

# **Clinical Biochemistry**

# **Клінічна біохімія**

# Clinical Biochemistry

AN ILLUSTRATED COLOUR TEXT

SEVENTH EDITION

**Michael Murphy** MA MD FRCP FRCPath

Reader in Biochemical Medicine

University of Dundee

Dundee, United Kingdom

**Rajeev Srivastava** MS FRCS FRCPath

Consultant Clinical Biochemist

NHS Greater Glasgow and Clyde

Glasgow, United Kingdom

**Kevin Deans** PhD FRCP FRCPath

Consultant Clinical Biochemist

NHS Grampian

Aberdeen, United Kingdom



ELSEVIER

# Клінічна біохімія

ТЕКСТ І КОЛЬОРОВІ ІЛЮСТРАЦІЇ

ПЕРЕКЛАД СЬОМОГО ВИДАННЯ

**Майкл Мерфі**, магістр мистецтв, доктор медицини,  
член Королівської колегії терапевтів, член Королівської колегії патологів  
Викладач біохімічної медицини  
Університет Данді  
Данді, Велика Британія

**Раджив Шривастава**, магістр природничих наук,  
член Королівської колегії хірургів, член Королівської колегії патологів  
Клінічний біохімік-консультант  
Департамент Національної служби охорони здоров'я «Грейтер Глазго енд Клайд»  
(NHS Greater Glasgow and Clyde)  
Глазго, Велика Британія

**Кевін Дінс**, доктор філософії, член Королівської колегії терапевтів,  
член Королівської колегії патологів  
Клінічний біохімік-консультант  
Департамент Національної служби охорони здоров'я «Грампіан» (NHS Grampian)  
Абердин, Велика Британія

Науковий редактор українського видання –  
**Любов Лаповець**, доктор медичних наук, професор,  
завідувач кафедри клінічної лабораторної діагностики факультету  
післядипломної освіти Львівського національного медичного  
університету імені Данила Галицького МОЗ України, академік  
Національної академії наук вищої освіти України

Київ  
ВСВ «Медицина»  
2024

УДК 615.015.4  
ББК 53.4я73  
М52

© 2024, Elsevier Limited. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

First edition 1995  
Second edition 1999  
Third edition 2004  
Fourth edition 2008  
Fifth edition 2013  
Sixth edition 2019

The right of Michael Murphy, Rajeev Srivastava and Kevin Deans to be identified as authors of this work has been asserted by them in accordance with the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

Право Майкла Мерфі, Раджива Шривастави та Кевіна Дінса як авторів цієї книги підтверджено ними згідно із Законом про авторське право, промислові зразки і патенти 1988 року.

Усі права захищені.

Жодна частина цього видання не може відтворюватися або передаватися в будь-якій формі чи будь-якими засобами, електронними або механічними, включно з фотокопіюванням, записуванням або будь-якою іншою системою зберігання та відтворення інформації, без письмового дозволу правласника.

Ця книга та окремі напрацювання, що містяться в ній, захищені авторським правом (окрім зазначених випадків).

This edition of *Clinical Biochemistry: An Illustrated Colour Text, 7<sup>th</sup> edition (9780323880572)* by Michael Murphy, Rajeev Srivastava, and Kevin Deans is published by arrangement with Elsevier Ltd.

Це видання книги *Clinical Biochemistry: An Illustrated Colour Text, 7<sup>th</sup> edition (9780323880572)* by Michael Murphy, Rajeev Srivastava, and Kevin Deans опубліковано за угодою з компанією Elsevier Ltd.

Переклад було здійснено ТОВ «Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина».

За здійснений переклад відповідає тільки ТОВ «Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина».

Лікарі-практики й дослідники повинні завжди спиратися на власний досвід і знання під час оцінювання та використання будь-якої інформації, методів, лікарських засобів або експериментів, описаних у цьому виданні. Зокрема, з огляду на швидкий розвиток медичної науки, слід проводити незалежну перевірку діагнозів і дозування лікарських засобів. Згідно із законодавством, Elsevier, автори, співавтори, редактори не відповідають за виконання перекладу або за будь-які тілесні ушкодження та/або шкоду, заподіяну людям чи майну, в межах відповідальності за якість продукції, недбалість тощо або через використання чи застосування будь-яких методів, продукції, інструкцій або ідей, що містяться в цьому виданні.

Над перекладом видання працювали: **Віоріка Акімова**, доктор біологічних наук, професор; **Ганна Максимюк**, доктор біологічних наук, професор; **Наталія Козопас**, доктор філософії; **Наталія Бойків**, кандидат медичних наук, доцент; **Андрій Кость**, кандидат медичних наук, доцент; **Ольга Мартянова**, кандидат медичних наук, доцент; **Оксана Ястремська**, кандидат медичних наук, доцент; **Надія Долинська**, старший лаборант.

## Мерфі, Майкл

М52 Клінічна біохімія. Текст і кольорові ілюстрації : пер. 7-го вид. / Майкл Мерфі, Раджив Шривастава, Кевін Дінс ; наук. ред. Любов Лаповець. – К. : ВСВ «Медицина», 2024. – VIII, 183 с.  
ISBN 978-617-505-965-4 (укр.)  
ISBN 978-0-323-88057-2 (англ.)

«Клінічна біохімія» – дуже популярний посібник, світовий тираж якого перевищив 80 000 примірників. Його використовують у всьому світі й переклали десятками мовами. Усі шість видань надавали студентам саме той обсяг інформації, який потрібен для розуміння й застосування клінічної біохімії в клінічному контексті. Сьоме видання зберігає той самий практичний і орієнтований на пацієнта підхід, завдяки якому попередні видання набули великої популярності. Попри простоту, оновлений текст зовсім не нудний: висвітлено всю найважливішу інформацію. Ми переглянули й оновили ілюстрації, яким посібник здебільшого завдячує візуальною привабливістю. Книга – ідеальне джерело для розуміння основ біохімічних аналізів та їх інтерпретації. Вона допоможе застосовувати отримані знання в клінічній практиці. Ми зберегли базову структуру, яка вже довела свою ефективність; після вступу йдуть розділи з базової біохімії, ендокринології та спеціалізованих досліджень.

Посібник передусім призначений для тих, хто вперше вивчає цей предмет, водночас буде корисний для студентів старших курсів різних спеціальностей, включно з медициною, медсестринською справою, медико-біологічними науками й фармацевтикою, і стане в пригоді молодим лікарям.

УДК 615.015.4  
ББК 53.4я73

ISBN 978-617-505-965-4 (укр.)  
ISBN 978-0-323-88057-2 (англ.)

© 2024, Elsevier Limited. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies  
© ВСВ «Медицина», переклад українською. Усі права захищені, включно з правами на інтелектуальний аналіз тексту і даних, навчання ШІ та подібні технології, 2024

# Зміст

Передмова до шостого видання

Передмова до сьомого видання

Подяка

## Частина 1. Вступ до клінічної біохімії

- |                                   |   |  |
|-----------------------------------|---|--|
| 1. Лабораторія клінічної біохімії | 3. Інтерпретація результатів: загальні відомості  | 5. Інтерпретація результатів: моніторинг |
| 2. Використання лабораторії       | 4. Інтерпретація результатів: визначення діагнозу | 6. Аналітичні аспекти                    |

## Частина 2. Основна біохімія

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 7. Рідини й електроліти: основні поняття           | 20. Хронічні захворювання нирок                                  | 30. Захворювання печінки                       |
| 8. Водно-сольова рівновага: фізіологічні механізми | 21. Кислотно-лужна рівновага: поняття і терміни                  | 31. Метаболізм глюкози та цукровий діабет      |
| 9. Гіпонатріємія: патофізіологія                   | 22. Метаболічні порушення кислотно-лужної рівноваги              | 32. Діагностика і моніторинг цукрового діабету |
| 10. Гіпонатріємія: оцінювання й лікування          | 23. Дихальні та змішані порушення кислотно-лужної рівноваги      | 33. Діабетичний кетоацидоз                     |
| 11. Гіпернатріємія                                 | 24. Порушення кислотно-лужної рівноваги: діагностика й лікування | 34. Гіпоглікемія                               |
| 12. Гіперкаліємія                                  | 25. Білки й ферменти   | 35. Регуляція рівня кальцію і гіпокальціємія   |
| 13. Гіпокаліємія                                   | 26. Імуноглобуліни   | 36. Гіперкальціємія                            |
| 14. Внутрішньовенна інфузійна терапія              | 27. Інфаркт міокарда   | 37. Фосфат і магній                            |
| 15. Дослідження функції нирок (1)                  | 28. Печінкові проби  | 38. Метаболічні захворювання кісток            |
| 16. Дослідження функції нирок (2)                  | 29. Жовтяниця  | 39. Остеопороз і остеопоротичні переломи       |
| 17. Аналіз сечі                                    |  |  |
| 18. Протеїнурія                                    |  |  |
| 19. Гостре пошкодження нирок                       |  |  |

## Частина 3. Ендокринологія

- |                                   |  |   |
|-----------------------------------|--|---|
| 40. Ендокринна регуляція          | 44. Патофізіологія щитоподібної залози | 48. Гіпофункція кори надниркових залоз  |
| 41. Динамічні функціональні тести | 45. Гіпотиреоз                         | 49. Гіперфункція кори надниркових залоз |
| 42. Функція гіпофіза              | 46. Гіпертиреоз                        | 50. Функції статевих залоз              |
| 43. Порушення росту й акромегалія | 47. Патофізіологія надниркових залоз   | 51. Безпліддя                           |

## Частина 4. Спеціалізовані дослідження

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 52. Оцінювання харчування                 | 64. Асцит                               | 76. Фетальний моніторинг і пренатальна діагностика                     |
| 53. Харчова підтримка                     | 65. Плевральна рідина                   | 77. Вагітність   |
| 54. Парентеральне харчування              | 66. Спинномозкова рідина                | 78. Антенатальний скринінг   |
| 55. Метаболічна реакція на травму         | 67. Ідентифікація рідин організму       | 79. Скринінг новонароджених  |
| 56. Шлунково-кишкові розлади              | 68. Метаболізм ліпопротеїдів            | 80. Біохімія у дітей   |
| 57. Порушення функції підшлункової залози | 69. Клінічні порушення ліпідного обміну | 81. Вроджені порушення метаболізму                                     |
| 58. Залізо                                | 70. Гіпертонія                          | 82. Методи дослідження з використанням антитіл: імуноферментний аналіз |
| 59. Цинк і мідь                           | 71. Рак і його наслідки                 | 83. Методи розділення та ідентифікації молекул                         |
| 60. Терапевтичний лікарський моніторинг   | 72. Онкомаркери                         | 84. Окремі спадкові захворювання                                       |
| 61. Токсикологія                          | 73. Множинні ендокринні неоплазії       |  |
| 62. Отруєння металами                     | 74. Гіперурикемія                       |  |
| 63. Алкоголь                              | 75. Міопатія                            |  |

Коментарі до історій хвороб

Покажчик

## Передмова до шостого видання

Цей посібник був успішним за всіма показниками, витримав кілька перевидань і перекладів, а загальний тираж перевищив 70 000 примірників. Книга здобула глобальне визнання й читачів у багатьох країнах світу. Ми підготували нове видання, тож доречно проаналізувати, чому посібник так добре сприймають. Глобалізація вищої освіти відіграла свою роль: навчальна програма бакалаврату була розділена на медичні дисципліни, і це різко скоротило систематичне викладання багатьох предметів, зокрема клінічної біохімії. Наша книга містить базову інформацію, представлену великою кількістю ілюстрованих розділів-розворотів. Це ідеальний варіант для сучасних студентів, які мають засвоювати «шматочки» різних предметів, пов'язаних з конкретними клінічни-

ми темами й основними проблемами. Посібник буде для них доступним і практичним джерелом. Що важливо – вони можуть бути впевнені, що висвітлено всю потрібну інформацію, жодної «порожньої балаканини». У кожному наступному виданні текст удосконалювався, і тепер у ньому зібрано лише те, що слід знати студентам.

Що нового? Шосте видання було ретельно переглянуте з часу першої публікації книги в 1995 році. Книга містить нові посилання, що спрямовують зацікавлених читачів до додаткової інформації; також додано тестові запитання, щоб читачі могли перевірити свої знання. (Однак ми залишили популярні клінічні нотатки й історії хвороб.) Ми переглянули весь зміст книги й заново проаналізували кожен розворот, таблицю й ілюстра-

цію, щоб зрозуміти, чи варто залишити їх у новому виданні. Перший розділ було повністю перероблено: ми додали низку нових розворотів, присвячених інтерпретації даних.

Шосте видання знаменує собою важливий етап, оскільки це перше видання, над яким не працював жоден з авторів оригіналу. Ми дякуємо Аллану Гоу, Бобу Ковану й Денісу О'Рейлі, які відходять від справ; кожен із них зробив величезний внесок у тривалий успіх книги. Ми вітаємо у складі авторського колективу нашого колегу Кевіна Дінса, хіміка-патолога з Абердина, і сподіваємося, що у майбутньому книга досягне такого ж успіху, як і в минулому.

**Майкл Мерфі  
Раджив Шривастава  
Кевін Дінс**

## Передмова до сьомого видання

Щоразу, коли виходить нове видання цієї книги, ми неминуче замислюємося, чи буде воно настільки ж популярним, як і попередні, й щоразу ставимо собі ті самі запитання: що потрібно змінити, а що залишити? Відтоді як посібник уперше вийшов друком у 1995 році, він незмінно користується популярністю в усьому світі. Із продажем шостого видання, а це близько 10 000 примірників, загальний світовий тираж усіх видань і перекладів перевищив 80 000 примірників, що підтверджує незмінну популярність книги. Про це також свідчать відгуки освітян і читачів з різних країн. Тому передусім ми маємо запевнити всіх,

що сьоме видання зберігає той самий практичний і орієнтований на пацієнта підхід, завдяки якому попередні видання набули популярності. Попри простоту, оновлений текст зовсім не нудний: уся найважливіша інформація викладена в доступній формі.

Отже, що ми змінили? По-перше, переглянули ілюстрації, яким посібник здебільшого завдячує візуальною привабливістю, оскільки деякі з них застаріли. Ми також додали новий розділ про підшлункову залозу. Два додаткові розділи в кінці книги пояснюють, як проводять деякі аналізи; гадаємо, читачі оцінять цю додаткову інформацію. Однак акцент незмінно

залишається на практичному клінічному підході. Ми описуємо передумови призначення біохімічних аналізів і пояснюємо, як їх слід проводити й інтерпретувати на прикладі історій хвороб і клінічних спостережень. Ми залишили тестові запитання, щоб читачі могли перевірити свої знання, а також посилання, за якими можна ознайомитися з додатковою інформацією. Сподіваємося, ці зміни допоможуть книзі залишатися актуальною і доступною.

**Майкл Мерфі**  
**Раджив Шривастава**  
**Кевін Дінс**

## Подяки

Ми хотіли би подякувати колегам, які в різний спосіб допомагали нам готувати видання цієї книги. Серед них:

Браян Адамсон  
Білл Бартлетт  
Саллі Берд  
Грем Бістол  
Кеті Бут  
Іен Бойл  
Шерон Бойл  
Фіона Бренді  
Кімберлі Браун  
Луїза Браун  
Раян Карбоне  
Джон Кард  
Сем Чакраверті  
Браян Кук  
Крістофер Доусон  
Еллі Доу  
Френсіс Драйберг  
Енді Дункан  
Гордон Фелл  
Рой Фішер  
Алан Фоліс  
Каллум Фрейзер

Мойра Гоу  
Дайрена Гаффні  
Пітер Гелловей  
Браян Гордон  
Крістіна Грей  
Гелен Грей  
Девід Голлс  
Сава Ганджієв  
Джон Гінні  
Фіона Дженкінсон  
Дженні Джонстон  
Дженніфер Джонстон  
Шарлін Джанкін  
Анастасія Крет  
Вітсану Кумторнтіп  
Сара Лавертон  
Кім Лім  
Грейс Ліндсей  
Грейд Лауден  
Том Макдональд  
Джин Макаллістер  
Ніл Макконнелл  
Дерек Маклін  
Джейн Макніллі  
Еллен Малкольм

Хейзел Міллер  
Гізер Мюррей  
Браян Ніллі  
Дженні Нобс  
Моріс О'Кейн  
Джон Патерсон  
Найджел Рабі  
Маргарет Радж  
Навід Саттар  
Пітер Шварц  
Гізер Стівенсон  
Ян Стюарт  
Джудіт Страхан  
Майк Воллес  
Джанет Воррен  
Філіп Велсбі  
Томас Вайтло  
Пітер Г. Вайз  
Гелен Райт  
Альоша Зешке

Ми також хотіли б подякувати редакторам і дизайнерам із команди Elsevier за їхні підтримку й терпіння під час підготовки книги.



# Вступ до клінічної біохімії

# 1 | Лабораторія клінічної біохімії

Ця книга про клінічну біохімію. Суть цього поняття, по-перше, означає, що предмет стосується пацієнтів і догляду за ними, а по-друге, що використовуються хімічні або біохімічні методи для дослідження хвороб (рис. 1.1). Інші назви, такі як клінічна хімія, хімічна патологія, патологічна біохімія і біохімічна медицина також намагаються по-різному передати це. Переважна більшість зразків пацієнтів, які направляють на біохімічний аналіз, – це кров і сеча, що значною мірою зумовлює відносну легкість, з якою їх можна зібрати. Клінічна біохімія є «високопродуктивною» лабораторною спеціальністю – на неї припадає приблизно третина всіх лікарняних лабораторних досліджень.

## Використання біохімічних тестів

Біохімічні тести широко використовують для діагностики захворювань і моніторингу лікування, тому якщо пацієнт здає аналіз крові, є велика ймовірність, що принаймні один із зібраних зразків буде відправлений на біохімічний аналіз. Наприклад, у людини з підозрою на вірусний гепатит кров найімовірніше буде відправлена (у вірусологічну лабораторію) для вірусної серології, а також в лабораторію клінічної біохімії для оцінювання ступеня вірусного ураження печінки. Рідше біохімічні тести використовують для скринінгу захворювання та оцінювання прогнозу (рис. 1.2).

## Основні біохімічні тести

Навіть невеликі лікарні зазвичай мають біохімічну лабораторію, що свідчить про широке використання біохімічних аналізів. Деякі аналізи замовляють частіше, ніж інші, й іноді їх називають «основними аналізами», що відображає той факт, що проведення цих аналізів вважається основною функцією клінічної біохімічної лабораторії. У табл. 1.1 наведено деякі з цих аналізів. Наприклад, креатинін, електроліти, функціональні печінкові проби та гази артеріальної крові.

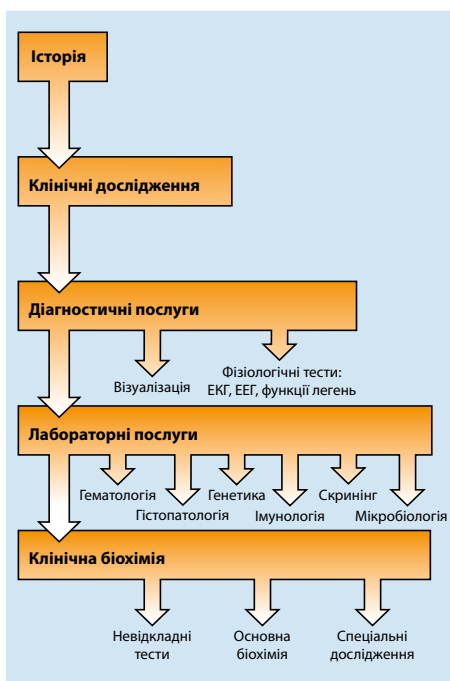


Рис. 1.1 Місце клінічної біохімії в медицині. ЕКГ – електрокардіограма; ЕЕГ – електроенцефалограма

## Спеціалізовані дослідження

Є дослідження, які замовляють рідше або їх складніше провести, або і те й інше, і їх виконують не в кожній біохімічній лабораторії. Такі спеціалізовані аналізи зазвичай надсилають до великих відділів, які можуть обробляти зразки з цілого регіону чи навіть країни. Ці тести часто об'єднують в групи. Наприклад, гормони – речовини, що виробляються однією частиною тіла і впливають на іншу – зазвичай згруповані в лабораторіях. Частково це пов'язано з тим, що методи, які застосовують для їх вимірювання, схожі.

## Термінові дослідження

Деякі біохімічні аналізи вважають настільки важливими для діагностики та лікування, що їх проводять у будь-який час, зокрема вночі та на вихідних, а також у «звичайні» години.

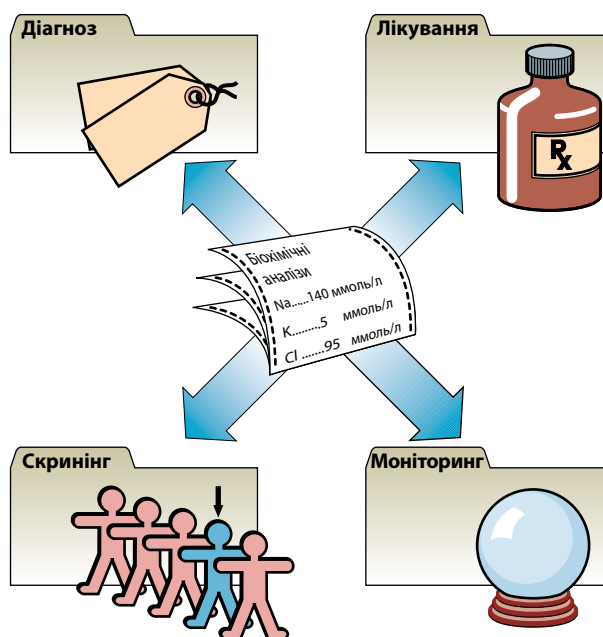


Рис. 1.2 Як застосовують біохімічні тести

Таблиця 1.1 Перелік тестів клінічної біохімії

### Основні біохімічні тести

- Натрій і калій
- Креатинін
- Кальцій і фосфат
- Загальний білок і альбумін
- Білірубін і лужна фосфатаза
- Аланін-амінотрансфераза (АЛТ)
- Вільний тироксин і тиреотропний гормон (ТТГ)
- Креатинкіназа (СК)
- $\text{H}^+$ ,  $\text{PCO}_2$  і  $\text{PO}_2$  (гази крові)
- Глюкоза
- Амілаза

### Спеціалізовані дослідження

- Гормони
- Специфічні білки
- Мікроелементи
- Вітаміни
- Наркотики
- Ліпіди та ліпопротеїни
- Проміжні метаболіти

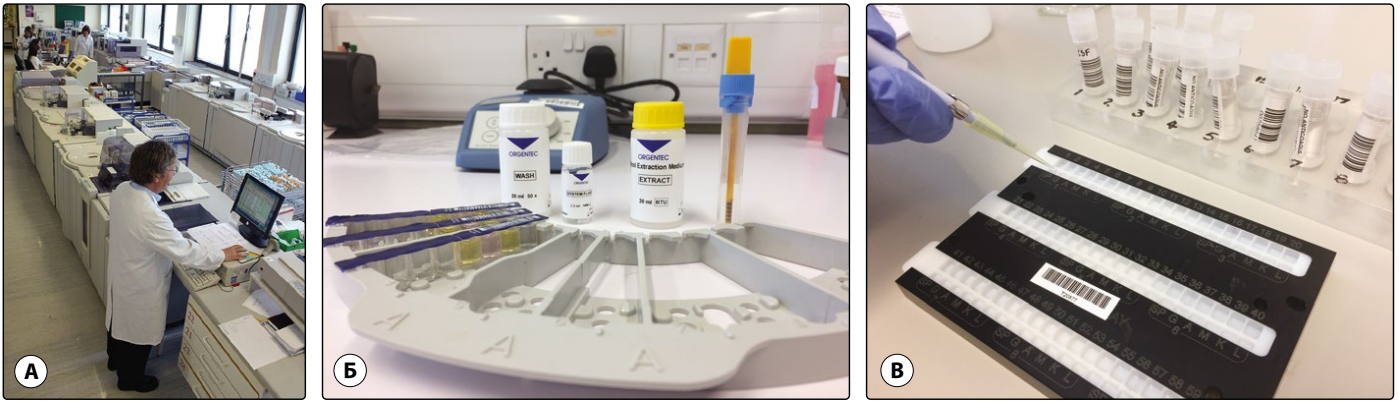


Рис.1.3 Аналіз зразків. (А) Автоматичний аналізатор, (Б) аналіз за допомогою комерційного набору та (В) ручні методи

Іноді ці аналізи потрібно виконувати терміново, тому всі клінічні біохімічні лабораторії мають обладнання або процеси, які дозволяють це робити. Так, у великих лікарнях лабораторії можуть розташовуватися за межами основної лабораторії, наприклад у відділеннях хірургічних кабінетів.

### Автоматизація та комп'ютеризація

Після надходження зразка в лабораторію майже всі етапи його обробки передбачають певний ступінь автоматизації або комп'ютеризації. Наприклад, формою запиту може бути простий штрих-код на зразку, який містить усю необхідну інформацію. Після цього зразок може бути поміщений на транспортер, який доставить його до центрифуги (де важчі клітини відокремлюються від легшої плазми), а потім до аналізатора, який виконає всі зазначені у скеруванні тести. Результати, отримані в кінці цього процесу, зазвичай надсилаються в електронному вигляді лікарю, який зробив запит.

#### Клінічна нотатка

Лабораторія клінічної біохімії дає лише одну зі складових для загального оцінювання та лікування пацієнта. Для деяких пацієнтів біохімічний аналіз може мало чи зовсім не впливати на їхній діагноз або лікування хвороби. Для інших може знадобитися велика кількість тестів, щоб встановити діагноз, і повторні аналізи можуть бути потрібні для моніторингу лікування протягом тривалого періоду.

### Різноманіття тестів

Лабораторії клінічної біохімії виконують сотні різних тестів. Технології, які використовуються, варіюють за складністю, як показано на рис. 1.3. Тести, такі як на вміст натрію і калію, легко автоматизуються, тож їх виконують великими обсягами на автоматизованих аналізаторах. Інші, такі як скринінг на наркотики, ідентифікація проміжних метаболітів чи визначення складу ліпопротеїнів, включають технології, які не так легко автоматизувати, тож вони потребують високого рівня втручання персоналу у процес вимірювання. Деякі тести вимірюються за допомогою комерційно підготовлених реагентів, упакованих у формі «набору». Іноді аналізи проводять вручну.

До цього видання ввійшло кілька нових розділів, покликаних сформулювати розуміння деяких методів вимірювання, які широко використовуються. Однак це не змінює основної мети цієї книги: показати, як інтерпретувати результати біохімічних аналізів. Удосконалення аналітичної методології та нашого розуміння захворювань продовжують змінювати перелік тестів біохімічного відділу, оскільки цінність нових тестів здобуває визнання.

### Персонал лабораторії

Крім виконання аналізів, лабораторія клінічної біохімії також надає поради лікарям щодо найкращого використання послуг. Медичний та науковий персонал обізнаний з клінічними значеннями та аналітичною ефективністю процедур тестування і може проконсультувати з приводу інтерпретації результатів. Не соромтеся скористатися цією консультацією, особливо якщо випадок не є очевидним або складним.

#### Лабораторія клінічної біохімії

- Біохімічні тести використовують для діагностики, моніторингу, скринінгу та прогнозу.
- Основні біохімічні тести проводять у кожній лабораторії клінічної біохімії. Спеціалізовані тести можуть бути направлені до більших відділень. Усі лікарні забезпечують можливість проведення термінових тестів у «лабораторії екстреної допомоги».
- Персонал лабораторії готовий надавати поради на основі свого досвіду та знань щодо використання лабораторії клінічної біохімії, належного вибору тестів та інтерпретації результатів.

#### Хочете знати більше?

Lab Tests Online UK: <http://labtestsonline.org.uk/>

Створений переважно для пацієнтів, цей веб-сайт надає дуже корисну базу даних лабораторних тестів, пояснюючи, для чого проводиться кожен тест та що означає результат. Охоплює лабораторні тести з усіх основних лабораторних дисциплін (включно з клінічною біохімією). Доступний також мобільний додаток.

<http://acb.sagepub.com/content/50/3/285.full.pdf+html>

Особистий погляд на вплив автоматизації на клінічну біохімію. Це дає можливість уявити, як працювали лікарняні лабораторії до епохи автоматизації.

## 2

## Використання лабораторії

## Відбір зразків

Щоб провести біохімічні аналізи, лабораторія повинна отримати правильний зразок біологічного матеріалу для необхідного дослідження, а також достатньо інформації, аби гарантувати виконання правильного тесту та повернення результату потрібній особі з мінімальною затримкою. Для початку має бути достатньо інформації для однозначної ідентифікації пацієнта, у замовленні мають бути чітко вказані аналізи. Крім того, замовлення повинно містити вказівку на підозрювану патологію або принаймні причину скерування. Така «клінічна інформація» допомагає лабораторному та клінічному персоналу інтерпретувати результати. Бланки замовлень відрізняються дизайном, на зміну паперовим усе частіше приходять електронні. У Європі бланки клінічної біохімії традиційно мають зелений колір.

Для біохімічного аналізу використовують різноманітні зразки, наведені в табл. 2.1.

## Зразки крові

Для багатьох біохімічних аналізів необхідним зразком є сироватка крові. Сироватку отримують у два етапи. По-перше, кров, яку було зібрано у пацієнта («цільна кров»), має зсістися. По-друге, важчі клітини крові «розкручуються» під час центрифугування, залишаючи супернатант сироватки (рис. 2.1). Час, потрібний для зсідання зразків, може бути проблемою, якщо аналіз (речовина, яку потрібно виміряти) є нестабільним або якщо результат потрібен терміново. У цій ситуації швидкість має суттєве значення, і час від збору до отримання супернатанту після центрифугування скорочується, якщо до зразка додати антикоагулянт (для запобігання зсіданню); зразок можна центрифугувати одразу після надходження в лабораторію, замість того, щоб чекати, поки відбудеться

Таблиця 2.1 Зразки, що використовуються для біохімічних аналізів

- Венозна кров, сироватка або плазма
- Артеріальна кров
- Капілярна кров
- Пляма крові на фільтрувальному папері (картка Гатрі)
- Сеча
- Фекалії
- Спинномозкова рідина (СМР)
- Слина
- Тканини та клітини
- Аспірати, наприклад, плевральна рідина, асцит, суглобова (синовіальна) рідина, кишкова (дванадцятипала кишка), псевдокісти підшлункової залози
- Камені

згортання. Зазвичай використовують антикоагулянти, які містять гепарин літію та калійну сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти (EDTA). Супернатант, отриманий після центрифугування крові з антикоагулянтом, називається плазмою. Плазма відрізняється від сироватки тим, що містить фібриноген (білок, який випаровується у процесі зсідання), а також антикоагулянт.

## Зразки сечі

Для 24-годинного збору сечі посудини для зразків зазвичай мають об'єм щонайменше літр і можуть містити консервант, що пригнічує розмноження бактерій, або кислоту для стабілізації певних метаболітів. Навпаки, «точкові» або випадкові зразки сечі збираються в «універсальні» контейнери набагато меншого об'єму, наприклад 50 мл.

## Зразки високого ризику зараження

Зразки, отримані від пацієнтів із серйозними трансмісивними інфекціями, мають бути відповідно промарковані, щоб персонал лабораторії міг вжити належних запобіжних заходів. Типовими прикладами є гепатити В і С та ВІЛ.

## Помилки у відборі зразків

Кілька потенційних помилок можуть перешкодити здатності лабораторії надати правильні відповіді на запитання клініциста. Більшість із них виникає під час збору зразків.

- *Техніка забору крові.* Труднощі з отриманням зразка крові можуть призвести до гемолізу (розпаду еритроцитів) із подальшим вивільненням калію та інших компонентів еритроцитів.

- *Тривалий стаз під час веніпункції.* Коли це відбувається, вода плазми дифундує з судинного простору в інтерстиціальний простір, який відокремлює його від внутрішньоклітинного. У результаті цієї втрати води отриманий зразок сироватки (або плазми) буде більш концентрованим. Показники білків та білково-зв'язаних компонентів плазми, таких як кальцій або тироксин, будуть хибно підвищені.
- *Недостатня кількість зразка.* У таких випадках лабораторія не може виміряти все необхідне через недостатній обсяг крові. Це поширена проблема у новонароджених.
- *Помилки в термінах.* Для 24-годинного збору сечі пацієнти можуть неточно фіксувати тривалість часу, протягом якого збиралася сеча (тривалість збору). Це є основним джерелом помилок.
- *Неправильний контейнер для зразків.* Для багатьох аналізів кров необхідно зібрати в контейнер з антикоагулянтом і/або консервантом. Наприклад, проби на глюкозу необхідно збирати в спеціальний контейнер, що містить фторид, який пригнічує гліколіз. Інакше час, необхідний на доставлення зразка до лабораторії, може вплинути на результат через метаболізм глюкози. Якщо зразок зібрано в неправильний контейнер, його ніколи не слід переливати у пробірку іншого типу. Наприклад, кров, яка була піддана, навіть ненадовго, впливу EDTA (антикоагулянту, який використовується в контейнері для зразків для клінічного аналізу крові), матиме помітно знижену концентрацію кальцію, яка наближається до нуля, разом з артефактно високою концентрацією калію. Це пояснюєть-

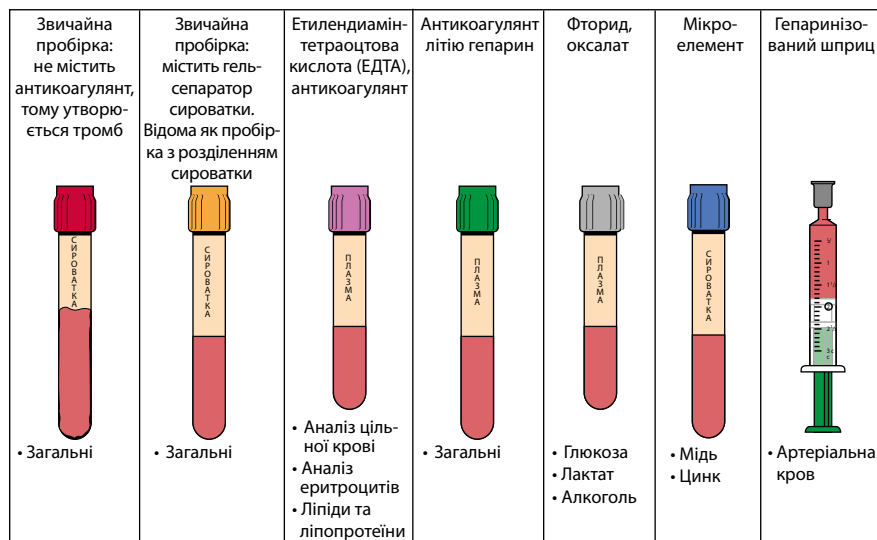


Рис. 2.1 Пробірки зі зразками крові для специфічних біохімічних тестів. Пробірки з кольоровим кодуванням – це Vacutainer, які використовуються в лікарнях лабораторіях авторів

ся тим, що EDTA є хелатором кальцію (необхідного для згортання крові) і присутній у вигляді калієвої солі.

- **Невідповідне місце відбору проб.** Зразки крові не слід брати «за течією» після внутрішньовенної крапельниці. Іноді лабораторія отримує запит на визначення рівня глюкози у зразку крові, взятої з тієї ж руки, в яку вливають 5 % декстози (глюкози), що призводить до артефакту «крапельної руки». Зазвичай результати є найімовірнішими з біохімічного погляду, але цілком можливо, що вони можуть призвести до катастрофічних наслідків для пацієнта. Щоразу, коли існує будь-яка ймовірність цього, найкраще провести повторний аналіз для підтвердження результатів.
- **Неправильне зберігання зразків.** Зразок цільної крові, охолоджений протягом ночі перед скеруванням у лабораторію, покаже хибно високий рівень калію, фосфату та еритроцитарних ферментів, таких як лактатдегідрогеназа, через вихід у позаклітинну рідину з клітин.

## Аналіз зразка

Звичайна біохімічна лабораторія щодня отримує тисячі скерувань і зразків. Зразки проходять через лабораторію, як показано на рис. 2.2. Важливо, аби усі вони були чітко марковані, щоб не виникало плутанини. Усі аналітичні процедури

проходять контроль якості, і лабораторія передусім прагне до надійності.

Коли отримано результати досліджень, вони зіставляються та видається звіт – зазвичай в електронному вигляді, з паперовою формою звіту або без неї. Сукупні звіти дозволяють клініцисту з першого погляду побачити, як змінилися останні результати порівнено з тими тестами, які проводилися раніше, що допомагає в моніторингу лікування.

## Час

Основною причиною звернення за терміновим аналізом є те, що від результату залежить негайне лікування.

Багато біохімічних досліджень повторюють. Частота повторних призначень аналізів залежить від того, як швидко можуть відбутися значущі зміни; немає сенсу вимагати повторних тестів, якщо кількісна зміна не вплине на лікування.

## Непотрібне тестування

Скерування на біохімічне дослідження – це фактично питання до лабораторії. Це важливий момент для клініцистів, щоб обдумати, щоб уникнути або принаймні звести до мінімуму «бездумні» запити, коли не ставиться реальне питання. Не існує загальних правил щодо доцільності чи недоречності лабораторних досліджень через величезну різноманітність клінічних обставин, які можуть виникнути.

## Клінічна нотатка

Клінічна біохімія – це лише один із розділів лабораторної медицини. Зразки можуть знадобитися для гематології, мікробіології, вірусології, імунології, генетики та гістопатології, і всі потребують однакової уваги до деталей під час заповнення форм запити та отримання відповідних зразків для аналізу.

## Використання лабораторії

- Кожен запит на біохімічний тест слід розглядати як запитання про пацієнта, а кожен біохімічний результат – як відповідь.
- Форми скерувань і зразки повинні бути правильно марковані, аби гарантувати, що правильні результати для потрібного пацієнта можна швидко повідомити клініцисту.
- Багато біохімічних тестів проводять із сироваткою – супернатантом, отриманим у результаті центрифугування цільної крові, зібраної у звичайний контейнер. Іншим потрібна плазма – надосадова рідина крові з антикоагулянтом.
- Різні помилки у відборі зразків можуть зробити результати недійсними.

## Історія хвороби 1

У 65-річної жінки було взято зразок крові, щоб перевірити концентрацію калію в сироватці, оскільки вона деякий час приймала тіазидні діуретики. Лікар загальної практики залишив зразок у своїй машині й доставив у лабораторію по дорозі в хірургію наступного ранку.

Одразу після аналізу зразка біохімік телефонував до лікаря загальної практики.

Чому?

Відповідь у Коментарях до історії хвороби

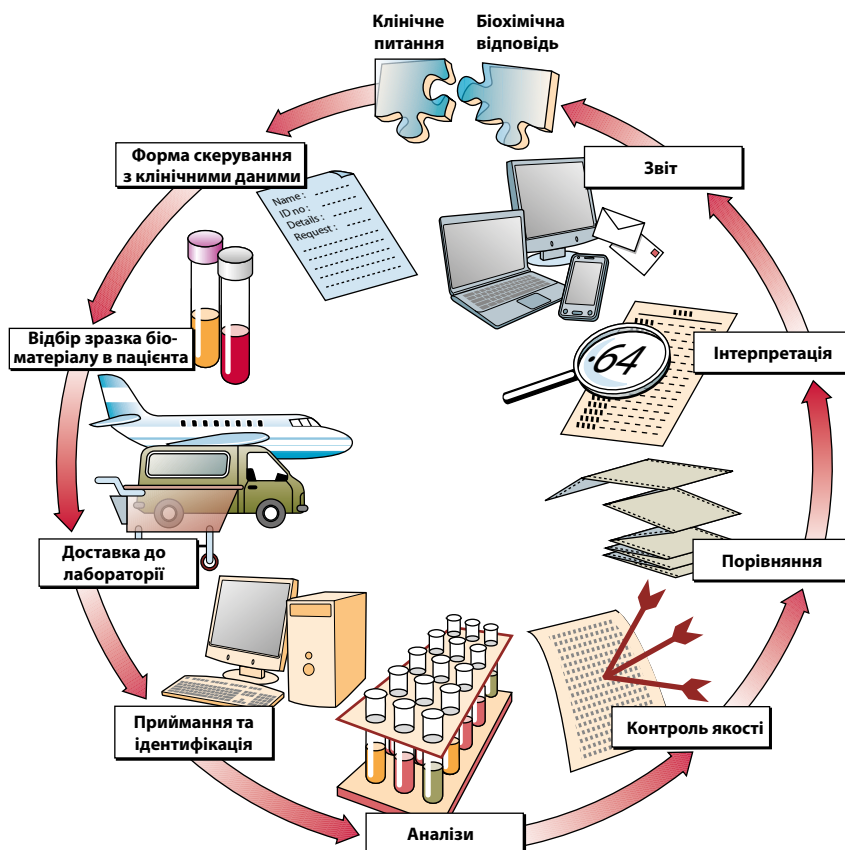


Рис. 2.2 Принципова схема клінічного біохімічного процесу

## Хочете знати більше?

Проект національного мінімального інтервалу повторного тестування: [https://www.rcpath.org/static/253e8950-3721-4aa2-8ddd4bd94f73040e/g147\\_national-minimum\\_retesting\\_intervals\\_in\\_pathology.pdf](https://www.rcpath.org/static/253e8950-3721-4aa2-8ddd4bd94f73040e/g147_national-minimum_retesting_intervals_in_pathology.pdf).

Консенсусні рекомендації щодо мінімального часу перед повторним проведенням кожного біохімічного тесту.

Choosing Wisely UK: <http://www.choosingwisely.co.uk/>.

Надає вказівки щодо обстежень/лікування, які не рекомендуються в конкретних клінічних ситуаціях. Посилання на відповідні клінічні настанови.

# 15 | Дослідження функції нирок (1)

## Функції нирки

Функціональною одиницею нирки є нефрон, зображений на рис. 15.1. Функції нирок включають регуляцію водного, електролітного і кислотно-лужного балансу та виведення продуктів метаболізму білка і нуклеїнових кислот: наприклад, сечовини, креатиніну і сечової кислоти. Функцію нирок зручно обговорювати з погляду функції *ниркових клубочків і каналців*.

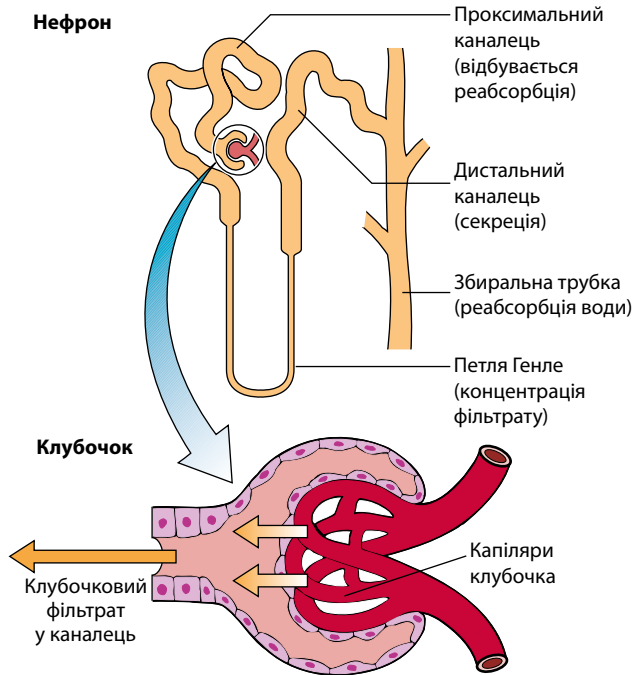


Рис. 15.1 Схематичне зображення нефрона

## Клубочкова функція

Швидкість, з якою плазма фільтрується в клубочках, – швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ) – визначається як об'єм плазми, з якого дана речовина повністю очищується шляхом клубочкової фільтрації за одиницю часу. Це близько 140 мл/хв у здорової дорослої людини, але значною мірою залежить від розміру тіла. Традиційно показник коригують до площі поверхні тіла 1,73 м<sup>2</sup> (тому одиницями є мл/хв/1,73 м<sup>2</sup>).

### Креатинін сироватки крові

Вимірювання креатиніну в сироватці все ще широко використовується для оцінювання функції ниркових клубочків. Це зручний, проте не досконалий показник функції клубочків. Це видно на рис. 15.2, який показує, що ШКФ має зменшитися вдвічі, перш ніж стане очевидним значне підвищення креатиніну сироватки.

### Розрахункова швидкість клубочкової фільтрації (рШКФ)

Відносно низьку зворотну кореляцію між креатиніном сироватки та ШКФ, показану на рис. 15.2, можна підвищити, беручи до уваги деякі змінні, такі як вік, стать, раса та маса тіла. Найчастіше на практиці використовують формулу, розроблену Кокрофтом і Голтом у 1970-х роках, рівняння з чотирма змінними, отримане нещодавно в результаті дослідження модифікації дієти при захворюваннях нирок (Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) Study), та рівняння креатиніну Керів-

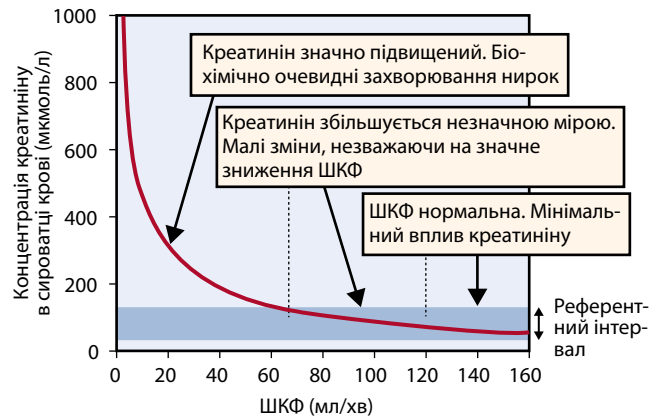


Рис. 15.2 Залежність між швидкістю клубочкової фільтрації (ШКФ) і концентрацією креатиніну в сироватці крові. ШКФ має значно знизитися, перш ніж креатинін у сироватці крові помітно підвищиться

ництва епідеміології хронічних захворювань нирок (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration CKD-EPI). Вони порівнюються в табл. 15.1.

Значення ШКФ слід інтерпретувати з обережністю. Воно, скоріш за все, буде неточним у осіб із відносно нормальною ШКФ, і з цієї причини багато лікарняних лабораторій не повідомляють про конкретний результат, коли ШКФ перевищує 60 мл/хв/1,73 м<sup>2</sup>. Неточним може бути рШКФ у пацієнтів з ненормальною формою тіла або масою, наприклад у людей з атрофією м'язів чи ампутацією. Нарешті, на деякі показники ШКФ впливає споживання м'яса.

Незважаючи на ці обмеження, оцінювання ШКФ, безсумнівно, є кращим підходом до виявлення зниженої функції клубочків, ніж креатинін сироватки окремо, оскільки цей показник враховує певні змішані змінні (див. табл. 15.1). Знижена функція клубочків, наприклад рШКФ 50–60 мл/хв/1,73 м<sup>2</sup>, асоціюється з серцево-судинним ризиком і подальшим прогресуванням до більш важкої хвороби нирок, але багато чого ще належить прояснити щодо цієї групи пацієнтів, наприклад прогресування у часі. Це сфера активних досліджень.

### Інші способи вимірювання ШКФ

Існують інші способи вимірювання ШКФ, але вони занадто дорогі та трудомісткі для широкого застосування; їх викори-

Таблиця 15.1 Порівняння рівнянь для розрахункової ШКФ (рШКФ)

Формула Кокрофта – Голта	MDRD рівняння з чотирма змінними («Спрощене»)	Рівняння креатиніну СКД-EPI
Розроблено в середині 1970-х років	Розроблено в кінці 1990-х	Розроблено в 2009 р.; переглянуто 2021 р.
Враховує вік, стать і вагу на додачу до креатиніну	Включає вік і стать на додачу до креатиніну	Включає вік і стать на додачу до креатиніну; початкова версія також включала расу
Широко використовують для розрахунку дозування ліків	Широко використовують у звітах з біохімії	Наразі є рекомендованим рівнянням для оцінювання ШКФ
Розроблено в популяції зі зниженою ШКФ	Розроблено в популяції зі зниженою ШКФ	Розроблено на різноманітних клінічних та дослідницьких популяціях

стання в основному обмежується дослідженнями або спеціалізованими нефрологічними підходами, такими як скринінг потенційних донорів нирок. Вони включають очищення інуліну, йоталамату, йогексолу та радіоізотопних маркерів, таких як  $^{51}\text{Cr-EDTA}$ . Останній, однак, зазвичай використовують в онкологічних відділеннях для оцінювання функції нирок перед розрахунком дози хіміотерапії.

Зовсім недавно з'явився новий маркер цистатин С як альтернатива креатиніну. Сироваткові концентрації цього низькомолекулярного білка, схожого з креатиніном, обернено корелюють із ШКФ. Однак, на відміну від креатиніну, концентрація цистатину С не залежить від ваги та зросту, м'язової маси, віку (> 1 року) або статі та несуттєво залежить від споживання м'яса чи продуктів, що не містять м'ясо.

### Кліренс креатиніну

Об'єм плазми, з якого дана речовина повністю очищається шляхом клубочкової фільтрації за одиницю часу (тобто ШКФ), можна оцінити шляхом вимірювання екскреції креатиніну з сечею. Цей кліренс креатиніну розраховується так:

- кількість креатиніну, що виділяється із сечею за певний інтервал, – це об'єм зібраної сечі (скажімо,  $V$  літрів за 24 год), помножений на концентрацію креатиніну в сечі ( $U$ );
- об'єм плазми, який містив би таку кількість креатиніну, розраховується шляхом ділення виведеної кількості ( $U \times V$ ) на концентрацію креатиніну в плазмі ( $P$ ):

$$\text{Об'єм плазми} = (U \times V) / P$$

Іншими словами, це теоретичний об'єм плазми, який буде повністю «очищений» від креатиніну, щоб отримати кількість, яка міститься в сечі під час збору. Кліренс креатиніну в сечі більш чутливий, ніж креатинін сироватки, у виявленні зниженої ШКФ. Наприклад, сироватковий креатинін 100 мкмоль/л може бути пов'язаний із суттєво різною ШКФ залежно від віку, статі, маси тіла пацієнта (рис. 15.3). Розраховані рівняння, які оцінюють продуктивність ШКФ, також враховують ці фактори відхилення та суттєво замінюють кліренс креатиніну; це незручно, і багатьом пацієнтам важко точно виконати 24-годинний збір сечі.

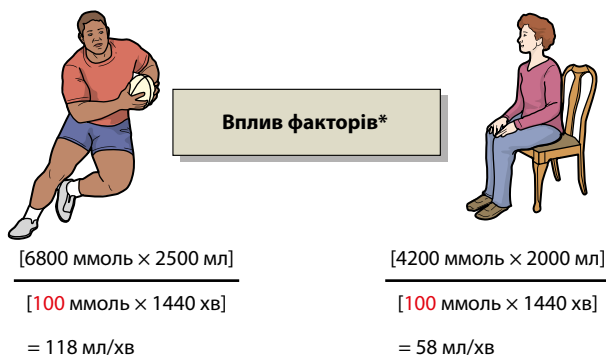
### Протеїнурія

Іншим аспектом функції клубочків є їх «пропускна спроможність». Це питання розглядається окремо в розд. 18.

### Ендокринні аспекти

Нирки також є ендокринними органами, що виробляють низку гормонів і підлягають контролю з боку інших органів (рис. 15.4). Аргінін-вазопресин (AVP) впливає на водний

#### Кліренс креатиніну на практиці



Рівні креатиніну не відрізняються, однак двократна різниця у ШКФ

\*Фактори включають м'язову масу та дієту. Вік, стать та етнічна приналежність є несуттєвими для них.

**Рис. 15.3** Результати кліренсу креатиніну у двох пацієнтів на протилежних кінцях спектру м'язової маси. Зверніть увагу, що концентрація креатиніну в сироватці крові однакова, незважаючи на значну різницю у швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ)

баланс, а альдостерон – на реабсорбцію натрію і води та виведення калію в нефроні. Паратиреоїдний гормон сприяє канальцевій реабсорбції кальцію, виведенню фосфатів і синтезу 1,25-дигідрохOLEкальциферолу (активної форми вітаміну D). Ренін виробляється юктагломерулярними клітинами і каталізує утворення ангіотензину I та синтез альдостерону.

### Клінічна нотатка

При інтерпретації результатів ШКФ важливо враховувати вік і стать пацієнта. Наприклад, ШКФ 58 мл/хв/1,73 м<sup>2</sup> у літньої жінки на рис. 15.3 може просто відображати фізіологічне зниження ШКФ з віком, а не ниркову патологію, яка потребує дослідження.

### Дослідження функції нирок (1)

- Концентрація креатиніну в сироватці крові є нечутливим показником функції нирок, оскільки вона може не виглядати підвищеною, поки ШКФ не впаде нижче 50 % від норми.
- ШКФ покращує показники креатиніну в сироватці крові, але є оціночним показником, і його слід інтерпретувати з обережністю.
- Протеїнурія може використовуватися як маркер ураження нирок і прогнозувати його прогресування.

### Історія хвороби 8

У 35-річного чоловіка, який скаржиться на біль у попереку, рівень креатиніну в сироватці крові становить 150 мкмоль/л. За добу зібрано 2160 мл сечі й виявлено, що концентрація креатиніну в сечі становить 7,5 ммоль/л.

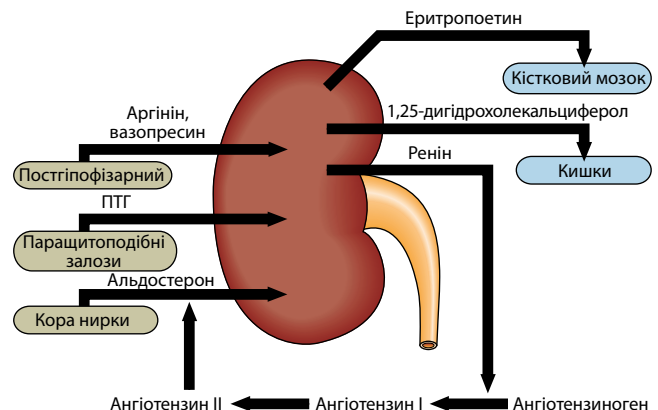
- Розрахуйте кліренс креатиніну та прокоментуйте результати.
- Згодом медперсонал повідомив про помилку в часі збору матеріалу, і час збору склав 17 год.
- Як це впливає на результат та його інтерпретацію?

Відповідь в Коментарях до історії хвороби.

### Хочете знати більше?

Preiss DJ, Godber IM, Lamb EJ, et al. The influence of a cooked-meat meal on estimated glomerular filtration rate. *Ann Clin Biochem.* 2007;44:35-42. Доступне online <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1258/000456307779595995>.

Це невелике дослідження, яке показує вплив споживання вареного м'яса на рівень креатиніну в сироватці крові та рШКФ. Медіана рШКФ знижується з 84,0 мл/хв/1,73 м<sup>2</sup> до 59,5 мл/хв/1,73 м<sup>2</sup> після вживання вареного м'яса.



**Рис. 15.4** Ендокринні зв'язки в нирках. ПТГ – паратиреоїдний гормон

# 31 | Метаболізм глюкози та цукровий діабет

У травній системі харчові вуглеводи перетравлюються до простих моносахаридів, які потім всмоктуються. Крохмаль одразу перетворюється у глюкозу, тоді як фруктоза (із харчової сахарози) та галактоза (з харчової лактози) поглинаються і також «конвертуються» у глюкозу в печінці. Таким чином, глюкоза є своєюрідною загальною вуглеводною «валютою» організму. Рис. 31.1 показує різні метаболічні процеси, що впливають на концентрацію глюкози в крові. Зазвичай ця концентрація відображає баланс між надходженням і витратчанням, синтезом і катаболізмом.

## Інсулін

Інсулін є основним гормоном, що впливає на концентрацію глюкози в крові, а розуміння його дії є важливою передумовою для вивчення цукрового діабету.

Інсулін – це пептидний гормон, який синтезується в бета-клітинах острівців Лангерганса підшлункової залози. Він впливає на мембранні рецептори, а його основними тканинами-мішенями є печінка, м'язи та жирова тканина. Інсулін і глюкоза взаємодіють за класичним принципом зворотного зв'язку: високі концентрації інсуліну знижують рівень глюкози, тоді як високі концентрації глюкози стимулюють секрецію інсуліну (рис. 31.2).

Інсулін сигналізує про стан насичення, вмикаючи шляхи і процеси, залучені до клітинного поглинання та зберігання метаболічного палива, і вмикаючи шляхи, залучені до розпаду палива (рис. 31.3). Глюкоза не може проникнути до клітини за відсутності інсуліну.

Протилежний до інсуліну ефект мають глюкагон, адреналін, глюкокортикоїди та гормон росту. Іноді їх називають «антиінсуліновими» гормонами стресу;

це пояснює, чому в пацієнтів з гострими захворюваннями (і, відповідно, у стані фізіологічного стресу) часто підвищується рівень глюкози в крові.

## Цукровий діабет

Цукровий діабет є найпоширенішою ендокринною патологією у клінічній практиці. Він характеризується гіперглікемією внаслідок інсулінорезистентності та/або абсолютним чи відносним дефіцитом інсуліну.

Первинний цукровий діабет, як правило, поділяється на тип 1 або тип 2. Ці клінічні форми відрізняються за епідеміологією, клінічними ознаками та патофізіологією. Характерні особливості цукрового діабету 1-го і 2-го типів наведені в табл. 31.1.

Вторинний цукровий діабет може бути спричинений патологіями підшлункової залози, ендокринними захворюваннями, такими як синдром Кушінга, медикаментозною терапією та, вкрай рідко, аномалією інсулінових рецепторів.

### Цукровий діабет 1-го типу

Діабет 1-го типу становить приблизно 10 % усіх випадків діабету та є найпоширенішим серед молодих людей (пік захворюваності – між 9 і 14 роками). Абсолютна нестача інсуліну є наслідком аутоімунного руйнування інсулін-продукуючих бета-клітин, а наявність у сироватці крові антитіл до острівцевих клітин вказує на розвиток діабету в майбутньому. Провокуючим фактором може бути навколишнє середовище, наприклад вірусна інфекція.

### Цукровий діабет 2-го типу

Цукровий діабет 2-го типу становить приблизно 90 % усіх випадків діабету і може виникнути в будь-якому віці. Раніше він вважався діабетом зрілого віку, проте все частіше зустрічається у пацієнтів молодшого віку, включно з дітьми. Для цього стану притаманна стійкість периферичних тканин до дії інсуліну, тому рівень інсуліну може бути нормальним або навіть високим. Сімейний анамнез та ожиріння є найчастішими клінічними ознаками, що асоціюються із цукровим діабетом 2-го типу.

### Пізнні ускладнення цукрового діабету

Цукровий діабет характеризується не тільки наявністю гіперглікемії, але й появою пізніх ускладнень:

- **Мікроангіопатія** характеризується аномаліями стінок дрібних кровоносних судин, особливо потовщенням базальної мембрани. Це зумовлено поганим глікемічним контролем.

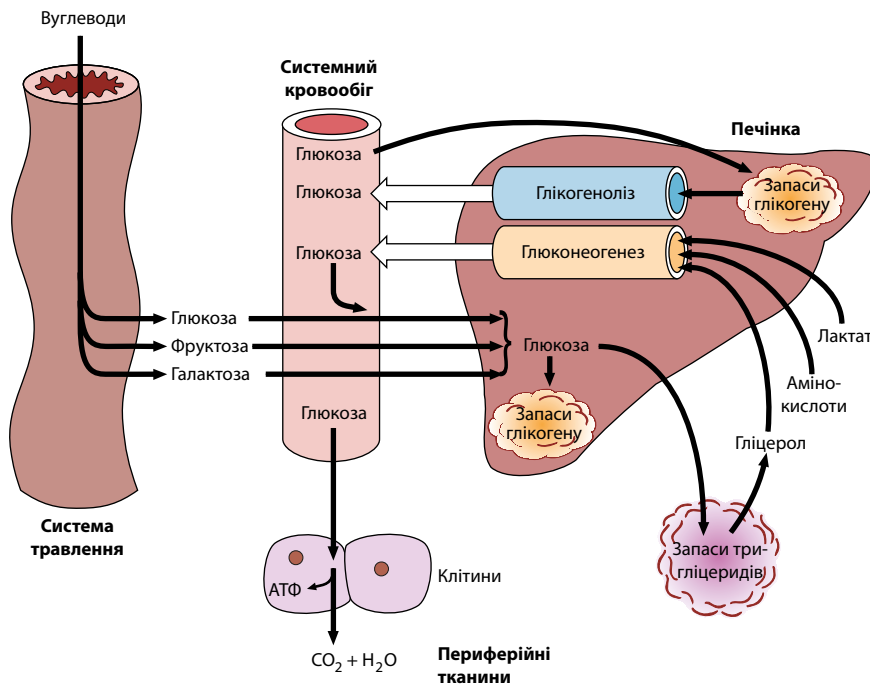


Рис. 31.1 Гомеостаз глюкози. АТФ – аденозинтрифосфат

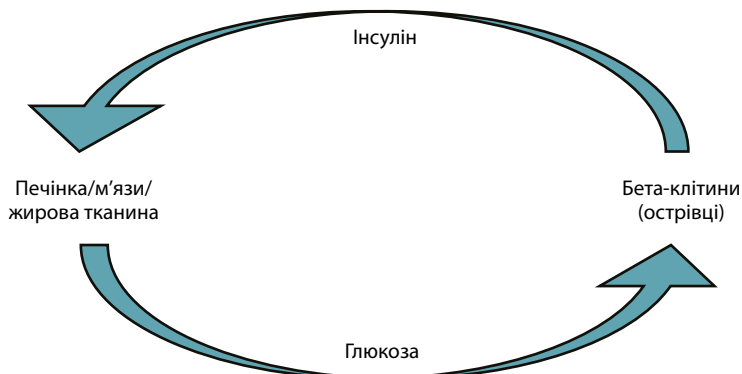


Рис. 31.2 Контроль глюкози в крові



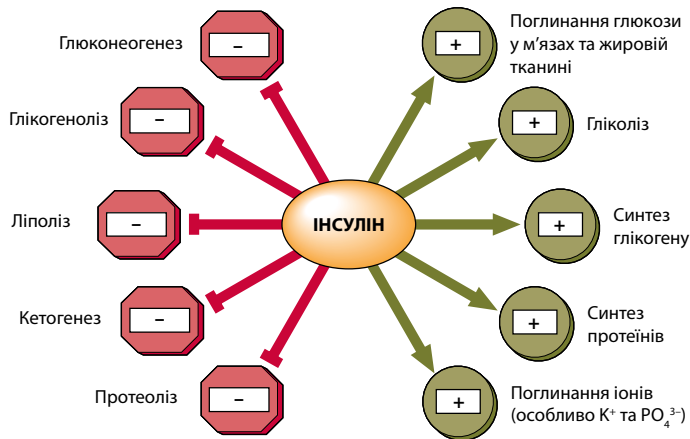


Рис. 31.3 Дія інсуліну

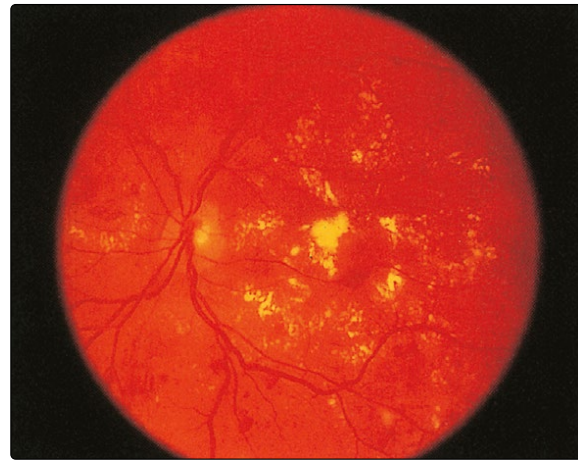


Рис. 31.4 Діабетична ретинопатія

- *Ретинопатія* може призвести до сліпоти через крововилив із проліферуючих судин сітківки у склоподібне тіло та макулопатію внаслідок судинного ексудату або набряку макули (рис. 31.4).
- *Нефрнопатія* в кінцевому підсумку приводить до ниркової недостатності. На ранній стадії спостерігається гіперфункція нирок, пов'язана зі збільшенням швидкості клубочкової фільтрації, збільшенням розміру клубочків і мікроальбумінурією (див. розд. 18, Співвідношення альбумін/креатинін і «мікроальбумінурія»). Пізніше спостерігається збільшення протеїнурії та помітне зниження функції нирок, що призводить до уремії.
- *Нейропатія* може проявлятися у вигляді діареї, постуральної (ортоста-

тичної) гіпотензії, імпотенції, нейрогенного сечового міхура та нейропатичних виразок стопи внаслідок мікроангіопатії нервових кровоносних судин і порушення метаболізму глюкози в нейронах.

- *Макроангіопатія (або акселеруючий атеросклероз)* призводить до передчасної ішемічної хвороби серця. Основні механізми, що лежать в основі, до кінця не з'ясовані, хоча (компенсаторна) гіперінсулінемія, пов'язана з інсулінорезистентністю та діабетом 2-го типу, ймовірно, відіграє ключову роль. Звісно, дисліпідемія, яка спостерігається у цих пацієнтів (підвищення рівня тригліцеридів, зниження холестерину ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) і зсув

до менших, щільніших ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ)), вважається високоатерогенною.

Серцево-судинні захворювання є причиною смерті в 44 % летальних випадків у людей із діабетом 1-го типу та в 52 % смертельних випадків серед людей із діабетом 2-го типу. Сліпота зустрічається у 25 разів, а хронічна хвороба нирок у 17 разів частіше у хворих на діабет. З'являється все більше доказів того, що жорсткий контроль глікемії відтермінує настання цих наслідків.

#### Клінічна нотатка

Симптоми гіперглікемії включають спрагу, поліурію та полідипсію (також відомі як осмотичні симптоми, оскільки вони є результатом підвищення осмолярності внаслідок гіперглікемії), а також в'ялість, втрату ваги, свербіж вульви та баланіт. Проте деякі пацієнти з недиагностованим діабетом 2-го типу можуть не мати симптомів.

Таблиця 31.1 Порівняння цукрового діабету 1-го та 2-го типу

Основні характеристики	Тип 1	Тип 2
<b>Епідеміологія</b>		
Частота у Північній Європі	0,7–0,8 %	6–7 %
Поширеність	Північноєвропейський регіон Європеїди	В усьому світі Найменше в сільській місцевості країн, що розвиваються
<b>Клінічна характеристика</b>		
Вік на момент встановлення діагнозу	<30 років (пік 9–14 років)	>40 років (все частіше у молодших людей)
Вага	Низька/нормальна	Збільшена
Початок	Швидкий	Повільний
Кетоз	Часто	Під час стресу
Ендогенний інсулін	Низький/відсутній	Присутній, але недостатньо
HLA асоціації	Так	Ні
Антитіла до острівцевих клітин	Так	Ні
<b>Патофізіологія</b>		
Етіологія	Аутоімунне руйнування острівцевих клітин підшлункової залози	Інсулінорезистентність, яка в кінцевому підсумку переважає над секреторною здатністю
Генетичний зв'язок	Полігенний	Сильний
Фактори навколишнього середовища	Віруси та токсини	Ожиріння, гіподинамія

HLA – Human leukocyte antigen (лейкоцитарний антиген людини).

#### Метаболізм глюкози та цукровий діабет

- Глюкоза – це вуглеводна валюта організму. Всі інші вуглеводи перетворюються на глюкозу після перетравлення та всмоктування.
- Інсулін сприяє накопиченню метаболічного палива.
- Цукровий діабет характеризується гіперглікемією та абсолютним або відносним дефіцитом інсуліну.
- Цукровий діабет 1-го типу спричинений повною відсутністю інсуліну і найчастіше зустрічається у молодих людей.
- Цукровий діабет 2-го типу становить 90 % усіх випадків діабету і може виникнути в будь-якому віці.
- Пізні ускладнення цукрового діабету є результатом мікроангіопатій та макроангіопатій.

#### Хочете знати більше?

Статистика, пов'язана з діабетом: <https://www.diabetes.org.uk/professionals/position-statements-reports/statistics>

Це посилання містить різноманітні факти та цифри, які демонструють вплив діабету.