

В.І. ЛЕВЧЕНКО, В.В. ВЛЗЛО, І.П. КОНДРАХІН,
Д.О. МЕЛЬНИЧУК, В.Л. ГАЛЯС, В.В. САХНЮК,
В.І. ГОЛОВАХА, В.А. ТОМЧУК, В.А. ГРИЩЕНКО,
М.І. ЦВІЛХОВСЬКИЙ, Л.І. АПУХОВСЬКА,
Л.Г. СЛВІНСЬКА, А.Ю. МЕЛЬНИК

ВЕТЕРИНАРНА КЛІНІЧНА БІОХІМІЯ



**В.І. Левченко, В.В. Влізла, І.П. Кондрахін,
Д.О. Мельничук, В.Л. Галяс, В.В. Сахнюк,
В.І. Головаха, В.А. Томчук, В.А. Грищенко,
М.І. Цвіліховський, Л.І. Апуховська,
Л.Г. Слівінська, А.Ю. Мельник**

ВЕТЕРИНАРНА КЛІНІЧНА БІОХІМІЯ

Підручник

За редакцією

*д-ра вет. наук, академіка УААН **В.І. Левченка***

*і д-ра вет. наук, академіка НААН **В.В. Влізла***

2-ге видання, перероблене та доповнене

Біла Церква – 2019

УДК 619:616-008.9-071/. 074]: 636:612.015.3

ББК 28.902

В 60

Рекомендовано до друку Вченими радами
Національного університету біоресурсів і природоко-
ристування України (протокол № 3 від 24.10.2018 р.),
Білоцерківського національного аграрного універ-
ситету (протокол № 14 від 27.11.2019 р.),
Інституту біології тварин НААН України
(протокол № 8 від 13.09.2018 р.)

Автори: **В.І. Левченко, В.В. Влізло, І.П. Кондрахін, Д.О. Мель-
ничук, В.Л. Галяс, В.В. Сахнюк, В.І. Головаха, В.А. Том-
чук, В.А. Грищенко, М.І. Цвіліховський, Л.І. Апуховська,
Л.Г. Слівінська, А.Ю. Мельник**

Ветеринарна клінічна біохімія: підручник / В.І. Левченко та ін.;
В 60 за ред. В.І. Левченка і В.В. Влізла. 2-ге вид., перероб. та доп.
Біла Церква, 2019. 416 с.

ISBN 978-966-2122-63-3

У підручнику висвітлені питання загальної клінічної біохімії та клінічної
біохімії за патології окремих органів і систем.

Для студентів факультетів ветеринарної медицини ОКР "Магістр", здо-
бувачів освітньо-наукового ступеня доктора філософії аграрних закладів ви-
щої освіти, практичних фахівців ветеринарної медицини, докторантів.

ББК 28.902

Рецензенти:

Кліш І.В., д-р біол. наук, професор, Заслужений діяч науки і тех-
ніки України (Тернопільський державний медичний університет);

Юськів Л.Л., д-р вет. наук, доцент (Львівський національний уні-
верситет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжиць-
кого).

ISBN 978-966-2122-63-3

© В.І. Левченко та ін., 2019.

Клінічна біохімія: суть і завдання дисципліни

Клінічна ветеринарна медицини в останні десятиліття набула значного поглиблення внаслідок широкого впровадження у наукову та практичну роботу лабораторних методів дослідження, зокрема біохімічних. Практичну ветеринарну медицину *біохімія* збагатила великою кількістю показників щодо хімічного складу живих організмів (від грец. *bios* – життя) і процесів, що забезпечують їх існування, перетворення різних сполук у процесі обміну речовин. Ці знання дають можливість науково обґрунтувати патогенез хвороби, ставити діагноз на ранній стадії, стежити за перебігом хвороби та ускладненнями, коригувати і контролювати ефективність лікування. Отже, роль біохімії у формуванні світогляду лікаря ветеринарної медицини очевидна. Проте курс біохімії тварин, базуючись на вивченні основних метаболічних шляхів перетворення органічних сполук та їх регуляції у здоровому організмі, охоплює лише загальні основи цієї науки і його не можна вважати достатнім для належної фахової підготовки лікарів ветеринарної медицини. У зв'язку з цим виникла необхідність введення у навчальний процес нового предмета, який би вивчав біохімічні процеси за різних хвороб і був органічно поєднаним із клінікою. Так, відповідно до практичних запитів медицини і ветеринарії, виникла (спочатку як окремий розділ біохімії, а потім самостійно) клінічна біохімія як наука.

Клінічна біохімія – наука, яка вивчає біохімічні процеси за різних хвороб тварин, що сприяє глибокому пізнанню суті і патогенезу хвороби, дає можливість діагностувати ранні стадії розвитку патологічного процесу, науково обґрунтовувати методи лікування хворих та контролювати його ефективність, прогнозувати перебіг і закінчення хвороби.

Розвиток клінічної біохімії можливий лише у тісному контакті з клінікою, за постійного порівняння отриманих результатів із симптомами та перебігом хвороби. Це підтверджує, що ветеринарна медицина майбутнього, як і гуманна, буде наукою точною, у якій надзвичайно важлива роль належатиме уніфікованим, стандартизованим і максимально автоматизованим біохімічним та

біофізичним методам дослідження. Хоча очевидним є й те, що вона не буде позбавлена утаємниченого у нашій професії – лікарської інтуїції.

Клінічна біохімія займає вагомe місце в підготовці лікаря ветеринарної медицини, оскільки знання змін перебігу біохімічних реакцій у ході патологічних процесів є основою професійного мислення за діагностування хвороб, визначення їх перебігу, вибору обґрунтованого лікування та визначення його ефективності. Клінічна біохімія вчить лікаря правильно інтерпретувати одержані результати досліджень.

Предмет складається з двох частин – загальної клінічної біохімії та клінічної біохімії окремих органів і систем за патологічних процесів.

Вивчення клінічної біохімії ґрунтується на логічному зв'язку, насамперед, зі знаннями з біологічної, органічної, фізичної та колоїдної хімії, адже без таких знань лікар ветеринарної медицини не зможе глибоко аналізувати зміни біохімічних показників за патологічних процесів і правильно використовувати результати лабораторного аналізу. Окрім того, клінічна біохімія інтегрована з такими науками, як аналітична хімія, "нормальна" і патологічна фізіологія, пропедевтика, фармакологія. У той же час вона є базисом для глибокого розуміння патологічних процесів в організмі, які відбуваються за внутрішніх неінфекційних та інфекційних хвороб, і таким чином сприяє формуванню лікарського мислення.

ЗАГАЛЬНА КЛІНІЧНА БІОХІМІЯ

Розділ 1

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ КЛІНІЧНОЇ БІОХІМІЇ

Об'єктом дослідження клінічної біохімії є кров, сеча, молоко, органи і тканини, уміст рубця, шлунковий сік, слина, ліквор та інші біологічні субстрати організму тварин.

Кров є основним об'єктом досліджень. Для біохімічного дослідження у великої рогатої худоби, коней, овець, кіз і верблюдів кров беруть із яремної вени; свиней – судин хвоста, краніальної порожнистої вени, орбітального венозного синуса; м'ясоїдних (собак, котів) – поверхневих вен кінцівок (підшкірної вени передпліччя, латеральної підшкірної вени гомілки – вени сафена); хутрових звірів – м'якушів пальців; птахів – підкрильцевої вени; кролів – яремної вени, судин хвоста, вуха, серця; у риби – із серця, підшкірної чи хвостової артерій. У птахів кров швидко згортається, тому її набирають у маленькі пробірки через розріз підкрильцевої вени без голки.

У моногастричних тварин кров відбирають уранці натще, жуйних – зранку через 4 години після годівлі, тому що годівля суттєво впливає на вміст у крові ліпідів, глюкози, холестеролу та деяких інших показників. Надмірне збудження тварини під час відбору крові спричиняє зміни рівня глюкози, кислотно-лужної рівноваги, гормонів, тому слід уникати зайвого насилля над пацієнтом, а інколи слід застосовувати транквілізатори. Визначаючи стан обміну речовин, кров чи інші біологічні субстрати відбирають у тварин без ознак запального характеру (хірургічна інфекція, ендометрит, ретикулоперитоніт та ін.), оскільки за таких умов змінюються біохімічні показники досліджуваного субстрату.

У разі клінічного лабораторного аналізу найчастіше досліджують сироватку і плазму крові. Для отримання сироватки пробірка має бути чистою, без додавання антикоагулянта. Для відділення сироватки крові від згустка по внутрішній стінці пробірки проводять нержавіючою металевою або скляною паличкою. Пробірки закривають корком і ставлять у термостат за температури 37 °С на 1–2 год або залишають за кімнатної температури (20–26 °С) до повного відділення сироватки. Для термінового отримання сироватки кров поміщають у термостат на 10–15 хв, сироватку зливають у центрифужну пробірку і центрифугують 10–15 хв за 2000–3000 об./хв.

Для отримання плазми кров відбирають у пробірку, в яку доданий антикоагулянт. Відразу після взяття кров центрифугують 15–20 хв за 2–3 тис. об./хв. Нині випускають одноразові пробірки з антикоагулянтом. Сироватку і плазму крові, за необхідності, зберігають в холодильнику за температури від 0 до 4 °С (табл. 1). Їх можна заморожувати і зберігати упродовж місяця. Рекомендується одноразове розморожування безпосередньо перед дослідженням. Для дослідження нестійких сполук (білірубін, глюкоза), активності деяких ферментів (кисла фосфатаза) необхідно використовувати лише свіжу сироватку крові. Слід також пам'ятати, що світло руйнує білірубін.

У крові визначають морфологічні показники (еритроцити, лейкоцити, тромбоцити, лейкограму), гематокритну величину, вміст гемоглобіну, глюкози, кетонів, тіл, купруму, цинку, кобальту, мангану, селену та ін.; плазмі крові – резервну лужність, уміст натрію, калію, можливо, неорганічного фосфору, у сироватці крові – загального білка та його фракцій, залишкового азоту, сечовини, ліпідів, білірубину, кальцію, фосфору, магнію, загального і зв'язаного з білками йоду, феруму, купруму, цинку, кобальту, селену, мангану, каротину, вітамінів, ферментів, виконують білково-осадові проби. У дрібних тварин і птиці замість сироватки можна використовувати плазму крові, враховуючи підбір антикоагулянта. Зважаючи на характер дослідження, готують одну або дві пробірки. Для стабілізації крові чи одержання плазми у пробірки вносять один із антикоагулянтів із розрахунку на 10 мл крові: 3 краплі 1 % розчину гепарину, 2–3

краплі гепарину, що містить 500 ОД в 1 мл; 0,3–0,5 мл 10 % розчину натрію лимоннокислого (цитрату); 0,3–0,5 мл 20 % розчину натрію чи калію щевлевокислого (оксалату); 3–4 краплі трилону Б (ЕДТА-натрію); 5–10 крапель 10 % розчину натрію фториду.

Таблиця 1 – Антикоагулянти та терміни зберігання проб для проведення лабораторних досліджень

Показник	Матеріал для досліджень	Антикоагулянт	Умови зберігання
1	2	3	4
Гематокритна величина	Кров	ЕДТА-натрію	Стабільна 48 год за 4 °С або 6 год – за кімнатної температури
Гемоглобін	Кров	ЕДТА-натрію	Стабільний 48 год за 4 °С, 24 год – за кімнатної температури
Глюкоза	Кров (осадження білків після взяття проби), плазма крові (одержують негайно центрифугуванням, білки осаджують)	Натрію фторид	Не більше 2 год
Загальний білок	Плазма крові, сироватка крові	Гепарин –	У холодильнику до 3 діб
Білкові фракції	Сироватка крові	–	У холодильнику до 36 год
Сечовина	Сироватка крові	–	36 год
Креатинін	Сироватка крові	–	36 год
Білірубін	Сироватка крові	–	У холодильнику: на світлі 12 год, у темному місці до 3 діб
Холестерол	Плазма крові, сироватка крові	ЕДТА-натрію, гепарин	За кімнатної температури до 5 діб
Загальні ліпіди	Сироватка крові	–	3 доби
Триацилгліцероли	Сироватка крові	–	2 доби
Жирні кислоти	Сироватка крові	–	2 доби
β-ліпопротеїни	Сироватка крові	–	2 доби
Фосфоліпіди	Сироватка крові	–	5 діб
Кетонові тіла	Кров (готують безбілковий фільтрат)	Гепарин	Безбілковий фільтрат зберігають у холодильнику до 3 діб
Фосфор неорганічний	Плазма крові, сироватка крові	Гепарин –	Зберігають у холодильнику до 2 діб. За тривалого зберігання вміст фосфору зростає
Кальцій	Сироватка крові	–	У холодильнику до 3 діб

Натрій	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Калій	Плазма крові	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
Магній	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Хлор	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Ферум (залізо)	Сироватка крові	—	У холодильнику не більше 2 год
Купрум (мідь)	Сироватка крові	—	Не більше 2 год
Цинк	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Манган	Кров	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
Селен	Кров	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
Йод	Кров	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
Плюмбум (свинець)	Кров	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
Молібден	Кров	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
АсАТ, АлАТ	Плазма крові, сироватка крові	Гепарин —	Досліджують до 24 год після взяття крові. У холодильнику до 4 діб
ГГТП	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Лужна фосфатаза (ЛФ)	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Лактатдегідрогеназа (ЛДГ)	Плазма крові, сироватка крові	Гепарин	У холодильнику до 5 діб
α -амілаза	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
Альдолаза	Сироватка крові	—	У холодильнику 1 доба
Креатин-кіназа	Сироватка крові	—	У холодильнику до 5 діб
ГЛДГ	Сироватка крові	—	У холодильнику 1 доба
Ліпаза	Сироватка крові	—	У холодильнику 1 доба
Холінестераза	Сироватка крові	—	Досліджують до 6 год після взяття крові. У холодильнику до 7 діб
Кисла фосфатаза	Сироватка крові	—	У холодильнику 1 доба
Ретинол, каротин	Сироватка крові без слідів гемолізу	—	Захищати від сонячного світла.

			Заморожена проба стабільна упродовж 2 тижнів
Вітамін С	Плазма крові, сироватка крові без слідів гемолізу	Гепарин	Проба стабільна упродовж 3 год за її охолодження
Вітамін Е	Сироватка крові без слідів гемолізу	Метафосфатна кислота: 5 г/100 мл або ТХО: 10 г/100 мл	Зберігають за 20 °С протягом 1 доби. Захищають від сонячного світла. Зберігають у холодильнику кілька днів за 4 °С

Сеча. Проби сечі беруть від тварин у ранкові години під час природного сечовипускання або за спонукання їх до цього масажем шкіри біля соромітних губ у самок та спеціальними методами (катетеризація, цистоскопія). У собак та кішок можливий цистоцентез. Аналіз сечі проводять безпосередньо на фермі або в лабораторії в день її взяття. Сечу збирають у чистий сухий посуд. Зберігають до тестування не більше 11–12 год у холодильнику. Як виняток, допускають застосування консервантів (кристалик тимолу на 100–150 мл сечі). Для визначення уробіліногену сечу захищають від сонячного світла, аналіз доцільно виконувати протягом 30 хв після відбору зразка сечі.

Молоко. Як правило, молоко досліджують для діагностики кетозу у корів та вівцематок. Зразки молока саме для цієї мети беруть із здорових чвертей вимені. Зазвичай проводять якісні реакції безпосередньо на фермі. У молоці можна визначити вміст загального білка, кальцію, фосфору, магнію, мікроелементів, вітамінів А, Е та ін. Досліджують молоко ранкового надою. Велике значення має біологічна оцінка якості молозива, особливо визначення в ньому вмісту імунних глобулінів (Ig G, Ig M, Ig E, Ig A), від чого залежить стан здоров'я новонароджених тварин. Зразки молозива відбирають із здорових чвертей вимені з обов'язковим зазначенням порядкового номера надою, оскільки склад молозива дуже швидко змінюється: молозиво другого та наступних надоїв за своїм складом відрізняється від першого. Підготовка зразків молока і молозива залежить від характеру дослідження.

Слина. Слину з ротової порожнини одержують за допомогою довгого корнцанга та губчастого поролону. Корнцанг зі стиснутим поролоном просовують у нижню бокову ділянку ротової порожнини між зубами та слизовою оболонкою. Відпустивши корнцанг, насичують поролон слиною і акуратно виводять з ротової порожнини. Слину збирають у посудину, стиснувши насичений нею поролон.

Вміст рубця. Вміст рубця беруть через 3–4 год після годівлі за допомогою стравохідного зонда, не допускаючи потрапляння в нього слини, або спеціальним зондом, в якому гумова трубка одним кінцем з'єднана з колбою, в якій за допомогою насоса зворотної дії створюється вакуум, а протилежний – під'єднаний до металевій оливи, яка завдяки своїй масі опускається на дно рубця. Після введення зонда в рубець насосом створюється вакуум і рідина засмоктується в колбу. Одержаний вміст відразу фільтрують через 4 шари марлі. Склянку із вмістом закривають, ставлять у холодильник і відразу ж досліджують. Якщо проби відбирають у господарстві, то їх консервують хлороформом або толуолом з розрахунку 6–8 крапель на 20 мл вмісту. Транспортують проби у термосі з льодом. Якщо у пробах планується підрахунок кількості найпростіших, то як консервант використовують 10 % розчин формаліну з розрахунку 5–6 крапель на 20 мл вмісту. Від формаліну найпростіші втрачають рухомість, припиняється їх розвиток та розмноження. Для визначення коротколанцюгових жирних кислот (КЖК), лактату, амінокислот, іонів (Cl^- , Na^+ , K^+ та ін.) рубцевий вміст можна зберігати в замороженому стані до 6 міс. Аміак слід визначати відразу після взяття вмісту.

Шлунковий вміст і сік. Проби шлункового вмісту та шлункового соку беруть за допомогою спеціальних шлункових зондів після попередньої підготовки тварини в режимі голодної дієти. Методика підготовки тварин, взяття шлункового вмісту та шлункового соку викладені у підручнику “Клінічна діагностика хвороб тварин”. Найбільше діагностичне значення має дослідження шлункового соку, оскільки в ньому немає залишків кормових мас. Інформативними є такі показники: величина рН, загальна кислотність, вільна та зв'язана хлорид на (соляна) кислота, пептидна активність соку та ін.

Кал. Кал беруть після його виділення або з прямої кишки у посудину (пластмасові або скляні баночки з широкою горловиною), яку щільно закривають. Дослідження слід провести не пізніше 8–10 год (до 24 год) після відбору матеріалу. Визначення активності трипсину проводять відразу після взяття калу.

Ліквор (спинномозкова рідина) секретується судинними сплетіннями центральної нервової системи і циркулює у спеціальних резервуарах чи цистернах у ділянці основи мозку, омиваючи звивини головного мозку, випуклу поверхню мозку, центральний канал та підпавутинний простір спинного мозку. Утворюється ліквор у бокових шлуночках мозку та субарахноїдальних проміжках. Вода і електроліти швидко проникають у церебральну рідину і так само швидко виходять з неї.

Ліквор виконує функцію "подушки" для мозку, запобігаючи його зміщенню. Метаболічна роль ліквору досі не вивчена. Тому дослідження його виконують здебільшого з метою діагностики запальних процесів у центральній нервовій системі.

Одержують ліквор шляхом люмбальної субокципітальної і постокципітальної пункції, яку виконують спеціальними голками з мандреном: у великих тварин – довжиною 80–150 мм і діаметром 1,2–1,8 мм. Для лабораторних досліджень ліквор беруть фракціями у 3–4 пробірки загальною кількістю 5–15 мл. Для підрахунку клітин достатньо 0,5 мл. До ліквору, який містить фібриноген, що буває за менінгіту, додають антикоагулянт.

Відносна щільність ліквору здорових тварин – 1,004–1,008 кг/л, уміст глюкози – 2,2–3,5 ммоль/л, загального білка – 0,15–0,30 г/л, лейкоцитів – від 0 до 8×10^6 /л (0–8 в 1 мкл). Лейкограма ліквору в основному представлена лімфоцитами (60–80 %) і моноцитами (20–40 %) (Влізло В.В., 1998).

Спинномозкова рідина за кольором світла і прозора. Її помутніння вказує на наявність гнійного менінгіту. Виявлення в 1 мкл більше 500 еритроцитів свідчить про наявність крові в лікворі. Зменшення вмісту глюкози в лікворі спостерігають за менінгоенцефаліту, пухлин, післяродової гіпокальціємії,

збільшення виявляють за стресу, цукрового діабету, лістеріозу, травм. Дослідження кількості білка у лікворі має важливе діагностичне значення у разі патології мозку. Підвищення його вмісту (гіперпротеїнарія), в основному за рахунок вискодисперсних фракцій, буває за пухлин, лістеріозу, менінгіту, менінгоенцефаліту.

Підвищення кількості лейкоцитів (плеоцитоз) вказує на розвиток запалення мозкових оболонок або їх ураження, спричинене іншим копро логічним процесом. Особливо виражений плеоцитоз виявляють за менінгіту: у разі серозного менінгіту в 1 мкл ліквору міститься від декількох десятків до сотень клітин (за норми 3–8), в основному лімфоцитів. За гнійного менінгіту в гострій стадії захворювання кількість клітин досягає кількох тисяч і навіть десятків тисяч у 1 мкл ліквору, причому серед клітин переважають нейтрофіли.

Синовіальна рідина. Синовіальну рідину отримують шляхом пункції порожнини відповідного суглоба. Перед проведенням пункції тварину фіксують, вистригають волосся та обробляють розчином йоду місце проколювання, роблять місцеву поверхневу анестезію. Для проколювання і взяття синовію використовують голки з різним діаметром отвору (для великих тварин 1,2 мм, малих – 0,9 мм). Дослідження синовії дозволяє швидко поставити діагноз, забезпечує проведення своєчасного і адекватного лікування у разі захворювання суглобів. Проводять фізичні, хімічні, цитологічні та мікробіологічні дослідження.

Транссудат і ексудат. Для отримання транссудату чи ексудату проводять пункцію відповідної порожнини. Перед проведенням проколу готують асептичне поле. Пункцію краще виконувати під контролем ультразвукового приладу. Торакоцентез плевральної порожнини виконують голкою, до якої приєднують шприц для аспірації рідини. Місце пункції плевральної порожнини у коней – 7-й міжреберний проміжок зліва або 5–6-й – справа; у великої рогатої худоби, овець і свиней – 6-те міжребер'я зліва або 5–6-те справа. Голку вводять перед ребром вище грудної зовнішньої вени, на глибину 2–4 см у великих тварин або 1–2 см – у дрібних. Просування голки по тканині грудної клітки зустрічає певний опір, а

після проникнення кінця голки у плевральну порожнину опір відразу ж зникає. Після цього шприцом аспірують патологічне випотівання.

Лапароцентез у великих тварин по можливості виконують на стоячій тварині, а в дрібних – лежачій, на середній відстані між мечоподібним хрящем груднини і пуповиною, відступивши від білої лінії на 1–2 см; у жуйних – справа по ходу 9-го ребра на 1–2 см вище або нижче молочної вени, у коней – зліва, свиней, собак і котів – у найнижчій ділянці живота поближче до білої лінії.

Отримані проби транссудату чи ексудату відбирають для цитологічних (у пробірки з антикоагулянтом – натрію цитрат 1:9), біохімічних (центрифугують за 1500 об./хв упродовж 10 хв) і бактеріологічних досліджень.

Кістково-мозковий пунктат. Одержують із 2–3 сегментів грудної кістки за допомогою спеціальних голок (ГС–2 та ін.) з мандреном. Дослідження виконують для діагностики гемобластозів. У пунктаті визначають кількість еритроцитів, оксифільних нормоцитів, поліморфноядерних нормоцитів (ядерновмісних клітин). У фарбованих мазках підраховують мієлограму. Аналізуючи мієлограму, визначають кількісне співвідношення між клітинами різного ступеня зрілості еритро- та лейкоцитопоезу.

Біопсія та пункція органів і тканин. *Пункція* – прокол тканин органа або порожнини тіла ін'єкційною голкою чи троакаром з метою одержання клітинних елементів або рідини для мікроскопічного дослідження. Із отриманого пунктату виготовляють мазки, після фіксації і фарбування яких проводять цитологічне дослідження.

Біопсія – прижиттєве отримання шматочка тканини для гістологічного, гістохімічного чи ультрамікроскопічного дослідження. Біопсію виконують за допомогою біопсійної голки чи троакара із внутрішнім діаметром 2–3 мм. Біопсію можна провести під контролем сонографії та лапароскопії (прицільна пункція). Отриманий біоптат фіксують і обробляють різними методами, залежно від мети дослідження. Гістологічні дослідження проводять для диференційної діагностики хвороб печінки, нирок та інших органів, гістохімічні й електронно-мікроскопічні – для функціо-нальної та і структурної оцінки клітин та їх органел.

Біопсія печінки. У великої рогатої худоби біопсію печінки виконують у ділянці печінкового притуплення в 11-му міжреберному проміжку справа, на долоню нижче поперекових відростків грудних хребців, кіз – 10-му міжребер'ї на 8–10 см нижче лінії поперекових відростків грудних хребців, оскільки тут товщина її найбільша. Прицільну пункцію можна проводити в 11-му і навіть у 9-му міжребер'ї в місцях, де легені не прикривають печінку.

У коней біопсію печінки виконують в 11–14-му міжребер'ях під лінією маклака. У місці проколу здійснюють місцеву анестезію.

У дрібних тварин краще здійснювати прицільну пункцію печінки під контролем лапароскопа чи ехографа. У собак біопсію виконують з правого боку в 9–10-му міжребер'ях по лінії плечового суглоба в напрямі на колінний суглоб лівої кінцівки. Голку вводять на глибину 5 см. Отримані біоптати печінки здорових тварин суцільні, мають темно-вишневий колір, пружну консистенцію (Влізло В.В. зі співав., 2003). Для мікроскопічних досліджень біоптат фіксують 10 % розчином формаліну або іншими фіксаторами.

Біопсію нирок Проводять для гістологічних, гістохімічних і бактеріологічних досліджень. Біопсію нирок виконують через стінку правої або лівої голодної ямки за допомогою спеціальної голки або троакара. Її можна проводити не лише у великих, а й у дрібних тварин (кролів, кішок, щурів), що особливо важливо в експериментальній нефрології. Краще проводити прицільну біопсію під контролем ультра-звукових приладів.

Досліджуючи зразки біологічних субстратів (крові, сечі та ін.), враховують вік, породу, фізіологічний стан тварини. Наприклад, уміст імунних глобулінів сироватки крові телят проводять через 24–48 год після народження, тобто, коли в їх організм надходять колостральні імунні білки з молозива. Потім дослідження цих показників (за необхідності) виконують у віці трьох тижнів та трьох місяців.

Вік тварин враховують у разі дослідження в крові загального білка та його фракцій, глюкози, фосфору, холестеролу, класів ліпідів та деяких інших показників, що мають суттєві відмінності в молодих і дорослих особин.

МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ

У процесі вивчення явищ і предметів навколишнього середовища часто доводиться вимірювати ті або інші фізичні величини, які характеризують їх. Значення і роль вимірювань у науці досить чітко сформулював Д.І. Менделєєв: “Наука починається тоді, коли починають вимірювати”. Досить суттєвим для вимірювання фізичних величин є вибір їх одиниць. У зв’язку з тенденцією до збільшення кількості одиниць виникла необхідність їх уніфікації. Тому в 1960 році у Парижі була прийнята міжнародна система одиниць, універсальна для всіх галузей науки і техніки. Ця система одержала скорочену міжнародну назву – SI, або в українській транскрипції – СІ.

СІ включає одиниці трьох типів: а) *основні*; б) *похідні*; в) додаткові, а також низку префіксів, за допомогою яких можуть бути утворені десяткові кратні і часткові одиниці. За основу в СІ були вибрані 7 основних одиниць (табл. 2).

Таблиця 2 – Основні одиниці SI

№ п/п	Величина	Назва одиниці	Позначення одиниці
1	Довжина	метр	м
2	Маса	кілограм	кг
3	Час	секунда	с
4	Кількість речовини	моль	моль
5	Термодинамічна одиниця	кельвін	К
6	Сила електричного струму	ампер	А
7	Сила світла	кандела	кд

Перемножуючи основну одиницю на саму себе або поєднуючи дві і більше основних одиниць шляхом простого множення або ділення, можна сформувати велику кількість одиниць, які відомі як *похідні одиниці SI*. Наприклад, похідною одиницею об’єму є кубічний метр, молярної концентрації – моль на кубічний метр (табл. 3).

Таблиця 3 – Деякі похідні одиниці SI

Величина	Назва похідної одиниці	Позначення одиниці
Площа	квадратний метр	м^2
Об’єм	кубічний метр	м^3
Швидкість	метр за секунду	м/с ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$)
Молярна концентрація	моль на кубічний метр	моль/м^3
Густина	кілограм на кубічний метр	кг/м^3

Деяким похідним одиницям SI присвоєні спеціальні назви, більша частина яких – це імена учених, які зробили значний внесок в окремі галузі науки. Наприклад, частота вимірюється у герцах (Гц), тиск – паскалях (Па), енергія – джоулях (Дж), освітленість – люксах (Лк), радіоактивність – беккерелях (Бк).

Крім одиниць SI, у колишньому СРСР був прийнятий стандарт СТСЭВ 1052-78, який дає можливість використовувати низку одиниць нарівні з одиницями SI. Деякі з них досить важливі для лабораторних вимірювань. Зокрема, важливою є така одиниця об'єму, як літр (л). ВООЗ рекомендує позначати концентрацію не через кількість речовини у метрі кубічному, а в літрі. Для вимірювання венозного і артеріального кров'яного тиску до цього часу використовують позасистемні одиниці: міліметр водяного (мм вод. ст.=9,8 Па) і ртутного стовпчика (мм рт.ст.=133,3 Па).

У багатьох випадках одиниці SI незручні, оскільки вони або малі, або великі (незручно, наприклад, визначати діаметр еритроцита в метрах). Для усунення цих утруднень SI включає низку префіксів, за допомогою яких можна утворити десяткові кратні або часткові одиниці SI (табл. 4).

Таблиця 4 – Префікси SI

Множник	Префікс	Позначення префікса	Множник	Префікс	Позначення префікса
10^1	дека	да	10^{-1}	деци	д
10^2	гекто	г	10^{-2}	санти	с
10^3	кіло	к	10^{-3}	мілі	м
10^6	мета	М	10^{-6}	мікро	мк
10^9	гіга	Г	10^{-9}	нано	н
10^{12}	тера	Т	10^{-12}	піко	п
10^{15}	пета	П	10^{-15}	фемто	ф
10^{18}	екса	Е	10^{-18}	атто	а

Префікси можна додавати до основних і похідних одиниць SI, а також до одиниць, які допускаються до тимчасового використання. Два префікси до однієї основи додавати не дозволяється. Оскільки одна основна одиниця SI – кілограм – має у своїй назві префікс SI – "кіло", то для утворення кратних і часткових одиниць слід використовувати часткову одиницю – грам (0,001 кг), а префікси додавати до цього слова, наприклад, міліграм (мг), мікрограм (мкг), нанограм (нг) пікограм (пг) і т.д.

Позначення одиниць SI складаються з однієї або двох літер, які завжди пишуть малими літерами. Якщо вони походять від **власних імен**, позначення складаються з однієї великої (прописної) літери або із двох-трьох літер, з якої лише одна () є великою (наприклад, мегаджоуль – мДж).

У лабораторній практиці концентрацію різних речовин раніше виражали в мікрограмах, міліграмах або грам-процентах. Наприклад, якщо в 100 мл сироватки крові міститься 10 мг кальцію, то результат має такий вираз: 10 мг%, або 10 мг /100 мл. У SI концентрація речовини, відносна молекулярна маса (ВММ) якої відома, виражається в моль/м³. Це основна одиниця. Окрім неї, ВООЗ допускає використання у знаменнику іншої одиниці об'єму – літр, а в чисельнику – похідні від моля, одержані за допомогою префіксів: мілімоль (ммоль), мікромоль (мкмоль), наномоль (нмоль) і т.д. Для перерахунку масової концентрації в концентрацію речовини числове значення необхідно перемножити на коефіцієнт, наведений у додатку А. Наприклад, кількість кальцію, виражену в одиницях маси (12 мг в 100 мл сироватки крові), необхідно перерахувати в одиниці концентрації (ммоль/л). Перевідний коефіцієнт становить 0,25. Тоді 12×0,25=3 ммоль/л. Якщо перевідний коефіцієнт невідомий, користуємося формулою:
$$a_{si} = \frac{a \times 10}{M},$$

де: a – результат у мкг, мг або г в 100 мл; 10 – коефіцієнт для перерахунку в л; M – відносна молекулярна маса.

Якщо відносна молекулярна маса речовини не відома, то її виражають в одиницях концентрації маси. В основних одиницях SI вона виражається в кілограмах на метр кубічний (кг/м³). ВООЗ допускає використання в чисельнику часткових основної одиниці маси (грам, міліграм, мікрограм і т.д.), а в знаменнику, замість м³, лише один об'єм – літр. Наприклад, кількість білка у сироватці крові раніше виражали: 8 г%, або 8 г/100 мл. У SI величина одержує вираз 80 кг/м³, а ВООЗ допускає такий запис: 80 г/л. Подібним чином виражається гемоглобін (120 г/л, а не 12 г/100 мл чи 12 г%).

Активність ферментів заведено виражати кількістю перетвореного ним субстрату (утвореного продукту) у перерахунку на 1 л біологічного матеріалу за визначену одиницю часу. Як *міжнародна одиниця* активності ферменту (О),

прийнята така кількість ферменту, яка в оптимальних умовах каталізує перетворення 1 мкмоль субстрату за 1 хв (1 Од=мкмоль/хв). У перерахунку на 1 л субстрату ця величина виражається таким чином: $Од/л = мкмоль/хв \cdot л$ (додаток Б).

У міжнародній системі одиниць SI за одиницю активності ферменту прийнятий *катал* (кат), який дорівнює кількості ферменту, що перетворює 1 моль субстрату за 1 с (кат=моль/с). У перерахунку на 1 л біологічного матеріалу цю розмірність виражають таким чином: $кат/л = моль/с \cdot л$. Катал – досить велика одиниця, тому в практиці використовують часткові від неї одиниці: $мкат/л = мкмоль/с \cdot л$; $нкат/л = нмоль/с \cdot л$.

Співвідношення міжнародної одиниці (Од) і катала є таким: $1 Од = 16,67 нкат$. Найчастіше необхідно співвідносити такі одиниці активності ферментів: $Од/л$ і $мкат/л$; $Од/л = мкат/л \times 60 с$. Наприклад, активність лужної фосфатази $1,9 мкат/л$ у міжнародних одиницях буде складати: $1,9 \times 60 = 114 Од/л$.

Іноколи допускається використання позасистемних одиниць активності ферментів. Наприклад, для позначення активності амінотрансфераз методом Райтмана-Френкеля у $ммоль/год \cdot л$ співвідношення з міжнародною одиницею можна виразити наступним чином:

$$Од / л = \frac{ммоль / год \times л \times 1000}{60} = ммоль / год.$$

$$1 моль/л \cdot год = \underline{Од/л} ; \text{ або } 1 ммоль/л \cdot год = Од/л \cdot 0,06 \\ 16,67$$

Для визначення активності α -амілази застосовують такий вираз: $г/год \cdot л$. Результати морфологічного дослідження крові в SI виражаються в об'ємі $1 м^3$, але ВООЗ дозволяє в об'ємі 1 л. Тоді, наприклад, кількість еритроцитів $5 млн/мкл$ у SI матиме наступний вираз: $5 \times 10^{15}/м^3$ ($5 \times 10^{15} м^{-3}$). Проте водночас дозволяється наступний запис $5 \times 10^{12}/л$ ($5 \times 10^{12} л^{-1}$). Можна використовувати префікс – тера (Т) : $1 \times Т = 10^{12}$, тоді кількість еритроцитів виражатиметься так: $5 Т/л$. Кількість лейкоцитів $5 тис/мкл$ можна записати в SI як $5 \times 10^{12}/м^3$, або $5 \times 10^9/л$, або $5 Г/л$ (Г – гіга; $Г = 10^9$).