

УДК 616.61-008-036-08

DOI: <http://doi.org/10.31928/2664-4479-2024.5.3845>

Оцінка функціонального стану нирок: вибір правильного рівняння

С.В. Кушніренко, Л.М. Савицька, О.В. Кушніренко, С.О. Ротова

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

У нових Настановах Ініціативи щодо покращення глобальних результатів лікування захворювань нирок (Kidney Disease: Improving Global Outcomes – KDIGO) 2024 року чотири із 10 найпопулярніших висновків щодо оцінювання функціонального стану нирок в осіб із хронічною хворобою нирок (ХХН) присвячені підвищенню точності оцінки швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ), застосуванню необхідних лабораторних стандартів догляду для забезпечення точності та надійності отриманих результатів, використанню перевіреного рівняння для оцінювання ШКФ, доступним тестам на місці надання медичної допомоги для визначення креатиніну та альбуміну в сечі. Визначення ШКФ пацієнта має вирішальне значення для медичної практики, особливо для пацієнтів із високим ризиком формування ХХН – з артеріальною гіпертензією, серцево-судинними захворюваннями та цукровим діабетом.

У статті представлено приклади різниці результатів розрахованої ШКФ (рШКФ), отриманої при використанні різних рівнянь СКD-EPI creatinine equation (2009) та (2021). Ці приклади не рекласифікували результати на вищий рівень функціонального стану нирок, а залишили отриману рШКФ, незважаючи на застосування різних рівнянь, в межах однієї стадії ХХН. Але треба зважати, що суттєва рекласифікація у вищі категорії рШКФ може мати такі небажані наслідки, як зміни складу популяції ХХН та для початку заходів ренопротекції, дозування та скасування певних ліків, своєчасного направлення до нефролога та планування нирковозамісної терапії. Наведено перевірені рівняння для оцінювання рШКФ згідно з Настановами KDIGO 2024 року щодо оцінювання та ведення пацієнтів із ХХН (рівняння СКD-EPI креатинін (2009), рівняння СКD-EPI креатинін (2021), рівняння СКD-EPI креатинін-цистатин С (2021), рівняння EKFC та ін.), а також калькулятори для розрахунку ШКФ, розміщені на сайті Національного ниркового фонду.

Ключові слова: функціональний стан нирок, швидкість клубочкової фільтрації, сироватковий креатинін, цистатин С, хронічна хвороба нирок, артеріальна гіпертензія, серцево-судинні захворювання, цукровий діабет, рівняння СКD-EPI креатинін (2009), рівняння СКD-EPI креатинін (2021), рівняння СКD-EPI креатинін-цистатин С (2021), рівняння EKFC.

Еволюція рівнянь для визначення швидкості клубочкової фільтрації та значення для медичної практики

З десяти найпопулярніших висновків щодо оцінювання функціонального стану нирок осіб із хронічною хворобою нирок (ХХН) або групи ризику в нових Настановах Ініціативи щодо покращення глобальних результатів лікування захворювань нирок (Kidney Disease: Improving Global Outcomes –

KDIGO) 2024 року чотири присвячені підвищенню точності оцінки швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ), застосуванню необхідних лабораторних стандартів догляду для забезпечення точності та надійності отриманих результатів, використанню перевіреного рівняння для оцінювання ШКФ, доступним тестам на місці надання медичної допомоги для визначення креатиніну та альбуміну в сечі [1].

Кушніренко Стелла Вікторівна, д. мед. н., проф.,
зав. кафедри нефрології та нирковозамісної терапії
ORCID ID: 0000-0001-5518-7210
E-mail: stella-alex@i.ua

Стаття надійшла до редакції 28 серпня 2024 року

Kushnirenko Stella V., MD, PhD, DSc, Prof, Head of the
Department of Nephrology and Renal Replacement Therapy,
Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv
ORCID ID: 0000-0001-5518-7210

E-mail: stella-alex@i.ua

Received on 28.08.2024

Визначення ШКФ пацієнта має вирішальне значення для медичної практики, особливо для пацієнтів з високим ризиком формування ХХН – з артеріальною гіпертензією (АГ), серцево-судинними захворюваннями (ССЗ) та цукровим діабетом (ЦД). Показник ШКФ потрібен для діагностики та класифікації ХХН і корисний для прогнозування. Крім того, ШКФ використовується для прийняття рішення про те, коли розпочинати прийом певних ліків, як їх дозувати і коли скеровувати пацієнта для спеціалізованої нефрологічної допомоги, зокрема й нирковозамісної терапії (НЗТ). ШКФ найкраще вимірювати шляхом ін'єкції екзогенних індикаторів. Це відносно громіздкий та дорогий метод, і тому він використовується лише в певних випадках. У клінічній практиці для оцінювання ШКФ застосовують рівняння, які використовують легкодоступну інформацію про характеристики пацієнта, такі як вік, стать, а також рівні креатиніну та цистатину С як ендогенних маркерів фільтрації [2].

Рівняння, розроблене Кокрофтом і Голтом у 1976 році, не оцінює ШКФ, а кліренс креатиніну, який визначається не лише клубочковою фільтрацією, а й каналцевою секрецією креатиніну. Канальцевий кліренс креатиніну може становити до 50 % загального кліренсу креатиніну, особливо в пацієнтів із порушеною функцією нирок та ожирінням [2, 3]. Отже, рівняння Кокрофта – Голта може значно переоцінювати ШКФ і дивно, що в інструкціях для багатьох лікарських засобів, які оцінюються регульовальними органами, посиляються на це рівняння для коригування дози препаратів [4, 5].

Рівняння MDRD розроблено в 1999 році для поліпшення прогнозування ШКФ [6, 7]. У 2009 році його замінило рівняння Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (СКД-ЕРІ), яке було точнішим за вищої ШКФ [8]. Це останнє рівняння стало стандартним методом оцінювання ШКФ у всьому світі.

Рівняння СКД-ЕРІ 2009 року потребує інформації про вік, стать, креатинін, а також про расу. Останніми роками стверджувалося, що раса є соціальною, політичною та юридичною, а не біологічною конструкцією, і що неправильне використання такого обчислювального складника, як раса, може мати негативний вплив на справедливість щодо здоров'я [9]. Національний нирковий фонд (NKF) та Американське товариство нефрології (ASN) оголосили у 2021 році, що «модифікатори раси не повинні включатися в рівняння для оціню-

вання функціонального стану нирок» і що в «сучасних рівняннях, які враховують расу, треба запропонувати заміну, яка є точною, репрезентативною, неупередженою та забезпечує стандартизований підхід до діагностики захворювань нирок» [10]. Для досягнення цих цілей NKF та ASN створили цільову групу для повторного оцінювання необхідності введення раси у визначення ШКФ.

Нові рівняння СКД-ЕРІ (2021): переваги та недоліки

У 2021 році дослідницька група СКД-ЕРІ розробила нове рівняння, яке не містить коефіцієнта раси, та порівняли його точність з точністю попереднього рівняння СКД-ЕРІ 2009 року [11].

У наборі для перевірки, який охоплював 4050 осіб, з яких 579 були чорношкірими, старе рівняння СКД-ЕРІ 2009 року з використанням статі, віку, раси та креатиніну, завищувало розраховану ШКФ (рШКФ) на $3,7 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ у чорношкірих та на $0,5 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ у нечорношкірих. Нове рівняння СКД-ЕРІ 2021 року, в якому немає коефіцієнта раси, недооцінило рШКФ на $3,6 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ у чорношкірих і переоцінило рШКФ на $3,9 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ у нечорношкірих. Отже, у чорношкірих абсолютне зміщення в оцінці рШКФ аналогічне старому і новому рівнянню, хоча переоцінка на $3,7 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ перетворилася на недооцінку на $3,6 \text{ мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ [12].

Перепис 2020 року показав, що населення США складається з 12,4 % чорношкірих і 87,6 % нечорношкірих [13]. У більшій популяції нечорношкірих нове рівняння СКД-ЕРІ 2021 є менш точним, з переоцінкою тепер 3,9 замість 0,5 $\text{мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$, тоді як неточність залишилася майже такою ж (більше ніж 10 % значень рШКФ більше ніж на 30 % відрізняються від виміряної ШКФ (вШКФ)). Було підраховано, що при прийнятті рівняння СКД-ЕРІ 2021 поширеність ХХН серед чорношкірих зростає з 14,3 до 16,3 %. Навпаки, у нечорношкірих вона знизиться з 11,7 до 10,3 %. Найбільша різниця в точності у нечорношкірих з новим і старим рівнянням СКД-ЕРІ була виявлена в осіб віком > 65 років, з переоцінкою вШКФ приблизно на 6 замість приблизно 1 $\text{мл}/(\text{хв} \cdot 1,73 \text{ м}^2)$ [11]. На рівні популяції ці зміни у зміщенні можуть призвести до важливих відмінностей у поширенні та прогнозуванні ризику ХХН, з різними результатами для груп різних рас.

Треба зазначити, що СКД-ЕРІ також розробила нові рівняння, засновані тільки на рівні циста-

тину С і на рівнях креатиніну плюс цистатину С. Було показано, що рівняння тільки для цистатину С не працює краще, ніж рівняння тільки для креатиніну [15], і що ці комбіновані рівняння працюють трохи краще, ніж рівняння, що містять тільки креатинін або цистатин С [11, 14].

Невдовзі після публікації цих результатів цільова група NKF-ASN оприлюднила кілька рекомендацій, серед яких була рекомендація негайно впровадити для дорослих США нове рівняння СКД-ЕРІ 2021 року, яке не містить расового коефіцієнта [15].

У першому номері журналу *Nephrology Dialysis Transplantation* (NDT) 2023 року опубліковано дві оригінальні статті, в яких тестується рівняння СКД-ЕРІ 2021 в європейських умовах. У першій досліджувалося, наскільки добре воно працює для оцінювання ШКФ у різних групах чорношкірого та білого населення [16]. У другій вивчався вплив використання рівняння СКД-ЕРІ 2021 на поширеність ХХН і прогностичну точність [17]. Обидва дослідження становлять інтерес із кількох причин, одна з яких – велика кількість залучених осіб – свідчить про надійність результатів.

P. Delanaye і співавт. за дорученням Європейського консорціуму з функції нирок (ЕКФС) вивчали точність рівнянь СКД-ЕРІ 2009 та 2021 років, а також рівняння ЕКФС раніше розробленого цим консорціумом [16, 18]. Рівняння ЕКФС використовує медіанні значення креатиніну, що залежать від статі, віку та раси, отримані від здорових осіб, для математичної оцінки ШКФ із заданого значення креатиніну сироватки [18]. Це дослідження було проведено на відносно великій популяції з 13 856 осіб (з яких 1572 були чорношкірими), у яких ШКФ вимірювалася за допомогою екзогенних трасерів. Автори виявили, що в європейських нечорношкірих точність рівняння СКД-ЕРІ 2021 була нижчою, ніж у нечорношкірих у публікації СКД-ЕРІ. Фактично, з трьох протестованих рівнянь точність рівняння СКД-ЕРІ 2021 була найнижчою, з переоцінкою в ШКФ на 6,0 мл/(хв·1,73 м²), за якою слідує переоцінка на 3,0 мл/(хв·1,73 м²) рівняння СКД-ЕРІ 2009. Найкраща продуктивність була відзначена для рівняння ЕКФС з невеликою недооцінкою на 0,3 мл/(хв·1,73 м²) [16].

Інше оригінальне дослідження проведене й опубліковане E.L. Fu і співавт. [17]. Автори досліджували, як прийняття рівняння СКД-ЕРІ 2021 вплине на поширеність ХХН та прогнозування ризику. На основі даних 1,6 млн дорослих жителів

Стокгольму з вимірюванням сироваткового креатиніну, доступними у звичайній медичній допомозі в період з 2007 до 2019 року (когорти SCREAM, виміри CREAtinine Stockholm), показано, що в середньому рШКФ збільшиться на медіану 3,9 (міжквартильний розмах 2,9–4,8) мл/(хв·1,73 м²). Особливо збільшення рШКФ спостерігалось в людей похилого віку і чоловіків. Отже, поширеність ХХН стадії 3а–5 у популяції знизиться приблизно на 25 %, з 5,1 до 3,8 % [2, 17].

Примітно, що абсолютне зниження поширеності ХХН було найвищим серед учасників віком ≥ 65 років, а також серед осіб з ЦД або ССЗ – підгруп, які мають особливо високий ризик прогресування нефросклерозу. Клінічне переведення полягатиме в тому, що менша кількість людей сприймається як такі, що мають високий серцево-судинний ризик на основі власних результатів рШКФ. Крім того, люди, рекласифіковані на вищу рШКФ на основі рівняння СКД-ЕРІ 2021 року, продемонстрували вищий ризик смерті від усіх причин/ССЗ та основних несприятливих серцево-судинних подій, ніж ті, хто не був рекласифікований з аналогічною рШКФ [2].

З огляду на наявні дані виникло запитання: що робити європейській нефрології з новою формулою СКД-ЕРІ 2021 року – прийняти її чи проігнорувати? Це питання зі співавторами підняв R.T. Gansevoort [2], розуміючи вплив і наслідки отриманих результатів ШКФ на скринінг, діагностику ХХН, своєчасність призначення ренопротекторної терапії та НЗТ, загальну та серцево-судинну смертність завдяки імплементації нової формули СКД-ЕРІ 2021 року.

Існують також переконливі аргументи проти зміни рівняння СКД-ЕРІ, яке зараз використовується в Європі. По-перше, майже всі європейські країни не використовують коефіцієнт раси для рівняння СКД-ЕРІ 2009 року. Тому немає потреби терміново переходити на офіційне рівняння СКД-ЕРІ 2021 без урахування раси. Інша важлива причина полягає в тому, що нове рівняння працює не краще, а гірше. Оскільки ШКФ переоцінена в більшості населення, загальні показники поширення ХХН знизяться відразу. Крім того, зміниться склад популяції осіб із ХХН, оскільки особливо страждають пацієнти з високим ризиком, тобто чоловіки, люди похилого віку та особи з анамнезом ЦД, АГ або ССЗ [2].

Крім того, впровадження нового рівняння потребує роз'яснення для пацієнтів, лікарів загальної практики та інших медичних фахівців. На інди-

відуальному рівні суттєва рекласифікація у вищій категорії рШКФ може також мати небажані наслідки для початку приймання ліків, їх скасування та дозування, а також фінансового покриття і може призвести до відтермінування візиту до нефролога, планування діалізу та оцінювання трансплантації нирки [2].

Варіанти розв'язання проблеми в розрахунку швидкості клубочкової фільтрації

R.T. Gansevoort і співавт. запропонували варіанти розв'язання цієї проблеми. Використання антропометричних даних у розрахунку ШКФ як додаткових коваріантів для коригування міжіндивідуальних відмінностей у м'язовій масі, як найважливішого фактора, що визначає концентрацію креатиніну в сироватці, крім функції нирок. Зміна типу рівняння. Рівняння, розроблене EKFC, є прикладом іншого підходу. Воно використовує так звані значення Q, які є медіанними значеннями рівня креатиніну залежно від статі та віку у здорових осіб для оцінювання ШКФ окремої людини. Ці значення Q можна отримати для різних груп населення (а не для різних рас) залежно від віку та статі, наприклад, великих баз даних місцевих лікарень. Результати перевірки EKFC мають перспективу. Продуктивність з погляду зміщення і точності здається кращою [1, 18], але необхідна зовнішня перевірка, переважно незалежними дослідницькими групами, які використовують великі набори даних, включаючи групи населення за межами Європи. І ще одна пропозиція, яка стала провідною лінією в оцінюванні функціонального стану нирок в Настановах KDIGO 2024 року – це використання нового рівняння ШКФ, яке містить показники креатиніну та цистатин С, але не враховує расу, більш точне і приводить до менших відмінностей між чорношкірими та нечорношкірими учасниками, ніж нове рівняння без раси з використанням тільки креатиніну [2]. Використання показника цистатину С окремо або у поєднанні з показником креатиніну посилює зв'язок між ШКФ та ризиками смерті і ниркової недостатності серед різних груп населення [19]. Цистатин С не став ще широко доступним для клінічного використання, в тому числі і в Україні. Цистатин С також не є незалежним від характеристик конкретних осіб. Стандартизація вимірювання цистатину С потребує удосконалення.

На пропозицію R.T. Gansevoort і співавт. європейській нефрології краще дочекатися нових розробок для покращення оцінювання ШКФ, таких як додавання антропометричних даних до рівнянь оцінки, принципова зміна цих рівнянь ШКФ або використання/додавання аналітів, відмінних від креатиніну, як альтернативні маркери фільтрації. Після того як буде досягнуто і незалежно підтверджено суттєве покращення точності та усунення, необхідно докласти зусиль для досягнення глобального консенсусу, перш ніж впроваджувати нові рівняння для заміни поточних [2].

У наш час європейська нефрологія в цілому може використовувати різні перевірені рівняння для визначення рШКФ, представлені в Настановах KDIGO 2024 року з оцінювання та ведення ХХН [1]. Настанови KDIGO 2024 року насамперед орієнтовані на оцінювання функціонального стану нирок і прогнозування пов'язаних із цим ризиків.

Оновлені та запропоновані опції з оцінювання функціонального стану нирок

Виявлення та оцінювання ХХН, диференційна діагностика з гострим захворюванням нирок, оцінка рШКФ та категорії альбумінурії, запровадження лабораторних стандартів догляду для забезпечення точності та надійності при оцінюванні рШКФ за допомогою сироваткового креатиніну та цистатину С – неповний перелік оновлених і запропонованих опцій з оцінювання функціонального стану нирок і діагностики ХХН у нових Настановах KDIGO 2024 року [1].

Фактори ризику ХХН з доменами та прикладами станів представлені в *табл. 1*.

Настанови KDIGO 2024 року з оцінювання та ведення ХХН рекомендують:

Рекомендація 1.1.2.1: Для дорослих із ризиком розвитку ХХН ми рекомендуємо використовувати рШКФ на основі креатиніну (рШКФкр). Якщо можна визначити цистатин С, категорію ШКФ слід оцінювати за комбінацією креатиніну та цистатину С (рШКФ на основі креатиніну та цистатину С [рШКФкр-цс]) (1B).

Рекомендація 1.2.4.1: Ми рекомендуємо використовувати перевірене рівняння оцінки ШКФ для отримання ШКФ на основі маркерів фільтрації сироватки (рШКФ), а не покладатися лише на маркери фільтрації сироватки (1D).

Рекомендація 1.2.2.1: Ми рекомендуємо використовувати рШКФкр-цс у клінічних ситуаціях,

Таблиця 1

Фактори ризику хронічної хвороби нирок KDIGO 2024

Домени	Приклади станів
Загальні фактори ризику	АГ, ЦД ССЗ (зокрема серцева недостатність) Попереднє гостре ураження нирок / гостре захворювання нирок
Люди, які проживають у географічних регіонах з високою поширеністю ХХН	Райони з ендемічним ХХН невизначеного походження Райони з високою поширеністю генетичної варіанти APOE 1 Вплив навколишнього середовища
Сечостатеві розлади	Структурне захворювання сечовивідних шляхів Рецидиви виникнення ниркових конкрементів
Мультисистемні захворювання / хронічні запальні стани	Системний червоний вовчак Васкуліти Вірус імунодефіциту людини
Професійний вплив, що сприяє ризику ХХН	Кадмій, свинець, вплив ртуті Поліциклічні вуглеводи Пестициди
Сімейний анамнез або відомі генетичні варіанти, асоційовані з ХХН	Ниркова недостатність, незалежно від ідентифікованої причини Спадкове захворювання нирок, пов'язане з генетичним відхиленням (полікістозна хвороба нирок, APOE 1 захворювання, синдром Альпорта)
Ятрогенний (пов'язаний з медикаментозним лікуванням і процедурами)	Лікарська нефротоксичність і радіаційний нефрит
Гестаційні стани	Передчасні пологи Малий термін вагітності Прееклампсія/еклампсія

АГ – артеріальна гіпертензія; ЦД – цукровий діабет; ССЗ – серцево-судинні захворювання; ХХН – хронічна хвороба нирок.

коли рШКФкр є менш точною, і ШКФ впливає на прийняття клінічних рішень (1С) [1].

Настанови KDIGO 2024 пропонують рівняння для оцінювання ШКФ, представлені в *табл. 2*. Незважаючи на певний перелік нових рівнянь та рекомендацій для розрахунку ШКФ, Настави KDIGO 2024 зберегли перевірене рівняння СКD-EPI 2009, в тому числі модифіковані версії для Китаю, Японії та Пакистану [1].

Приклади різниці в результатах розрахованої швидкості клубочкової фільтрації

Для кращого сприйняття та розуміння вищеведеного матеріалу надаємо приклади різниці в результатах рШКФ, отриманої при використанні різних рівнянь СКD-EPI creatinine equation 2009 та 2021 (*табл. 3*). Отримані результати демонструють, що рівняння СКD-EPI creatinine equation 2021 завищує рШКФ на 2–3 мл/(хв·1,73 м²) порівняно з СКD-EPI creatinine equation 2009. Представлені

випадки вкотре підкреслюють, що при розрахунку ШКФ отриманий результат залежить від рівняння, віку, статі та рівня сироваткового креатиніну. Ці приклади не рекласифікували результати на вищий рівень функціонального стану нирок, а залишили отриману рШКФ, попри різні рівняння, в межах однієї стадії ХХН.

Але слід враховувати, що суттєва рекласифікація у вищій категорії рШКФ може мати небажані наслідки у вигляді зміни складу популяції ХХН, для початку заходів ренопротекції, дозування та скасування певних ліків, своєчасного направлення до нефролога та планування НЗТ

Калькулятори для розрахунку швидкості клубочкової фільтрації

На сайті NKF розташовані калькулятори для розрахунку ШКФ з використанням рівнянь СКD-EPI creatinine equation (2021), СКD-EPI creatinine-cystatin equation (2021), СКD-EPI cystatin C equation (2012), в тому числі версії для айфонів та

Таблиця 2

Перевірені рівняння для оцінювання швидкості клубочкової фільтрації KDIGO 2024

Маркер	Назва рівняння і рік	Вік
Креатинін	CKD-EPI 2009	≥ 18; доступна модифікація CKD-EPI 40 для педіатрії
	CKiD U25 2021	1–25
	CKD-EPI 2021	≥ 18
	EKFC 2021	2–100
	Lund Malmö Revised 2014	
	CKD-EPI 2009 Modified for China 2014	≥ 18
	CKD-EPI 2009 Modified for Japan 2016	≥ 18
	CKD-EPI 2009 Modified for Pakistan 2013	≥ 18
	Цистатин С	CKD-EPI 2012
Цистатин С	EKFC 2023	18–100
	CAPA 2014	
Креатинін – Цистатин С	CKD-EPI 2012	≥ 18
	CKD-EPI 2021	≥ 18
	Average of EKFC cr and cys	≥ 2

Таблиця 3

Приклад різниці в результатах розрахованої швидкості клубочкової фільтрації

рШКФ (чоловік)	рШКФ (жінка)
Вік 37 років	Вік 37 років
Чоловіча стать	Жіноча стать
Креатинін 122 мкмоль/л	Креатинін 122 мкмоль/л
Зріст 175 см	Зріст 175 см
Маса тіла 70 кг	Маса тіла 70 кг
CKD-EPI creatinine equation (2009)	CKD-EPI creatinine equation (2009)
рШКФкр 65 мл/(хв · 1,73 м²)	рШКФкр 49 мл/(хв · 1,73 м²)
CKD-EPI creatinine equation (2021)	CKD-EPI creatinine equation (2021)
рШКФкр 68 мл/(хв · 1,73 м²)	рШКФкр 51 мл/(хв · 1,73 м²)
Вік 67 років	Вік 67 років
Чоловіча стать	Жіноча стать
Креатинін 122 мкмоль/л	Креатинін 122 мкмоль/л
Зріст 175 см	Зріст 175 см
Маса тіла 70 кг	Маса тіла 70 кг
CKD-EPI creatinine equation (2009)	CKD-EPI creatinine equation (2009)
рШКФкр 53 мл/(хв · 1,73 м²)	рШКФкр 40 мл/(хв · 1,73 м²)
CKD-EPI creatinine equation (2021)	CKD-EPI creatinine equation (2021)
рШКФкр 56 мл/(хв · 1,73 м²)	рШКФкр 42 мл/(хв · 1,73 м²)

рШКФкр – розрахована швидкість клубочкової фільтрації на основі креатиніну.

айпадів (eGFR Calculator. https://www.kidney.org/professionals/gfr_calculator, eGFR Calculator App for iPhone/iPad) [20]. Крім того, на цьому сайті є калькулятор для розрахунку ШКФ у дітей (Pediatric GFR Calculator), калькулятор ризику ХХН у дітей, який використовується лише нефрологами та іншими постачальниками медичних послуг (Pediatric Chronic Kidney Disease Risk Calculator), рівняння ризику ниркової недостатності (Kidney Failure Risk Equation).

Джерела фінансування. Публікація є фрагментом НДР кафедри нефрології та нирковоза-

місної терапії НУОЗ України імені П.Л. Шупика, що фінансуються коштом державного бюджету «Організація та надання нефрологічної допомоги в умовах обмежених ресурсів та воєнного стану» (державний реєстраційний номер 0123U101260) та фрагментом ініціативно-пошукової НДР кафедри урології НУОЗ України імені П.Л. Шупика «Розробка та удосконалення заходів підвищення ефективності малоінвазивного лікування хворих з каменями верхніх сечових шляхів» (державний реєстраційний номер 0122U000466).

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і дослідження проєкт – С.К.; інтерпретація результатів – О.К.; аналіз літературних джерел – Л.С., С.Р.; написання статті – О.К., С.Р.

Література

1. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int.* 2024 Apr;105(4S):S117-S314. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018>.
2. Gansevoort RT, Anders HJ, Cozzolino M, Fliser D, Fouque D, Ortiz A, Soler MJ, Wanner C. What should European nephrology do with the new CKD-EPI equation? *Nephrology Dialysis Transplantation.* 2023;38(1):1-6. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfac254>.
3. Cockcroft DW, Gault HM. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron.* 1976;16:31-41. <http://dx.doi.org/10.1159/000180580>.
4. Michels WM, Grootendorst DC, Verduijn M, Elliott EG, Dekker FW, Krediet RT. Performance of the Cockcroft-Gault, MDRD, and new CKD-EPI formulas in relation to GFR, age, and body size. *Clin J Amer Soc Nephrol.* 2010; 5(6):1003-9. <https://doi.org/10.2215/CJN.06870909>.
5. Fernandez-Prado R, Castillo-Rodriguez E, Velez-Arribas FJ, Gracia-Iguacel C, & Ortiz A. Creatinine clearance is not equal to glomerular filtration rate and Cockcroft-Gault equation is not equal to CKD-EPI collaboration equation. *Am J Med.* 2016;129(12):1259-63. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2016.08.019>.
6. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D & Modification of Diet in Renal Disease Study Group. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. *Ann Intern Med.* 1999;130(6):461-70. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-130-6-199903160-00002>.
7. Levey AS, Greene T, Kusek JW & Beck GJ. MDRD Study Group. A simplified equation to predict glomerular filtration rate from serum creatinine. *J Am Soc Nephrol.* 2000;11, A0828.
8. Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, Zhang YL, Castro AF 3rd, Feldman HI, Kusek JW, Eggers P, Van Lente F, Greene T, Coresh J; CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration). A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med.* 2009;150(9):604-12. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006>.
9. Young BA. Removal of race from estimation of kidney function. *Nature Reviews Nephrology.* 2022;18(4):201-2. <https://doi.org/10.1038/s41581-021-00524-1>.
10. Removing race from estimates of kidney function. 2021. Available from: <https://www.kidney.org/news/removing-race-estimates-kidney-function> (14 September 2022, last date accessed).
11. Inker LA, Eneanya ND, Coresh J, Tighiouart H, Wang D, Sang Y, Crews DC, Doria A, Estrella MM, Froissart M, Grams ME, Greene T, Grubb A, Gudnason V, Gutiérrez OM, Kalil R, Karger AB, Mauer M, Navis G, Nelson RG, Poggio ED, Rodby R, Rossing P, Rule AD, Selvin E, Seegmiller JC, Shlipak MG, Torres VE, Yang W, Ballew SH, Couture SJ, Powe NR, Levey AS; Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration. New creatinine-and cystatin C–based equations to estimate GFR without race. *New Engl J Med.* 2021;385(19):1737-49. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2102953>
12. Worthen G, Vinson A, Tennankore K. New equations for estimating the GFR without race. *N Engl J Med.* 2022;386:1670-1. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2119761>.
13. UC Census Bureau releases 2020 census. 2021. Available from: <https://eu.usatoday.com/story/news/politics/2021/08/12/how-2020-census-change-how-we-look-america-what-expect/5493043001/> (14 September 2022, last date accessed).
14. Inker LA, Schmid CH, Tighiouart H, Eckfeldt JH, Feldman HI, Greene T, Kusek JW, Manzi J, Van Lente F, Zhang YL, Coresh J, Levey AS; CKD-EPI Investigators. Estimating glomerular filtration rate from serum creatinine and cystatin C. *New Engl J Med.* 2012;367(1):20-9. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1114248>
15. Delgado C, Baweja M, Crews DC, Eneanya ND, Gadegbeku CA, Inker LA, Mendu ML, Miller WG, Moxey-Mims MM, Roberts GV, St Peter WL, Warfield C, Powe NR. A Unifying Approach for GFR Estimation: Recommendations of the NKF-ASN Task Force on Reassessing the Inclusion of Race in Diagnosing Kidney Disease. *Am J Kidney Dis.* 2022;79(2):268-88. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2021.08.003>.

16. Delanaye P, Vidal-Petiot E, Björk J, Ebert N, Eriksen BO, Dubourg L, Grubb A, Hansson M, Littmann K, Mariat C, Melsom T, Schaeffner E, Sundin PO, Bökenkamp A, Berg UB, Esling-Monemi K, Ekesson A, Larsson A, Cavalier E, Dalton RN, Courbebaisse M, Couzi L, Gaillard F, Garrouste C, Jacquemont L, Kamar N, Legendre C, Rostaing L, Stehlé T, Haymann JP, Selistre LDS, Strogoff-de-Matos JP, Bukabau JB, Sumaili EK, Yayo E, Monnet D, Nyman U, Pottel H, Flamant M. Performance of creatinine-based equations to estimate glomerular filtration rate in White and Black populations in Europe, Brazil and Africa. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2023;38(1):106-18. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfac241>.
17. Fu EL, Coresh J, Grams ME, Clase CM, Elinder CG, Paik J, Ramspek CL, Inker LA, Levey AS, Dekker FW, Carrero JJ. Removing race from the CKD-EPI equation and its impact on prognosis in a predominantly White European population. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2023;38(1):119-28. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfac197>.
18. Pottel H, Björk J, Courbebaisse M, Couzi L, Ebert N, Eriksen BO, Dalton RN, Dubourg L, Gaillard F, Garrouste C, Grubb A, Jacquemont L, Hansson M, Kamar N, Lamb EJ, Legendre C, Littmann K, Mariat C, Melsom T, Rostaing L, Rule AD, Schaeffner E, Sundin PO, Turner S, Bökenkamp A, Berg U, Esling-Monemi K, Selistre L, Ekesson A, Larsson A, Nyman U, Delanaye P. Development and validation of a modified full age spectrum creatinine-based equation to estimate glomerular filtration rate: a cross-sectional analysis of pooled data. *Ann Intern Med*. 2021;174(2):183-91. <https://doi.org/10.7326/M20-4366>.
19. Shlipak MG, Matsushita K, Ärnlöv J, Inker LA, Katz R, Polkinghorne KR, Rothenbacher D, Sarnak MJ, Astor BC, Coresh J, Levey AS, Gansevoort RT; CKD Prognosis Consortium. Cystatin C versus creatinine in determining risk based on kidney function. *New En J Med*. 2013;369(10):932-43. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1214234>.
20. National Kidney Foundation. eGFR Calculator. https://www.kidney.org/professionals/gfr_calculator

Evaluation of renal function: choosing the right equation

S.V. Kushnirenko, L.N. Savytska, O.V. Kushnirenko, S.O. Rotova

Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Among the top ten most popular conclusions for evaluating the functional state of the kidneys of individuals with or at risk of chronic kidney disease (CKD) in the new Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) 2024 Guidelines, four focus on improving the accuracy of glomerular filtration rate (GFR) estimation; implementing the necessary laboratory standards of care to ensure the accuracy and reliability of results obtained; using a validated GFR estimating equation; and available point-of-care tests for urine creatinine and albumin measurement. Knowing a patient's GFR is critical to medical practice, especially for patients at high risk of developing CKD – with hypertension (AH), cardiovascular disease (CVD) and diabetes mellitus (DM). GFR is required for the diagnosis and classification of CKD and is useful for estimating the prognosis. GFR is used to decide when to start taking certain medications, how to dose them, and when to refer a patient for specialized nephrological care, including renal replacement therapy (RRT). In clinical practice, GFR is estimated using equations that incorporate information on patient characteristics such as age, sex, and creatinine and cystatin C as endogenous markers of filtration. In 2021, the CKD-EPI Research Group developed new equation that do not use a race factor, and compared its accuracy to that of the previous 2009 CKD-EPI equation. The CKD-EPI has also developed new equation that takes into account creatinine and cystatin C levels. The equation developed by the EKFC is an example of a different approach and uses the so-called Q-values, which represent median creatinine values depending on sex and age in healthy subjects to estimate the GFR of an individual.

The article presents examples of the difference in estimated GFR (eGFR) results obtained using different CKD-EPI creatinine equations (2009) and (2021). In these examples, the results were not reclassified to a higher level of renal function, but the eGFR obtained remained within the same CKD stage despite the different equations. However, it should be borne in mind that a significant reclassification to higher eGFR categories may have undesirable consequences, such as changes in the composition of the CKD population and for initiation of renoprotection measures, dosing and discontinuation of certain medications, timely referral to a nephrologist and RRT planning.

The article presents validated eGFR estimating equations according to the KDIGO 2024 Guidelines for the Evaluation and Management of CKD (CKD-EPI creatinine equation (2009), CKD-EPI creatinine equation (2021), CKD-EPI creatinine-cystatin C equation (2021), EKFC equation et al.), as well as eGFR calculators available on the National Kidney Foundation (NKF) website.

Key words: renal functional status, glomerular filtration rate, serum creatinine, cystatin C, chronic kidney disease, arterial hypertension, cardiovascular diseases, diabetes mellitus, CKD-EPI creatinine equation (2009), CKD-EPI creatinine equation (2021), CKD-EPI creatinine-cystatin C equation (2021), EKFC equation.