithiasis. Available from: <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis>.
5. Monga M, Murphy M, Paranjpe R, Cutone B, Eisner B. Prevalence of Stone Disease and Procedure Trends in the United States. *Urology.* 2023 Jun;176:63-68. doi: 10.1016/j.urol.2023.03.040.

6. Peerapen P, Thongboonkerd V. Kidney stone prevention. *Adv Nutr*. 2023 May;14(3):555-569. doi: 10.1016/j.advnut.2023.03.002.
7. Lee MR, Ke HL, Huang JC, Huang SP, Geng JH. Obesity-related indices and its association with kidney stone disease: a cross-sectional and longitudinal cohort study. *Urolithiasis*. 2022 Feb;50(1):55-63. doi: 10.1007/s00240-021-01288-w.
8. Ermer T, Nazzari L, Tio MC, Waikar S, Aronson PS, Knauf F. Oxalate homeostasis. *Nat Rev Nephrol*. 2023 Feb;19(2):123-138. doi: 10.1038/s41581-022-00643-3.
9. Recker P, Beck BB, Sikora P, et al. Chronic liver disease and hepatic calcium-oxalate deposition in patients with primary hyperoxaluria type I. *Sci Rep*. 2022 Oct 6;12(1):16725. doi: 10.1038/s41598-022-19584-9.
10. Crivelli JJ, Mitchell T, Knight J, et al. Contribution of Dietary Oxalate and Oxalate Precursors to Urinary Oxalate Excretion. *Nutrients*. 2020 Dec 28;13(1):62. doi: 10.3390/nu13010062.
11. Kamphuis GM, van Hattum JW, van Dongen-Lases EC, Henderickx MMEL, Beerlage HP. Introduction of a Standardized Approach of Electronic Urinary pH Monitoring to Assist Alkalinization Therapy: A Uric Acid Urolithiasis Patient's Perspective. *J Endourol*. 2021 Oct;35(10):1563-1570. doi: 10.1089/end.2020.0621.
12. Yin S, Yang Z, Zhu P, et al. Association between added sugars and kidney stones in U.S. adults: data from National Health and Nutrition Examination Survey 2007-2018. *Front Nutr*. 2023 Aug 4;10:1226082. doi: 10.3389/fnut.2023.1226082.
13. Ong A, Brown G, Tokas T, Hameed BMZ, Philip J, Soamani BK. Selection and Outcomes for Dissolution Therapy in Uric Acid Stones: A Systematic Review of Literature. *Curr Urol Rep*. 2023 Aug;24(8):355-363. doi: 10.1007/s11934-023-01164-7.
14. Peerapen P, Thongboonkerd V. Kidney stone proteomics: an update and perspectives. *Expert Rev Proteomics*. 2021 Jul;18(7):557-569. doi: 10.1080/14789450.2021.1962301.
15. Aziz W, Bashir A, Ather MH. Stone prevention: dietary factors, current evidence, and metabolic workup. In: Vickram AS, editor. *Urolithiasis - Updates in Basic and Clinical Research*. London, UK: IntechOpen; 2023. doi:10.5772/intechopen.111809.
16. Skubisz M, Torzewska A, Mielniczek-Brzaska E, Prywer J. Consumption of soft drinks rich in phosphoric acid versus struvite crystallization from artificial urine. *Sci Rep*. 2022;12:14332. doi: 10.1038/s41598-022-18357-8.
17. Zhang G, Deng T, Deng R, Sun X, He Y, Liu Z. Baseline urine pH is related to effective urine alkalization by short-term alkaline water supplementation: data from a self-controlled study in healthy Chinese volunteers following a systematic review and meta-analysis of literature. *Transl Androl Urol*. 2022 May;11(5):710-719. doi: 10.21037/tau-22-280.
18. Barghouthy Y, Somani BK. Role of Citrus Fruit Juices in Prevention of Kidney Stone Disease (KSD): A Narrative Review. *Nutrients*. 2021 Nov 17;13(11):4117. doi: 10.3390/nu13114117.
19. Ferraro PM, Taylor EN, Curhan GC. 24-Hour Urinary Chemistries and Kidney Stone Risk. *Am J Kidney Dis*. 2024 Aug;84(2):164-169. doi: 10.1053/j.ajkd.2024.02.010.
20. Chen YH, Lee JI, Shen JT, et al. The impact of secondhand smoke on the development of kidney stone disease is not inferior to that of smoking: a longitudinal cohort study. *BMC Public Health*. 2023 Jun 20;23(1):1189. doi: 10.1186/s12889-023-16116-6.
21. Ferre N, Parada E, Balaguer A, et al. Pharmacological interventions for preventing complications in patients with idiopathic hypercalciuria: A systematic review. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2021 Aug 12;S0211-6995(21)00150-8. doi: 10.1016/j.nefro.2021.04.007.
22. Abu-Ghanem Y, Kleinmann N, Erlich T, Winkler HZ, Zilberman DE. The impact of dietary modifications and medical management on 24-hour urinary metabolic profiles and the status of renal stone disease in recurrent stone formers. *Isr Med Assoc J*. 2021 Jan;23(1):12-16.
23. Khanam A, Singh G, Narwal S, Balram. Treatment and prevention of recurrent urolithiasis: insights on molecular mechanism of occurrence and medical care. *Food Chem Adv*. 2024;5:100751. doi: 10.1016/j.focha.2024.100751.
24. Pearle MS, Goldfarb DS, Assimos DG, et al.; American Urological Association. Medical management of kidney stones: AUA guideline. *J Urol*. 2014 Aug;192(2):316-324. doi: 10.1016/j.juro.2014.05.006.
25. Wang Q, Wang Y, Yang C, et al. Trends of Urolithiasis in China: A National Study Based on Hospitalized Patients from 2013 to 2018. *Kidney Dis (Basel)*. 2022 Nov 7;9(1):49-57. doi: 10.1159/000527967.
26. Wang JS, Chiang HY, Chen HL, Flores M, Navas-Acien A, Kuo CC. Association of water intake and hydration status with risk of kidney stone formation based on NHANES 2009-2012 cycles. *Public Health Nutr*. 2022 Sep;25(9):2403-2414. doi: 10.1017/S1368980022001033.
27. Bhojani N, Bjazevic J, Wallace B, et al. UPDATE - Canadian Urological Association guideline: Evaluation and medical management of kidney stones. *Can Urol Assoc J*. 2022 Jun;16(6):175-188. doi: 10.5489/cuaj.7872.
28. Yuan T, Xia Y, Li B, et al. Gut microbiota in patients with kidney stones: a systematic review and meta-analysis. *BMC Microbiol*. 2023 May 19;23(1):143. doi: 10.1186/s12866-023-02891-0.
29. Geraghty R, Lovegrove C, Howles S, Sayer JA. Role of Genetic Testing in Kidney Stone Disease: A Narrative Review. *Curr Urol Rep*. 2024 Dec;25(12):311-323. doi: 10.1007/s11934-024-01225-5.
30. Theisen KM, Ayyash O, Pere M, et al. Defining 24-hour urine parameters and kidney stone risk of student athletes. *Clin Nephrol*. 2022 Feb;97(2):86-92. doi: 10.5414/CN110355.
31. Ungerer GN, Winoker JS, Healy KA, Shah O, Koo K. Mobile and eHealth technologies in the management and prevention of nephrolithiasis: A systematic review. *Actas Urol Esp (Engl Ed)*. 2024 Jan-Feb;48(1):25-41. doi: 10.1016/j.acuroe.2023.06.010.
32. Altunhan A, Soyuturk S, Guldibi F, et al. Artificial intelligence in urolithiasis: a systematic review of utilization and effectiveness. *World J Urol*. 2024 Oct 17;42(1):579. doi: 10.1007/s00345-024-05268-8.
33. Abid R, Hussein AA, Guru KA. Artificial Intelligence in Urology: Current Status and Future Perspectives. *Urol Clin North Am*. 2024 Feb;51(1):117-130. doi: 10.1016/j.ucl.2023.06.005.

Отримано/Received 06.03.2025

Рецензовано/Revised 14.04.2025

Прийнято до друку/Accepted 18.04.2025

Information about authors

Irina V. Krasiuk, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Nephrology and Urology, Institute of Postgraduate Education, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: krasiukiv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3483-5247>

Andrii A. Hrydniev, PhD student at the Department of Nephrology and Urology, Institute of Postgraduate Education, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: 3shasu@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-7153-0576>

Yevhenii Pylypenko, urologist at the Second Urology Department of the State Institution "Academician O.F. Vozianov Institute of Urology" of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: Yevhenii.pylypenko1@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1985-9424>

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 performed by a postgraduate student of the Department of Nephrology and Urology at the Institute of Postgraduate Education of the Bogomolets National Medical University and the State Institution "Academician O.F. Vozianov Institute of Urology" of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine on the topic "Development of tools for predicting the course of nephrolithiasis taking into account the state of the gut microbiome" as part of the dissertation conducted at the Department of Nephrology and Urology of the Bogomolets National Medical University.

Authors' contribution. *Krasiuk I.V.* — collection and analysis of information, writing the article, search and processing of professional literature on the topic, preparing the manuscript for publication; *Hrydniev A.A.* — search and processing of professional literature on the topic, preparing the manuscript for publication; *Pylypenko Ye.V.* — collection and analysis of information.

I.V. Krasiuk¹, A.A. Hrydniev¹, Ye.V. Pylypenko²

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²State Institution "Academician O.F. Vozianov Institute of Urology" of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A modern view on the prevention and metaphylaxis of urolithiasis

Abstract. Urolithiasis (kidney stone disease) is a common multifactorial disorder of the urinary system with a high recurrence rate. This article presents current approaches to the prevention and metaphylaxis of urolithiasis. Primary prevention is based on lifestyle modification: adequate hydration, dietary recommendations, and reduced intake of sodium, animal protein, and oxalate-rich foods. Metaphylaxis is an individualized strategy that considers stone composition, metabolic abnormalities, and comorbidities. The review also explores emerging areas

of research, including the role of microbiota, genetic factors, information technologies, and artificial intelligence. Emphasis is placed on the need for a multidisciplinary approach and long-term patient follow-up to reduce the risk of recurrence and complications.

Keywords: kidney stone disease (urolithiasis); prevention; metaphylaxis; recurrence; hypercalciuria; hyperoxaluria; uric acid stones; citrate; diet; hydration; intestinal microbiota; genetics; artificial intelligence; personalized medicine