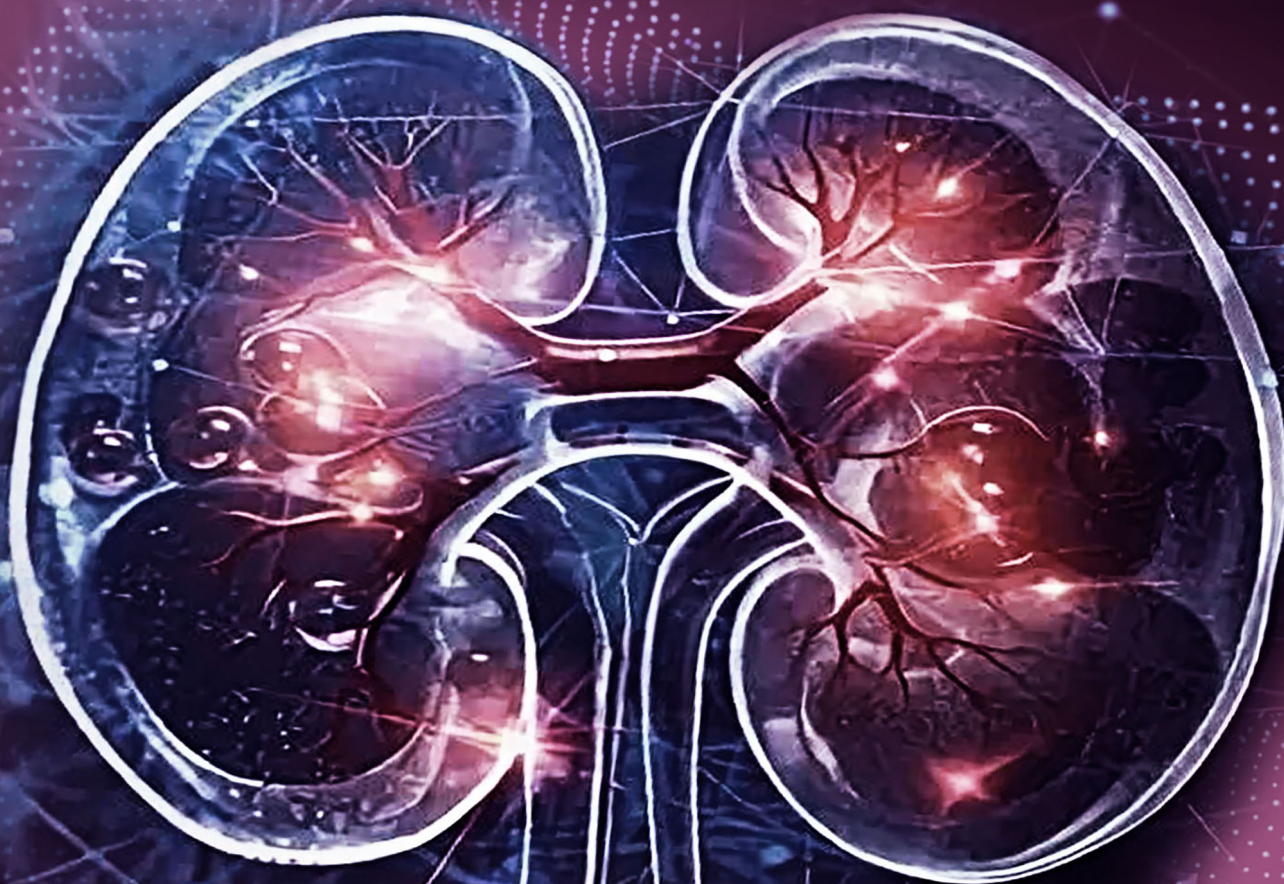


DMYTRO IVANOV, ANATOLYI GOZHENKO, MARIIA IVANOVA

FUNCTIONAL RENAL RESERVE: CLINICAL IMPLEMENTATION

Monograph



2025

DMYTRO IVANOV, ANATOLYI GOZHENKO, MARIA IVANOVA
Д.Д. ІВАНОВ, А.І. ГОЖЕНКО, М.Д. ІВАНОВА

**FUNCTIONAL RENAL RESERVE: CLINICAL
IMPLEMENTATION**

***ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ НИРКОВИЙ РЕЗЕРВ:
КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ***

Included in International scientometric databases

MONOGRAPH
МОНОГРАФІЯ

ScientificWorld-Net AkhatAV
Karlsruhe 2025

UDC 616.6

I-98

*This monograph is recommended for printing by the Science Council
Ukrainian Research Institute of Transport Medicine
(Protocol № 11 from 11 October 2024 year)*

Authors:

Dmytro Ivanov, Anatoliy Gozhenko, Mariia Ivanova

Reviewers:

*Dudar I.O., Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Uronephrology of the
O.O. Bogomolets National Medical University;*

*Rohovy Yu.E., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pathological
Physiology of the Bukovyna State Medical University*

I-98 Ivanov D., Gozhenko A., Ivanova M.

Functional renal reserve: clinical implementation: Monograph / Ivanov D., Gozhenko A.,
Ivanova M. – Karlsruhe: ScientificWorld-NetAkhatAV, 2025. – 158 p.

Функціональний нирковий резерв: клінічне застосування: монографія /
Д.Д. Іванов, А.І. Гоженко, М.Д. Іванова - Карлсруе, 2025. – 158 с.

The monograph is dedicated to functional renal reserve—an important measure of the kidneys' ability to adapt under stress. It examines the main mechanisms of renal reserve formation, assessment methods, and its role in diagnosing and predicting kidney diseases. Special attention is given to the significance of renal reserve in patients with chronic kidney disease, hypertension, diabetes, and other comorbid conditions. This monograph will be useful for nephrologists, researchers, and medical students who aim to deepen their understanding of kidney function and optimize treatment for patients at risk of kidney failure.

Монографія присвячена функціональному нирковому резерву – важливому показнику здатності нирок адаптуватися до зовнішніх реакцій. У книзі розглядаються основні механізми формування функціонального резерву нирок, методи його оцінки та роль у діагностиці і прогнозуванні захворювань нирок. Особливу увагу приділено значенню функціонального резерву у пацієнтів із хронічною хворобою нирок, гіпертонією, діабетом та іншими коморбідними станами. Монографія стане корисною для нефрологів, науковців та студентів-медиків, які прагнуть поглибити знання про функціональні можливості нирок та оптимізацію лікування пацієнтів із ризиком ниркової недостатності.

ISBN 978-3-98924-063-6

DOI: 10.30890/978-3-98924-063-6.2025

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@promonograph.org

site: <https://de.promonograph.org>

Copyright © Scientific texts, Authors, 2025

Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2025

ABOUT THE AUTHORS:

Dmytro D. Ivanov, MD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0003-2609-0051

Anatoliy I. Gozhenko, MD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Research Institute for Medicine of Transport of Ministry of Health Care of Ukraine, Odessa, Ukraine, ORCID: 0000-0001-7413-4173

Mariia Ivanova, MD, Candidate of Medical Sciences, PhD, Associate Professor European Institute of Oncology IRCCS, Milan, Italy, ORCID: 0000-0002-7636-1000

TABLE OF CONTENTS

LIST OF ABBREVIATIONS 6

INTRODUCTION 7

CHAPTER 1. FRR AND RENAL FUNCTIONS: PHYSIOLOGY AND
PATHOPHYSIOLOGY 8

1.1. Glomerular filtration and tubular functions as the basis of homeostasis.... 8

1.2. Functional renal reserve (definition, physiological significance,
methods of study) 26

1.3. Physiological justification for the use of water-salt loading
to determine functional renal reserve 46

CHAPTER 2. FRR AND ITS PRACTICAL APPLICATION 66

2.1. Functional renal reserve. Physiological significance and its role
in the diagnosis of kidney diseases 66

CHAPTER 3. FRR IN CERTAIN KIDNEY DISEASES 89

3.1. Functional renal reserve in patients with diabetes mellitus 89

3.2. Functional renal reserve in patients with hypertension..... 100

3.3. Functional renal reserve in patients with AIDS 111

3.4. Functional renal reserve in cancer patients 122

CONCLUSION 135

APPENDIX (HOW TO CALCULATE FRR) 144

PATIENT’S NOTE 147

REFERENCES 151

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ФНР І ФУНКЦІЇ НИРОК: ФІЗІОЛОГІЯ І ПАТОФІЗІОЛОГІЯ.....	8
1.1. Клубочкова фільтрація і канальцеві функції як основа гомеостазу	8
1.2. Функціональний нирковий резерв (визначення, фізіологічне значення, методики вивчення).....	26
1.3. Фізіологічне обґрунтування використання водно-сольового навантаження для визначення функціонального ниркового резерву ..	46
РОЗДІЛ 2. ФНР І ЙОГО ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ.....	66
2.1. Функціональний нирковий резерв. Фізіологічне значення та його роль у діагностиці ниркових захворювань.....	66
РОЗДІЛ 3. ФНР ПРИ ОКРЕМИХ ХВОРОБАХ НИРОК.....	89
3.1. Функціональний нирковий резерв у пацієнтів на цукровий діабет....	89
3.2. Функціональний нирковий резерв у пацієнтів з гіпертонічною хворобою	100
3.3. Функціональний нирковий резерв у пацієнтів на СНІД	111
3.4. Функціональний нирковий резерв у онкопацієнтів.....	122
ВИСНОВКИ.....	135
ДОДАТОК (ЯК РОЗРАХУВАТИ ФНР).....	144
ПАМ'ЯТКА ПАЦІЄНТУ.....	147
ЛІТЕРАТУРА.....	151

LIST OF ABBREVIATIONS

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АМР – антагоністи мінералкортикоїдних рецепторів
АТ II - ангіотензин II
БРА – блокатори рецепторів до ангіотензину II
ВААРТ - високоактивна антиретровірусна терапія
ВІЧ - вірус імунодефіциту людини
ВИЧАН - ВІЧ-асоційована нефропатія
ГНН – гостра ниркова недостатність
ГУН – гостре ураження нирок
ГХ - гіпертонічна хвороба
ДД - діастолічний тиск
іАПФ – інгібітори ангіотензинперетворюючого ферменту
іРААС – інгібітори ренінангіотензинальдостеронової системи
іНЗКТГ2 – інгібітори натрій залежного ко-транспортеру глюкози-2
КФ - клубочкова фільтраційна
ОАВ - осмотичні активні речовини
ПК - проксимальні канальці
ПОЛ - перекисне окислення ліпідів
РАС - ренін-ангіотензинова система
рШКФ – розрахункова швидкість клубочкової фільтрації
САК – співвідношення альбумін/креатинін сечі
СС - сечовий синдром
СН - серцева недостатність
СПІД - синдром придбаного імунодефіциту
СД - систолічний тиск
ЦД - цукровий діабет
ТІН - тубуло-інтерстиціальний нефрит
ФНР - функціональний нирковий резерв
ХНН – хронічна ниркова недостатність
ХХН - хронічна хвороба нирок

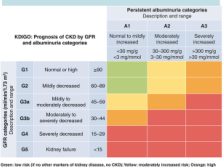
INTRODUCTION

ВСТУП

Розрахункова ШФК (рШКФ) є загально визнаним показником оцінки функції нирок і разом із співвідношенням альбумін/креатинін (САК) сечі використовуються для прогнозування ризику прогресування хронічної хвороби нирок (ХХН). Разом з тим, клініцистам добре відома ситуація, коли при однакових показниках рШКФ, САК, статі, віку і схожих супутніх захворюваннях темпи втрати функції нирок і розвитку термінальної хронічної ниркової недостатності [35] можуть суттєво відрізнятись у кожному конкретному випадку. Чому так? Відповіддю на це питання є різний функціональний нирковий резерв (ФНР), якій подібно потужності двигуна в автомобілі обумовлює різні можливості до подолання життєвих викликів.

ФНР, як і коли його визначати, ФНР при окремих хворобах нирок, чи можна на нього впливати або зберігати – про це наша монографія. Ми узагальнили досвід вивчення ролі функціонального ниркового резерву у здійсненні гомеостатичних функцій нирок та представляємо матеріали власних досліджень із фізіологічного обґрунтування оригінальної методики визначення ФНР. Долучайтесь до застосування визначення ФНР у своїй практиці, це нескладно, проте дуже інформативно.

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ НИРКОВИЙ РЕЗЕРВ

<p>Відповідно до KDIGO, 2024 ПРОГНОЗ ПЕРЕБІГУ визначте за</p> <p>рШКФ +САК</p> 	<p>Визначте функціональний нирковий резерв</p> <p>Контролюйте артеріальний тиск</p>	<p>Зелена, жовта, оранжева та червона зона за KDIGO, 2024 та ФНР понад 10%: використовуйте всі можливості наявної ренопротекторної та патогенетичної терапії</p> <p>Зелена, жовта, оранжева та червона зона за KDIGO, 2024 та ФНР менше 10%: проведіть генетичне тестування та нефробиопсію, шукайте індивідуальне рішення</p>
---	---	--

Гоженко АІ, Іванов ДД, Іванова МД, 2025

рШКФ+САК+ФНР+моніторинг АД

CONCLUSIONS

ВИСНОВКИ

Адаптивні механізми при пошкодженні нефронів

Якщо в пошкоджених нефронах спостерігається зниження фільтрації, це може бути адаптивною реакцією організму, спрямованою на зменшення функціонального навантаження на канальці. Це допомагає запобігти втратам електролітів та інших важливих речовин через нирки [41].

Однак, коли компенсаторні механізми неефективні, активується юкстагломерулярний апарат, який стимулює вироблення реніну та активацію РАС, що призводить до звуження ниркових артеріол. Такий механізм допомагає зменшити об'єм фільтрації, але водночас може спричинити азотемію, зниження ниркового кровотоку та навіть ішемію нирок [1,42].

Переваги методики ФНР

Методика оцінки ФНР є доступною, точною та фізіологічно обґрунтованою. Вона допомагає не тільки виявити функціональні резерви нирок, але й діагностувати ранні стадії хронічної хвороби нирок до розвитку явних симптомів ниркової недостатності.

Крім того, за допомогою ФНР можна визначити ступінь пошкодження проксимальних канальців. Це можливо через аналіз змін у рівнях протеїнурії під час солевої проби. Зростання протеїнурії після навантаження свідчить про більш серйозні пошкодження нефронів.

Оцінка функціонального резерву нирок є важливим інструментом для прогнозування розвитку хронічної хвороби нирок та її прогресування, в тому числі після трансплантації [46, 60]. Застосування цієї методики дозволяє не лише точно оцінити стан нирок, але й надати пацієнтам більш точний і персоналізований прогноз їхнього стану, що є надзвичайно важливим для ефективного лікування.

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ НИРКОВИЙ РЕЗЕРВ

Відповідно до KDIGO, 2024 ПРОГНОЗ ПЕРЕБІГУ визначте за

рШКФ +САК

Визначте функціональний нирковий резерв

Зелена, жовта, оранжева та червона зони за KDIGO, 2024 та ФНР понад 10%: проводьте ренопротекцію іРААС й іНЗКТГ2, цільовий САД менше 120 мм рт ст, за показаннями імуносупресивна або біологічна терапія основного захворювання

Контролюйте артеріальний тиск

Зелена, жовта та оранжева зони за KDIGO, 2024 та ФНР менше 10%: проводьте ренопротекцію іРААС й іНЗКТГ2, цільовий САД менше 120 мм рт ст, за показаннями імуносупресивна або біологічна терапія основного захворювання при відсутності генетично обумовленої основи ХХН

Червона зона за KDIGO, 2024 та ФНР менше 10% ренопротекція не має сенсу, контроль АТ дружніми до нирок препаратами, за показаннями біологічна терапія при відсутності генетично обумовленої основи ХХН

GDG: Prognosis of CKD by GFR and albumin categories

GFR (mL/min/1.73 m ²)	Albuminuria (mg/g)	Persistent albuminuria categories		
		A1	A2	A3
G1	Normal or high	<30	<30	<30
G2	Mildly decreased	30-59	30-59	30-59
G3a	Mildly to moderately decreased	45-59	30-59	30-59
G3b	Moderately to severely decreased	30-44	30-59	30-59
G4	Severely decreased	15-29	30-59	30-59
G5	Kidney failure	<15	30-59	30-59

Green: low risk; Yellow: intermediate risk; Orange: high risk; Red: very high risk. GFR, glomerular filtration rate.

рШКФ+САК+ФНР+моніторинг АД

Гоженко АІ, Іванов ДД, Іванова МД, 2025

Функціональний нирковий резерв є важливим показником, що відображає здатність нирок адаптуватися до змін навантаження та підтримувати гомеостаз організму. У пацієнтів з ХХН функція нирок поступово погіршується, що призводить до зменшення ФНР.

Основні результати дослідження показують, що первинні ушкодження при відбуваються на рівні каналців нефронів або на рівні клубочків. Водно-сольова проба є діагностично значущим інструментом для оцінки не лише кількості функціонуючих нефронів, але й їх функціонального стану. Крім того, важливим висновком стало зменшення екскреції лейкоцитів після навантаження, що свідчить про відсутність активного запального процесу. Водночас збільшення виведення альбумінів та еритроцитів говорить про можливі пошкодження клубочків нирок.

Дані дослідження підкреслюють важливість ранньої діагностики та моніторингу функції нирок у пацієнтів з хронічними захворюваннями для запобігання розвитку хронічної ниркової недостатності.

Алгоритм терапії на основі рШКФ та ФНР:

- **При гіперфільтрації та нормотензії** — рекомендується використання блокаторів РААС на ніч у малих дозах для нормалізації рШКФ.

- **Комбінація ІАПФ+БРА** при ШКФ 90-60 мл/хв/м² можлива при вираженій протеїнурії, однак потребує ретельного моніторингу рівня калію та креатиніну в крові.
 - **При ШКФ менше 60** мл/хв/м² — комбінація ІАПФ+БРА заборонена через ризик серйозних ускладнень.
-

Основні аспекти моніторингу:

- **Моніторинг креатиніну та сечовини** кожні два тижні для розрахунку ШКФ.
 - Терапія ІАПФ/БРА може бути скоригована залежно від динаміки показників функціональної ниркової резерви.
-

Необхідні подальші дослідження:

1. **Нормативи ФНР** для різних вікових та статевих груп.
 2. Визначення оптимальних характеристик **водно-сольової проби** для різних вікових груп.
 3. **Оцінка протеїнурії** при активації ФНР та підвищенні ШКФ.
 4. Вивчення **ФНР при різних захворюваннях нирок** для кращої діагностики.
-

Важливість ФНР:

- ФНР є важливим інструментом для **діагностики** пошкодження нирок і зниження кількості нефронів.
- Використання ФНР дозволяє **коригувати терапію** та прогнозувати подальший розвиток ХХН.

В заключенні вважаємо важливим дати відповідь на три важливих питання.

1. Чому визначення ФНР є важливим для обґрунтування необхідності/можливості проведення ренопротекторної терапії іРАС та іНЗКТГ2?

Якщо при призначенні іРАС та іНЗКТГ2 знижується рШКФ, то нирки працюють із навантаженням в режимі гіперфільтрації. При відсутності зниження рШКФ можна говорити, що нирки працюють на межі своїх можливостей, іРАС та іНЗКТГ2 для нирок не мають практичного значення, можливість їх призначення визначається лише показаннями із боку серцево-судинної системи або за наявного діабета.

2. Чому для визначення ФНР доцільно використовувати саме пробу із водно-сольових навантаженням?

Перша гомеостатична регуляція нирок в онтогенезі як і перша реакція нирок на підвищення артеріального тиску – виведення натрію. Тому саме навантаження натрієм обґрунтовує визначення ниркового резерву.

3. Якщо ФНР відсутній та не має ниркових показань для призначення ренопротекції іРАС та іНЗКТГ2, що можна запропонувати для збереження залишкової функції нирок та подовження додіалізного часу?

Сучасні нестероїдні АМР не мають прямого впливу на натрій, проте виявляють пряму антисклеротичну дію, тому під контролем приросту калію їх призначення доцільне. Можливо, перспективними є також агоністи глюкагоноподобного пептиду-1 (GLP-1).

Практичні поради лікарю

1. Моніторинг функції нирок:

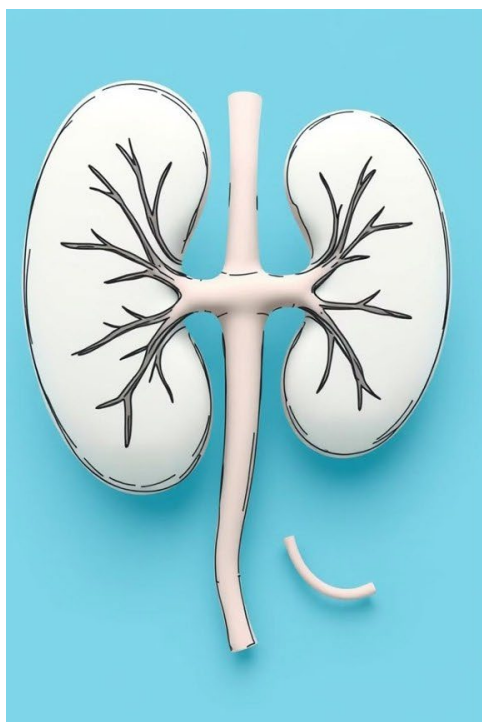
- Проводити регулярні аналізи сечі на альбумінурію та за методом Нечипоренка для оцінки кількості лейкоцитів, еритроцитів та інших клітинних елементів.
- Використовувати водно-сольову пробу для оцінки здатності нирок до компенсації навантажень та оцінки функціонального ниркового резерву.

2. Рання діагностика та профілактика:

- Раннє виявлення змін у роботі нирок у пацієнтів зі ХХН дозволить запобігти розвитку хронічної ниркової недостатності.
 - Звертати увагу на збільшення екскреції еритроцитів як індикатор пошкодження клубочків.
-


3. Індивідуальний підхід до лікування:

- Оцінювати стан кожного пацієнта з урахуванням змін в іонорегулюючій функції нирок, особливо під час застосування водно-сольового навантаження.
- Коригувати терапевтичні підходи для мінімізації ризиків ушкодження нефронів та прогресування захворювання.



Функціональний резерв нирок та його значення

Важливий інструмент для діагностики та прогнозування хронічної ниркової недостатності.

 by Dmytro Ivanov

Адаптаційні реакції нефронів

Зниження фільтрації

Адаптаційна реакція для зменшення навантаження на канальці.

Уникнення ренальних втрат

Допомагає зберегти електроліти та важливі речовини.

Компенсаторні механізми: PAC

1

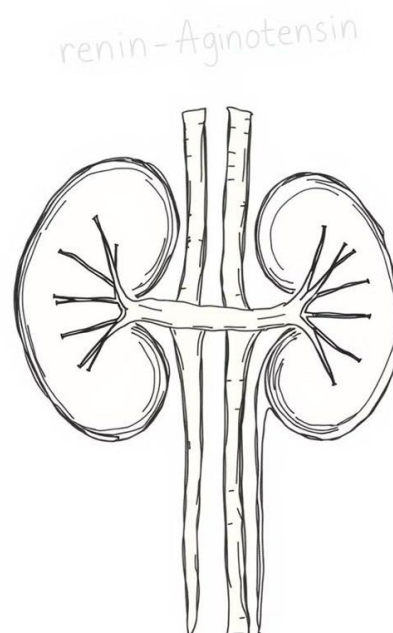
Активация юстагломерулярного апарату
Стимулює вироблення реніну та активацию PAC.

2

Звуження ниркових артеріол
Гіперфільтрація й зменшення об'єму фільтрації.

3

Наслідки
ХХН, зниження ниркового кровотоку, ішемія нирок.



Переваги методики ФНР із 0.45% розчином натрію хлориду

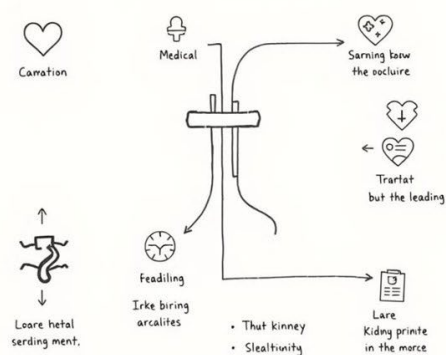
- 1 Доступність
Фізіологічно обґрунтована та доступна методика.
- 2 Рання діагностика
Виявлення ранніх стадій хронічної хвороби нирок.
- 3 Оцінка пошкоджень
Визначення ступеню пошкодження проксимальних канальців.



Алгоритм терапії на основі рШКФ та ФНР

- 1 Гіперфільтрація та нормотензія
Блокатори РАС у малих дозах на ніч.
 - 2 ШКФ 90-60 мл/хв/м²
Можлива комбінація ІАПФ + БРА.
 - 3 ШКФ <60 мл/хв/м²
Заборонена комбінація ІАПФ + БРА.
- iH3KTГ2

Kidney TREATMENT KIDNEY TREATMENT



ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ НИРКОВИЙ РЕЗЕРВ

Відповідно до KDIGO, 2024 ПРОГНОЗ ПЕРЕБІГУ визначте за **рШКФ + САК**

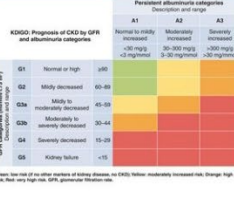
Визначте функціональний нирковий резерв

Зелена, жовта, оранжева та червона зони за KDIGO, 2024 та ФНР понад 10%: проводьте ренопротекцію іРААС й іНЗКТГ2, цільовий САД менше 120 мм рт ст, за показаннями імуносупресивна або біологічна терапія основного захворювання

Зелена, жовта та оранжева зони за KDIGO, 2024 та ФНР менше 10%: проводьте ренопротекцію іРААС й іНЗКТГ2, цільовий САД менше 120 мм рт ст, за показаннями імуносупресивна або біологічна терапія основного захворювання при відсутності генетично обумовленої основи ХХН

Червона зона за KDIGO, 2024 та ФНР менше 10% ренопротекція не має сенсу, контроль АТ дружніми до нирок препаратами, за показаннями біологічна терапія при відсутності генетично обумовленої основи ХХН

Контролюйте артеріальний тиск



Гоженко АІ, Іванов ДД, Іванова МД, 2025

рШКФ+САК+ФНР+моніторинг АД

Моніторинг після проведення індивідуалізації терапії перші 3 місяці

Показник	Частота контролю
Креатинін	Кожні 2 тижні
Сечовина	Кожні 2 тижні
Терапія	Коригується на основі динаміки



Подальші дослідження

Нормативи ФНР

Для різних вікових та статевих груп.

Водно-сольова проба

Оптимальні параметри для різних пацієнтів.



Практичні поради лікарю



Моніторинг функції нирок за рШКФ та САК (KDIGO, 2024)

Аналіз ФНР



Рання діагностика

Виявлення змін ФНР на ранніх стадіях ХХН.



Індивідуальний підхід

Коригування терапії для мінімізації пошкоджень нефронів за рШКФ, САК та ФНР.

APPENDIX (HOW TO CALCULATE FRR)

ДОДАТОК (ЯК РОЗРАХУВАТИ ФНР)

Як розрахувати ФНР?

1. **Вимірювання базової ШКФ:** Спочатку вимірюється базова (спокійна) швидкість клубочкової фільтрації за допомогою будь-якого надійного методу, як-от визначення рівня креатиніну в крові (або цистатину С) та визначення рШКФ-ЕРІ (наприклад, app yourGFR).
2. **Провокація функціонального навантаження:**
 - **водно-сольова проба із 0,45% натрію хлориду 0.5% від ваги тіла** (можна взяти 0,9% физрозчин 200 мл, розбавити 200 мл дистильованої води і дати випити протягом 5 хвилин)
3. **Вимірювання ШКФ після навантаження:** Після функціонального навантаження (через 1 годину) знову вимірюється рШКФ за рівнем креатиніну (або цистатину С) крові
4. **Розрахунок ФНР:** ФНР визначається як різниця між ШКФ після навантаження та базовою ШКФ, що виражається у %:
$$\text{ФНР в \%} = \frac{\text{ШКФ після навантаження} \times 100}{\text{Базова ШКФ} - 100}$$
У нормі ФНР понад 10%. Зниження цього показника вказує на погіршення функції нирок.

Як розрахувати приріст альбумінурії?

5. **Вимірювання базової альбумінурії (або, краще САК - співвідношення альбумін/креатинін сечі)**
6. **Провокація функціонального навантаження:**
 - **водно-сольова проба із 0,45% натрію хлориду 0.5% від ваги тіла** (взяти 0,9% физрозчин 200 мл, розбавити 200 мл дистильованої води і дати випити протягом 5 хвилин)
7. **Вимірювання альбумінурії (САК) після навантаження**

8. **Розрахунок приросту альбумінурії:** визначається як різниця між альбумінурією (САК) після навантаження та базовою альбумінурією (САК), що виражається у %:

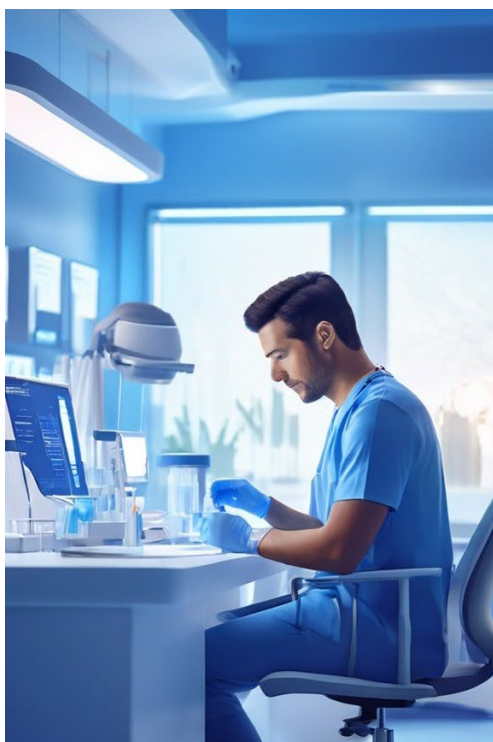
ФНР в % = $\frac{\text{альбумінурія після навантаження} - \text{Базова альбумінурія}}{\text{Базова альбумінурія}} \times 100$
Приріст альбумінурії (САК) вказує на тотальне ураження нирок.



Розрахунок функціонального ниркового резерву (ФНР) та приросту альбумінурії

Функціональний нирковий резерв (ФНР) та приріст альбумінурії/протеїнурії є важливими показниками для оцінки функції нирок. Ці тести допомагають виявити ранні ознаки ниркової дисфункції та оцінити здатність нирок адаптуватися до навантаження.

by Dmytro Ivanov



Розрахунок функціонального ниркового резерву (ФНР)

- 1** — **Вимірювання базової ШКФ**
Спочатку вимірюється базова швидкість клубочкової фільтрації за допомогою надійного методу, наприклад, визначення рівня креатиніну в крові та розрахунку рШКФ-EPI (наприклад, через app yourGFR)
- 2** — **Провокація функціонального навантаження**
Пацієнту дають випити 0,45% розчин натрію хлориду в об'ємі 0,5% від ваги тіла протягом 5 хвилин.
- 3** — **Вимірювання ШКФ після навантаження**
Через 1 годину після навантаження знову вимірюється рШКФ за рівнем креатиніну крові.
- 4** — **Розрахунок ФНР**
ФНР розраховується як відсоткова різниця між ШКФ після навантаження та базовою ШКФ. Норма - понад 10%.



Розрахунок приросту альбумінурії

1

Вимірювання базової альбумінурії/протеїнурії

Визначається базовий рівень альбумінурії або співвідношення альбумін/креатинін сечі (САК).

2

Провокація функціонального навантаження

Пацієнту дають випити 0,45% розчин натрію хлориду в об'ємі 0,5% від ваги тіла протягом 5 хвилин.

3

Вимірювання альбумінурії після навантаження

Визначається рівень альбумінурії або САК після навантаження.

4

Розрахунок приросту альбумінурії

Розраховується відсоткова різниця між альбумінурією після навантаження та базовою альбумінурією.



Інтерпретація результатів

Функціональний нирковий резерв (ФНР)

ФНР в нормі повинен бути понад 10%. Зниження цього показника вказує на погіршення функції нирок та зменшення їх здатності адаптуватися до навантаження.

Приріст альбумінурії

Збільшення альбумінурії (або САК) після навантаження вказує на тотальне ураження нирок. Це може бути ранньою ознакою ниркової дисфункції, навіть якщо базові показники в нормі.

Комплексна оцінка

Аналіз обох показників - ФНР та приросту альбумінурії - дозволяє отримати повну картину функціонального стану нирок та виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях.

PATIENT'S NOTE

ПАМ'ЯТКА ПАЦІЄНТУ

Пам'ятка для пацієнта: Що потрібно знати про функціональний нирковий резерв (ФНР)

1. Що таке функціональний нирковий резерв (ФНР)?

Функціональний нирковий резерв (ФНР) — це здатність ваших нирок збільшувати швидкість фільтрації крові у відповідь на певні навантаження (наприклад, фізичні вправи або вживання білкової їжі). ФНР відображає резервні можливості нирок працювати інтенсивніше, якщо це потрібно організму. ФНР допоможе Вам дізнатися який час Ви маєте до повної втрати функції нирок за наявної хронічної хвороби нирок 4-5 стадій.

2. Чому ФНР важливий?

ФНР допомагає визначити, наскільки здорові ваші нирки та наскільки вони здатні адаптуватися до підвищеного навантаження. Зниження ФНР може свідчити про початкові стадії ниркової недостатності або виснаження резервів нирок, навіть коли інші показники роботи нирок ще в нормі.

3. Як вимірюють ФНР?

ФНР вимірюють за допомогою спеціальних тестів, які визначають швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ) до і після стимуляції (наприклад, після вживання певних речовин або фізичного навантаження). Різниця між цими показниками показує ФНР.

4. Що впливає на ФНР?

ФНР може знижуватися з віком або внаслідок хронічних захворювань нирок, діабету, гіпертонії та інших станів. Крім того, деякі ліки або токсичні речовини можуть негативно впливати на нирки та знижувати ФНР.

5. Які симптоми можуть вказувати на зниження ФНР?

Зниження ФНР часто не супроводжується явними симптомами на початкових стадіях. Проте в подальшому можуть з'явитися ознаки, як-от: втома, набряки,

підвищений артеріальний тиск, часті сечовипускання вночі (ніктурія) та інші прояви порушення роботи нирок.

6. Як підтримувати ФНР на належному рівні?

- **Слідкуйте за артеріальним тиском:** Контроль тиску допомагає зберегти нирки в хорошому стані.
- **Дотримуйтеся здорової дієти:** Обмежуйте вживання солі та продуктів з високим вмістом білка. Включайте в раціон овочі, фрукти та цільнозернові продукти.
- **Контролюйте рівень цукру в крові:** Особливо важливо для людей з діабетом.
- **Уникайте зневоднення:** Пийте достатню кількість води, особливо в спекотну погоду або під час фізичної активності.
- **Відмовтеся від шкідливих звичок:** Зокрема, обмежте або повністю відмовтеся від алкоголю та куріння.
- **Приймайте ліки за призначенням лікаря:** Деякі препарати можуть впливати на роботу нирок. Завжди консультуйтеся з лікарем щодо безпечного прийому ліків.

7. Коли звернутися до лікаря?

Звертайтеся до лікаря, якщо у вас є фактори ризику розвитку захворювань нирок (наприклад, гіпертонія, діабет, спадкова схильність) або якщо ви помічаєте будь-які симптоми, що можуть свідчити про проблеми з нирками. Регулярні обстеження допоможуть вчасно виявити зниження ФНР та запобігти подальшому прогресуванню захворювань нирок.

8. Які обстеження потрібні для оцінки функції нирок?

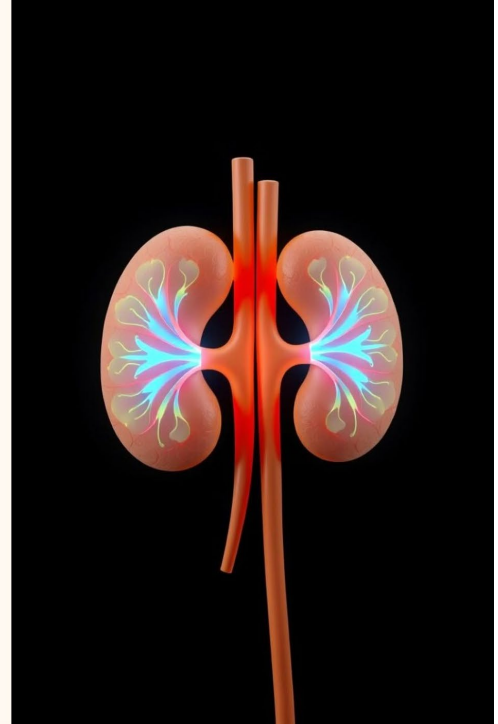
Для оцінки роботи нирок та ФНР лікар може призначити такі обстеження:

- Аналіз сечі
- Аналіз крові (рівень креатиніну, сечовини)
- УЗД нирок
- Розрахунок швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ)

Пам'ятайте, що здоров'я ваших нирок багато в чому залежить від вашого способу життя та своєчасної діагностики. Дотримуйтесь рекомендацій лікаря та проходите регулярні обстеження для підтримання здоров'я нирок.

Функціональний нирковий резерв (ФНР): Що потрібно знати

ФНР - це здатність нирок збільшувати швидкість фільтрації крові у відповідь на навантаження. Він відображає резервні можливості нирок працювати інтенсивніше за потреби.



Важливість ФНР та його вимірювання

- 1** — Значення ФНР
ФНР допомагає визначити здоров'я нирок та їх здатність адаптуватися до навантаження.
- 2** — Вимірювання
ФНР вимірюють за допомогою тестів, що визначають ШКФ до і після стимуляції.
- 3** — Фактори впливу
Вік, хронічні захворювання, діабет, гіпертонія можуть знижувати ФНР.

Made with Gamma



Підтримка здоров'я нирок

Контроль тиску

Слідкуйте за артеріальним тиском для збереження нирок у хорошому стані.

Здорова дієта

Обмежуйте сіль та білок, їжте більше овочів, фруктів та цільнозернових продуктів.

Гідратація

Пийте достатньо води, особливо в спеку або під час фізичної активності.

Регулярні обстеження

Проходьте регулярні обстеження для вчасного виявлення проблем з нирками.

Made with Gamma

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

1. Гоженко А.И. Патофизиология почек. От эксперимента к клинике / Актовая речь. – Одеса, 2013. – 32 с.
2. Гоженко А.И. Нирки і гомеостаз /Актуальні проблеми медицини транспорту. – 2023. – №1-2 (71-72). – С. 13-29.
3. Гоженко А.И. Функціональний нирковий резерв, механізми та роль у гомеостазі //Фізіологічний журнал. – 2010. – т. 56, №2. – С. 273-274.
4. Иванов Д.Д, Гоженко А.И, Савицька Л.М. Ренопротекція і її взаємозв'язок із рШКФ і функціональним нирковим резервом. ПОЧКИ. НИРКИ.KIDNEYS. 2018, Т7, N4. P. 11-18
5. Консенсус з лікування пацієнтів із цукровим діабетом 2-го типу у поєднанні з серцево-судинними та/або нирковими захворюваннями Маньковський Б. М., Більченко О. В., Власенко М. В., Зінич О. В., Иванов Д. Д., Іркін О. І., Комісаренко Ю. І., Кушніренко С. В., Лутай Я. М., Міщенко Л. А., Перцева Н. О., Процюк О. В., Саєнко Я. А., Смірнов І. І., Соколова Л. К., Урбанович А. М., Юзвенко Т. Ю., Ягенський А. В. Діабет. Ожиріння. Метаболічний синдром. 2022 (XI) 3 С 9-22
6. **Konov, B. M., Bilchenko, O. V., Vlasenko, M. V., et al.** (2022). Consensus on the Treatment of Patients with Type 2 Diabetes Mellitus in Combination with Cardiovascular and/or Renal Diseases. *Diabetes. Obesity. Metabolic Syndrome*, XI(3), 9-22.
7. Патофізіологічні та методологічні аспекти визначення функціонального ниркового резерву в клінічній нефрології / Кравчук А.В., Никитенко О.П., Сірман В.М., Кузнецова К.С.,Романів Л.В., Гоженко А.И.// Почки.- №1 (15).- 2016, С 22-27
8. Роль функціонального почечного резерва в диагностике и мониторинге хронической болезни почек / Гоженко А.И., Никитенко О.П., Кравчук А.В., Сирман В.М., Кузнецова Е.С.// Актуальные проблемы транспортной медицины .- 2017 - №4 (50) – С.46-58

9. Функциональный почечный резерв: физиология, патофизиология и диагностика. Применение в практике / Гоженко А.И., Иванов Д.Д., Никитенко О.П. и др. – К.: Издатель Заславский А.Ю., 2019. – 152с.
10. **Alessi, M., Masini, M., Sarti, A., Buffa, S., Bertolotto, M., & Orsi, A.** (2024). Assessment of Functional Renal Reserve in Kidney Donors Using Ultrasound IRRIV Test. *Journal of Clinical Medicine*, 13(2), 112-124. <https://doi.org/10.3390/jcm13020112>
11. **Alessi, M., Rossi, A., & Bassani, A.** (2024). The Ultrasound Renal Stress Test for the Assessment of Functional Renal Reserve in Kidney Transplantation: A Pilot Study in Living Donors. *Journal of Clinical Medicine*, 13(2), 525. <https://doi.org/10.3390/jcm13020525>
12. **Andrew S. Levey** Defining AKD: The Spectrum of AKI, AKD, and CKD Nephron (2022) 146 (3): 302–305. <https://doi.org/10.1159/000516647>
13. **Bellomo, R., & Ronco, C.** (2023). Kidney Stress Testing for Precision Medicine in Nephrology. *Journal of Nephrology*, 36(3), 449-458. <https://doi.org/10.1007/s40620-023-01406-3>
14. **Bellomo, R., Kellum, J. A., & Ronco, C.** (2020). Acute Kidney Injury in Critical Care. *Critical Care*, 24, 529. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03134-4>
15. **Bosch JP et al.** "Renal Functional Reserve in Humans: Effect of Protein Intake on Glomerular Filtration Rate." *American Journal of Medicine*, 1983. [[https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(83\)80236-8](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(83)80236-8)].
16. **Bosch, J. P., Ritz, E., & Mallie, J. P.** (2023). The Concept of Renal Functional Reserve. *Kidney International Reports*, 8(3), 352-365. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.02.017>
17. **Brendolan, A., et al.** (1988). Renal Functional Reserve in Pregnancy. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 3(2), 157. <https://doi.org/10.1093/ndt/3.2.157>
18. **Cachat F et al.** "A Systematic Review of Glomerular Hyperfiltration Assessment and Definition in the Medical Literature." *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 2015. [<https://doi.org/10.2215/CJN.05460514>].

19. Cachat, F., & Martin, G. (2021). Renal Functional Reserve Assessment in Clinical Practice: Advances and Challenges. *Clinical Nephrology*, 96(4), 196-205. <https://doi.org/10.5414/CNP96A23>
20. Calo, L. A., & Davis, J. A. (2023). Assessment of Renal Functional Reserve in Living Kidney Donors: Clinical Implications. *Journal of Clinical Medicine*, 12(8), 1842. <https://doi.org/10.3390/jcm12081842>
21. Carlos G. Musso, Rossina Juarez, Belloso W, Henry Gonzalez-Torres, Mercedes Capotondo, Terrasa Sergio, Fabrizio Cristiano, Gustavo Aroca Martinez. Renal Functional Reserve in Naïve HIV Patients. August 2024 *Giornale italiano di nefrologia*: 41(4) DOI: 10.69097/41-04-2024-11 У цьому дослідженні було виявлено, що нирковий функціональний резерв був позитивним у наївних ВІЛ-пацієнтів, але значно нижчим порівняно з нирковим функціональним резервом, досягнутим у серонегативних здорових осіб.
22. Doig GS et al. "Intravenous Amino Acid Therapy for Kidney Function in Critically Ill Patients: A Randomized Controlled Trial." *Intensive Care Medicine*, 2015. [<https://doi.org/10.1007/s00134-015-3724-1>].
23. Doig, G. S., Rosen, P. M., & Griffiths, J. R. (2022). Intravenous Amino Acid Therapy for Kidney Function in Critically Ill Patients: A Randomized Controlled Trial. *Intensive Care Medicine*, 48(1), 85-96. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06543-8>
24. Endre, Z. H., & Pickering, J. W. (2020). Defining acute kidney injury: Moving beyond serum creatinine. *Critical Care*, 24, 529. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03144-4>
25. Furian, L., & Lehner, M. J. (2020). The Role of Renal Resistive Index in the Assessment of Renal Function Post-Nephrectomy. *Journal of Nephrology*, 33(3), 579-588. <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00723-z>
26. Gozhenko AI, Crestanello T, Ivanov DD Coaching to increase water intake in CKD 1–5: overview and detailed analysis of three clinical trials *KIDNEYS* 10 (2), 54-57

27. **Guerin, L., & Sanchez, H.** (2021). Renal Functional Reserve as a Prognostic Marker in Kidney Transplantation. *Transplantation*, 105(5), 1042-1050. <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000003648>
28. **Hostetter TH et al.** Role of Angiotensin II in the Altered Renal Function of Congestive Heart Failure. *Circulation Research*, 1984. <https://doi.org/10.1161/01.RES.55.6.669>.
29. **Hostetter, T. H., & Remuzzi, G.** (2022). Hemodynamic Stress and Renal Functional Reserve. *Kidney International*, 101(2), 192-202. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2022.10.003>
30. **Husain-Syed F et al.** Acute Kidney Injury and Immune Dysfunction: New Insights into a Dangerous Liaison. *Kidney International*, 2020.
31. **Husain-Syed, F., Slutsky, A. S., & Ronco, C.** (2020). Renal functional reserve in patients with acute kidney injury. *Kidney International Reports*, 5(4), 495-505. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2020.01.027>
32. **Ichikawa, I., & Williams, J. A.** (2020). Mechanisms of Glomerular Hyperfiltration in Early Diabetic Nephropathy. *Journal of Nephrology*, 33(3), 354-362. <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00693-2>
33. **Ivanov DD, Gozhenko AI, Savytska LM** Individualization of renoprotection in dependence from estimated glomerular filtration rate and renal functional reserve *Nephrology (Saint-Petersburg)* 23 (1), 9-14
34. **Ivanov, D., Savytska, L., Kulachek, V.** The association of kidney stress test with water salt loading with estimated glomerular filtration rate decline in patients with chronic kidney disease stage 1-3 *Archives of the Balkan Medical Union* this link is disabled, 2019, 54(3), pp. 438–444
35. **Ivanova, M.D., Gozhenko, A.I., Crestanello, T., Ivanov, D.D.** Early Coaching to Increase Water Intake in CKD. *Annals of nutrition & metabolism*, 2020, 76, pp. 69–70
36. **Kanbay M, Copur S, Bakir CN, Covic A, Ortiz A, Tuttle KR.** Glomerular hyperfiltration as a therapeutic target for CKD. *Nephrol Dial Transplant*. 2024 Jul 31;39(8):1228-1238. doi: 10.1093/ndt/gfae027. PMID: 38308513.

37. **Karakala, N., & Vijayan, A.** (2023). Monitoring Renal Functional Reserve with Biomarkers in Critically Ill Patients. *Clinical Nephrology*, 99(2), 123-133. <https://doi.org/10.5414/CNP99236>
38. **Kellum, J. A., & Ronco, C.** (2020). Diagnostic Criteria for Acute Kidney Injury: The Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) Definition and Beyond. *Critical Care Medicine*, 48(4), 597-605. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004237>
39. 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;105(4S):S117–S314.
40. **Liu, Y., & Remuzzi, G.** (2022). Renal Functional Reserve: Mechanisms of Adaptation in the Context of Injury. *Nature Reviews Nephrology*, 18(3), 170-182. <https://doi.org/10.1038/s41581-021-00504-7>
41. **Martin-Lorenzo, M., & Rodriguez, M.** (2021). Glomerular filtration reserve and metabolic changes in renal disease. *Kidney International Reports*, 6(8), 1625-1633. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.06.019>
42. **McMahon, G. M., & Prowle, J. R.** (2019). Renal Functional Reserve and Its Clinical Implications. *Journal of the American Society of Nephrology*, 30(6), 1012-1024. <https://doi.org/10.1681/ASN.2018121222>
43. **Molitoris BA et al.** Quantifying Glomerular Filtration Rates in Acute Kidney Injury: A Requirement for Translational Success." *Seminars in Nephrology*, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2015.11.002>.
44. **Molitoris, B. A., & Falk, R. J.** (2023). Acute Kidney Injury and Renal Functional Reserve: Implications for Future Research. *Kidney International Reports*, 8(2), 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.11.028>
45. **Mueller, T. F., Luyckx, V. A.** (2024). The Role of Functional Renal Reserve Testing in Clinical Practice. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 33(3), 197-202. <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000908>

46. **Musso, C. G., Juarez, R., Belloso, W., et al.** (2024). Renal Functional Reserve in Naïve HIV Patients. *Giornale Italiano di Nefrologia*, 41(4). <https://doi.org/10.69097/41-04-2024-11>
47. **Na, K. Y., & Lee, H.** (2021). The Influence of Kidney Donation on Renal Functional Reserve: A Longitudinal Study. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 16(5), 738-747. <https://doi.org/10.2215/CJN.12550920>
48. **Peters E et al.** Albuminuria and Renal Function Decline in Intensive Care Patients: Role of Renal Functional Reserve. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 2018, 36(2), 312-321. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaa082>
49. **Prowle JR et al.** Renal Stress Tests: The Future of AKI Risk Assessment? *Intensive Care Medicine*, 2016, 42(7), 1031-1034. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4098-9>
50. **Remuzzi, G., Ruggenti, P., & Noris, M.** (2023). Glomerular hyperfiltration and renal injury. *Kidney International Reports*, 8(4), 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.02.005>
51. **Ronco C et al.** Glomerular and Tubular Kidney Stress Test: New Tools for a Deeper Evaluation of Kidney Function. *Nephron*, 2016. [<https://doi.org/10.1159/000443593>].
52. **Ronco, C., & Reis, T.** (2023). Kidney Stress Testing for Precision Medicine in Nephrology. *Journal of Nephrology*, 36(3), 449-458. <https://doi.org/10.1007/s40620-023-01406-3>
53. **Siew, E. D., & Ikizler, T. A.** (2022). The functional renal reserve in chronic kidney disease: Assessment and clinical importance. *American Journal of Kidney Diseases*, 79(4), 594-603. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2021.10.007>
54. **Srisawat, N., & Kellum, J. A.** (2018). Renal Functional Reserve as a Marker for Acute Kidney Injury Recovery. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 33(3), 456-464. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfx282>

55. **Theuse, L., Da Silva, F. M., Correia, C. S., Borges, F. T.** (2021). The Role of Functional Renal Reserve in Chronic Kidney Disease Progression. *Transplantation Proceedings*, **53**(6), 2123-2128. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2021.02.034>
56. **Udy, A. A., & Roberts, J. A.** (2014). Augmented Renal Clearance in the ICU: Results of a Multicentre Observational Study. *Critical Care Medicine*, **42**(3), 659-667. <https://doi.org/10.1097/CCM.000000000000145>
57. **Villanueva, S., & Carrasco, L.** (2021). Renal functional reserve in kidney transplantation: Prognostic and diagnostic potential. *Transplantation Reviews*, **35**(4), 100596. <https://doi.org/10.1016/j.trre.2021.100596>
58. **Zarbock, A., & Kellum, J. A.** (2020). Remote ischemic preconditioning and renal functional reserve: Mechanisms and clinical implications. *Nephrology Dialysis Transplantation*, **35**(5), 772-781. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz119>
59. **Zinoviev, N. I., & Frolov, Y. A.** (2020). Non-Invasive Assessment of Renal Functional Reserve Using MRI Techniques. *Radiology*, **298**(1), 184-192. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020191062>
60. **Zoccali, C., & Mallamaci, F.** (2022). The role of functional renal reserve in chronic kidney disease. *Clinical Nephrology*, **97**(5), 341-349. <https://doi.org/10.5414/CNP97348>
61. **Zullo, A., & Curcio, G.** (2023). Longitudinal assessment of renal functional reserve after living kidney donation. *Journal of Nephrology*, **36**(2), 205-213. <https://doi.org/10.1007/s40620-023-01382-w>

Functional renal reserve: clinical implementation

SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH

**FUNCTIONAL RENAL RESERVE: CLINICAL
IMPLEMENTATION**

*ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ НИРКОВИЙ РЕЗЕРВ:
КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ*

Authors:

Dmytro Ivanov, Anatoliy Gozhenko, Mariia Ivanova

Monograph published in the author's edition

Authorized for printing 10.01.2025.

Order No. MGE05-2024. Contracted price.

Published:
ScientificWorld -Net Akhat AV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany



e-mail: editor@promonograph.org
<https://de.promonograph.org>



