

Юрій Борецький, Марія Сибіль, Ірина Гложик, Володимир Грач

БІОХІМІЯ ТА ОСНОВИ БІОХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

УДК 577.1:796.012.3(075.8)

Б 63

Рецензенти:

доктор біологічних наук, доцент

Л. І. Кобилінська

(Львівський національний медичний університет
імені Данила Галицького);

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

Ю. Т. Салига

(Інститут біології тварин НААНУ)

Рекомендувала до друку вчена рада

Львівського державного університету фізичної культури
імені Івана Боберського

(протокол № 6 від 22 лютого 2022 року)

Б 63 Біохімія та основи біохімії рухової активності : навч. посіб. / Юрій Борецький, Марія Сибіль, Ірина Гложик, Володимир Трач. – Львів : ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2022. – 292 с.

ISBN 978-617-7336-99-9

У посібнику подано хімічні та фізичні методи досліджень органічних сполук, коротко описано будову та перетворення вуглеводів, ліпідів, білків, окреслено роль вітамінів, гормонів, мікро- та макроелементів для здоров'я людини, описано ключові ферменти та шляхи енергозабезпечення м'язового скорочення. Практикум є частиною навчального комплексу з курсів «Біохімія», «Біохімічні основи фізичного виховання і спорту» та «Біологічна хімія рухової активності».

Посібник містить вступ, правила з техніки безпеки в навчальних лабораторіях, лабораторні роботи зі статичної біохімії, динамічної біохімії, біохімії спорту. До кожного розділу подано короткий теоретичний вступ, контрольні запитання, ситуаційні завдання, тести для самостійної перевірки знань, завдання для самостійної роботи студентів.

Для студентів закладів вищої освіти фізкультурного профілю.

УДК 577.1:796.012.3(075.8)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 7

ПРАВИЛА РОБОТИ В БІОХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ 9

ВСТУП..... 12

РОЗДІЛ 1. СТАТИЧНА БІОХІМІЯ 15

Лабораторне заняття № 1

ХАРАКТЕРНІ РЕАКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК
ІЗ РІЗНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ГРУПАМИ 15

Лабораторне заняття № 2

ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОЇ РЕАКЦІЇ ТА БУФЕРНОЇ
ЄМНОСТІ РОЗЧИНІВ 20

Лабораторне заняття № 3

ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ
НА ВИЯВЛЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ 25

Лабораторне заняття № 4

ВЛАСТИВОСТІ ДИСАХАРИДІВ І ПОЛІСАХАРИДІВ... 30

Лабораторне заняття № 5

ВЛАСТИВОСТІ ЛІПІДІВ 35

Лабораторне заняття № 6

КОЛЬОРОВІ РЕАКЦІЇ АМІНОКИСЛОТ ТА БІЛКІВ 40

Лабораторне заняття № 7
ОСАДЖЕННЯ БІЛКІВ ІЗ РОЗЧИНУ 46

Лабораторне заняття № 8
ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ 51

РОЗДІЛ 2. ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ 56

Лабораторне заняття № 1
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ГЛІКОЛІЗУ
В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ 56

Лабораторне заняття № 2
ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ
БІОЛОГІЧНОГО ОКИСНЕННЯ..... 61

Лабораторне заняття № 3
ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ГІДРОЛІЗ ЛІПІДІВ.
ВИЗНАЧЕННЯ КЕТОНОВИХ ТІЛ
У БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ..... 67

Лабораторне заняття № 4
ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ГІДРОЛІЗ БІЛКІВ 73

РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЯ СПОРТУ..... 79

Лабораторне заняття № 1
БІОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ 79

Лабораторне заняття № 2
БІОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЧІ..... 89

<i>Лабораторне заняття № 3</i> ВИЗНАЧЕННЯ НЕОРГАНІЧНОГО ФОСФОРУ В СЕЧІ.....	98
<i>Лабораторне заняття № 4</i> ВИЗНАЧЕННЯ СЕЧОВИНИ В СЕЧІ.....	105
<i>Лабораторне заняття № 5</i> ВИЗНАЧЕННЯ КРЕАТИНІНУ В СЕЧІ.....	112
<i>Лабораторне заняття № 6</i> КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПІРОВИНОГРАДНОЇ КИСЛОТИ В СЕЧІ	118
<i>Лабораторне заняття № 7</i> КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ	124
<i>Лабораторне заняття № 8</i> ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКСКРЕЦІЇ КАТЕХОЛАМІНІВ	130
<i>Лабораторне заняття № 9</i> ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ЛАКТАТДЕГІДРОГЕНАЗИ В СИРОВАТЦІ КРОВІ	135
<i>Лабораторне заняття № 10</i> ВИЗНАЧЕННЯ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В СЕЧІ	140
<i>Лабораторне заняття № 11</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КАЛЬЦІЮ В БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ.....	146

СИТУАЦІЙНІ ЗАВДАННЯ.....	152
ТЕСТИ З КУРСУ «БІОХІМІЯ»	179
СТАТИЧНА БІОХІМІЯ	179
ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ.....	199
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ТЕМ «ГОРМОНИ» ТА «ВІТАМІНИ»	212
ТЕСТИ З КУРСУ «БІОХІМІЯ СПОРТУ»	219
ПЛАН РОБОТИ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ БІОХІМІЇ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ГРАФІКОМ.....	258
ПЛАН РОБОТИ З БІОХІМІЇ СПОРТУ ТА РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ГРАФІКОМ.....	261
ВІДПОВІДІ НА ТЕСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ.....	264
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	267
СЛОВНИК БІОХІМІЧНИХ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ	269

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

А – адреналін

АДФ – аденозиндифосфорна кислота

АМФ – аденозинмонофосфорна кислота

АТФ – аденозинтрифосфорна кислота

АТФ-аза – аденозинтрифосфатаза

Ацетил-КоА – ацетил-кофермент А

ВНС – вегетативна нервова система

ГАМК – γ -аміномасляна кислота

ГТФ – гуанозинтрифосфорна кислота

ДА – дофамін

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ДОФА – диоксифенілаланін

ДФГлК – дифосфогліцерінова кислота

ЕДТА – етилендіамінотетраоцтова кислота

ІТФ – інозинтрифосфат

КА – катехоламіни

КрФ – креатинфосфат

КрФ-аза – креатинфосфокіназа

ЛДГ – лактатдегідрогеназа

ЛТПФ – ліпотіамініпрофосфат

МК – молочна кислота

м-РНК – матрична рибонуклеїнова кислота

НА – норадреналін

НАД – нікотинамідаденіндинуклеотид

НАДФ – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат

ПВК – піровиноградна кислота

РНК – рибонуклеїнова кислота

САС – симпатoadреналова система

ТХОК – трихлороцтова кислота

ФАД – флавінаденіндинуклеотид

ФЕК – фотоелектроколориметр

ФМН – флавінаденінмононуклеотид

ЦТК – цикл трикарбонових кислот

ЧСС – частота серцевих скорочень

ШКТ – шлунково-кишковий тракт

ПРАВИЛА РОБОТИ В БІОХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

1. Перед початком лабораторних занять студенти зобов'язані ознайомитися з правилами техніки безпеки та протипожежними заходами.

2. Працювати в лабораторії дозволено лише після попередньої підготовки. Студенти повинні засвоїти матеріал, що стосується конкретної теми; ознайомитися зі змістом лабораторних робіт, щоб пояснити мету роботи та план її виконання.

3. Студенти в лабораторії мають постійні робочі місця, які потрібно утримувати в чистоті та порядку. На робочому місці мають бути лише предмети для проведення роботи.

4. Проводити досліди дозволено тільки в лабораторних халатах.

5. Необхідні для дослідів реактиви розміщують на полицях лабораторних столів, а концентровані кислоти і леткі речовини належить зберігати у витяжних шафах, звідки виносити їх категорично заборонено.

6. Сухі реактиви слід набирати лише чистим і сухим шпателем. Не плутати кришок і корків від реактивів. Розчини наливати у пробірки у невеликій кількості (краплями) за допомогою піпеток.

7. Без дозволу викладача не можна проводити ніяких дослідів.

8. Усі досліди з отруйними і леткими речовинами, а також випарювання виконувати лише у витяжній шафі.

9. Експерименти з легкозаймистими речовинами проводити на безпечній віддалі від відкритого вогню.

10. Під час нагрівання розчину в пробірці необхідно тримати її так, щоб отвір не був спрямований у бік студента, який працює, та інших присутніх.

11. Їдкими лугами і концентрованими кислотами користуватися потрібно дуже обережно, щоб запобігти хімічним опікам та пошкодженню одягу.

12. У разі розведення концентрованих кислот і лугів їх потрібно переливати у воду (а не навпаки) постійно перемішуючи.

13. У разі термічних опіків слід повідомити викладача та нанести наявні протиопікові засоби (наприклад, стерильну гідрогелеву медичну пов'язку, аерозоль Пантенол).

14. У разі опіків кислотами ретельно промити обпечене місце великою кількістю проточної води, 2 %-м розчином натрію гідрокарбонату та повідомити викладача.

15. Під час опіків їдкими лугами ретельно промити обпечене місце великою кількістю проточної води (не розтираючи), а потім – розчином 1–2 %-ї борної кислоти та повідомити викладача.

16. Робота з кислотами і лугами може бути дуже небезпечною для слизових оболонок. Якщо кислота або луг потрапить до очей чи рота (носа), їх потрібно негайно промити великою кількістю проточної води, а потім, у разі потрапляння кислоти, – 1 %-м розчином натрію гідрокарбонату, а в разі потрапляння лугу – 1 %-м розчином борної кислоти та повідомити викладача.

17. Усі досліді з леткими отруйними (подразнювальними) речовинами, концентрованими кислотами, слід виконувати у витяжній шафі. Потік повітря у витяжній шафі відноситиме токсичні випари від дослідника.

18. У разі виникнення пожежі потрібно **негайно повідомити викладача**, вимкнути газ та електроприлади і швидко забрати всі легкозаймісті речовини подалі від вогню, а полум'я гасити вогнегасником, піском або використовувати протипожежну ковдру.

19. У разі загоряння одягу не можна бігати, необхідно накрити місце, що горить, підручними засобами (рушником,

халатом) або лягти на підлогу і гасити місця, що горять, качаючись по підлозі.

20. У лабораторії студенти ведуть робочі зошити, у яких записують свою роботу, спостереження і висновки про виконані дослідження.

21. Після закінчення роботи необхідно упорядкувати робоче місце і лабораторію.

ВСТУП

Запропонований посібник є результатом роботи працівників кафедри біохімії та гігієни ЛДУФК ім. Івана Боберського і присвячений організації практичної та самостійної роботи студентів під час вивчення загальної біохімії та біохімії рухової активності відповідно до програм та навчальних планів за спеціальностями «Фізична культура і спорт», «Фізична терапія, ерготерапія», «Середня освіта» «Фізична культура», «Фізична культура і спорт різних груп населення», «Хореографія».

Лабораторний практикум має на меті ознайомити студентів із практичними способами нескладних біохімічних досліджень та закріпити теоретичні знання лекційного курсу.

У посібнику наведено всі основні розділи курсу біохімії за однотипним планом, сформульовано навчальні питання, які визначають обсяг, зміст і послідовність засвоєння кожного розділу. Згідно з навчальною програмою, посібник складається з трьох розділів:

1. Статична біохімія.
2. Динамічна біохімія.
3. Біохімія спорту та біохімія рухової активності.

У розділі «Статична біохімія» представлено лабораторні роботи, які дають змогу опанувати навички для роботи з реактивами та приладами і закріпити знання про будову та особливості функціональних груп різних органічних речовин, активну реакцію середовища та ємність буферних систем, властивості вуглеводів, ліпідів, білків та нуклеїнових кислот.

Розділ «Динамічна біохімія» містить теми, які стосуються виявлення продуктів гліколізу, ферментативного гідролізу ліпідів та білків. Окрему тему присвячено узагальненню знань про ферменти як біологічні каталізатори.

Розділ «Біохімія спорту та біохімія рухової активності» складається з тем, присвячених біохімічному аналізу м'язової тканини та біохімічному дослідженню сечі.

Розділи посібника містять відповідний теоретичний матеріал, питання для самопідготовки до лабораторних занять, схему проведення лабораторних робіт та пояснення особливостей хімічних реакцій.

У результаті самопідготовки до лабораторних занять студенти повинні знати такі теми (за програмою):

1. Предмет та завдання біохімії, значення її для фізичного виховання та спорту.
2. Значення біохімії для практичної діяльності.
3. Механохімія м'язового скорочення і розслаблення.
4. Шляхи енергозабезпечення м'язової роботи різної тривалості та інтенсивності.
5. Механізми гуморального забезпечення гомеостазу в процесі адаптації до спортивної діяльності.
6. Біохімічне обґрунтування принципів спортивного тренування.
7. Біохімічні чинники втоми та динаміка відновних процесів.
8. Біохімічні основи фізичних якостей та шляхи їх удосконалення в процесі тренувальної діяльності.
9. Біохімічні особливості циклічних та ациклічних видів спорту.
10. Засади біохімічного контролю на різних етапах підготовки та на стадіях відновного періоду.

Студенти також мають уміти:

1. Самостійно працювати з навчальною і довідковою літературою.

2. Самостійно проводити найпростіші біохімічні досліді.
3. Працювати з такими приладами: фотоелектроколориметрами, велоергометром, спектрофотометром, водяною банею, центрифугою, термостатами, електронними вагами тощо.
4. Визначати:
 - наявність певних функціональних груп у органічних речовин;
 - активність ферментів та наявність продуктів обміну;
 - наявність нормальних (сечовини, креатиніну, фосфору неорганічного тощо) та патологічних компонентів сечі (білка, глюкози, кетонів, лактату);
5. Обраховувати та інтерпретувати результати біохімічних дослідів.

Посібник містить матеріали з різних форм контролю знань. Для поточного контролю передбачено перелік питань із самостійної підготовки теоретичного матеріалу студентів. Тематичний контроль здійснюють за допомогою виконання тестових завдань до кожної теми та розв'язування ситуаційних завдань із розділів біохімії спорту.

РОЗДІЛ 1

СТАТИЧНА БІОХІМІЯ

Лабораторне заняття № 1**ХАРАКТЕРНІ РЕАКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК
ІЗ РІЗНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ГРУПАМИ**

Хімічні властивості органічних сполук визначають особливості їхньої будови та наявність функціональних груп. Термін «функціональні групи» означає реакційноздатні угруповання атомів (рідше окремі атоми), що входять до складу органічних сполук і надають їм певних хімічних властивостей. До найважливіших функціональних груп належать: гідроксильна ($-\text{OH}$), карбонільна ($\text{C}=\text{O}$), карбоксильна ($-\text{COOH}$), тіолова ($-\text{SH}$), аміногрупа ($-\text{NH}_2$), амідна ($-\text{CONH}_2$), а також сульфатна ($-\text{OSO}_3\text{H}$), фосфатна ($-\text{OPO}_3\text{H}_2$) тощо.

Для сполук із спиртовими групами найважливішими є реакції утворення алкоголятів, простих та складних естерів, дегідратації, окиснення; для сполук з карбонільною групою – окиснення, відновлення, поліконденсації; для сполук з карбоксильною групою – утворення солей, простих та складних естерів, електролітична дисоціація; для аміногруп – утворення солей та іонів типу амонію.

У багатьох органічних сполуках наявні різні функціональні групи: наприклад, більшість вуглеводів містить і гідроксильні, і карбонільні групи, кетокислоти – і карбонільні, і карбоксильні групи, а амінокислоти – аміно- та карбоксильні групи. Властивості органічних сполук залежать як від властивостей певних функціональних груп, так і від їхньої кількості та особливостей взаємодії цих груп.

Мета: ознайомитися з хімічними властивостями певних органічних сполук та навчитися їх виявляти за допомогою характерних хімічних реакцій.

Завдання для самостійної підготовки

1. Назвіть основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова.
2. Класифікуйте органічні сполуки за функціональними групами.
3. Опишіть будову та хімічні властивості спиртів.
4. Опишіть будову та хімічні властивості альдегідів і кетонів.
5. Охарактеризуйте будову та хімічні властивості карбонових кислот.
6. Будова та хімічні властивості амінокислот.
7. Що означає назва «органічні сполуки»?
8. Що називають вуглеводневим радикалом?
9. Що таке ізомерія органічних сполук? Які її види?
10. Що таке гомологічні ряди органічних сполук?
11. Напишіть рівняння окиснення первинної спиртової групи на прикладі триатомного спирту гліцерину.
12. Чим відрізняються альдегіди від кетонів?
13. Якими якісними реакціями можна довести наявність альдегідної групи?
14. Що таке прості етери? Наведіть приклади.
15. Що таке складні естери? Наведіть приклади.
16. Доведіть за допомогою характерних хімічних реакцій положення про те, що глюкоза є поліатомним альдегідоспиртом.
17. Доведіть за допомогою характерних хімічних реакцій положення про те, що фруктоза є поліатомним кетоспиртом.
18. Що таке аміни?

19. Назвіть функціональні групи амінокислот.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація органічних сполук.
2. Функціональні групи органічних сполук.
3. Характерні реакції альдегідів і кетонів.
4. Характерні реакції карбонових кислот.
5. Характерні реакції амінокислот.
6. Характерні реакції одно- та багатоатомних спиртів.

Реактиви:

1. Хромова суміш.
2. Етиловий спирт.
3. Купрум сульфат, 2 %-й розчин.
4. Ідкий натр 10 %-й.
5. Гліцерин.
6. Мурашиний альдегід.
7. Амінокислота 0,1 %-ва.
8. Нінгідрин 0,1 %-й.

Обладнання:

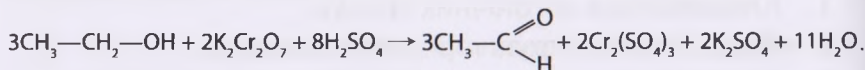
1. Пробірки звичайні.
2. Піпетки та промивачі.
3. Газові пальники.
4. Тримачі для пробірок.

ХІД РОБОТИ

1. Окиснення етилового спирту

У пробірку наливають 1 мл етилового спирту, додають 1 мл води та по краплях (із перемішуванням) 2–3 мл (!) хромової

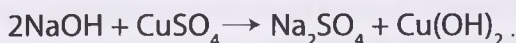
суміші. Обережно (!): суміш сильно розігрівається і змінює забарвлення із коричнево-червоного на зелене. Можлива поява фруктового запаху, що зумовлено утворенням етилового естеру оцтової кислоти, яка утворюється з етанолу у разі надміру окисника:



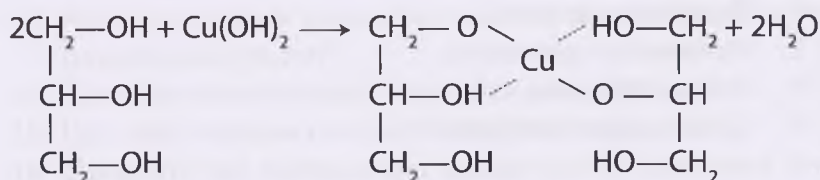
Зміна забарвлення та поява запаху естеру свідчить про відновлення Cr^{+6} до Cr^{+3} у результаті окиснення гідроксильної групи етанолу до карбонільної або карбоксильної груп.

2. Виявлення багатоатомності спиртів (наявності кількох груп —OH)

У пробірку наливають 2 мл розчину гідроксиду натрію і додають 2–3 краплі розчину сульфату міді. Утворюється синій осад гідроксиду міді:



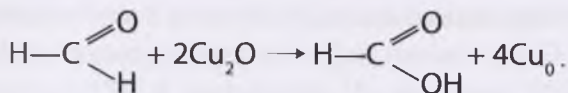
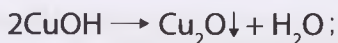
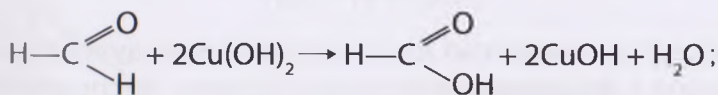
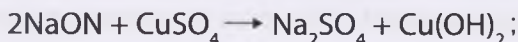
До осаду додають кілька крапель гліцерину. Осад розчиняється, і розчин набуває блакитного забарвлення, характерного для гліцерату міді:



3. Відновлення альдегідами сполук міді

У пробірку наливають 1 мл мурашиного альдегіду і додають 2–3 краплі розчину гідроксиду натрію та декілька крапель розчину сірчанокислої міді. Випадає осад гідроксиду

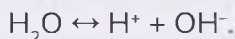
міді $\text{Cu}^{+2}(\text{OH})_2$. Верхню частину розчину нагрівають. Спостерігають появу жовтого осаду гідрату закису міді Cu^{+1}OH , який поступово переходить у закис міді червоного кольору Cu_2^{+1}O . Далі відбувається його відновлення до вільної міді Cu^0 , яка осідає на стінках пробірки із утворенням мідної дзеркальної поверхні:



Лабораторне заняття № 2

ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОЇ РЕАКЦІЇ ТА БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ РОЗЧИНІВ

Із хімічного погляду вода – це слабкий електроліт. Молекули води можуть зворотно дисоціювати (розпадатися) на іони водню (H^+) та іони гідроксилу (OH^-). Тоді між недисоційованими молекулами води та іонами встановлюється рівновага:

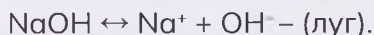
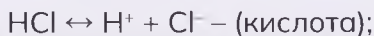


Дисоціація (зворотна іонізація) води має дуже важливе значення у функціонуванні живої клітини. Насправді вільних іонів водню у воді немає. Як і більшість інших іонів, вони гідратовані, тобто оточені гідратною оболонкою.

У будь-який момент за температури $25^\circ C$ із 10 мільйонів молекул чистої води в дисоційованому стані перебуває тільки 1 (10^{-7}). Отож іонний добуток води дорівнює $1 \cdot 10^{-14}$ ($[H^+] \times [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$) (див. рис. 1). Величина $1 \cdot 10^{-14}$ є сталою (константа) і не залежить від складу розчину. Наприклад, у разі збільшення в розчині концентрації іонів H^+ у 2, 3, 10 разів концентрація іонів OH^- , відповідно, зменшується у 2, 3, 10 разів.

Рівень кислотності (позначають рН) залежить від концентрації іонів H^+ і розраховують за формулою: $pH = -\lg [H^+]$. У хімічно чистій воді концентрація протонів дорівнює концентрації гідроксил іонів ($[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ г-іон/л). Таким чином, $pH = -\lg [10^{-7}] = 7,0$ – середовище нейтральне.

Деякі речовини під час розчинення у воді ефективно дисоціюють, зумовлюючи збільшення концентрації іонів H^+ або OH^- :



Тоді коли концентрація іонів H^+ дуже висока, як у розчинах кислот, концентрація іонів OH^- буде досить низькою. Якщо ж

концентрація іонів OH^- досить висока, зокрема у розчині лугу, то концентрація іонів H^+ буде дуже низькою. Наприклад: у 0,01 М розчині хлоридної кислоти (повністю дисоціює: $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$) $\text{pH} = -\lg [10^{-2}] = 2,0$. Такий рівень pH (розчин є дуже кислим, як лимонний сік) спостерігають у шлунку. На практиці для визначення рівня pH використовують індикаторні папірці або прилади – pH -метри.

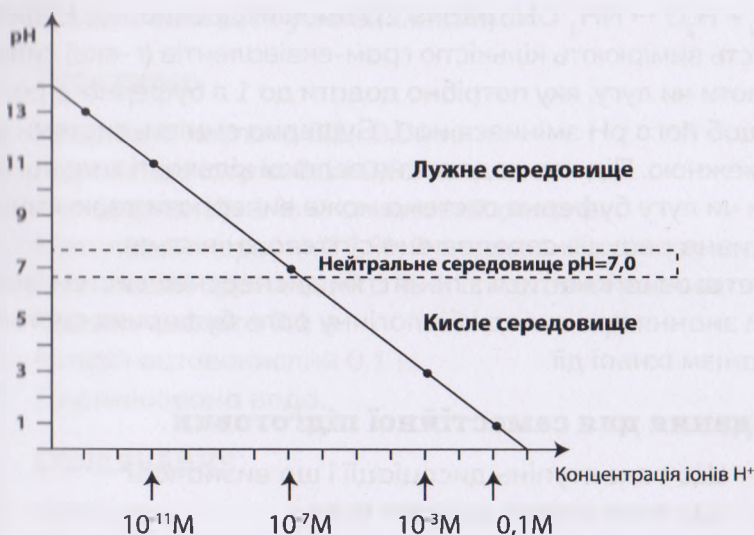


Рис. 1. Шкала водневого показника

У процесі обміну речовин в організмі постійно утворюються кислі або лужні продукти, які можуть змінювати активну реакцію середовища (pH) та, як наслідок, інгібувати ферментативну активність. Однак цього не відбувається, і зміни pH є незначними через наявність буферних систем – інших розчинених речовин, які забезпечують утримання pH на фізіологічному рівні. Буферними системами називають розчини, які здатні зберігати постійне значення pH (концентрацію іонів Гідрогену) у разі додавання до них невеликої кількості кислоти чи лугу та розведення їх водою. Переважно це суміш розчинів, або кислоти, або основи та їхніх відповідних солей.

Буферна дія полягає в тому, що буферна система зв'язує надлишок іонів водню, які закислюють середовище, або іонів гідроксиду, які залужують середовище. Буферна ємність залежить від концентрації буферних розчинів та від констант дисоціації речовин-компонентів системи. Наприклад: для буфера із рН 5 можна використати пару: оцтова кислота ($pK_a=4,76$) / ацетат калію, а для буфера із рН 9 – пару: амоній ($NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+OH^-$, $pK_a=9,2$) / амонійгідрохлорид. Буферну ємність вимірюють кількістю грам-еквівалентів (г-екв) сильної кислоти чи лугу, яку потрібно додати до 1 л буферного розчину, щоб його рН змінився на 1. Буферна ємність системи не є безмежною. Під час додавання великої кількості сильної кислоти чи лугу буферна система може вичерпати свою ємність, і активна реакція середовища суттєво зміниться.

Мета: ознайомитися з поняттям дисперсних систем; закріпити знання про склад і біологічну роль буферних систем та механізм їхньої дії.

Завдання для самостійної підготовки

1. Що таке ступінь дисоціації і що визначає?
2. Що таке іонний добуток води?
3. Визначте поняття «активна реакція середовища».
4. Що таке водневий показник і яке його значення у нейтральному, кислому та лужному середовищах?
5. Буферні системи організму. Буферна ємність. Поясніть механізм буферної дії.
6. Що таке електролітична дисоціація?
7. Які ви знаєте особливості електролітичної дисоціації води?
8. Як визначають величину буферної ємності?
9. Яка біологічна роль буферних систем організму?
10. Назвіть основні буферні системи крові.
11. Поясніть механізм дії фосфатної буферної системи.
12. Що називають ізоелектричною точкою?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація дисперсних систем.
2. Шкала водневого показника активної реакції середовища.
3. Типи буферних систем організму.
4. Осмотичний тиск у живих клітинах.

Реактиви:

1. Хлоридна кислота 0,1 і 0,01 н.
2. Гідроксид Натрію 0,1 і 0,01 н.
3. Фенолфталеїн 1 %-й спиртовий розчин.
4. Метилловий червоний 1 %-й спиртовий розчин.
5. Метилловий оранжевий 1 %-й спиртовий розчин.
6. Оцтова кислота 0,1 н.
7. Натрій оцтовокислий 0,1 н.
8. Дистильована вода.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Піпетки.
3. Маркер для писання по склі.
4. Промивачі.

ХІД РОБОТИ

1. Зміна кольору індикатора

Для кожного індикатора готують 3 пробірки. У першу наливають дистильовану воду, у другу – 0,01 н розчину соляної кислоти, у третю – 0,01 н розчину гідроксиду натрію. У кожную пробірку додають по 1–2 краплі індикатора. Перемішують і записують у таблицю 1 одержаний колір:

Таблиця 1

Індикатор	Забарвлення розчину		
	Нейтральне середовище	Кисле середовище	Лужне середовище
Фенолфталеїн			
Метилловий червоний			
Метилловий оранжевий			
Універсальний індикаторний папір			

2. Вплив розведення на рН буферного розчину

У пробірці готують буферну суміш, вливаючи 2 мл 1 М розчину оцтової кислоти та 2 мл 1 М розчину оцтовокислого натрію. В іншу пробірку переносять 1 мл цієї суміші і доливають 2 мл дистильованої води. У кожну пробірку додають по 2 краплі індикатора метилового червоного і обережно струшують. Результати спостереження записують.

3. Вплив кислоти та лугу на рН буферного розчину

У двох пробірках готують по 4 мл буферного розчину (як у досліді № 2). У першу пробірку додають 5 крапель 0,1 н розчину хлоридної кислоти, у другу – 5 крапель 0,1 н розчину гідроксиду натрію, а потім у кожну пробірку – по 2 краплі індикатора метилового червоного. Результати спостереження та їх пояснення записують.

Лабораторне заняття № 3

ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ВИЯВЛЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ

Вуглеводи є основними енергетичними субстратами для ресинтезу АТФ під час швидкісних, силових, а також під час середньотривалих фізичних навантажень. Від вмісту глікогену у скелетних м'язах залежить рівень фізичної працездатності і рівень втоми спортсменів після виконаних вправ. Водночас вміст глікогену в м'язах високотренованих спортсменів є значно вищим порівняно із нетренованими людьми.

Назва «вуглеводи», або карбогідрати, походить від найменування хімічного елемента та сполуки, які входять до їхнього складу (вуглець (Карбон) і вода). Співвідношення між атомами Карбону, Гідрогену і Оксигену у більшості цих сполук становить 1:2:1. Так, емпірична формула D-глюкози – $C_6H_{12}O_6$, інакше її можна записати $(CH_2O)_6$ або $C_6(H_2O)_6$. Більшість вуглеводів мають загальну формулу $(CH_2O)_n$, але деякі з них містять ще атоми Фосфору, Сульфору, Нітрогену.

Вуглеводи є полігідроксиальдегідами чи полігідроксикетонами або утворюють ці речовини в результаті гідролізу. Інакше кажучи, це альдегідоспирти або кетоспирти, залежно від розміщення карбонільної групи на початку чи посередині вуглецевого скелета.

Розрізняють три основні класи вуглеводів: моносахариди, олігосахариди та полісахариди. Моносахариди містять лише одну структурну одиницю полігідроксиальдегіду або полігідроксикетону. Вони не піддаються гідролізові. Назви цих сполук мають закінчення -оза. Це безбарвні, тверді кристалічні речовини, які розчиняються у воді та не розчиняються в неполярних розчинниках, солодкі на смак.

Моносахариди можуть містити 2–7 атомів вуглецю. Ті, які містять 2 атоми вуглецю, називають біозами (гліколевий

альдегід), ті, які містять 3 атоми вуглецю, – тріозами, наприклад гліцеральдегід (альдоза), диоксиацетон (кетоза). Відповідно, моносахариди, які містять 4 атоми вуглецю, – тетрози, 5 – пентози, 6 – гексози, 7 – гептози. Найпоширенішими сполуками цього класу є глюкоза, фруктоза, рибоза, 2-дезоксирибоза. Рибоза і 2-дезоксирибоза належать до складу нуклеїнових кислот. Глюкоза та інші цукри, які мають здатність відновлювати перекис водню, іони двовалентної міді та ін., називають відновлювальними (або редукувальними) цукрами. Ці властивості використовують під час кількісного та якісного аналізу цукрів у біологічних рідинах.

Мета: закріпити знання з класифікації та фізико-хімічних властивостей моносахаридів, а також навчитися проводити якісні реакції на моносахариди.

Завдання для самостійної підготовки

1. Класифікуйте вуглеводи за функціональними групами та кількістю вуглецевих атомів.
2. Опишіть будову моносахаридів (форми Коллі – Толленса і Геворза).
3. Асиметричні атоми Карбону та стереїзомерія моносахаридів (оптична ізомерія – D- і L-ряди та α - і β -стереїзомерія).
4. Назвіть найпоширеніших представників моносахаридів.
5. Опишіть хімічні властивості моносахаридів.
6. Яка біологічна роль моносахаридів?
7. За якими ознаками речовини зараховують до класу вуглеводів? Їх поширення у природі.
8. Які сполуки називають альдозами, кетозами?
9. Напишіть рівняння реакції утворення складних естерів глюкози і фруктози з фосфорною кислотою.
10. Напишіть рівняння реакції окиснення глюкози за альдегідною групою і за первинною спиртовою групою.
11. Як можна виявити глюкозу і фруктозу?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація вуглеводів.
2. Хімічна будова рибози.
3. Хімічна будова дезоксирибози.
4. Види структурних форм глюкози.
5. Види структурних форм фруктози.
6. Хімічні властивості моносахаридів.

Реактиви:

1. Розчин глюкози 1 %-й.
2. Розчин фруктози 1 %-й.
3. Реактив Тромера.
4. Реактив Селіванова.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Газовий пальник.
3. Піпетки.
4. Тримачі пробірок.

ХІД РОБОТИ

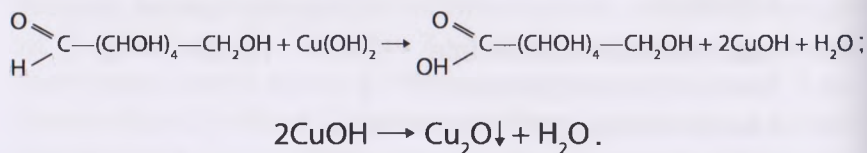
1. Реакція Тромера

Розчин глюкози в лужному середовищі відновлює окисну мідь (Cu^{2+}) до закисної (Cu^{1+}). Перший етап реакції полягає в утворенні гідроксиду міді (Cu^{2+}) за взаємодії CuSO_4 і NaOH :



Під час нагрівання гідроксид міді (Cu^{2+}) відновлюється в гідрат закису міді жовтого кольору CuOH (Cu^{1+}), а карбонільна

група глюкози окиснюється до карбоксильної, і утворюється глюконова кислота:



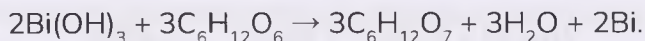
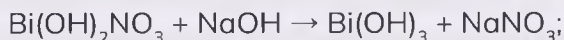
Жовтий гідрат закису міді за подальшого нагрівання втрачає молекулу води і переходить у закис міді червоного кольору Cu_2O .

У пробірку наливають 2 мл 1 %-го розчину глюкози, додають 2 мл 5 %-го розчину NaOH і краплями 5 %-го розчину сірчаноокислої міді (CuSO_4) до утворення осаду блакитного кольору, який не зникає (осад $\text{Cu}(\text{OH})_2$). Верхню частину вмісту пробірки нагрівають. Випадає осад закису міді червоного кольору.

2. Реакція Ніландера

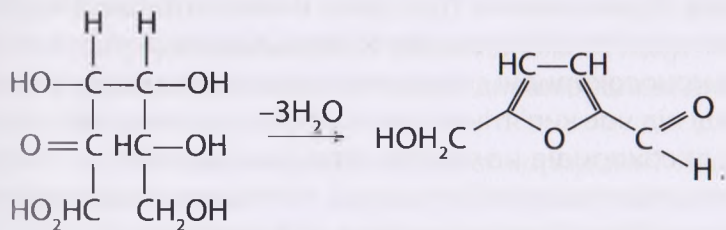
Реакція полягає у відновленні цукрами окисного вісмуту в металевий. Реактив Ніландера містить основний азотнокислий вісмут, сегнетову сіль та NaOH . Сегнетову сіль ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) додають для того, щоб гідрат окису вісмуту не випадав в осад.

У пробірку наливають 2 мл 3 %-го розчину глюкози і додають 15 крапель реактиву Ніландера. Нагрівають на полум'ї газового пальника впродовж 2 хв. Спочатку з'являється коричневе, а потім чорне забарвлення металевого вісмуту:



3. Реакція Селіванова на кетогексози

Під час нагрівання з хлоридною кислотою кетогексоза (фруктоза) перетворюється в оксиметилфурфурол, який із резорцином утворює сполуку вишнево-червоного кольору. Альдози також можуть вступати у цю реакцію, проте швидкість реакції є дуже малою, а реакційна суміш набуває світло-рожевого кольору. Саме цим і зумовлена специфічність реакції Селіванова:



У пробірку наливають 2 мл розчину фруктози, додають 15 крапель реактиву Селіванова і нагрівають до кипіння. Спостерігають появу червоного забарвлення. Ця реакція є якісною реакцією на фруктозу.

Лабораторне заняття № 4

ВЛАСТИВОСТІ ДИСАХАРИДІВ І ПОЛІСАХАРИДІВ

Вуглеводи, які утворені двома моносахаридними компонентами, називають дисахаридами. У молекулі дисахаридів, як і у всіх складних вуглеводів, залишки моносахаридів поєднані глікозидним зв'язком. Він утворюється в результаті взаємодії двох гідроксильних груп двох моносахаридів. Глікозидні зв'язки стійкі до дії основ, але їх легко гідролізують кислотами. Отож моносахаридні складники можна отримати у вільному вигляді під час кип'ятіння дисахаридів у розведеній кислоті.

До дисахаридів належать сахароза, мальтоза, лактоза. Дисахариди поширені в природі, мають важливе практичне значення. Вони солодкі на смак, розчинні у воді.

Молекули полісахаридів складаються з великої кількості залишків моносахаридів, з'єднаних між собою О-глікозидними зв'язками. Полісахариди мають дуже велику молекулярну масу. Вони нерозчинні у воді за звичайних умов. Під час нагрівання водної суспензії до кипіння полісахариди набухають і утворюють колоїдні розчини (наприклад, агарозу або крохмаль); проте у разі охолодження таких розчинів формуються гелі.

Біологічне значення полісахаридів полягає в тому, що вони є формою запасання моносахаридів або слугують структурними елементами клітинних стінок і сполучної тканини.

Полісахариди (інша назва «глікани») відрізняються між собою природою моносахаридів, що їх утворюють, довжиною ланцюга та ступенем розгалуження ланцюга. Глікани поділяють на гомополісахариди і гетерополісахариди. Наприклад, крохмаль та глікоген є представниками гомополісахаридів рослинного та тваринного походження відповідно (складаються із глюкози). Представниками гетерополісахаридів є гіалуронова кислота, хондроїтинсульфат та гепарин, які складаються із D-глюкуронової кислоти і N-ацетилгалактозамінсульфату або N-ацетилглюкозаміну.

Мета: вивчити будову і властивості дисахаридів і полісахаридів та їхню біологічну роль, а також навчитися проводити характерні для них якісні реакції.

Завдання для самостійної підготовки

1. Які вуглеводи називають дисахаридами? Їхня біологічна роль.
2. Сформулюйте поняття О-глікозидного зв'язку.
3. Назвіть відновлювальні та невідновлювальні дисахариди.
4. Які вуглеводи називають полісахаридами? Яка їхня біологічна роль?
5. Вкажіть різницю в будові крохмалю і глікогену.
6. Схема гідролізу крохмалю.
7. Найважливіші похідні вуглеводів та їхня біологічна роль.
8. Напишіть структурні формули сахарози, мальтози і лактози.
9. Напишіть рівняння гідролізу сахарози і мальтози.
10. Що таке 1-2-, 1-4- і 1-6- глікозидні зв'язки і яке їхнє значення для властивостей ди- і полісахаридів?
11. Які типи зв'язків є у молекулі глікогену?
12. Яка форма глюкози бере участь у побудові клітковини?
13. Назвіть продукти гідролізу дисахаридів і полісахаридів.
14. Що таке декстрини?
15. Якими будуть результати реакції Фелінга з глікогеном?
16. Гетерополісахариди та їхня біологічна роль.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація вуглеводів.
2. Будова сахарози, мальтози, лактози.

3. Будова глікогену.
4. Будова амілози та амілопектину.
5. Схема гідролізу крохмалю.
6. Будова гетерополісахаридів.

Реактиви:

1. Сахароза 1 %-ва.
2. Мальтоза 1 %-ва.
3. Лактоза 1 %-ва.
4. Крохмаль 1 %-й.
5. Реактиви Фелінга I і Фелінга II.
6. Реактив Селіванова.
7. Сульфатна кислота 1 н.
8. Їдкий натр 2 н.
9. Реактив Люголя.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Піпетки на 1, 2, 5, 10 мл.
3. Газові пальники.
4. Тримачі для пробірок.
5. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

1. Відновні властивості дисахаридів

Дисахариди залежно від способу зв'язку моносахаридів у їхній молекулі проявляють різну відновлювальну здатність.

У три пробірки наливають по 2 мл 1 %-х розчинів: у першу пробірку – сахарози, у другу – мальтози, у третю – лактози. У кожен пробірку додають 1 мл реактиву Фелінга I і 1 мл реактиву Фелінга II. Усі пробірки нагрівають до початку кипіння. У пробірці із цукрозою не відбувається відновлення

міді, у двох інших з'являються осаді закису міді (мідь із дво-валентної відновлюється до одновалентної).

Напишіть структурні формули цих дисахаридів. Поясніть результати досліду, зважаючи на будову досліджуваних речовин.

3. Кислотний гідроліз цукрози

Цукроза не дає реакцій відновлення. Проте якщо цукрозу гідролізувати, нагріваючи її з кислотою, і звільнити таким чином глікозидні гідроксили, то утвориться глюкоза і фруктоза. Ця суміш через наявність глюкози здатна давати реакції відновлення.

У пробірку наливають 4 мл розчину цукрози, додають 1 мл сірчаної кислоти і кип'ячать 2 хв. Розчин нейтралізують їдким натром, потім додають 1 мл реактиву Фелінга I і 1 мл реактиву Фелінга II і нагрівають до початку кипіння.

3. Виявлення фруктози у складі дисахаридів

У три пробірки наливають по 2 мл розчинів цукрози, мальтози, лактози. У кожен пробірку додають 15 крапель реактиву Селіванова і нагрівають до кипіння.

Цукроза побудована із залишків глюкози та фруктози, тому легко дає реакцію на кетози з утворенням оксиметилфурфуролу червоного кольору.

4. Якісна реакція на крохмаль

А. У пробірку наливають 1 мл крохмального клейстеру і додають 1–2 краплі розчину Люголя (водний розчин I_2 у KI). Крохмаль із йодом утворюють комплексну сполуку, яка має темно-синє забарвлення. Під час нагрівання пробірки до кипіння забарвлення зникає, проте з'являється знову у разі

охолодження. Реакція йоду з крохмалем є дуже чутливою; вона дає змогу виявити одну мільйонну частку крохмалю у складній суміші.

Б. У пробірку наливають 2 мл 1 %-го крохмального клейстеру, додають 1 мл реактиву Фелінга I і 1 мл реактиву Фелінга II та нагрівають до початку кипіння. Цегляно-червоне забарвлення не з'являється. Здатністю відновлювати оксиди металів полісахариди не володіють, тому що півацетальні гідроксили зв'язані. Вона з'являється лише після гідролізу крохмалю до мальтози і глюкози (наприклад, під дією амілази і мальтази слини).

Лабораторне заняття № 5 ВЛАСТИВОСТІ ЛІПІДІВ

Назва «ліпіди» походить від грецького слова «*lipos*», що означає жир. Це нерозчинні у воді (гідрофобні) маслянисті або жирні речовини, які можна екстрагувати з клітини неполярними розчинниками, такими як ефір, хлороформ або бензол.

Молекули жирів, як і вуглеводів, складаються з Карбону, Гідрогену та Оксигену. Проте вміст Оксигену порівняно з іншими атомами є значно меншим, ніж у вуглеводах. Наприклад, формула тристеарину $C_{57}H_{110}O_6$. Отож для окиснення жирів потрібно значно більше кисню, ніж для окиснення вуглеводів; також може бути отримано у 2,5 рази більше енергії, ніж із такої ж кількості вуглеводів. В організмі людини у вигляді ліпідів запасується велика кількість енергії. Якщо глікоген печінки і скелетних м'язів може забезпечити близько 2000 ккал енергії, то ліпіди м'язів і жирових тканин – майже 70000 ккал.

Ліпіди в організмі виконують різноманітні біологічні функції, основні з яких: енергетична, структурна (компоненти клітинних мембран, сурфактанти), регуляторна (гормони та прозапальні речовини), захисна (механічна).

Сучасна класифікація ліпідів ґрунтується на поділі їх на вісім основних груп, кожна з яких скорочено позначають двома англійськими літерами: жирні кислоти (FA); гліцероліпіди (GL); гліцерофосфоліпіди (GP); сфінголіпіди (SP); стероїдні ліпіди (ST); пренольні ліпіди (PR); сахароліпіди або гліколіпіди (SL); полікетиди (PK).

Залежно від молекулярної будови, жири поділяють на прості та складні. Прості є естерами різних спиртів та жирних кислот або похідними холестерину. Їх поділяють на власне жири, або нейтральні ліпіди, воски та стероїди. Складні ліпіди є естерами спиртів та жирних кислот, але додатково у своїй структурі вони містять й інші складники:

нітрогенвмісні сполуки, вуглеводи, залишки фосфорної та сульфатної кислот.

Характерним структурним компонентом більшості ліпідів є жирні кислоти – органічні кислоти з довгим вуглеводневим ланцюгом, який містить від 4 до 24 і більше атомів Карбону, і однією карбоксильною групою. Жирні кислоти поділяють на насичені і ненасичені. У насичених жирних кислотах всі вільні зв'язки атомів Карбону зайняті атомами Гідрогену. Такі жирні кислоти не мають подвійних або потрійних зв'язків у вуглецевому ланцюзі. У ненасичених жирних кислотах наявні подвійні зв'язки між атомами Карбону. Жирні кислоти, які містять два і більше ненасичені зв'язки, називають поліненасиченими. Жири, до складу яких належать переважно насичені жирні кислоти, – тверді (за звичайних умов), а ненасичені жирні кислоти – рідкі (наприклад, рослинна олія).

Мета: знати будову і властивості ліпідів та їхню біологічну роль, а також навчитися проводити характерні для них якісні реакції.

Завдання для самостійної підготовки

1. Подайте загальну характеристику і класифікацію ліпідів.
2. Опишіть біологічну роль та енергетичну цінність жирів.
3. Охарактеризуйте будову нейтральних жирів та їхні фізико-хімічні властивості.
4. Які жирні кислоти належать до складу природних жирів? Значення ненасичених жирних кислот.
5. Обґрунтуйте біологічне значення емульгування жирів.
6. Які жири називають структурними, а які резервними?
7. Де депонується (відкладається) жир в організмі людини?
8. Фізіологічна роль підшкірного жиру.
9. Чим відрізняються тригліцериди, які належать до складу жирів тіла людини від тригліцеридів, що належать до складу жирів рослинного походження?

10. Роль фосфоліпідів в організмі людини.
11. Напишіть структурні формули моно-, ди- і тригліцериду.
12. Що таке мило?
13. Чому водний розчин мила має лужну реакцію?
14. Вкажіть на відмінність у структурі насичених та ненасичених жирних кислот.
15. Чим відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями насичені та ненасичені вищі жирні кислоти?
16. Якою є роль вільних жирних кислот в організмі?
17. Чим відрізняються тверді жири від рідких?
18. Біологічна роль холестерину та його похідних.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Будова нейтрального жиру.
2. Будова фосфоліпідів.
3. Класифікація ліпідів.
4. Класифікація жирних кислот.
5. Будова холестерину.
6. Гідроліз лецитину.

Реактиви:

1. Рослинний жир.
2. Бензин.
3. Хлороформ.
4. Ефір.
5. Ацетон.
6. КОН 1 %-й спиртовий розчин.
7. NaHCO_3 1 %-й.
8. Ячний білок 1 %-й.
9. Медична жовч.
10. Дистильована вода.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Пробірки широкі.
3. Зворотний холодильник.
4. Водяна баня.
5. Піпетки на 5 і 10 мл.
6. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

1. Розчинність жирів

У 5 пробірок наливають по 3 краплі рослинного жиру. У першу пробірку додають 2 мл води, у другу – 2 мл бензину, у третю – 2 мл хлороформу, у четверту – 2 мл ефіру і в п'яту – 2 мл ацетону. Струшують. Порівнюють розчинність жиру в органічних розчинниках і у воді.

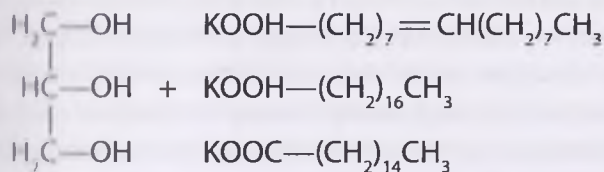
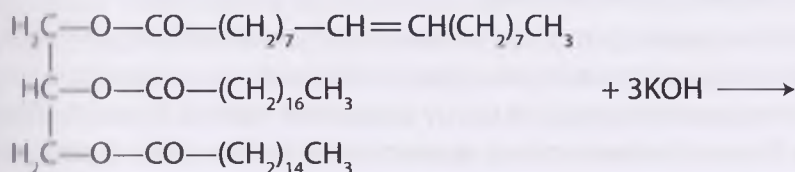
2. Емульгування жирів

У 6 пронумерованих пробірок наливають по 3 краплі рослинного жиру і по 3 мл води. Потім у другу пробірку додають 0,5 мл 1 %-го розчину їдкого калію, у третю – 5 мл 1 %-го розчину соди, у четверту – 0,5 мл 1 %-го розчину мила, у п'яту – 0,5 мл розчину білка, у шосту – стільки ж жовчі. Перша пробірка, у яку нічого не додають, є контрольною.

Вміст усіх пробірок старанно струшують, ставлять за порядком у штатив і через 5 хв спостерігають стійкість емульсії. Жири не розчиняються у воді, але утворюють нестійкі емульсії. Під час додавання емульгаторів або омилувачів утворюється стійка емульсія. Зробити висновок про механізм утворення найбільш стійкої емульсії.

1. Гідроліз (омилення жиру)

Під час нагрівання емульсії триацилгліцеридів (нейтральних жирів) у розчинах лугів відбувається гідроліз жирів до шільного гліцерину та жирних кислот, що утворюють із лугами солі, які називають милами; наприклад: $C_{17}H_{35}COOK$ – стеариновокислий калій (рідке мило) чи тверде мило – $C_{17}H_{35}COONa$:



Двадцять крапель рослинного жиру змішують у широкій пробірці з 5 мл спиртового розчину їдкого Калію. Пробірку нагрівають на киплячій водяній бані, закривши корком з довгою скляною трубкою (зворотним холодильником), до повного омилення. Показником омилення може бути піна під час струшування та відсутність утворення жирових плям на поверхні води, у яку додано краплю гідролізату.

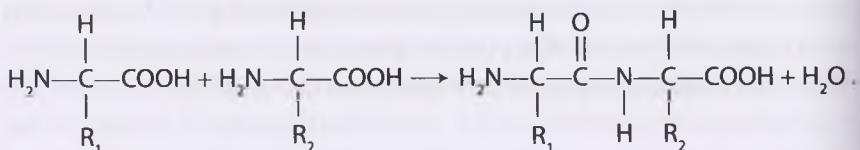
Лабораторне заняття № 6

КОЛЬОРОВІ РЕАКЦІЇ АМІНОКИСЛОТ ТА БІЛКІВ

Білки – це особливий клас речовин, який називають протеїнами від грецького слова «*protos*» – перший, важливий. Білки кількісно переважають над всіма макромолекулами, які є в клітинах і становлять понад половину сухої ваги більшості організмів (крім рослин).

Білки виконують в організмі такі функції: структурну (є необхідним компонентом шкіри, кісток, клітинних мембран, генетичного апарату), захисну (колагени шкіри, імуноглобуліни, білки зсідання крові), транспортну (перенесення речовин через клітинні мембрани та з потоком крові), сенсорну (білки – сенсори «відчувають» наявність або відсутність певних речовин, нейронні кальцієві сенсори), регуляторну (гормони білкової природи (інсулін, соматотропін), білки, які регулюють функції генетичного апарату), каталітичну (майже всі хімічні реакції в живій природі прискорюють (каталізують) відповідні білки-ферменти).

Білки – це високомолекулярні азотовмісні органічні речовини, які складаються з амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками. Отже, це високомолекулярні полімери, мономерами яких є амінокислоти:



Білки у всіх організмах, незалежно від їхніх функцій і біологічної активності, побудовані з одного основного набору – 20 різних амінокислот. Кількість амінокислотних залишків у молекулах білків найчастіше становить 300–900, проте може коливатись від кількох десятків до декількох тисяч. Послідовність амінокислотних залишків та структура

(просторова) організація всього поліпептидного ланцюга визначають властивості білка. Майже половина амінокислот – незамінний компонент харчування, тому що вони не можуть бути синтезовані в людському організмі. Споживання повноцінних білків тваринного та рослинного походження необхідне для поповнення запасів незамінних кислот, зокрема валіну, гістидину, ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну, треоніну, триптофану, фенілаланіну.

Добова потреба в білку залежить від віку людини, умов праці, кліматичних умов. У середньому вона становить 80–120 г білка (1,3 г на 1 кг маси тіла). Надмірне споживання білка спричиняє підвищене утворення сечовини і внаслідок цього більше навантаження на роботу нирок.

Білки можна виявити за допомогою низки кольорових реакцій, які властиві пептидним зв'язкам або певним амінокислотам.

Для пептидного зв'язку є характерним зв'язування іонів Купруму (міді) у лужних розчинах з утворенням комплексу, забарвленого у фіолетовий колір (біуретова реакція). Ця реакція дає змогу виявити білок у пробі, якщо його концентрація перевищує 1 мг/мл.

Одним із найбільш чутливих методів виявлення білка є реакція з нінгідрином. Реагент взаємодіє із вільними аміногрупами (наприклад, у лізині) з утворенням інтенсивно забарвленого комплексу бузково-фіолетового кольору. Проте інші сполуки з вільними аміногрупами можуть заважати виявленню білка за допомогою цього способу.

Ароматичні амінокислоти (тирозин, триптофан, фенілаланін) можна виявити за характерним жовтим забарвленням, яке з'являється у разі нітрування білка нітратною кислотою (ксантопротеїнова проба).

У сильно лужних умовах сірковмісні амінокислоти розкладаються із утворенням продуктів реакції, які можна виявити за характерною кольоровою реакцією із солями Плюмбуму (свинцю).

Мета: закріпити знання з будови білків, а також навчитися проводити якісні реакції на амінокислоти та білки.

Завдання для самостійної підготовки

1. Що таке білки? Їхня біологічна роль.
2. Охарактеризуйте будову та властивості амінокислот.
3. Замінні та незамінні амінокислоти. Класифікація амінокислот.
4. Рівні організації білкової молекули.
5. Чим відрізняються прості і складні білки?
6. Вкажіть основні функції білків.
7. Яка відмінність білків від жирів і вуглеводів (за елементарним складом)?
8. Назвіть сірковмісні амінокислоти.
9. Назвіть циклічні амінокислоти.
10. Чому за допомогою біуретової реакції не можна виявити вільних амінокислот?
11. Напишіть рівняння реакції утворення дипептиду.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація білків.
2. Класифікація амінокислот.
3. Замінні та незамінні амінокислоти.
4. Молекулярні маси деяких білків.

Реактиви і матеріали:

1. Яєчний білок 1 %-й.
2. Гідроксид Натрію 10 %-й і 30 %-й.
3. Купрум сульфат 1 %-й.
4. Нітратна кислота концентрована.

5. Желатин 1 %-й.
6. Оцтова кислота (льодяна).
7. Сульфатна кислота концентрована.
8. Плюмбум оцтовокислий 5 %-й.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Газові пальники.
3. Тримачі для пробірок.
4. Маркери для писання по склі.
5. Піпетки на 1 мл.

ХІД РОБОТИ

1. Біуретова реакція

У лужному середовищі білки утворюють із іонами Купруму комплекси червоно-фіолетового або синьо-фіолетового забарвлення. Реакція зумовлена наявністю пептидних зв'язків між амінокислотами (рис. 2). Інтенсивність забарвлення залежить від кількості пептидних зв'язків (тобто від концентрації білка). Назва методу походить від органічної сполуки біурет, яка в аналогічних умовах дає таку реакцію.

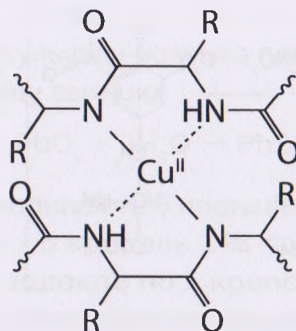


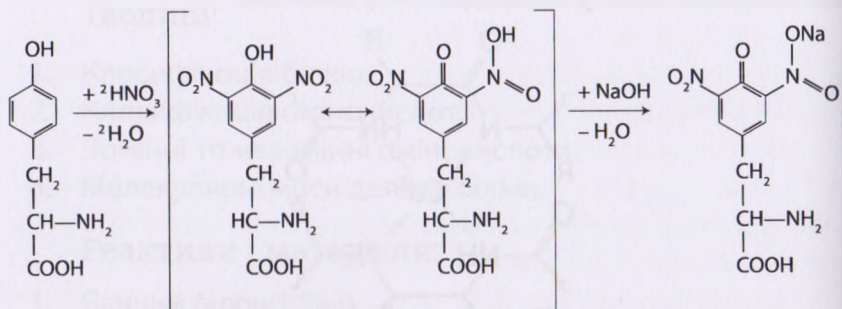
Рис. 2. Утворення комплексу Купрум II із пептидними зв'язками білка

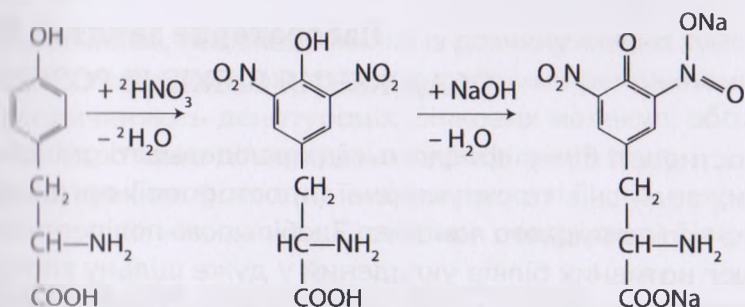
У пробірку наливають 5 крапель 1 %-го розчину яєчного білка, 5 крапель 10 %-го розчину гідроксиду натрію і 1 краплю 1 %-го розчину сірчаної кислоти. Перемішують і спостерігають появу фіалкового забарвлення.

2. Ксантопротеїнова реакція

У разі додавання до розчину білка концентрованої азотної кислоти білок спочатку осідає, а потім під час нагрівання розчиняється і рідина забарвлюється у жовтий колір. Ця реакція підтверджує наявність у білку ароматичних амінокислот (фенілаланіну, тирозину, триптофану) і ґрунтується на утворенні нітропохідних цих амінокислот.

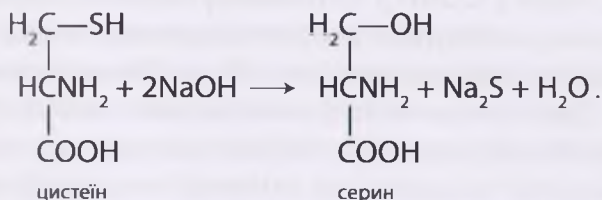
У пробірку наливають 5 крапель 1 %-го розчину яєчного білка і 3 краплі концентрованої азотної кислоти. Обережно нагрівають і спостерігають появу жовтого забарвлення. Після охолодження у пробірку додають 10 крапель 30 %-го розчину їдкого натру (NaOH). Жовте забарвлення переходить в оранжове внаслідок keto-енольної таутомеризації та утворення натрієвих солей динітротирозину:





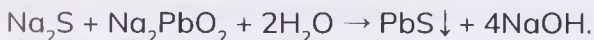
3. Реакція Фоля

Під час кип'ятіння розчину білка та оцтовокислого свинцю в лужних умовах розчин починає темніти. Реакцію зумовлює наявність у білку сірковмісних амінокислот: цистеїну і метіоніну. За таких умов ці амінокислоти руйнуються, що супроводжується утворенням сульфїду Натрію:



Оцтовокислий свинець реагує з лугом, утворюючи плюмбіт натрію Na_2PbO_2 .

Під час взаємодії сульфїду натрію з плюмбітом утворюється чорний осад сульфїду свинцю:



В одну пробірку наливають 5 крапель 1 %-го розчину яєчного білка, у другу – 5 крапель 1 %-го розчину желатину. В обидві пробірки додають по 5 крапель 30 %-го розчину NaOH і по 1 краплі 5 %-го розчину оцтовокислого свинцю. Після нагрівання розчин з яєчним білком темніє, у пробірці з розчином желатину забарвлення не з'являється.

Лабораторне заняття № 7

ОСАДЖЕННЯ БІЛКІВ ІЗ РОЗЧИНУ

Властивості білка залежать від послідовності амінокислотних залишків та структурної (просторової) організації всього поліпептидного ланцюга. Здебільшого поліпептидний ланцюг нативних білків укладений у дуже щільну глобулу, усередині якої майже немає молекул води. Будь-які зміни унікальної просторової організації природного (нативного) білка призводять до втрати біологічної активності, і їх називають денатурацією білка.

Розчинність білка зумовлена гідратацією (взаємодією з молекулами води) пептидних зв'язків та гідрофільних груп амінокислот, які розміщені на поверхні білкової молекули. Гідрофільними групами амінокислот є гідроксильні ($-\text{OH}$), карбоксильні ($-\text{COOH}$), імідні ($-\text{CONH}_2$) та аміногрупи ($-\text{NH}_2$). Проте білки мають велику молекулярну масу та невелику кількість гідрофільних груп на поверхні молекул. Отже, білкові розчини є нестабільні. Деякі речовини та фізичні чинники можуть зумовити осадження білків із розчинів. Висока температура, мінеральні кислоти, спирти та ацетон (за кімнатної температури та концентрації більше як 20–25 %) викликають часткову денатурацію білків. Денатуровані білки переважно випадають у осад та втрачають свою біологічну активність. Розчинення такого білкового осаду неможливе без застосування спеціальних речовин, які спричиняють повну денатурацію білкових молекул.

Проте, якщо розчин білків охолодити до 1–3 °C та повільно додати до нього сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до концентрації 40 %, то всі білки випадуть у осад, але не денатурують. Після відділення від сольового розчину такий білковий осад можна легко розчинити у буферному розчині з pH 6,5–8,2, а білки збережуть свої біологічні функції. Отож за високої концентрації сульфату амонію відбувається лише дегідратація поверхні (віднімання води) білкової молекули.

Таким чином, осадження білка із розчину можна зумовити високою температурою та різноманітними речовинами, які або спричиняють денатурацію білкових молекул, або знижують гідратацію поверхневих гідрофільних груп.

Мета: вивчити фізико-хімічні властивості білків, механізми осадження білків, а також навчитися осаджувати білки.

Завдання для самостійної підготовки

1. Охарактеризуйте біологічну роль білків.
2. Опишіть денатурацію білків і назвіть чинники, які її зумовлюють.
3. Назвіть зворотні і незворотні реакції осадження білків.
4. До яких дисперсних систем належать білкові розчини?
5. Від чого залежить стійкість білкових розчинів?
6. Від чого залежить розчинність білка? Які чинники стабілізують білок у розчині?
7. Що таке ізоелектрична точка білка?
8. Яка залежність є між амінокислотним складом білка і його ізоелектричною точкою?
9. Що таке денатурація білка? Які чинники, що денатурують білки, вам відомі?
10. Що відбувається з білками під час кип'ятіння?
11. Які загальні механізми осадження білків із розчинів ви знаєте? Чому білки найкраще осаджуються в ізоелектричній точці?
12. Чи можна осадити білки спиртом?
13. Як діють солі важких металів на білки?
14. Що таке висолювання білків?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Хімічні властивості білка.
2. Білки – амфотерні сполуки.

3. Денатурація білка.
4. Амінокислоти, що належать до складу білків, та їхня будова.
5. Типи зв'язків, що стабілізують білкову молекулу.

Реактиви і матеріали:

1. Яєчний білок 1 %-й.
2. Спирт етиловий.
3. Оцтова кислота 3 %-ва і 5 %-ва.
4. Їдкий калій 10 %-й.
5. Купрум сульфат 5 %-й.
6. Плюмбум ацетат 0,5 %-й.
7. Хлоридна кислота концентрована.
8. Сульфатна кислота концентрована.
9. Нітратна кислота концентрована.
10. Трихлороцтова кислота (ТХОК) 10 %-ва.
11. Сульфосаліцилова кислота 5 %-ва.
12. Калій залізосинеродистий 5 %-й.
13. Пікринова кислота.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Піпетки на 5 мл.
3. Лійки.
4. Фільтрувальний папір.
5. Газовий пальник.
6. Тримачі для пробірок.
7. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

1. Осадження білків дегідратувальними реагентами

У пробірку, що містить 1 мл 1 %-го розчину білка, додають 0,5 мл етилового спирту. Під час перемішування

спостерігають випадання білка в осад унаслідок дегідратації білкових молекул. Якщо частину вмісту пробірки відлити і розвести водою, осад знову розчиниться.

В. Осадження білків

Від впливом високої температури

Випадіння білків в осад під час нагрівання – згортання – характерне майже для всіх білків (окрім желатину). Особливо легко відбувається осадження білків у разі рН, близькому до ізоелектричної точки білка. У кислому середовищі осадження білків відбувається досить ефективно, оскільки за таких умов значно посилюються гідрофобні взаємодії білкових молекул. У лужних розчинах за рН близько 11–12 (або більше) білки добре утримуються в розчині і осадження не відбувається.

У чотири пробірки наливають по 1 мл 10 %-го розчину яєчного білка. Потім у другу пробірку додають 1 краплю 3 %-ї оцтової кислоти, у третю – 15 крапель 3 %-ї оцтової кислоти, а у четверту – 1 краплю 10 %-го розчину їдкого натрію. Усі пробірки нагрівають до кипіння. Спостерігають, у якій пробірці відбувається осадження білка і з якою швидкістю.

Г. Осадження білків солями важких металів

У дві пробірки наливають по 1 мл 1 %-го розчину яєчного білка. У першу додають 5 крапель 5 %-го розчину Купрум сульфату, у другу – 5 крапель 0,5 %-го розчину Плюмбум ацетату (оцтовокислого свинцю). Спостерігають утворення осадів.

Іони важких металів: Гідраргірум (ртуть), Аргентум (срібло), Купрум (мідь), Плюмбум (свинець) – зумовлюють незворотне осадження білків, утворюючи з ними нерозчинні у воді сполуки.

4. Осадження білків мінеральними кислотами

Концентровані мінеральні кислоти спричиняють осадження білків. Це пов'язано як із дегідратацією білкових молекул, так і з денатурацією білка.

У три пробірки наливають по 1 мл крапель таких концентрованих кислот: хлоридної, сульфатної і нітратної. Тоді, нахиливши пробірки, у кожную обережно додають, доливаючи по стінці, 5 крапель 1 %-го розчину білка. На межі двох шарів рідин утворюється осад білка.

5. Осадження білків органічними кислотами

Розчини білків є надчутливими до дії сульфосаліцилової та трихлороцтової кислот, які можуть спричинити осадження білка навіть із достатньо розведених розчинів.

У дві пробірки наливають по 1 мл 1 %-го розчину білка і додають у першу 5 крапель 10 %-ї трихлороцтової кислоти, у другу – 5 крапель 5 %-ї сульфосаліцилової кислоти. Під час перемішування в обох пробірках утворюється осад.

6. Осадження білків алкалоїдними реактивами

Механізм осадження білків алкалоїдними реактивами пов'язаний з утворенням нерозчинних солеподібних сполук із основними нітрогенвмісними групами білка. У таких сполуках білки є катіонами, а алкалоїдний реагент – аніоном.

У пробірку наливають 1 мл 1 %-го розчину яєчного білка, підкислюють 2 краплями 10 %-ї розчину оцтової кислоти і додають 3 краплі 5 %-го розчину пікринової кислоти. Білок випадає в осад.

Лабораторне заняття № 8 ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ

Ферменти, або ензими, – це високоспеціалізовані білки, які прискорюють (каталізують) хімічні реакції. Молекули ферментів можуть складатися з одного або декількох поліпептидних ланцюгів. Деякі ферменти містять молекули речовин небілкової природи. У такому разі білкову частину ферменту називають апоферментом, а небілкову – коферментом, або простетичною групою. Апофермент визначає більшість властивостей ферменту, проте не здатний каталізувати реакції без відповідної простетичної групи або коферменту. Взаємодія ферменту із субстратом (речовина, яку буде перетворено) і перетворення субстрату у продукт реакції відбувається в активному центрі ферменту. Активний центр – це невелика ділянка на поверхні молекули ферменту, яка становить поєднання певних амінокислотних залишків, здатних взаємодіяти з молекулою субстрату. Ця взаємодія зумовлює дестабілізацію певних хімічних зв'язків у молекулі субстрату і в результаті цього пришвидшує утворення продукту реакції. Унікальність активних центрів ферментів забезпечує високу специфічність взаємодії із субстратом – переважно один фермент каталізує хімічне перетворення одного субстрату і не в змозі каталізувати перетворення інших речовин. Проте є багато винятків.

Крім активного центру, деякі ферменти мають алостеричний центр, який регулює роботу активного центру.

Серед реакцій, які відбуваються в живій природі, можна виокремити шість основних типів. Відповідно і всі ферменти можна поділити на шість основних класів:

1-й клас – оксидоредуктази (каталізують окисно-відновні реакції);

2-й клас – трансферази (каталізують реакції перенесення певних атомів та груп від одних субстратів до інших);

3-й клас – гідролази (каталізують реакції гідролітичного, тобто із використанням молекули води, розщеплення субстратів);

4-й клас – ліази (каталізують процеси відщеплення певних груп негідролітичним шляхом з утворенням подвійного зв'язку або приєднання будь-яких груп за місцем подвійного зв'язку);

5-й клас – ізомерази (прискорюють процеси ізомеризації органічних сполук);

6-й клас – лігази (синтетази), які каталізують реакції синтезу сполучення речовин, використовуючи енергію АТФ та інших макроергічних сполук.

Кожен клас ферментів поділяють на підкласи, які можна виокремити в більш специфічні групи. Отже, кожен фермент має індивідуальне позначення, що складається із чотирьох чисел, розділених крапками, наприклад код пепсин КФ 3.4.23.1.

Для прояву активності ферменту потрібно, щоб концентрація субстрату була досить високою. Також необхідно, щоб фермент перебував у відповідних умовах: фізіологічні значення рН, температури, вмісту солей та ін. Порушення цих умов призводить до інактивації ферментів. На додаток є речовини, інгібітори та активатори, які можуть пригнічувати або підвищувати ферментативну активність.

Мета: вивчити будову, класифікацію та властивості ферментів.

Завдання для самостійної підготовки

1. Що ви знаєте про ферменти як біологічні каталізатори?
2. Будова ферментів. Активний центр ферменту.
3. Що таке коферменти?
4. Поняття субстратної специфічності ферментів.
5. Оптимальні умови дії ферменту.
6. Назвіть чинники, які впливають на швидкість ферментативної реакції.

7. Що таке активатори та інгібітори ферментів?
8. Класифікація і номенклатура ферментів.
9. Ізоферменти.
10. У чому полягає вплив ферменту на субстрат?
11. Алостерична регуляція активності ферментів.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Схема утворення і розпаду комплексу фермент – субстрат.
2. Крива залежності активності ферменту від рН середовища.
3. Зміна ферментативної активності під впливом температури середовища.
4. Схема ферментативного каталізу.
5. Зниження енергії активації під час дії каталізатора.
6. Будова ферменту.
7. Вплив концентрації субстрату на швидкість ферментативної реакції.

Реактиви і матеріали:

1. Крохмаль 0,2 %-й, 0,5 %-й і 1 %-й.
2. Реактив Люголя.
3. Хлоридна кислота 1 н.
4. Натрій хлористий 1 %-й.
5. Купрум сульфат 1 %-й.
6. Вода дистильована.

Обладнання:

1. Пробірки.
2. Піпетки на 1,5 і 10 мл.
3. Водяна баня.

4. Термостат.
5. Холодильник.
6. Скляні пластини.
7. Скляні палички.
8. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

1. Вплив температури на активність ферментів

У чотири пронумеровані пробірки наливають по 5 мл 1 %-го розчину крохмалю. Першу пробірку поміщають у киплячу водяну баню, другу – у термостат за температури 40 °С, третю пробірку залишають за кімнатної температури, а четверту ставлять у лід. Через 10–15 хв у всі пробірки, залишаючи їх у тих самих умовах, додають по 1 мл слини, розведеної в десять разів, і перемішують скляною паличкою. Ступінь гідролізу крохмалю виявляють за реакцією з йодом. Для цього на скляну пластину наносять декілька крапель реактиву Люголя і перемішують їх із крапельками суміші, які беруть із кожної пробірки через 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 хв. За зміною забарвлення розчину крохмалю з йодом роблять висновки про гідроліз, що відбувся в кожній пробірці.

Ферменти дуже чутливі до температури. Більшість ферментів інактивується під час нагрівання до 60–80 °С. За низької температури, наприклад за 0 °С, швидкість ферментативних реакцій різко знижується. Забарвлення розчину крохмалю з йодом у синій колір зберігається тим довше, чим нижча температура або інактивованіший фермент.

Крохмаль утворює з йодом аддукти темно-синього кольору. Під час гідролізу крохмалю спочатку утворюються амілодекстрини, які, реагуючи з йодом, набувають фіолетового забарвлення, потім – еритродекстрини, що з йодом набувають червоно-бурого забарвлення. Далі утворюються більш

низькомолекулярні декстрини, які з йодом набувають бурих та жовтих відтінків. Подальший ферментативний гідроліз зумовлює до утворення ахродекстринів і мальтози, які йодом не забарвлюються.

2. Вплив рН на активність ферментів

У дві пробірки наливають по 0,5 мл 0,2 %-го розчину крохмалю. У першу пробірку додають 1 мл 1 М розчину хлоридної кислоти, а в другу – 0,5 мл буфера PBS рН 7,0 і в обидві – по 1 мл слини. Перемішують. Залишають на 20 хв. Потім в обидві пробірки додають по 5 крапель розчину Люголя і перемішують. Спостерігають зміну забарвлення.

Максимальна активність ферментів проявляється лише за оптимального значення рН. Зміна рН (навіть незначче закислення або залужнення буфера) може призвести до суттєвого зниження активності ферменту і у результаті швидкості реакції. Отож у пробі з хлоридною кислотою ферментативний гідроліз крохмалю відбуватиметься дуже повільно або не відбуватиметься взагалі.

1. Вплив активаторів та інгібіторів на активність ферментів

В одну пробірку наливають 5 мл води, у другу – 4 мл води і 1 мл 1 %-го розчину хлористого натрію, у третю – 4 мл води і 1 мл 1 %-го розчину сірчаної кислоти міді. У всі три пробірки доливають по 5 мл 0,5 %-го розчину крохмалю і 0,5 мл слини, перемішують і залишають за кімнатної температури на 5 хв. Потім у три пробірки, що містять по 1 мл води і 5 крапель розчину Люголя, додають по 2 мл вмісту кожної пробірки досліді. Спостерігають зміну забарвлення.

За той самий час у першій пробірці відбудеться розщеплення крохмалю лише до декстринів, у другій – повний гідроліз, а в третій виявиться нерозщеплений крохмаль.

РОЗДІЛ 2

ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ

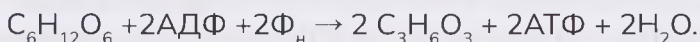
Лабораторне заняття № 1
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ГЛІКОЛІЗУ
В БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Гліколіз – послідовність із десяти реакцій, які зумовлюють перетворення глюкози, $C_6H_{12}O_6$, в піруват, $C_3H_4O_3$, спряжене з утворенням аденозинтрифосфату із АДФ та неорганічного фосфату і відновленням NAD до NADH (відновлений нікотинамідаденіндинуклеотид). Реакції гліколізу відбуваються у цитозолі. Їх можна поділити на два послідовні етапи: 1 – підготовка субстрату, яка відбувається із затратами енергії, та 2 – етап отримання енергії.

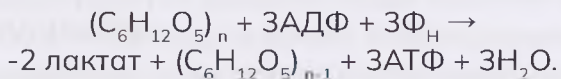
За достатнього забезпечення киснем піровиноградна кислота та відновлений NAD-H (отримані в результаті гліколітичного катаболізму глюкози) транспортуються в мітохондрії, де окиснюються в реакціях циклу трикарбонових кислот та дихального ланцюга, що забезпечує ресинтез АТФ. Транспортування піровиноградної кислоти в мітохондрії виконує мітохондріальний переносник пірувату, який складається із двох субодиниць: MPC1 і MPC2, інтегрованих у мітохондріальну мембрану. Транспортування у мітохондрії відновленого NAD-H пов'язане з експортом окисненого NAD, його здійснює інший білок.

За субмаксимальних фізичних навантажень та недостатнього забезпечення м'язів киснем кінцевий продукт гліколізу – піровиноградну кислоту використовують для окиснення відновленого NADH, який нагромаджується під час окиснення гліцеральдегід-3-фосфату. Цю реакцію каталізує

лактатдегідрогеназа, а продукт реакції, окиснений NAD, знову бере участь у гліколізі. В іншому разі гліколіз припиниться через дефіцит окисненого NAD. Проте надмір молочної кислоти (рК=3,86) швидко виводиться із м'яза, що інтенсивно скорочується, очевидно, для запобігання закисненню. Необхідно зауважити, що піровиноградна кислота (рК=2,5) може зумовити набагато сильніше закиснення м'яза, що інтенсивно скорочується, ніж молочна (рК= 3,86). Отож її відновлення до молочної кислоти (лактату) можна вважати одним із механізмів протидії ацидозу в результаті фізичного навантаження. Схематично підсумком гліколізу в анаеробних умовах є перетворення однієї молекули глюкози до двох молекул молочної кислоти, що поєднано з ресинтезом двох молекул АТФ із АДФ та неорганічного фосфату:



У випадку глікогену (який є полімером, що складається із глюкози) вихід АТФ становить 3 молекули. Це пояснюють тим, що глюкоза в складі глікогену є частково активована, і тому перше фосфорилування відбувається із використанням неорганічного фосфату, а не АТФ:



Проте слід зауважити, що синтез глікогену (під час відпочинку м'язів) супроводжується витратою однієї молекули АТФ на кожну приєднану молекулу глюкози. Загальна ефективність анаеробного гліколізу становить 35–45 %.

Молочна кислота (2-гідроксипропанова – $CH_3-CH(OH)-COOH$, у дисоційованому стані – лактат) – одноосновна оксикарбонова кислота утворюється майже у всіх клітинах людського організму. Наявність асиметричного атома Карбону зумовлює наявність двох стереоізомерів – L- та D-форми. Молочну кислоту вперше виявив Я. Берцеліус 1808 року

у м'язах оленів. Згодом, на початку ХХ століття, встановлено, що молочна кислота може утворюватися з глікогену за відсутності кисню. На сьогодні визначення концентрації молочної кислоти у біологічних рідинах людини є одним із надійних засобів оцінювання фізіологічного стану організму.

Виведення надміру лактату із м'язового волокна, що інтенсивно скорочується, та з усього м'яза потрібне для підтримання нормального функціонування м'яза. Проте у разі підвищення концентрації лактату в плазмі крові до 6–7 ммоль/л ефективність реабсорбції його в каналцях нирок є недостатньою, і лактат виділяється зі сечею. За таких умов лактат виділяється також із потом, слиною та сечею.

Виведення лактату із організму загалом сприяє збереженню фізичної працездатності (боротьба з ацидозом), проте є невинуватим з погляду енергозабезпечення, оскільки дві молекули лактату потенційно несуть 90 % енергії молекули глюкози.

Завдання для самостійної підготовки

1. Опишіть гліколітичний (анаеробний) розпад вуглеводів.
2. Глікогеноліз, біологічне значення глікогенолізу.
3. Енергетичний ефект гліколізу та глікогенолізу.
4. Охарактеризуйте аеробне окиснення вуглеводів та енергетичний ефект біологічного окиснення.
5. Біологічне значення анаеробних та аеробних процесів в організмі під час виконання фізичних навантажень.
6. Охарактеризуйте реакції субстратного фосфорилування.
7. Які вітаміни беруть участь в окисному декарбоксілюванні піровиноградної кислоти?
8. За яких умов відбувається перетворення ПВК у молочну кислоту?
9. Охарактеризуйте цикл трикарбонових кислот (ЦТК).
10. Глюконеогенез, його біологічна роль.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Анаеробний розпад вуглеводів.
2. Схема послідовності реакцій гліколізу.
3. Механізм декарбоксилування ПВК.
4. ЦТК.
5. Розщеплення глікогену (глікогеноліз).
6. Розщеплення вуглеводів у шлунково-кишковому тракті.

Реактиви і матеріали:

1. Подрібнена м'язова тканина.
2. Молочна кислота.
3. Фосфатний буфер рН 8,0.
4. ТХОК 10 %-ва.
5. Крохмаль 1 %-й.
6. Вазелін.
7. Оксид кальцію.
8. Купрум сульфат 20 %-й.
9. Дистильована вода.
10. Реактив Уфельмана.

Обладнання:

1. Термостат.
2. Пробірки.
3. Піпетки на 1 і 10 мл.
4. Лійки діаметром 3–5 см.
5. Скляні лопатки.

ХІД РОБОТИ

1. Якісна реакція на молочну кислоту

У пробірку наливають 1 мл реактиву Уфельмана (темно-фіолковий колір) і додають краплями водний розчин

молочної кислоти до зміни забарвлення в оливковий (жовто-зелений) колір.

Молочна кислота, взаємодіючи з хлорним залізом, яке міститься в реактиві Уфельмана, утворює молочнокисле залізо, яке має характерне зелено-жовте забарвлення.

2. Якісне визначення молочної кислоти як метаболіту гліколізу

У дві пробірки поміщають по 1 г свіжоприготованих гомогенізованих м'язових волокон і додають 5 мл фосфатного буфера (рН 8,0). У першу пробірку (контрольну) доливають 1 мл 10 %-го розчину ТХОК для денатурації ферментів. Після цього в обидві пробірки доливають по 1 мл 1 %-го розчину крохмалю і добре збовтують. У кожну пробірку додають по 10 крапель вазелінової олії для створення безкисневих (анаеробних) умов. Пробірки поміщають у термостат із температурою 37 °С на 1 год. Після години інкубації виймають обидві пробірки. У дослідну доливають 1 мл 10 %-го розчину ТХОК для денатурації ферментів і припинення ферментативної реакції.

Вміст обох пробірок відфільтровують у чисті пробірки (контроль і дослід). В обидві пробірки додають по 0,5 г оксиду кальцію і по 0,5 мл 20 %-го розчину сірчаної кислоти міді для осадження вільних вуглеводів. Пробірки збовтують 1 хв і знову піддають фільтрації. Із фільтратами виконують якісну реакцію на молочну кислоту, як описано в досліді 1.

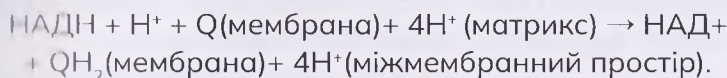
У м'язовій тканині містяться всі ферменти гліколізу. Отож, створивши анаеробні умови, рН 8,0, температуру 37 °С, отримаємо такий результат: у дослідній пробірці відбуватиметься гліколіз із утворенням молочної кислоти, на що вказуватиме інтенсивніша реакція з реактивом Уфельмана (більш оливковий колір розчину).

Лабораторне заняття № 2 ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ БІОЛОГІЧНОГО ОКИСНЕННЯ

Процеси біологічного окиснення (тканинне дихання або клітинне дихання) є основним джерелом енергії в організмі людини. Реакції тканинного дихання відбуваються у мітохондріях. Мітохондрія – це клітинна органела, оточена подвійною мембраною, яка має специфічну ДНК. Внутрішня мембрана мітохондрій має численні складки, кристи, які суттєво збільшують її загальну площу. Мітохондрії клітин, що мають вищі потреби в АТФ, наприклад м'язових клітин, містять більше крист, ніж типова мітохондрія печінки. У внутрішній мітохондріальній мембрані є білки, з яких складається дихальний ланцюг, та специфічні транспортні білки, що переносять низькомолекулярні сполуки (наприклад, АТФ, АДФ, НАД і т.д.), потрібні для реакцій клітинного дихання.

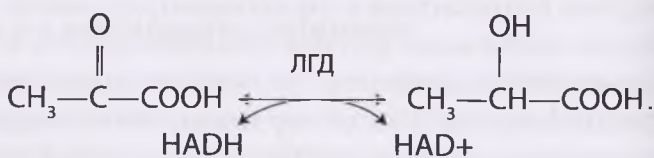
Теоретично процеси тканинного дихання можна умовно поділити на дві основні стадії: постадійне дегідрування субстратів (відбирання Гідрогену), яке супроводжується відновленням коферментів до ФАД-Н₂, NADH, NADPH.

Далі відбувається окиснення цих коферментів у поєднаних реакціях перенесення протонів у міжмембранний простір мітохондрій:



У кінцевому підсумку це контрольоване окиснення Гідрогену Оксигеном із утворенням води. Створений під час цих реакцій електрохімічний потенціал використовують для синтезу АТФ із АДФ і неорганічного фосфату. Теоретично окиснення однієї молекули NADH супроводжується ресинтезом трьох молекул АТФ.

Дегідрування субстратів, проміжних продуктів розпаду білків, жирів та вуглеводів відбувається за участю ферментів дегідрогеназ, які переносять атоми Гідрогену від субстратів на коферменти (НАД або НАДФ або ФАД). Прикладом цитозольної дегідрогенази може бути NAD-залежна лактатдегідрогеназа, яка каталізує реакції дегідрування молочної кислоти до пірвіноградної кислоти:



Пірвіноградна кислота

Молочна кислота

Проте за недостатчі кисню цей фермент каталізує обернену реакцію – відновлення пірвіноградної кислоти до молочної у результаті окиснення NADH до NAD. У циклі трикарбонних кислот задіяні мітохондріальні ферменти цього класу: ізоцитратдегідрогеназа, кетоглутаратдегідрогеназа, сукцинатдегідрогеназа, малатдегідрогеназа. Сукцинатдегідрогеназа належить до складу молекулярного комплексу сукцинаткоензим Q-редуктази, тобто є компонентом дихального ланцюга і міститься у внутрішній мембрані мітохондрій.

Мета: вивчити процеси біологічного окиснення в організмі людини; знати подібність і відмінність між диханням і окисним фосфорилуванням та за допомогою досліджень вивчити властивості ферментів біологічного окиснення.

Завдання для самостійної підготовки

1. Суть сучасної теорії біологічного окиснення.
2. Охарактеризуйте роль ферментів та коферментів у процесах біологічного окиснення.
3. Назвіть проміжні носії електронів і протонів водню.

4. Опишіть класифікацію і біологічну роль цитохромів.
6. Назвіть основні ферменти тканинного дихання та вкажіть на їх локалізацію в клітині.
6. У яких сполуках накопичується енергія для тканинного дихання?
7. Що означає окисне фосфорилування?
8. Як відбувається транспортування електронів і протонів у ланцюгу біологічного окиснення?
9. Які кінцеві продукти обміну утворюються в разі повного і вкороченого дихального ланцюга?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Транспортування електронів і протонів у дихальному ланцюгу за недостатнього постачання організму киснем.
2. Транспортування електронів і протонів у дихальному ланцюгу за достатнього постачання організму киснем.

Реактиви і матеріали:

1. Перекис водню.
2. Трифеніл-тетразолій хлорид 4 %-й.
3. НАД 1,5 %-й.
4. Дистильована вода.
5. Сульфатна кислота 10 %-ва.
6. Марганцевокислий калій 0,1 н.
7. М'язова тканина.

Обладнання:

1. Мікропіпетки на 0,1 мл.
2. Піпетки на 1, 2, 5 і 10 мл.
3. Колби мірні на 100 мл.

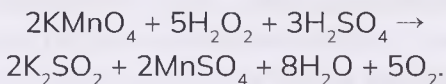
4. Маркер для писання по склі.
5. Скарифікатори.
6. Вата.

ХІД РОБОТИ

1. Визначення активності каталази за каталазним числом крові

Кров беруть із пучки пальця. Скарифікатори і шкіру пальця дезінфікують 70 %-м розчином спирту. Першу краплю крові, яка виступила після уколу, витирають стерильною сухою марлею, а наступні краплі набирають у мікропіпетку до 0,1 мл. Кров, яка міститься в мікропіпетці, переносять у мірну колбу на 100 мл і доводять дистильованою водою до мітки 100 мл. Розведену кров (1:1000) набирають у піпетку і капають у чотири колби по 1 мл. Додають у кожен колбу по 7 мл води, тобто доводять об'єм до 8 мл. Усі колби нумерують (1, 2, 3, 4). Першу і другу кип'ятять протягом 2 хв і охолоджують до кімнатної температури. У всі чотири колби наливають по 2 мл 1 %-го розчину перекису водню і залишають на 30 хв за кімнатної температури. Реакцію зупиняють, додаючи в кожен колбу по 5 мл 10 %-го розчину сірчаної кислоти і відтитровують вміст кожної колбочки розчином 0,1 %-го марганцевокислого калію до рожевого забарвлення. Вираховують середнє значення під час титрування в колбах № 1 і № 2 – контрольних та № 3 і № 4 – дослідних. Різницю між контролем і дослідом множать на 1,7 і отримують каталазне число крові.

Кількісне визначення активності каталази ґрунтується на реакції між перекисом водню і марганцевокислим калієм:



Додаток: 1 г-екв H_2O_2 дорівнює 17г, 1 мл 0,1 розчину H_2O_2 прирівнюється, відповідно, до 1,7 мл 1 мл. 0,1н розчину $KMnO_4$ відповідає 1 мл 0,1н розчину H_2O_2 .

Зважаючи на наведене вище, різницю між результатами порівняння множать на 1,7 та отримують кількість H_2O_2 (мл), яка розщепилася в 1 мікролітрі крові (1 міліграм основного розчину відповідає 1 мікролітру крові). Це і є каталазне число.

2. Клінічне виявлення активності дегідрогеназ

У дві пробірки поміщають по 1 г свіжоприготованого гомогенату м'язових волокон і додають 3 мл 100мМ фосфатного буфера (рН 8,0). Першу пробірку (контрольну) прогривають на киплячій водяній бані 5–7 хв і охолоджують.

Після цього в обидві пробірки доливають по 1 мл 10 мМ розчину глюкози, 0,1 мл 0,5 мМ НАД та 0,1 мл 5 %-го розчину трифенілтетразолій хлориду або 0,1 мл 5 %-го розчину нітрофенілтетразолію і добре перемішують. У кожну пробірку додають по 10 крапель вазелінової олії для запобігання дифузії кисню (анаеробні умови). Пробірки поміщають у термостат із температурою 37 °С на 1 год. Після години інкубації виймають обидві пробірки та повторно прогривають на киплячій водній бані.

Якщо зразок м'язових волокон був достатньо свіжим, то в дослідній пробірці розвинеться інтенсивне буро-червоне забарвлення, зумовлене тим, що відновлений під час гліколізу НАДН відновить безбарвний трифенілтетразолій хлорид до інтенсивно забарвленого нерозчинного формазану. У разі нітрофенілтетразолію колір дослідної проби набуде яскраво-синього кольору.

Вміст обох пробірок відфільтровують у чисті пробірки (контроль і дослід). В обидві пробірки додають по 0,5 г оксиду кальцію і по 0,5 мл 20 %-го розчину сірчаної кислоти міді для осадження вільних вуглеводів. Пробірки збовтують 1–2 хв

і знову піддають фільтрації. Із фільтратами виконують якісну реакцію на молочну кислоту, як описано в досліді 1.

У м'язовій тканині містяться всі ферменти гліколізу. Отож, створивши анаеробні умови, рН 8,0, температуру 37 °С, отримуємо такий результат: у дослідній пробірці відбуватиметься гліколіз із утворенням молочної кислоти, на що вказуватиме інтенсивніша реакція з реактивом Уфельмана (більш оливковий колір розчину).

Лабораторне заняття № 3 ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ГІДРОЛІЗ ЛІПІДІВ. ВИЗНАЧЕННЯ КЕТОНОВИХ ТІЛ У БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ

Спожиті із їжею нейтральні жири (триацилгліцероли) в організмі людини забезпечують енергетичні потреби та синтез власних ліпідів. Проте вони є досить гідрофобними (не розчиняються у водних розчинах), мають відносно велику молекулярну вагу і тому не можуть проникати через стінки шлунково-кишкового тракту. Для засвоєння жири мають бути гідролізовані до складників: гліцерину та жирних кислот. Розщеплення нейтральних жирів відбувається за участі ферментів, які називають ліпазами.

Слина не містить таких ферментів, тому в порожнині рота жири не зазнають жодних хімічних змін, але пережовування їжі сприяє механічному подрібненню жирових компонентів і їх перемішуванню із гідрофільними частинками їжі. У шлунку розм'якшення і механічне подрібнення жирів продовжується.

Невелика кількість шлункових ліпаз може розщеплювати лише емульгований жир (наприклад, молоко в дитячому віці), але у шлунку активність ліпаз досить низька. Це зумовлено тим, що у шлунку реакція середовища дуже кисла ($\text{pH} = 1,5\text{--}2,5$), водночас оптимум дії ліпази перебуває за $\text{pH} = 7,8\text{--}8,1$. Отже, у шлунку перетравлюється всього 3–5 % жирів, що надходять.

Оскільки жири не розчинні у воді, а ферменти, що розщеплюють їх, водорозчинні сполуки, необхідною умовою для гідролітичного розщеплення жирів на складові частини є емульгація (подрібнення до мікрокрапель). Емульгування жиру відбувається в результаті дії декількох чинників: жовчі, вільних вищих жирних кислот та моно- і дигліцеридів.

Жовч – густа рідина світло-жовтого кольору, яку виділяють клітини печінки, гепатоцити. До складу жовчі входять натрієві солі жовчних кислот, жовчні пігменти, холестерин, деякі ферменти, гормони та ін (рис. 3). Організм людини щодоби виробляє до 1 літра жовчі.

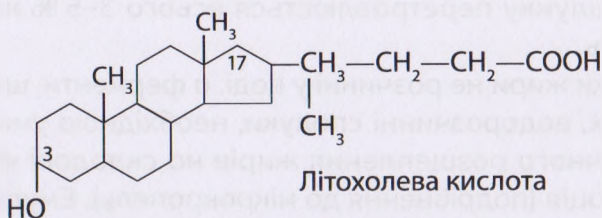
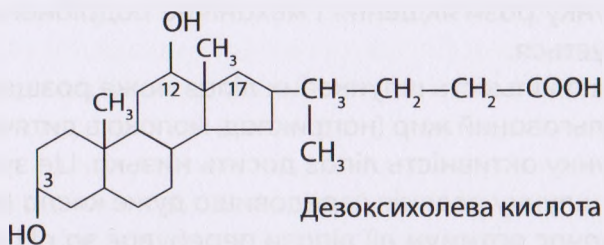
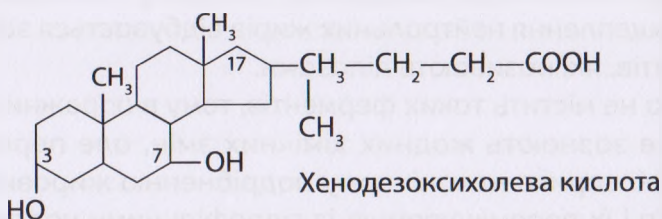
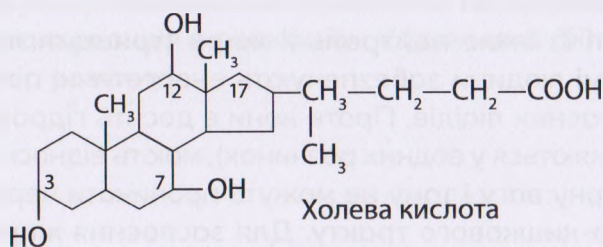


Рис. 3. Схема будови жовчних кислот

Жовч нейтралізує кислий шлунковий сік та активує ліпазу, яку синтезує підшлункова залоза і яка виділяється в просвіт дванадцятипалої кишки і в тонкий кишківник. Жовчні кислоти та їхні солі сприяють утворенню тонкої емульсії ліпідів, що робить їх доступними для гідролізу панкреатичними ліпазами. Усе це пришвидшує гідроліз жирів до вільних жирних кислот та моноацилгліцеролу – естеру гліцерину та одної жирної кислоти. Продукти гідролізу поглинають ентероцити – клітини стінки кишківника. В ентероцитах відбувається приєднання двох жирних кислот до моноацилгліцеролу, навіть знову утворюється тригліцерид. Новосинтезований тригліцерид утворює комплекси зі спеціальними білками. Ці комплекси – хіломікрони – секретуються у лімфатичні протоки і далі переносяться у кров'яне русло. Таким чином, основним місцем перетравлювання і транспортування жирів у кров'яне русло є дванадцятипала кишка і верхні відділи тонкої кишки.

Не тільки хіломікрони потрапляють у капіляри серця, м'язів чи жирової тканини, їх гідролізує ліпопротеїнліпаза (яка приєднана до стінки капіляра) до вільних жирних кислот та гліцерину, що транспортуються у клітини.

У клітинах гліцерин може бути фосфорильованим із використанням АТФ і далі використаним у різноманітних метаболічних шляхах: регенерації АТФ, синтезі ліпідів, амінокислот, глюконеогенезі і т.д. Жирні кислоти також можуть бути використані як джерела енергії для ресинтезу АТФ або для синтезу власних ліпідів та фосфоліпідів.

Вільні жирні кислоти і кетонові тіла є одним із основних джерел енергії під час довготривалої м'язової роботи і під час відпочинку після фізичного навантаження.

Кетонові тіла – це β -оксимасляна кислота ($\text{CH}_3\text{-CHON-CH}_2\text{-COOH}$), ацетооцтова кислота ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$) та ацетон ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$), які утворюються у клітинах печінки за дефіциту вуглеводів у дієті та під час інтенсивного й тривалого

фізичного навантаження. Наприклад, після вичерпання запасів глікогену і зниження концентрації глюкози в крові у печінці активуються процеси глюконеогенезу – синтезу глюкози для потреб центральної нервової системи. Під час використання для глюконеогенезу жирних кислот утворюється велика кількість кетонів. Усі сполуки, що належать до кетонів, мають характерний запах, який за значної їхньої концентрації в організмі відчувається в диханні людини.

У здоровому організмі (під час відпочинку) кетони швидко окиснюються. У нормі їхній вміст у крові становить менше ніж 0,6 ммоль/л; у сечі їх виявляють у слідових кількостях. Надмірне утворення кетонів (кетоз) призводить до збільшення їх у крові – кетонемії, що супроводжується появою їх у сечі. Це свідчить про тривалі порушення метаболізму вуглеводів, які можуть спричинити надмірні фізичні навантаження. Таке явище називають кетонурією.

Мета: ознайомитися з процесами перетворення жирів у шлунково-кишковому тракті. Навчитися виявляти активність ліпаз і проводити якісні реакції на кетони.

Завдання для самостійної підготовки

1. Біологічна роль жирів.
2. Опишіть обмін жирів.
3. Опишіть β -окиснення жирних кислот.
4. Яка роль печінки в обміні жирів?
5. Окиснення гліцерину і його зв'язок із метаболізмом глюкози.
6. Ліполіз. Біологічна роль тканинного розпаду жирів, вплив гормонів і фізичних навантажень на процеси тканинного розпаду жирів.
7. Опишіть біосинтез жиру.
8. Як відбувається гідроліз і всмоктування жиру в шлунково-кишковому тракті? Роль ферментів у цих процесах.

9. Який кінцевий продукт β -окиснення жирних кислот? Взаємозв'язок обміну вуглеводів, жирів і білків.
10. Причини виникнення кетозу, кетонемії та кетонурії.
11. Фосфоліпіди та їхня біологічна роль.
12. За яких фізичних навантажень жири є основним джерелом енергії для організму?
13. Роль нервової системи та гормонів у регуляції жирового обміну.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Розпад жирів у шлунково-кишковому тракті.
2. Окиснення гліцерину.
3. Синтез нейтральних жирів.
4. β -окиснення жирних кислот.

Реактиви і матеріали:

1. Підшлунковий сік.
2. Медична жовч.
3. Дистильована вода.
4. Спиртовий розчин фенолфталеїну.
5. Ідкий натр 10 %-й і 0,1 М.
6. Біологічна рідина з кетоновими тілами.
7. Реактив Люголя.
8. Ліпаза.

Обладнання:

1. Термостат.
2. Піпетки 1, 2, 5, 10 мл.
3. Пробірки.
4. Колби на 100 мл.
5. Мірні циліндри 50 мл.
6. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

1. Ферментативний гідроліз жирів

У чотири пронумеровані колби відміряють по 25 крапель (0,5 мл) рослинної олії. У першу та третю додають по 1 мл препарату ліпази, у другу – 1 мл перекип'яченого препарату ліпази. У третю та четверту колбу додають по 2 мл жовчі. Для вирівнювання об'єму в усі колби додають воду: у першу і другу по 3 мл, у третю – 1 мл, і у четверту – 2 мл. Після цього в усі колби додають по 2 краплі фенолфталеїну і краплями розчин NaOH до появи світло-рожевого забарвлення. Усі колби ставлять на 30 хв у термостат за температури 38 °С. Кількість жирних кислот, що утворилися в результаті гідролізу, визначають за допомогою титрування 0,01 н розчину NaOH до появи світло-рожевого забарвлення. Активність ферменту виражають у мілілітрах 0,01 М розчину NaOH, використаного на титрування. Отримані результати порівнюють і записують висновки.

2. Виявлення кетонових тіл у біологічних об'єктах

У пробірку наливають 2 мл досліджуваної рідини (сечі), 10 крапель 10 %-го розчину NaOH і 6 крапель розчину Люголя. У лужному середовищі за взаємодії ацетону з йодом утворюватиметься йодоформ, який має різкий запах і випаде у вигляді жовтого осаду.

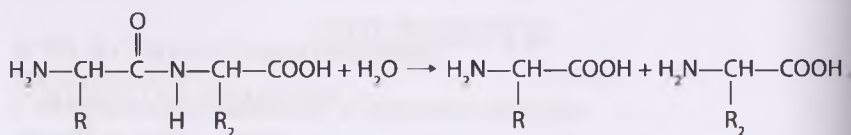
Лабораторне заняття № 4

ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ГІДРОЛІЗ БІЛКІВ

Спожиті з їжею білки в організмі людини забезпечують синтез власних білків та інших нітрогенвмісних речовин, а також частково окиснюються для забезпечення енергетичних потреб. Проте білки є високомолекулярними сполуками і тому не можуть проникати через стінки шлунково-кишкового тракту. Для засвоєння білки мають бути гідролізовані до амінокислот.

У ротовій порожнині білки їжі не піддаються ніяким хімічним перетворенням. Хімічні перетворення (гідроліз) починаються у шлунку, стінки якого виділяють пепсиноген і хлоридну кислоту, що знижує рН шлункового соку до 1,5–2,5. Під впливом хлоридної кислоти пепсиноген перетворюється в активний пепсин, який гідролітично розщеплює пептидні зв'язки білків їжі. Із найбільшою швидкістю пепсин гідролізує пептидні зв'язки, утворені ароматичними амінокислотами – тирозином і фенілаланіном. У результаті такого попереднього гідролізу високомолекулярні білки перетворюються на менші за розміром поліпептиди. Від складних білків відділяється небілковий компонент.

Далі вміст шлунка потрапляє до дванадцятипалої кишки, де відбувається його нейтралізація до рН 7,5–8,0 та змішування із жовчю та секретом (панкреатичним соком) підшлункової залози, який містить трипсин, хімотрипсин, еластазу та інші ферменти, що гідролізують поліпептиди до ще коротших олігопептидів (10–30 залишків амінокислот). Активація цих ферментів відбувається під впливом специфічних ентерокиназ стінок кишківника. Утворені короткі олігопептиди гідролізуються до вільних амінокислот під дією карбоксипептидаз, амінопептидаз та дипептидаз:



Продукти травлення (амінокислоти) всмоктуються мікроворсинками тонкого кишківника і потрапляють у кров. Неперетравлені білки та амінокислоти, які не всмокталися, надходять у товстий кишківник, де мікроорганізми можуть перетворити їх на нехарактерні для організму людини отруйні продукти. Цей процес називають гниттям білків, а його найбільш токсичними продуктами є кадаверин, путресцин і агматин (трупні отрути).

Засвоєні амінокислоти з кров'ю надходять у печінку та інші тканини, а відтак беруть участь у внутрішньоклітинних процесах обміну. Спрямованість внутріклітинного обміну (анаболізм – пластичні процеси – синтез нових білків та інших сполук клітини або катаболізм – енергетичний обмін – дисиміляція до кінцевих продуктів, поєднана з ресинтезом АТФ) залежить від конкретних умов і потреб організму. Під час м'язової діяльності в клітині переважають процеси енергетичного обміну, у період відпочинку після фізичного навантаження – пластичні процеси.

За потреби у власних білках амінокислоти у клітині ковалентно приєднуються до транспортних РНК і використовуються для синтезу нових білків.

Катаболізм амінокислот починається із процесів трансамінування, головну роль у яких відіграє використання α -кетоглутарової кислоти. Під час перенесення аміногрупи на кетоглутарат утворюється глутамінова амінокислота та нова кетокислота, яка згодом окиснюється у відповідних реакціях. Синтезована глутамінова амінокислота підлягає реакції окисного дезамінування, продуктами якої є аміак та α -кетоглутарова кислота, яка знову може бути використана для процесів трансамінування (рис. 4).

Завдання для самостійної підготовки

1. Біологічна роль білків.
2. Опишіть розщеплення амінокислот в організмі (декарбоксилювання, дезамінування та переамінування).
3. Утворення сечовини в орнітиновому циклі печінки.
4. Охарактеризуйте взаємозв'язок обмінів білків, вуглеводів та жирів.
5. Білкове харчування в процесі посилених фізичних навантажень.
6. Як відбувається ферментативний гідроліз білків у шлунково-кишковому тракті? Які продукти гідролізу білків всмоктуються у кров?
7. Роль хлоридної кислоти та протеолітичних ферментів (пепсину, трипсину і хемотрипсину) у гідролізі білків.
8. Поясніть основні етапи синтезу білка в організмі людини.
9. Охарактеризуйте позитивний та негативний баланс Нітрогену.
10. Обґрунтуйте добову потребу організму в білку залежно від віку та фізичних навантажень.
11. Які кінцеві продукти розпаду амінокислот?
12. Що таке замінні та незамінні амінокислоти? Наведіть приклади неповноцінних харчових білків.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Травлення білків у шлунково-кишковому тракті.
2. Синтез білка.
3. Перетворення амінокислот.
4. Орнітиновий цикл синтезу сечовини.

Реактиви і матеріали:

1. Шлунковий сік.
2. Натрій двовуглекислий 10 %-й.
3. Купрум сульфат 1 %-й.
4. Ідкий натр 10 %-й.
5. Сечовина 20 %-ва.
6. Нінгідрин 0,1 %-й (розчин в ацетоні).
7. Оцтова кислота (льодяна).
8. Баритова вода.
9. Фібрин.

Обладнання:

1. Термостат.
2. Водяна баня.
3. Звичайні пробірки.
4. Піпетки на 1, 2, 5 мл.
5. Скляні палички.
6. Скляні лопатки.
7. Паперові фільтри.
8. Машки Петрі.
9. Годинникове скло.
10. Індикаторний папір.

ХІД РОБОТИ

1. Гідроліз білка

У три пронумеровані пробірки наливають по 1 мл шлункового соку. Вміст першої пробірки кип'ячать 2 хв і охолоджують. Вміст другої пробірки нейтралізують 10 %-м розчином NaHCO_3 , додаючи 1 мл реактиву (до рН 7). Потім в усі три пробірки кладуть по нитці фібрину і ставлять у термостат

за температури 37 °С на 20 хв. Відтак пробірки витягують і проводять біуретову реакцію (додають у кожен пробірку по 1 мл 10 %-го NaOH та 3 краплі сірчаної кислоти міді).

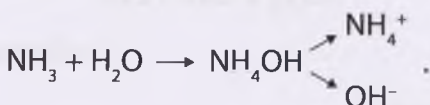
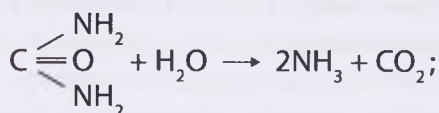
Висновки пояснюють і записують.

2. Відкриття амінокислот у поті

Клаптик фільтрувального паперу стискають великим і вказівним пальцями та тримають 10–15 с, щоб на ньому залишилися відбитки. Папір беруть пінцетом, змочують його 0,1 %-м розчином нігідрину. Кладуть папір на чашку Петрі і ставлять у термостат за температури 60 °С. Через 20–30 хв на місці відбитків утворюється червоно-фіолкова пляма, яка свідчить про наявність у поті білків та амінокислот.

3. Гідроліз сечовини

У пробірку наливають 2 мл 20 %-го розчину сечовини і додають 4 мл прозорої баритової води. На край пробірки поміщають зволожений індикаторний папір. Нагрівають. Реакція відбувається за схемою:



Спостерігають посиніння лакмусового паперу і помутніння баритової води, що свідчить про утворення продуктів реакції аміаку і вуглекислого газу.

РОЗДІЛ 3

БІОХІМІЯ СПОРТУ

Лабораторне заняття № 1

БІОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ

На частку м'язової тканини в організмі людини припадає 40–55 % ваги всього тіла. М'язи містять 72–80 % води і 20–30 % сухого залишку. Головна складова частина сухого залишку – білки. Вони становлять від 16 до 21 % від ваги м'яза. Ліпіди становлять до 1,5 % від ваги м'яза, проте вміст підшкірного жиру навколо м'яза може бути набагато більшим.

М'яз володіє специфічними функціями – скороченням і розслабленням. Специфічні скоротливі білки м'язів становлять до 45–50 % від загального вмісту білка, білки саркоплазми – близько 30–35 %, а білки строми – до 15–25 % від загальної кількості білка. Білки саркоплазми – це переважно ферменти, необхідні для підтримки життєдіяльності м'яза та для забезпечення ресинтезу АТФ.

Зазначимо, що в червоних (повільних, I типу) м'язових волокнах у великій кількості (близько 7 % від загального) наявний міоглобін, а вказані співвідношення білків можуть бути дещо інші. За даними різних авторів, міоглобін може бути у саркоплазмі, мембрані мітохондрій та в ділянці Z-диска (ї ділянка) міофібрил. Міоглобін є основним посередником у обміні кисню і вуглекислого газу між кров'ю (гемоглобін еритроцитів) та м'язом (мітохондрії).

Основні білки скоротливого апарату м'язів, актин та міозин, наявні в комплексі із іншими, потрібними для скорочення м'яза білками: тропоміозином, тропоніном, актиніном і т.д. Міозин гідролізує АТФ і перетворює хімічну енергію, яка

також вивільняється в енергію руху – зв'язування із актином та пересування міозинової нитки вздовж актинової.

Актин є другим основним структурним компонентом скоротливого апарату. У разі скорочення м'яза в його активному центрі відбувається взаємодія з голівкою міозину. Під час розслаблення активний центр актину заблокував тропонін-тропоміозиновий комплекс, що складається із білків тропоніну та тропоміозину. Білковий комплекс скоротливого апарату має досить велику молекулярну вагу, є стабільним і тому не розчиняється у воді або низькосольових (розведених) буферних розчинах. Проте у разі підвищення іонної сили (збільшення концентрації солі у буфері) комплекс розпадається, що призводить до розчинення актину, міозину та низки інших білків.

Основні фракції білків скелетних м'язів (у % білкового азоту) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

№ з/п	Білкові фракції	Вміст, у %	Відношення до розчинника
1	Білки саркоплазми: – білки-ферменти; – міоглобін	30–35	розчинні у низькосольових буферах; розчинний у водному розчині аміаку
2	Структурні білки м'язів: – міозин; – актин; – тропоміозин; – тропонін	45–50	розчинні у сольових розчинах (5 % KCl)
3	Білки строми: – колаген; – еластин	15–25	нерозчинні у низькосольових буферах і сольових розчинах (KCl)

Речовини небілкової природи, які залишаються в розчині (екстракті) після осадження м'язових білків, називають екстрактивними. До них належать такі азотовмісні речовини: АТФ (основне джерело енергії для м'язових скорочень), АДФ, креатин та креатинфосфат (головний резерв макроергічних фосфорних груп, які використовують для ресинтезу АТФ), продукт їх деградації креатинін, карнозин і ансерин, трипептид глутатіон (бере участь у захисті від реактивних сполук кисню), кофактори дегідрогеназ (НАД і НАДФ), фрагменти РНК та ДНК і вільні нуклеотидмонофосфати, вільні амінокислоти та інші речовини.

До безазотових екстрактивних речовин передусім належить глікоген – резервний вуглевод м'язів (0,5–1,5 %). Із м'язового екстракту він може бути легко осаджений за допомогою спирту і виділений у чистому вигляді. Інші безазотові екстрактивні речовини становлять від 0,5 до 1,1 % ваги м'язів. Це глюкоза, фосфорні ефіри вуглеводів, піровиноградна і молочна кислоти тощо.

М'язи містять велику кількість мінеральних іонів (1–1,5 %). З катіонів у м'язах є калій, натрій, кальцій, магній; у невеликій кількості – залізо, цинк, марганець, мідь та ін., із аніонів найбільше фосфатів та хлоридів.

Різні іони, що є в м'язах, відіграють важливу роль у підтриманні гомеостазу м'язів (сталості різних фізичних і хімічних параметрів м'язової тканини), зокрема у підтриманні осмотичного тиску та поляризації мембрани. Наприклад, іони натрію підвищують збудливість м'яза, іони калію та натрію необхідні для полегшення транспортування речовин через мембрану, іони кальцію і магнію беруть участь у реакціях, що пов'язані із процесами скорочення і розслаблення. Крім цього, іони магнію та марганцю потрібні для функціонування генетичного апарату та реакцій ресинтезу АТФ.

Подночас м'яз містить близько 0,2–0,55 % фосфоліпідів (нітративмісні) та до 1,5 % ліпідів (безазотні), що залишаються

у нерозчинному матеріалі, який утворюється після екстракції м'яза водними розчинами.

Під впливом тренувань у м'язах вмикаються специфічні механізми адаптації до фізичних навантажень. Отож тренувані спортсмени можуть виконувати більш тривалу і напружену роботу з економнішими витратами енергоресурсів та меншим накопиченням молочної кислоти.

Незалежно від віку певні фізичні вправи сприяють фізіологічному збільшенню розмірів та маси скелетних м'язів – гіпертрофії. Найбільш ефективним тригером відновних процесів та м'язової гіпертрофії є інтервальні тренування: виконання вправ із значним навантаженням із щонайбільше 6–12 повторами, за яким настає період короткого відпочинку.

Залежно від інтенсивності навантаження, швидкості виконання вправи, кількості повторів та тривалості відпочинку такі тренування можуть спричиняти міофібрилярну та/або саркоплазматичну гіпертрофію. Збільшення компонентів та об'єму саркоплазми (саркоплазматична гіпертрофія) може супроводжуватися значним збільшенням маси м'язів без суттєвого підвищення їхніх силових можливостей. У разі збільшення кількості міофібрил (міофібрилярна гіпертрофія) загальне зростання м'язової маси є менш вираженим, ніж за саркоплазматичної гіпертрофії. Усі ці зміни прямо пов'язані із синтезом відповідних білків. Також волокна тренуваних м'язів містять більшу кількість мітохондрій.

Мета: навчитися проводити біохімічний аналіз м'язової тканини, вивчити хімічний склад скелетних м'язів та механізм і хімізм м'язового скорочення.

Завдання для самостійної підготовки

1. Будова міоцита.
2. Опишіть будову саркомера.
3. Назвіть типи м'язових волокон та м'язової тканини.

4. Охарактеризуйте хімічний склад м'язів людини.
5. Назвіть макроергічні сполуки м'язів.
6. Роль іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у процесах м'язового скорочення.
7. У результаті посиленого синтезу яких речовин відбувається робоча гіпертрофія м'язів?
8. Механізм м'язового скорочення.
9. Біохімічна характеристика м'язового скорочення і розслаблення.
10. Чи потрібна енергія для розслаблення м'язів? Якщо так, то навіщо?
11. Назвіть міофібрилярний білок, який володіє ферментативною активністю.
12. На які макроергічні сполуки особливо багатий м'яз?
13. Охарактеризуйте типи гіпертрофії м'язів і причини, які її зумовлюють.
14. Назвіть особливості обміну речовин серцевого м'яза порівняно зі скелетною мускулатурою.
15. Вплив оздоровчої фізичної культури на біохімічні та функціональні показники м'язів людини.
16. Вплив гіпокінезії на біохімічні маркери працездатності м'язів людини.

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Ультраструктура м'язів.
2. Будова міоцита.
3. Білки м'язової тканини.
4. Хімічний склад м'язів людини.
5. Хімізм скорочення та розслаблення м'язів.
6. Будова міозину.
7. Будова актину.
8. Будова саркомера під час скорочення та розслаблення.

Реактиви і матеріали:

1. Дистильована вода.
2. Ідкий натр 10 %-й.
3. Оцтова кислота 2 %-ва.
4. Сульфатна кислота 5 %-ва.
5. Насичений розчин пікринової кислоти.
6. Реактив Уфельмана.
7. Молібденовокислий амоній 3 %-й.
8. Хлористий калій 5 %-й.
9. Нітратна кислота концентрована.
10. Аскорбінова кислота 0,1 %-ва.
11. Розчинити дифеніламін (1 %) у крижаній оцтовій кислоті; додати сульфатну кислоту до 2,75 %.

Обладнання:

1. Водяна баня.
2. Фарфорова ступка.
3. Колби.
4. Марля.
5. Паперові фільтри.
6. Скляні палички.
7. Пробірки.
8. Піпетки.
9. Маркер для писання по склі.

ХІД РОБОТИ

Підготовка матеріалу для дослідження

М'яз звільнити від жиру, сполучної тканини і добре подрібнити скальпелем або ножицями. Подрібнену м'язову тканину (6–8 г) помістити в охолоджену фарфорову ступку, залити 2 об'єми холодного фосфатного буферу рН 7,5 (15,6 mM

Na_2HPO_4 , 3,5 мМ KH_2PO_4) і старанно розтерти товкачиком. Додати 6–8 об'ємів холодного фосфатного буферу рН 7,5 (15,6 мМ Na_2HPO_4 , 3,5 мМ KH_2PO_4) і старанно розмішати. Перенести суміш у центрифужні пробірки та відцентрифугувати за 5000 г упродовж 10 хвилин. Отриманий супернатант – це водний білковий екстракт м'язової тканини.

М'язову масу, яка залишилася після центрифугування, перенести у фарфорову ступку, залити 1–2 об'єми холодного 5 %-го розчину хлористого калію у фосфатному буфері рН=7,5 (15,6 мМ Na_2HPO_4 , 3,5 мМ KH_2PO_4), старанно розтерти до гомогенності впродовж 2–3 хв. Додати 8–9 об'ємів холодного 5 %-го розчину хлористого калію у фосфатному буфері і старанно розмішати. Профільтрувати через паперовий фільтр у іншу колбу або відцентрифугувати за 9 упродовж 10 хв. Отриманий фільтрат (супернатант) – це сольовий білковий екстракт м'язової тканини.

Отримання безбілкового екстракту: до 15 мл водного екстракту додати 1,5 мл 20 %-го розчину оцтової кислоти і нагріти до 70–80 °С (для осадження білків і гідролізу органічних сполук фосфору) та охолодити. Після цього суміш профільтрувати через паперовий фільтр у пробірку. Отриманий фільтрат використовувати як безбілковий екстракт для виявлення екстрактивних речовин і мінеральних солей.

1. Виявлення білкових фракцій

М'язової тканини

А. Білки саркоплазми.

У пробірку налити 2 мл водного екстракту і провести біуретову реакцію: до досліджуваної рідини додати 2 мл 10 %-го розчину їдкого натру і 2–3 краплі 2 %-го розчину сірчановислої міді, витримати за кімнатної температури 10–15 хв. Звернути увагу на зміну кольору. У лужному середовищі за наявності солей міді білки дають червоно-фіалкове або

синьо-фіалкове забарвлення. Реакція зумовлена пептидними зв'язками в білку, які утворюють з іонами міді комплексні сполуки. Інтенсивність забарвлення залежить від концентрації білка (кількості пептидних зв'язків) (див. лабораторну роботу № 6, розділ «Статична біохімія»).

Б. Білки скоротливого апарату м'язів.

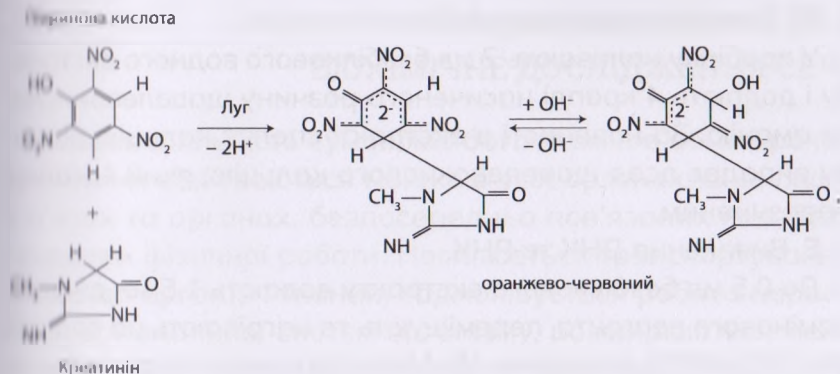
У пробірку налити 2 мл сольового екстракту і провести біуретову реакцію: до досліджуваної рідини додати 2 мл 10 %-го розчину їдкого натру і 2–3 краплі 2 %-го розчину сірчанокислої міді, витримати за кімнатної температури 10–15 хв. Звернути увагу на зміну забарвлення.

2. Якісне визначення деяких екстрактивних і мінеральних речовин м'язів

А. Виявлення креатину і креатиніну.

У дві пробірки налити по 1 мл безбілкового екстракту. У першу додати 1 мл 10 %-го розчину сульфатної кислоти та інкубувати впродовж 10 хв у киплячій водяній бані, потім рідину профільтрувати й обережно нейтралізувати (за індикатором) 10 %-м розчином їдкого натру. Згодом у дві пробірки налити по 3 мл 10 %-го їдкого натру і по 0,5 мл насиченого розчину пікринової кислоти. В обох пробірках з'являється жовто-помаранчеве забарвлення, інтенсивніше в першій пробірці.

Креатин, який міститься у фільтраті першої пробірки, під час нагрівання з кислотою перетворюється в креатинін, що зумовлює збільшення його загальної кількості у фільтраті. У другій пробірці перетворення креатину в креатинін не відбувається. Креатинін, взаємодіючи з пікриновою кислотою, утворює пікрат креатиніну, який у лужному середовищі має помаранчеве забарвлення:



Б. Виявлення молочної кислоти.

У пробірку наливають 1 мл реактиву Уфельмана (темно-фіолкове забарвлення) і додають краплями водний безбілковий екстракт до зміни забарвлення на оливкове (жовто-зелене).

Молочна кислота реагує з хлорним залізом, яке міститься в реактиві Уфельмана з утворенням молочнокислого заліза, яке має характерне зелено-жовте забарвлення.

В. Виявлення фосфатів у м'язовій тканині.

У пробірку наливають 2 мл безбілкового водного екстракту, додають 5–6 крапель азотної кислоти і 2 мл 3 %-го розчину молібденовокислого амонію та нагрівають. Спостерігають осад жовтого кольору – амонійної солі фосфорномолібденової кислоти – $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \times 12\text{MoO}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$. Додають 2 мл 0,1 %-ї аскорбінової кислоти. Амонійну сіль фосфорномолібденової кислоти відновлює аскорбіновою кислотою до розчинної фосфорномолібденової сині, інтенсивність забарвлення якої пропорційна вмісту фосфатів у досліджуваному матеріалі.

Г. Виявлення хлоридів у м'язовій тканині.

У пробірку наливають 2 мл безбілкового водного екстракту і додають 4 краплі 10 %-го розчину азотнокислого срібла. За наявності в екстракті сполук хлору відразу випадає осад хлориду срібла, який є майже не розчинним.

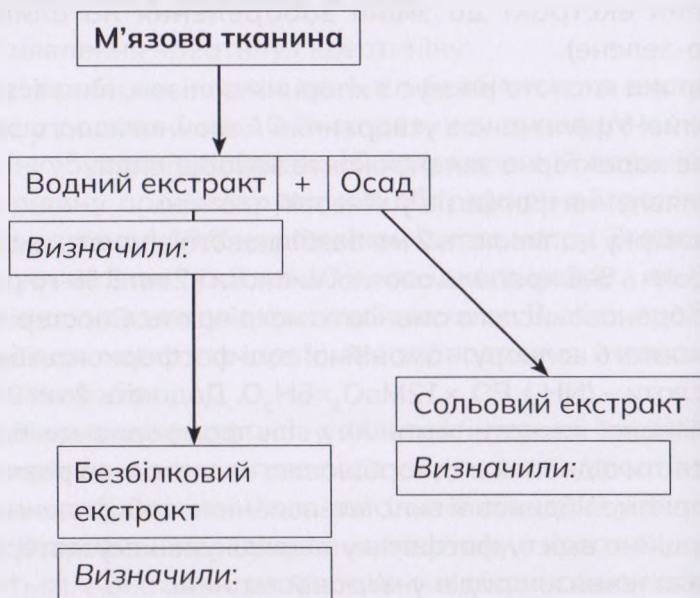
Д. Виявлення кальцію у м'язовій тканині.

У пробірку наливають 2 мл безбілкового водного екстракту і додають 4 краплі насиченого розчину щавелевокислого амонію. За наявності в екстракті сполук кальцію відразу випадає осад щавелевокислого кальцію, який є майже нерозчинним.

Е. Виявлення ДНК та РНК.

До 0,5 мл безбілкового екстракту додають 1,5 мл дифеніламінового реагента, перемішують та нагрівають на водяній бані (70–80 °С) упродовж 10–15 хв. За наявності дезоксирибози розвивається характерне синє забарвлення. Із рибозою РНК у процесі реакції з'являється зелене забарвлення.

Результати записують у схему.



Лабораторне заняття № 2

БІОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЧІ

М'язова діяльність зумовлює багато змін в обміні речовин. Зміни відбуваються майже в усіх органах, а не лише в м'язах та органах, безпосередньо пов'язаних із забезпеченням фізичної роботи. Посилюється транспортування речовин до органів і тканин, гармонізується робота нервової і гормональної систем організму, розширюються межі короткострокової та довготривалої адаптації. Перехід від стану відносного спокою до інтенсивної м'язової діяльності супроводжується стимуляцією енергетичного метаболізму. У цьому процесі важливу роль виконують гормони симпатoadреналової системи (норадреналін та адреналін), на що вказує їх посилене накопичення в м'язовій тканині. Вони також регулюють роботу серцево-судинної та видільної системи. Згодом норадреналін та адреналін виводяться в кров та екскретуються з сечею. Характер навантаження, його спрямованість та особливості емоційного чинника, що формує стан спортсмена на старті і допомагає реалізувати м'язове зусилля, визначає співвідношення між норадреналіном та адреналіном. Вважають, що у стані фізіологічної норми співвідношення катехоламінів є таким, що на 2 молекули норадреналіну припадає одна молекула адреналіну ($nA/A=2$). Отож після переходу на вищий рівень адаптації цей коефіцієнт має бути незмінним, хоч кількість норадреналіну й адреналіну підвищуються залежно від рівня стресовості навантаження.

Під час виконання фізичних вправ різної інтенсивності та тривалості у м'язовій тканині утворюється підвищена кількість продуктів обміну, які необхідно або перетворити на потрібні сполуки (наприклад, глюконеогенез: у печінці з молочної кислоти утворюється глюкоза) або видалити з організму (наприклад, виведення гіпурової кислоти, білірубину,

сечовини, креатиніну, непотрібних солей та зайвої води тощо). Отож сечовидільна система відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу організму людини, а біохімічне дослідження сечі має суттєве значення в спортивній практиці. Утворення і виділення сечі є однією з основних функцій нирок. За добу людина виділяє від 1,2 до 1,5 л сечі, яка на 91–96 % складається із води. Решта 4–9 % припадає на розчинені речовини та частково на клітини слизової оболонки.

Біохімічне дослідження сечі дає змогу спостерігати зміни в обміні речовин у організмі спортсменів та оцінювати реакцію організму на різноспрямовані фізичні навантаження. Також ці дослідження застосовують для виявлення заборонених у спортивній практиці речовин.

Представлено середні значення незалежно від віку, статі, фізичного навантаження й особливостей дієти та навколишнього середовища. За значних фізичних навантажень виділення води із потом може становити більше ніж 2 л.

Для якісного аналізу роблять забір ранкової порції сечі натще. Спочатку визначають її фізичні показники (колір, запах, прозорість, питому вагу), потім хімічні (див. табл. 3). Колір сечі залежить від вмісту в ній пігментів урохрому, уробіліну тощо.

Питома вага сечі коливається в межах 1,010–1,025 г/см³ залежно від величини діурезу (від 1,2 до 1,5 л), об'єму випитої води та кількості спожитих продуктів із підвищеним вмістом води, інтенсивності потовиділення (рис. 5).



Рис. 5. Водний баланс організму людини

Реакція сечі у звичайних умовах є слабокислою (рН 6,0–6,5). У разі вживання м'яса у великій кількості вона стає ще кислішою (до 4,8), за рослинного харчування – слабколужною (рН 8,0). Інтенсивна м'язова діяльність спричиняє різкий зсув реакції сечі в кислий бік унаслідок виділення надокислених продуктів (молочна, піровиноградна, ацето-адітова кислоти тощо). У гірських умовах, а також за різних захворювань реакція сечі може бути більш лужною. Звичайними складниками сечі є сечовина, креатинін, солі сечової і шавелевої кислот, іони Cl^- , Na^+ , NH_4^+ , PO_4^{3-} . Концентрація білка в сечі в нормі не має перевищувати 30 мг/л (менше ніж 0,03 мг/1мг креатиніну), амінокислот – 1,5 г/л, кетонів – 0,1 г/л, а глюкози – 0,16–0,50 г/л.

Таблиця 3

**Хімічний склад сечі людини
(питома вага 1,010–1,025; рН 5,0–7,0)**

Компоненти	Грамів на добу
Вода	1100–1600
Сечовина	20–30
Сечова кислота	0,3–1,2
Креатинін	1,5–2,5
Гіпурова кислота	0,1–2,0
Піровиноградна кислота	Сліди
Молочна кислота	Сліди
Індикан	0,001–0,038
Неорганічні іони:	15–25
Cl ⁻	5–11
PO ₄ ³⁻	2–6,6
K ⁺	1,8–2,6
Na ⁺	3–5,2
NH ₄ ⁺	0,6–1,3
Ca ²⁺	0,2–0,3
Mg ²⁺	0,006–0,2

На склад сечі значний вплив має харчовий раціон, стан органів травлення та захворювання нирок:

- білок може екскретуватися під час захворювання нирок;
- глюкоза може екскретуватися в разі цукрового діабету, або надміру у раціоні (аліментарна гіперглікемія), або за зростання її вмісту у крові внаслідок значного емоційного збудження;

- кетоніві тіла можуть екскретуватися за нестачі вуглеводів у раціоні (як наслідок активації глюконеогенезу);
- жовчні пігменти і жовчні кислоти можуть екскретуватися у разі захворювань печінки.

Крім цього, під час інтенсивної м'язової діяльності вміст значайних компонентів сечі збільшується. Водночас може відбуватися надмірне зростання вмісту білка (альбумінурія), глюкози (глюкозурія), кетонових тіл (кетонурія). Можуть також з'явитися незвичайні метаболіти, наприклад міоглобін, молочна кислота (лактат) тощо. За дотримання санітарно-гігієнічних вимог організації тренувань (зокрема, харчування та відпочинку) альбумінурія, глюкозурія та кетонурія швидко (за кілька годин) проходять. Проте в разі регулярних перевантажень та недовідновлення організму ці явища спостерігаються постійно.

Мета: вивчити хімічний склад сечі та навчитися проводити біохімічний аналіз сечі.

Завдання для самостійної підготовки

1. Назвіть хімічні компоненти сечі здорової людини.
2. Як змінюється реакція сечі залежно від складу їжі?
3. Вплив харчового раціону на біохімічні параметри сечі.
4. Які нетипові речовини можна виявити в сечі після інтенсивної м'язової роботи?
5. За якими показниками сечі можна оцінити баланс Нітрогену в організмі?
6. Поясніть причини спортивної альбумінурії.
7. Про що свідчить явище глюкозурії?
8. Що таке кетоз, кетонемія та кетонурія?
9. Вплив емоційного навантаження на біохімічний склад сечі людини.
10. Як зміняться кількісні біохімічні характеристики сечі під впливом фізичних вправ з обраного виду спорту?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Хімічний склад сечі здорової людини.
2. Типи енергозабезпечення під час м'язової роботи.
3. Швидкість відновлення біохімічних показників після м'язової роботи різного характеру, обсягу та інтенсивності.

Реактиви і матеріали:

1. Їдкий натр 10 %-й.
2. Насичений розчин пікринової кислоти.
3. Нітратна кислота 5 %-ва.
4. Молібденовокислий амоній 3 %-й.
5. Насичений розчин щавелевокислого амонію.
6. Сульфосаліцилова кислота 20 %.
7. Реактив Фелінга (ФІ-NaOH + ФІІ-CuSO₄).
8. Оцтова кислота 80 %-ва.
9. Нітропрусид натрію 10 %-й.
10. Аміак концентрований.

Обладнання і матеріали:

1. Біологічний матеріал (сеча).
2. Контейнер для забору сечі одноразовий.
3. Мірні циліндри на 50 мл.
4. Штативи з пробірками.
5. Спиртівки.
6. Паперові фільтри.
7. Уринометри.
8. Універсальний індикаторний папір.
9. Антисептики.

ХІД РОБОТИ

1. Визначення фізико-хімічних показників сечі

А. У мірний циліндр об'ємом 50 мл наливають досліджувану сечу. Колір і прозорість визначають візуально, використовуючи таку термінологію: безбарвна, світло-жовта, шафраново-жовта, жовто-рожева, кроваво-червона, червоно-бура, бура, зеленувато-бура; прозора, мутнувата, мутна.

Б. Запах може бути нормальний, аміачний, плодовий (за наявності кетонових тіл) тощо.

В. Питому вагу визначають за допомогою уринометра. Уринометр опускають у циліндр із сечею (на поверхні її не має бути піни) так, щоб він не торкався стінок циліндра, і проводять відлік на шкалі за нижнім меніском. Питома вага сечі здорової людини коливається від 1,01 до 1,03.

Г. Визначення рН сечі.

У сечу занурюють універсальний індикаторний папір, який змінює своє забарвлення залежно від активної реакції середовища: почервоніння свідчить про кислу, а посиніння – про лужну реакції. До паперу прикладають кольорову шкалу, за якою визначають рН сечі. Для точнішого визначення реакції використовують лабораторні рН-метри.

Д. Визначення провідності сечі. У хімічну склянку на 100 мл налити 49 мл дистильованої води та виміряти провідність за допомогою кондуктометра (має бути $\leq 5\mu\text{S}$). Долити 1 мл сечі та розмішати. Визначити провідність за допомогою кондуктометра (має бути $\leq 500\mu\text{S}$).

2. Виявлення компонентів сечі здорової людини

А. Виявлення іонів кальцію в сечі.

У пробірку наливають 2 мл сечі і додають 4 краплі натреного розчину щавелевокислого амонію. Поява осаду

свідчить про наявність кальцію, який утворює нерозчинну сіль із щавелевою кислотою.

Б. Виявлення хлоридів.

У пробірку наливають 2 мл сечі і додають 4 краплі 10 %-го розчину азотнокислого срібла. За наявності в екстракті сполук хлору відразу випадає осад хлориду срібла, який є майже не розчинним.

В. Виявлення білка в сечі.

У нормі вміст білка у сечі є дуже низький і не може бути виявлений за допомогою звичайних лабораторних методів. Проте вміст білка в сечі значно зростає після важких фізичних вправ (спортивна альбумінурія), а також у разі захворювань нирок і сечовидільних шляхів. Виявляють білок двома способами.

1. Проба з концентрованою азотною кислотою.

У пробірку наливають 2–3 мл концентрованої нітратної кислоти (HNO_3) і обережно, по стінці, нашаровують за допомогою піпетки такий самий об'єм сечі. За наявності підвищеного вмісту білка в сечі на межі рідин утвориться мутне біле кільце.

2. Проба з сульфосаліциловою кислотою.

У пробірку наливають 5 мл сечі і додають 10 крапель 20 %-го розчину сульфосаліцилової кислоти. За наявності підвищеного вмісту білка в сечі з'являється осад або помутніння. Реакція вдвічі чутливіша, ніж попередня.

Г. Виявлення глюкози в сечі.

Сеча здорової людини містить незначну кількість глюкози. Підвищення кількості глюкози в сечі можуть спостерігати тоді, коли вміст її в кров'яному руслі перевищує 8–9 ммоль/л. Отож цю величину називають «нирковим порогом глюкози».

У пробірку наливають 2 мл сечі, додають 1 мл реактиву Фелінга I і 1 мл реактиву Фелінга II. Нагрівають. За наявності глюкози під час кип'ятіння забарвлення суміші змінюється

Глибокого на цегляно-червоне, що зумовлено появою закису вуглецю Cu_2O .

Д. Виявлення кетонових тіл у сечі.

У нормі добова сеча може містити до 20–50 мг/л кетонових тіл. Такої концентрації кетонових тіл не виявляють за допомогою запропонованого методу. Проте у разі підвищення до 100 мг/л і більше (кетонурія) цей метод надійно виявляє кетонові тіла. Кетонурію спостерігають у разі голодування, раптового вживання жирів, різкого послаблення серцевої діяльності та тривалих інтенсивних фізичних навантажень.

У пробірку наливають 10 мл сечі, додають 1 мл 80 %-го розчину оцтової кислоти і 0,5 мл свіжоприготованого 10 %-го розчину нітропрусиду натрію. Тоді обережно нашаровують 1 мл концентрованого аміаку. За наявності в сечі підвищеного вмісту кетонових тіл на межі рідин утворюється фіалкове кільце.

Лабораторне заняття № 3

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОРГАНІЧНОГО ФОСФОРУ В СЕЧІ

Невеликий вміст АТФ у м'язах (0,25–0,40 % від їхньої маси), висока швидкість витрат (усього запасу АТФ вистачає на декілька сильних скорочень), втрата м'язами здатності до скорочення і розслаблення за значного зниження концентрації АТФ висувають високі вимоги до процесів, що забезпечують поповнення її запасів. Підвищення працездатності м'язів зумовлене також підвищеним запасанням енергетичних субстратів і збільшенням швидкості процесів, ресинтезу АТФ, яке пояснюють підвищеною активністю відповідних ферментів. Процеси, які здійснюють ресинтез АТФ, можуть бути охарактеризовані за допомогою декількох показників: максимальної потужності, метаболічної ємності, енергетичної ефективності та швидкості розгортання.

Максимальною потужністю процесу вважають найбільшу кількість енергії, яка може бути отримана для ресинтезу АТФ у цьому процесі за одиницю часу.

Метаболічна ємність – це загальна кількість енергії, яка може бути звільнена у разі використання певного енергетичного джерела аж до вичерпання усіх його запасів та можливостей.

Ефективність біохімічного процесу характеризується відношенням кількості енергії, використаної для виконання механічної роботи, до загальної кількості звільненої енергії. Переважно хімічна енергія, яка не була використана для ресинтезу АТФ, перетворюється у теплову та спричиняє значний розігрів м'язів, що інтенсивно скорочуються.

Швидкість розгортання конкретного метаболічного процесу ресинтезу АТФ залежить від співвідношень АТФ/АДФ, АТФ/АМФ, креатин фосфат / креатин та концентрації низи метаболітів, які утворюються в реакціях енергетичного обміну.

Внесок окремих механізмів енергозабезпечення залежить від інтенсивності та тривалості фізичного навантаження.

Окисне фосфорилування (аеробний процес) – основний спосіб енергозабезпечення організму людини. Під час метаболізму широкого кола субстратів (вуглеводи, ліпіди, продукти білкового обміну) утворюються піруват, кетоглутарова кислота (кетоглутарат), аспартат, сукцинат, ацетил-КоА, а також відновлені коферменти. Ці сполуки метаболізуються в циклі трикарбонних кислот та поєднаному із ним дихальному ланцюгові, реакції яких відбуваються у мітохондріях. Під час перебігу цих реакцій не нагромаджуються токсичні продукти обміну. Отже, метаболічна ємність цього механізму є найбільшою. Однак багатостадійність процесу та складний шлях транспортування кисню до мітохондрій, а вуглекислого газу від них, необхідність транспортувати через мітохондріальну мембрану АТФ, АДФ, фосфат, відновлені та окиснені коферменти, метаболіти для окиснення і низку продуктів проміжного обміну знижують загальну швидкість цих реакцій. Отож максимальна потужність цього механізму є невисокою. Найбільшій швидкості ресинтезу АТФ в аеробних реакціях у добре тренованих спортсменів, які виконали попереднє розминання, досягають у м'язах не раніше ніж через хвилину високоінтенсивного навантаження.

Анаеробні процеси, які містять меншу кількість проміжних реакцій, ніж аеробні, і не залежать від швидкості газообміну (O_2 – CO_2), мають більшу максимальну потужність і більшу швидкість розгортання. Однак їхня метаболічна ємність, яка залежить від величини запасів креатинфосфату і глікогену, а також від стійкості організму до дії продуктів анаеробного обміну, значно поступається ємності аеробного процесу.

Здебільшого під час достатньо інтенсивних навантажень першим використовують креатинфосфокіназний механізм. Гідроліз креатин фосфату, поєднаний із ресинтезом АТФ із АДФ, відбувається уже на 2–3 с від початку навантаження

і може забезпечити дуже інтенсивну роботу впродовж 12–20 с. Каталізує реакцію фосфокреатинкіназа, яка локалізується в ділянці М лінії саркомера. Тривалість цього механізму обмежено запасами креатинфосфату. Після їх вичерпання креатин та неорганічний фосфат потрібно вивести із міофібрил і перенести до мітохондрій, де відбудеться фосфорилування креатину. Каталізує цю реакцію креатинкіназа, яка локалізується в мітохондріальній мембрані. Для фосфорилування креатину використовується енергія АТФ і, можливо, енергія елетропотенціалу мітохондріальної мембрани. Таким чином, відновлення запасу креатинфосфату відбувається у результаті аеробного метаболізму.

Наступним за метаболічною ємністю і швидкістю розгортання за високоінтенсивного навантаження є глікогеноліз. У нормі концентрація вільної глюкози у м'язових клітинах є низькою (5 мМ у крові). Отож саме глікоген – основне вуглеводне джерело енергії. Реакції глікогенолізу активуються уже на 5–7 с від початку навантаження. Максимальної швидкості глікогенолізу досягають через 12–15 с. Проте цей механізм не може забезпечити довготривале виконання роботи через нагромадження молочної кислоти і закислення організму спортсмена.

У енергозабезпеченні будь-якої м'язової роботи беруть участь усі основні реакції ресинтезу АТФ (креатинфосфокіназна, міокіназна, гліколітична, окиснювально-фосфорилувальна), але співвідношення між ними під час виконання різних фізичних навантажень є різним.

Стосовно показника фосфору неорганічного, який визначають під час роботи, необхідно звернути увагу на те, що неорганічний фосфат потрібний для усіх перелічених механізмів ресинтезу АТФ.

Також слід зважати на те, що під час інтенсивних навантажень функціонування нирок є недосконалим (глюкозурія, альбумінурія і т.д.), а фосфати й органічні фосфорні ефіри

можуть виходити із клітин у кров. Близько 60 % фосфору, який не використав організм, виводиться із сечею. Отож вміст неорганічного фосфору в сечі є опосередкованим критерієм швидкості виконаного навантаження.

Мета: знати аеробні та анаеробні шляхи ресинтезу АТФ і їх взаємозв'язок з енергозабезпеченням м'язової роботи. Знати визначати неорганічний фосфор у сечі.

Завдання для самостійної підготовки

1. Назвіть аеробні й анаеробні шляхи ресинтезу АТФ під час м'язової діяльності.
2. Поняття про потужність, ємність і ефективність процесів, що забезпечують ресинтез АТФ.
3. Наведіть приклади фізичних вправ, де переважає ресинтез АТФ за допомогою креатинфосфокіназної реакції.
4. Охарактеризуйте роль міокіназної реакції у підтриманні сталої концентрації АТФ у м'язах.
5. Опишіть ресинтез АТФ у процесі гліколізу. Ефективність і особливість гліколітичного процесу під час м'язової роботи.
6. Ресинтез АТФ у процесі окиснювального фосфорилування.
7. Охарактеризуйте білки крові і м'язів, які беруть участь у забезпеченні киснем процесів аеробного ресинтезу АТФ.
8. Чи є взаємозв'язок між аеробним і анаеробним процесами у м'язах?
9. Участь неорганічного фосфору в синтезі ергогенних сполук.
10. Як змінюється екскреція неорганічного фосфору під впливом змагальних навантажень з обраного виду спорту?

11. Як організувати біохімічне обстеження спортсмена, щоб оцінити ступінь тренуваності за показником екскреції неорганічного фосфору?
12. Які є джерела накопичення фосфатів в організмі людини?
13. З обміном якого хімічного елемента тісно пов'язаний обмін неорганічного фосфору?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Потужність, ємність та ефективність різних джерел ре синтезу АТФ.
2. Склад сечі здорової людини.
3. Фосфоровмісні макроергічні сполуки.
4. Гетерохронність біохімічної реституції енергосубстратів.

Реактиви і матеріали:

Набір реактивів для визначення неорганічного фосфору:

1. Молібденова суміш – реактив А (25 г молібденовокислого амонію і 300 мл води), реактив В (150 мл концентрованої сірчаної кислоти і 250 мл води).
2. Аскорбінова кислота (250 мг розчинити у 25 мл 0,1 н НСІ).
3. Калібрувальний розчин однозаміщеного фосфату калію (40 мМ)

Обладнання і матеріали:

1. Біологічний матеріал (сеча).
2. Піпетки.
3. Піпеткові дозатори.
4. Контейнер для забору сечі одноразовий.
5. Антисептики.
6. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

У сильно кислому середовищі неорганічний Фосфор (фосфати) утворює із молібденовою кислотою фосфомолібденову кислоту, яка відновлюється в присутності аскорбінової кислоти у молібденову синь. Якщо під час реакції утвориться осад біліка перед фотометруванням, необхідно додати триетаноламін для його розчинення (зафіксувати об'єм).

1. Змішують 30 мл реактиву «А» та 20 мл реактиву «Б» – молібденовий реактив.
2. Розводять калібрувальний розчин однозаміщеного фосфату калію (40 мМ) у 50 разів (1 мл та 49 мл води).
3. Підписують 5 пробірок відповідно до таблиці (Д1, Д2, К1, К2, Х).
4. У мірному циліндрі 1 мл сечі розводять дистильованою водою до 100 мл.
5. У пробірки вносять реагенти згідно з таблицею.

Відміряти у пробірку, мл	Проба				
	Дослідна 1	Дослідна 2	К1	К2	Холоста
Біологічна рідина	1,0	2,0	–	–	–
Дистильована вода	1,0	–	1,0	–	2,0
Калібрувальний р-н	–	–	1,0	2,0	–
Молібденовий реактив	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Розчин аскорбінової кислоти	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

7. Через 10 хв колориметрують на ФЕКу (у разі 560 нм – червоний світлофільтр) і записують результати в таблицю.

Проба	Дослідна 1	Дослідна 2	К1	К2	Холоста
Е 560					

Обраховують результати в такій послідовності:
концентрація фосфату у пробі (мМ):

$$C_{1(P)} = (E_{Д1} - E_{Хол}) / (E_{К1} - E_{Хол}) \times 0,08 \times 100;$$

$$C_{2(P)} = (E_{Д2} - E_{Хол}) / (E_{К2} - E_{Хол}) \times 0,08 \times 100;$$

$$C = (C_{1(P)} + C_{2(P)}) / 2,$$

де $C_{1(P)}$ і $C_{2(P)}$ – концентрація фосфату у першій та другій дослідних пробіках;

$E_{Хол}$ – поглинання (екстинкція) холостої проби;

$E_{Д1}$ і $E_{Д2}$ – поглинання (екстинкція) дослідних 1 та 2 проб відповідно;

$E_{К1}$ і $E_{К2}$ – поглинання (екстинкція) калібрувальних 1 та 2 проб відповідно;

0,08 – концентрація фосфату у калібрувальному розчині;

100 – коефіцієнт розведення сечі;

C – середнє арифметичне двох дослідних проб – концентрація фосфату у сечі виражена у мМ.

9. Для перерахунків у г/л або г/добу обраховуємо величину моля фосфат-іона $(H_2PO_4)^- = 97$ г та вважаємо, що середній об'єм діурезу становить 1,2 л.

Лабораторне заняття № 4 ВИЗНАЧЕННЯ СЕЧОВИНИ В СЕЧІ

Процеси, які відбуваються в організмі після роботи, полягають в утилізації нагромаджених під час роботи продуктів розпаду і поповнення запасів використаних речовин. Передусім відновлюються ресурси креатинфосфату, потім вміст глікогену в таких життєво важливих органах: головному мозку, серці, пізніше – у скелетних м'язах і печінці. Значно повільніше відновлюються запаси ліпідів і найпізніше – білки.

У певному періоді відновлення вміст використаних під час роботи речовин може переважати вихідний доробочий рівень. Таку особливість відновних процесів називають суперкомпенсацію (надвідновленням). Суперкомпенсація – це тимчасове явище, яке спостерігається лише у певний відносно короткий проміжок відновного періоду. Далі показники знову знижуються до вихідного доробочого рівня.

За правилом Енгельгардта, висота суперкомпенсаторного піку прямопропорційно залежить від глибини витрат енергоресурсів під час подолання навантаження. Причиною виникнення суперкомпенсації є посилене утворення деяких метаболітів і гормонів під час роботи та після неї, що впливає на активність ферментів, які каталізують реакції пластичного й енергетичного обмінів. У період відпочинку ці метаболіти і гормони руйнуються не відразу, а деякий час циркулюють в організмі, тому активність ферментів також залишається підвищеною. У результаті цього інтенсивність ресинтезу АТФ у процесах окиснювального фосфорилування після роботи залишається високою, що за відсутності витрат енергії на м'язову діяльність створює сприятливі умови для перебігу біосинтетичних реакцій. У період відпочинку джерелом енергії для реакцій ресинтезу креатинфосфату і глікогену є реакції окисного фосфорилування, які відбуваються із активним поглинанням кисню у мітохондріях. Це потребує додаткової

(порівняно із спокоєм, якому не передувало навантаження) кількості кисню в період відновлення після роботи. Це післяробоче підвищення споживання кисню названо «оплатою кисневого боргу». Передусім відбувається ліквідація алактатного, потім лактатного анаеробного компонента кисневого боргу.

Відновлення енергоресурсів, що були використані для ресинтезу АТФ, відбувається в тій самій послідовності, як і їх залучення під час роботи м'язів, а саме: спочатку відновлюється креатинфосфат, потім глікоген, потім ліпіди і найпізніше – білки. Отож ці процеси підпорядковуються принципові гетерохронності біохімічної реституції. Зазвичай саме синтез білків лімітує повне відновлення працездатності після участі у виснажливих та тривалих тренування або змаганнях. З огляду на це показники білкового обміну можуть мати цінну інформацію про важливість для організму виконаної м'язової роботи, про темпи відновлення.

Утомою вважають тимчасову втрату працездатності. Здебільшого втому вивчають як комплексне явище, за якого причиною зниження працездатності може бути вихід із ладу одного з компонентів у складній взаємозв'язаній системі органів і функцій організму чи порушення взаємозв'язку між ними. До таких наслідків можуть призвести метаболічні порушення у результаті інтенсивних фізичних навантажень: підвищення температури тіла, дегідратація, ацидоз, алкалоз, кетоз тощо. Суттєвою причиною втоми після інтенсивного навантаження може стати зниження енергетичних ресурсів організму, зменшення активності ключових ферментів через накопичення продуктів метаболізму, ГАМК тощо.

Утома внаслідок роботи різної інтенсивності та різної тривалості має певні особливості. Виконання короткотривалої роботи максимальної та субмаксимальної потужності призводить до різкого зниження темпів ресинтезу АТФ у м'язах за одночасного підвищення рівня АДФ, до зниження вмісту

і темпів ресинтезу креатинфосфату і значного підвищення концентрації лактату. Зміну показників продуктивності в цих видах вправ виявляють переважно в момент, коли запаси КрФ у м'язах, які інтенсивно скорочуються, вичерпуються більш ніж наполовину від початкових значень. Через зростання концентрація лактату значно знижується внутрішньоклітинний рН. Усе це має виражений інгібований вплив на АТФ-азу міозину, основний фермент, від якого залежить ефективність перетворення енергії макроергічних фосфатних зв'язків АТФ в механічну роботу м'язів. Отже, нагромадження АДФ, креатину, неорганічного фосфату та молочної кислоти (лактату) потрібно розглядати як головні чинники зниження м'язової працездатності і розвиток втоми під час виконання короткочасних інтенсивних вправ.

Під час тривалих вправ великої і помірної потужності механізми виникнення втоми мають комплексний характер. Насамперед це зміни, пов'язані з зниженням рівня енергозабезпечення м'язів, які інтенсивно скорочуються, зміни, пов'язані з білковим обміном, гормональною діяльністю, водно-сольовим обміном та зсувом електролітного балансу організму. Причини виникнення втоми під час тривалої роботи також можуть бути зумовлені порушеннями в діяльності ЦНС через дегідратацію, гіпертермію, нагромадження ГАМК, накопичення продуктів білкового метаболізму – аміаку та сечовини. Аміак є досить токсичним для організму людини. Його концентрація у крові не має перевищувати 2 мг/л. Знешкодження аміаку відбувається завдяки синтезу сечовини – циклу реакцій, які відбуваються в печінці. Для знешкодження двох молекул аміаку необхідно затратити три молекули АТФ, а кінцевим продуктом перетворення є сечовина.

Сечовина – це головний азотовмісний продукт метаболізму білків та нуклеїнових кислот. Ступінь збільшення вмісту сечовини в крові через 1,5–2 год та 10–14 годин після навантаження є одним із важливих біохімічних маркерів втоми.

Переважно цей показник корелює із кількістю сечовини, виділеною за добу із сечею. Підвищений (порівняно з нормою) вміст сечовини в крові та сечі на пізніх стадіях відновлення (наприклад, уранці наступного дня після тренування або змагання) свідчить про незавершеність відновних процесів. Повернення цього показника до норми вказує на завершення відновних реакцій і стабілізацію білкового обміну.

Мета: навчитися визначати вміст сечовини за допомогою фотоколориметричного методу.

Завдання для самостійної підготовки

1. Що таке втома?
2. Які біохімічні процеси відбуваються у м'язах під час тривалого фізичного навантаження?
3. Охарактеризуйте втому в зоні максимальної відносної потужності.
4. Охарактеризуйте втому в зоні субмаксимальної відносної потужності.
5. Охарактеризуйте втому в зоні великої відносної потужності.
6. Охарактеризуйте втому в зоні помірної відносної потужності.
7. Загальна спрямованість метаболізму в організмі людини в період відпочинку після м'язової роботи.
8. Що таке явище суперкомпенсації; які його причини?
9. Розкрийте суть правила Енгельгардта.
10. Принцип гетерохронності біохімічної реституції.
11. Особливості використання амінокислот як джерела енергії.
12. Баланс Нітрогену в організмі людини.
13. Утворення аміаку під час засвоєння білка.
14. Синтез сечовини як засіб знешкодження високотоксичного аміаку.

15. Як змінюється екскреція сечовини у спортсменів після фізичних навантажень різного характеру та інтенсивності?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Біохімічна характеристика фізичних вправ із різних зон відносної потужності: максимальної, субмаксимальної, великої та помірної.
2. Типи відновлення: поточне, термінове, відкладене, кумулятивне.
3. Різновиди тренувальних ефектів.
4. Фазний характер відновних процесів.
5. Явище суперкомпенсації.

Реактиви і матеріали:

Набір реактивів для визначення сечовини.

1. Розчин тіосемикарбазиду.
2. Розчин діацетилмонооксиму.
3. Калібрувальний розчин сечовини.
4. Фізіологічний розчин (NaCl 0,9 %-й).
5. Сульфатна кислота концентрована.

Обладнання і матеріали:

1. Досліджуваний біологічний матеріал (сеча).
2. Водяна баня.
3. Контейнер для забору сечі одноразовий.
4. Піпетки.
5. Пробірки.
6. Фольга або корки.
7. Таймер.
8. Маркер.
9. Антисептики.
10. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

Сечу перед аналізом необхідно розвести в 50 разів. Для цього в мірний циліндр (50 мл) набираємо 1 мл сечі і доливаємо до мітки 50 мл дистильовану воду.

Відповідно до таблиці 4 у пробірку налити (попередньо) біологічну рідину і робочі розчини.

Таблиця 4

Склад реакційної суміші для визначення сечовини

Відміряти у пробірку, мл	Проба		
	дослідна	калібрувальна	холоста
Біологічна рідина	0,02	–	–
Фізіологічний р-н	–	–	0,02
Калібрувальний р-н	–	0,02	–
Р-н тіосемікабазиду	2,00	2,00	2,00
Р-н діацетилмоноксиму	2,00	2,00	2,00

Пробірки закривають ковпачками, перемішують вміст і одночасно поміщають у бурхливо киплячу водяну баню на 10 хв (притіняють). Потім пробірки швидко охолоджують під проточною водою. Забарвлення стабільне впродовж 15 хв. Вимірюють оптичну густину дослідної і калібрувальної проб проти холостої проби. Фотометрування здійснюють у 10 мм кюветах за довжини хвилі 540–560 нм у діапазоні 0–1,0 опт. од.

Якщо після нагрівання розчин у пробірці з дослідною пробою мутний, то його центрифугують упродовж 5 хв або депротейнізують розчином ТХОК.

Розрахунок концентрації сечовини проводять за формулою:

$$C = E_{\text{досл.}} / E_{\text{кал.}} \times 50 \times 16,65 \text{ мМ},$$

де C – концентрація сечовини в пробі, ммоль/л;

$E_{\text{досл.}}$ – оптична густина дослідної проби;

$E_{\text{кал.}}$ – оптична густина калібрувальної проби;

50 – коефіцієнт розведення проби;

$16,65 \text{ мМ}$ – концентрація сечовини в калібрувальному розчині (ммоль/л).

Для розрахунку добового виділення сечовини отриманий результат потрібно помножити на об'єм добового діурезу (1,2–1,5 л). У нормі концентрація сечовини в сечі людини становить 230–400 ммоль/л, що відповідає добовому виділенню 10–30 г на добу.

Лабораторне заняття № 5

ВИЗНАЧЕННЯ КРЕАТИНІНУ В СЕЧІ

Тренування спричиняють термінові, віддалені й кумулятивні біохімічні адаптивні зміни. Термінові зміни – це ті біохімічні зміни, які відбуваються під час виконання роботи і можуть бути виявлені після її закінчення.

Віддаленими називають адаптивні зміни, які відбуваються на пізніших стадіях відновлення після роботи. Центральним явищем відкладеного ефекту тренувань є суперкомпенсація енергетичних джерел і структурних компонентів клітини.

Кумулятивні зміни виникають як результат нашарування слідів багатьох тренувальних занять. За умови правильної побудови тренувального процесу кумулятивні зміни забезпечують підвищення функціональних можливостей організму. Вони полягають у нагромадженні доступних для використання в роботі енергетичних субстратів, збільшенні кількості ферментів, підвищенні буферної ємності і стійкості організму до утворення недоокиснених продуктів обміну, посиленні синтезу речовин, які становлять основу клітинних структур (білків, ліпідів), удосконаленні регуляторних систем організму. Під час виконання максимальних навантажень з результатом, що дорівнює особистому рекордові, у тренуваних спортсменів ступінь біохімічних змін у тканинах, крові та сечі спостерігають значно вищий, ніж у нетренуваних осіб.

Одним із прикладів кумулятивних змін, які зумовили інтервальні тренування, є зростання у м'язовій тканині вмісту креатинфосфату. Креатинфосфат міститься в нервовій та м'язовій тканинах. Креатинфосфат, подібно до АТФ, є макроергічною сполукою. На відміну від АТФ, яка за потреби в енергії гідролізується за пірофосфатним зв'язком (P–O–P), креатинфосфат гідролізується за фосфамідним зв'язком (N–P), який є більш енергоємний (приблизно у 1,5 раза). Цю сполуку використовують для швидкого відновлення концентрації

АТФ під час виконання фізичних навантажень із максимальною потужністю: АДФ + креатинфосфат \rightarrow АТФ + креатин. Реакцію каталізує одна із форм креатинкінази.

Різниця в енергоємності є важливою для швидкого відновлення концентрації АТФ саме у м'язових міфібрилах – місці інтенсивного використання АТФ. Оскільки концентрація АТФ завжди має підтримуватися на певному рівні (організм не може запасати АТФ), саме креатинфосфат є сполукою, яка може нагромаджуватися (теж до певної межі) та бути ефективним джерелом енергії для ресинтезу АТФ. Концентрація креатинфосфату в м'язі у стані спокою в 3–8 разів вища від концентрації АТФ. Цього запасу достатньо для інтенсивної роботи протягом перших 6–15 секунд, доки не увімкнеться гліколітичний механізм ресинтезу АТФ.

Під час відпочинку рівень креатинфосфату швидко відновлюється завдяки АТФ, яка була ресинтезована за допомогою енергії окисного фосфорилування (функціонування мітохондрій). Реакцію каталізує інша форма ферменту – мітохондріальна креатинкіназа. Таким чином, у м'язовій тканині креатинфосфат є внутрішньоклітинним переносником енергії від мітохондрій до міофібрил.

Креатин – це дещо нестійка сполука, яка з певною постійною швидкістю (неферментативно) перетворюється у креатинін. Креатинін є непотрібною речовиною, і тому має бути виведений із організму людини.

Креатинін є однією із найбільш важливих речовин у сучасному клінічному аналізі, оскільки його концентрація у крові та сечі – це важливий показник, який застосовують для оцінювання функції нирок, а також характеристики фізіологічного стану спортсменів. Нормальний вміст креатиніну в крові становить: для жінок – 44–97 мкМ, для чоловіків – 62–115 мкМ. Гіперкреатинінемія може бути пов'язана із хронічними або гострими нирковими захворюваннями та ураженням нирок токсичними чинниками. Рівень креатиніну

збільшується також у разі зневоднення організму та ураження м'язів. Також наявне підвищення рівня креатиніну в сироватці крові та сечі, якщо споживають велику кількість м'яса або застосовують препарати креатину. У низці випадків споживання креатину сприяє поліпшенню спортивних результатів, тому багато спортсменів часто використовують його як харчовий додаток. Проте встановлено, що креатин і креатинін можуть бути попередниками харчових мутагенів та уремічних токсинів.

Для оцінювання вмісту креатиніну в плазмі (сироватці) крові та сечі широко використовують реакцію із пікриновою кислотою.

Мета: навчитися визначати вміст креатиніну в сечі на фотоелектроколометрі та інтерпретувати дані біохімічного моніторингу.

Завдання для самостійної підготовки

1. Закономірності біохімічних адаптаційних змін у процесі силових тренувань.
2. Закономірності біохімічних адаптаційних змін під час тренування витривалості.
3. Закономірності біохімічних адаптаційних змін у процесі аеробних тренувань.
4. Різновиди витривалості.
5. Охарактеризуйте терміновий, відкладений і кумулятивний тренувальні ефекти.
6. Опишіть біохімічні особливості взаємодії тренувальних ефектів від повторних навантажень (принцип повторності і регулярності), які виконують:
 - а) у період повного відновлення від попередніх навантажень;
 - б) у період різних стадій неповного відновлення;
 - в) у період суперкомпенсації.

7. Біохімічне обґрунтування правильного співвідношення роботи і відпочинку в процесі тренування та принцип циклічності.
8. Біохімічне обґрунтування поступового збільшення спортивного навантаження. Принцип надобтяження.
9. Поясніть взаємозв'язок закономірностей біохімічної адаптації з принципами побудови тренувального процесу?
10. Опишіть послідовність біохімічних змін в організмі під час тренування, розтренування та перетренування.
11. Охарактеризуйте особливості тренування в умовах природної та штучної гіпоксії.
12. Використання кількісного визначення креатиніну для оцінювання короткотривалих та довготривалих ефектів адаптації.
13. Що таке гіпер- та гіпокреатинурія? Причини, що їх супроводжують.
14. Коли настає стадія суперкомпенсації вмісту креатинфосфату?
15. Як вплинуть постійні навантаження у зоні максимальної потужності на вміст креатинфосфату в м'язах?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Принципи спортивних тренувань.
2. Типи адаптації.
3. Біохімічна характеристика різних зон відносної потужності.
4. Послідовність біохімічних змін під час тренування, розтренування та перетренування.
5. Схема побудови мікроциклів тренувань за Матвєєвим.

Реактиви і матеріали:

1. Набір реактивів для визначення креатиніну.
2. Біологічний матеріал (сеча).
3. Калібрувальний розчин креатиніну.
4. ТХОК.
5. Дистильована вода.
6. Їдкий натр.
7. Пікринова кислота.

Обладнання і матеріали:

1. Мірні циліндри на 50–100 мл.
2. Штативи з пробірками.
3. Піпеткові дозатори.
4. Піпетки.
5. Контейнер для сечі одноразовий.
6. Антисептики.
7. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

Перед аналізом біологічний матеріал (сеча) розвести у 100 разів (до 1 мл сечі додати 99 мл води).

У три різні пробірки відміряти точно (згідно зі схемою) всі необхідні розчини речовин.

Реактиви (мл)	Проби		
	дослідна	контрольна	калібрувальна
Калібрувальний розчин	–	–	2,0
Розведена сеча	1,0	–	–
ТХОК	0,5	0,5	–
Дистильована вода	0,5	1,5	–
Розчин їдкого натру	1,0	1,0	1,0
Розчин пікринової кислоти	1,0	1,0	1,0

Перемішати, витримати 20 хв за кімнатної температури та фотометрувати навпроти контрольної проби за 500–560 нм (жовто-зелений світлофільтр). Отриманий результат помножити на коефіцієнт розведення (100).

Концентрацію креатиніну розраховують за формулою:

$$C = 0,02 \times \frac{E_{\text{досл.}}}{E_{\text{кал.}}} \times 100 \text{ (мг/мл) або}$$

$$C = 0,177 \times \frac{E_{\text{досл.}}}{E_{\text{кал.}}} \times 100 \text{ (мкмоль/мл),}$$

де C – вміст креатиніну в пробі;

$0,02$ мг/мл ($0,177$ мкмоль/мл) – концентрація креатиніну в калібрувальному розчині;

$E_{\text{досл.}}$ – оптична густина дослідної проби;

$E_{\text{кал.}}$ – оптична густина калібрувальної проби;

100 – коефіцієнт розведення проби.

Кількість креатиніну в добовій сечі визначають за формулою:

$$KK = C \times V,$$

де KK – кількість креатиніну в добовій сечі, мг або мкмоль;

C – концентрація креатиніну в 1 мл нерозведеної сечі, мг або мкмоль;

V – добова кількість сечі, мл; переважно середня добова кількість сечі коливається в межах 1200–1500 мл.

Норма креатиніну в сечі:

Дорослі

чоловіки 14–26 мг/кг/добу (124–230 мкмоль/кг/добу),

жінки 11–20 мг/кг/добу (97–177 мкмоль/кг/добу).

Добова сеча здорової людини –

4,4–17,7 ммоль/добу (0,5–2,0 г/добу).

Лабораторне заняття № 6

КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПІРОВИНОГРАДНОЇ КИСЛОТИ В СЕЧІ

Фізична працездатність людини становить собою інтегральну властивість організму, яку визначають за великою кількістю чинників, що поділяють на дві групи: чинники потенцій (внутрішніх можливостей) і чинники продуктивності, що визначають ступінь реалізації внутрішніх можливостей у конкретних умовах тренувань і змагань із обраного виду спорту. До чинників потенцій належать швидкісно-силові якості і здатність до вироблення енергії для м'язової діяльності. До чинників продуктивності належать: техніка і тактика виконання вправ, мотивація, вольові якості спортсменів тощо. Слід чітко визначити взаємозв'язок між чинниками спортивної працездатності та особливостями перебігу біохімічних процесів і звернути увагу на специфіку їх прояву у різних видах спорту, виявити найінформативніші біохімічні параметри, за допомогою яких можна оцінювати рівень розвитку метаболічних систем, що лежать в основі прояву спортивної працездатності.

Розглядаючи біохімічні зміни, які відбуваються під час подолання тренувальних і змагальних навантажень із різних видів спорту, але які мають однакову потужність і тривалість, слід зазначити, що вони подібні за характером і глибиною.

У деяких видах спорту діють специфічні чинники. Наприклад, у плавців, ватерполістів (представників водних видів спорту) значно зменшене потовиділення, тому деяких проміжних продуктів обміну значно більше в сечі. Під час занять ігровими видами спорту, які супроводжуються великою емоційною напруженістю, суттєво підвищується продукція гормонів, зокрема катехоламінів (адреналіну і норадреналіну), та збільшується їх екскреція зі сечею.

Залежно від віку проявляються особливості енергозабезпечення, а відповідно, є вікові норми біохімічного складу крові та

сесії. Отож слід ураховувати цей чинник під час використання біохімічного моніторингу на ранніх стадіях відбору дітей, щоб спрямувати їх для занять тими чи тими видами спорту.

Вивчаючи особливості занять різними видами спорту, потрібно детально розглянути біохімічні зміни в організмі під час легкоатлетичного бігу, де найчіткіше проявляється їхня залежність від відносної потужності та тривалості вправ.

Умови проведення тренувань та змагань у середньогір'ї (1000–3000 м над рівнем моря) відрізняються від таких на рівнині передусім пониженим парціальним тиском кисню в повітрі, через що зменшується насиченість киснем гемоглобіну крові та міоглобіну м'язів; підвищеною сухістю повітря, яка є причиною втрати води через органи дихання і через потовиділення; зниженням загального атмосферного тиску, яке призводить до втрати вуглекислоти, а отже, зменшує метаболічну ємність карбонатних буферних систем і призводить до порушення рівноваги кислотно-лужного балансу (у лужний бік). Терміновий тренувальний ефект у середньогір'ї проявляється більшою, порівняно з роботою на рівні моря, активацією анаеробних систем енергоутворення, а кумулятивні адаптаційні зміни забезпечують як поліпшення надходження, транспортування і використання кисню, так і удосконалення механізмів анаеробного й аеробного ресинтезу АТФ. Це виявляється у збільшенні гемоглобіну крові і міоглобіну в м'язах, підвищенні їхньої спорідненості з киснем, збільшенні кількості дихальних ферментів у мітохондріях, а також ферментів анаеробного метаболізму (гліколізу), поліпшенні кровопостачання органів і систем, підвищенні у м'язах концентрації креатинфосфату та глікогену. Перші ознаки акліматизації виявляють уже через 12–14 днів тренування в гірських умовах, через 2–3 місяці перебування в цих умовах швидкість набутих адаптаційних змін різко знижується.

Стосовно біохімічного показника ПВК слід зазначити, що воно є продуктом аеробного обміну вуглеводів. За аеробних

умов відбувається її окисне декарбоксілювання за участю ферментного комплексу ліпотіамін-пірофосфату із утворенням ацетил-КоА, який далі розщеплюється в циклі Кребса. Нестача будь-якого складника ферментного комплексу, а також нестача кисню призводять до сповільнення процесу утворення ацетил-КоА. Окиснення ацетил-КоА в циклі Кребса та в мітохондріальному дихальному ланцюгові до CO_2 і H_2O за гіпоксії також зменшується. Обмін вуглеводів у гіпоксичних умовах гальмується на рівні молочної кислоти. Наступне її окиснення до ПВК буде можливим за появи достатньої кількості кисню. Окрім обміну вуглеводів, ПВК бере участь в обмінах жирів (на рівні перетворення гліцерину) та білків (реакції дезамінування і переамінування амінокислот).

Надмір утворення ПВК у тканинах супроводжується їх посиленою елімінацією в кров. Під час фільтрації крові у нирках ПВК як низькомолекулярна сполука частково не абсорбується і потрапляє в сечу. У здорових людей за добу з сечею екскретується 10–25 мг ПВК.

У спортивній практиці цей біохімічний параметр використовують як критерій швидкості переходу домінування анаеробних механізмів у домінування аеробних механізмів енергоутворення.

Мета: біохімічно обґрунтувати особливості занять різними видами спорту. Вивчити значення адаптаційних біохімічних змін під час тренувань та змагань в умовах середньогір'я. Навчитися визначати ПВК в сечі та інтерпретувати дані біохімічного моніторингу до і після навантаження різного спрямування.

Завдання для самостійної підготовки

1. Які чинники лімітують аеробну та анаеробну працездатність спортсмена?

2. Поясніть біохімічне обґрунтування класифікації спортивних вправ згідно з чотирма зонами відносної потужності роботи.
3. Назвіть спільність і відмінність циклічних і ациклічних видів спорту за співвідношенням рівнів аеробного та анаеробного компонентів працездатності.
4. Опишіть вікові зміни аеробного та анаеробного компонентів працездатності.
5. Поясніть вплив умов середньогір'я на характер і глибину біохімічних змін у відповідь на тренувальні і змагальні навантаження.
6. Назвіть передстартові біохімічні зміни. Їхня залежність від особливостей роботи та тренуваності спортсмена.
7. Продуктом якого обміну є ПВК?
8. Яка ферментна система бере участь у окисному декарбоксілюванні ПВК?
9. За яких умов екскреція ПВК збільшується?
10. В обміні яких речовин бере участь ПВК?
11. Який показник екскреції ПВК є нормою?
12. У що перетворюється ПВК у результаті окисного декарбоксілювання?
13. За якою формулою розраховують концентрацію ПВК?
14. За якої довжини хвилі колориметрують продукт, інтенсивність якого пропорційна концентрації ПВК?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Біохімічна характеристика циклічних та ациклічних видів спорту.
2. Співвідношення між аеробним та анаеробним компонентами працездатності в різних видах спорту.
3. Біохімічні зміни за впливу умов середньогір'я.

4. Біохімічна характеристика передстартових змін спортсмена.
5. Схема окисного декарбоксілювання.

Реактиви і матеріали:

1. Стандартний розчин (20 мл ПВК в 1 л H_2O).
2. 2,4-динітрофенілгідразину 0,1 % (розчин HCl 2 н).
3. Соляна кислота 2 н.
4. Їдкий натр 12 %-й.

Обладнання і матеріали:

1. Біологічний матеріал (сеча).
2. Контейнер для сечі одноразовий.
3. Пробірки.
4. Піпетки.
5. Дистильована вода.
6. Антисептики.
7. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

Узяти дві пробірки, в одну налити 0,1 мл стандартного розчину ПВК, а потім в обидві додати по 0,9 мл води і по 0,5 мл 0,1 %-го розчину 2,4-динітрофенілгідразину, змішати і на 20 хв залишити у темному місці. Потім додати по 1 мл 12 %-го розчину їдкого натрію і через 10 хв визначити на ФЕКУ оптичну густину забарвлених розчинів проти води за допомогою синього світлофільтру. Концентрацію ПВК розраховують за формулою:

$$CD = CST \times ED \times 1,5 / EST,$$

де CD – концентрація ПВК в сечі (мг/добу);

CST – концентрація стандартного розчину ПВК (20 мг / 1 л);

ЕД – оптична густина досліджуваної проби;

ЕСТ – оптична густина стандарту ПВК;

1,5 – перерахунок на добову кількість сечі.

У здорових людей із сечею за добу виділяється 10–25 мг ПВК. Екскреція збільшується у разі V_1 -вітамінної недостатності, захворювань печінки, цукрового діабету, серцевої декомпенсації, токсикозів, гіпоксії різного походження.

Лабораторне заняття № 7

КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ

Молочна кислота (2-гідроксипропанова – $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$, у дисоційованому стані – лактат) – одноосновна оксикарбонова кислота утворюється майже у всіх клітинах людського організму. Її кількість різко збільшується за певних захворювань та субмаксимальних фізичних навантажень, коли потреба у швидкому ресинтезі АТФ різко зростає.

За достатнього забезпечення киснем піровиноградна кислота та відновлений NADH (отримані в результаті гліколітичного катаболізму глюкози) транспортуються в мітохондрії, де окиснюються в реакціях циклу трикарбонових кислот та дихального ланцюга, що забезпечує ресинтез АТФ. Транспортування піровиноградної кислоти у мітохондрії виконує мітохондріальний переносник пірувату (mitochondrial pyruvate carrier – MPC), який інтегрований у мітохондріальну мембрану. Транспортування NADH у мітохондрії виконує спеціальний транспортер, який також транспортує окиснений NAD із мітохондрій. Під час окиснення однієї молекули NADH у мітохондрії виділяється достатньо багато енергії, якої теоретично вистачає для ресинтезу трьох молекул АТФ. Проте це можливо тільки у разі оптимального рівня забезпечення киснем та ортофосфатом.

Під час субмаксимальних фізичних навантажень та недостатнього забезпечення м'язів киснем кінцевий продукт гліколізу – піровиноградну кислоту – використовують для окиснення відновленого NADH, який нагромаджується у разі окиснення гліцеральдегід-3-фосфату. Цю реакцію каталізує лактатдегідрогеназа, а продукт реакції – окиснений NAD – знову використовують у гліколізі. В іншому разі гліколіз припиниться через дефіцит окисненого NAD. Таким чином, молочна кислота (лактат) є продуктом гліколізу за нестачі кисню, який зберігає до 90 % енергії, акумульованої

у глюкозі. Проте надмір молочної кислоти ($pK = 3,86$) швидко виводиться із м'яза, який працює, очевидно, для запобігання закисненню.

Слід зауважити, що піровиноградна кислота ($pK = 2,5$) може зумовити набагато сильніше закиснення м'яза, що інтенсивно скорочується, ніж молочна ($pK = 3,86$). Отож її відновлення до молочної кислоти (лактату) можна вважати одним із механізмів протидії ацидозу, спричиненого фізичним навантаженням. Виведення надміру лактату із м'язового волокна, що інтенсивно скорочується, та з усього м'яза потрібне для підтримання нормального функціонування м'яза.

Звільнення м'язових волокон від лактату за умов субмаксимального навантаження м'яза відбувається за участю спеціальних білків-транспортів. Уперше білок, відповідальний за транспортування лактату, був виділений із еритроцитів кролика і названий МСТ1 (monocarboxylate transporter – МСТ). Згодом виявлено інші аналогічні білки, які належать до родини монокарбоксилатних транспортів. Ця родина об'єднує генетично споріднені білки, що розташовані в мембранах клітин. На сьогодні описано 14 таких білків. Усі представники родини МСТ мають характерну типову організацію, яка забезпечує їх інтеграцію у мембрани. Найбільш високу здатність до зв'язування і перенесення лактату проявляють МСТ1, -2 і -4.

МСТ1: у серцевому м'язі та червоних м'язових волокнах МСТ1 потрібний для того, щоб лактат транспортувати в міоцити, які використовують його як основне джерело енергії. Установлено, що кількість МСТ1 у м'язових клітинах прямо пропорційна кількості мітохондрій. Про це також свідчить пряма кореляція між кількістю МСТ1 та окисною здатністю м'язових волокон. Водночас саме МСТ1 забезпечує експорт молочної кислоти із еритроцитів, де гліколіз є єдиним шляхом енергетичного забезпечення. Наведені факти свідчать, що напрям транспортування лактату транспортером МСТ1 може

змінюватися залежно від спеціалізації тканини (еритроцити, гепатоцити та червоні м'язові волокна) і від конкретних фізіологічних умов.

МСТ2: транспортер МСТ2 має більш високу спорідненість до пірувату та лактату, ніж МСТ1. Висока афінність транспортера МСТ2 забезпечує швидке поглинання лактату клітинами за низьких його концентрацій. Цей транспортер присутній у тих тканинах, які поглинають молочну кислоту у значній кількості для використання її як джерела енергії або для глюконеогенезу (клітини печінки, каналці нирок, мозочок).

МСТ3: транспортер МСТ3 наявний у клітинах різних тканин із високим рівнем гліколітичного енергозабезпечення, які періодично продукують велику кількість лактату. Його основною функцією є експорт лактату з клітин.

МСТ4: транспортер МСТ4 розташований у білих м'язових волокнах. Транспортер МСТ4 має низьку спорідненість до пірувату та високу до лактату. Це забезпечує селективне експортування молочної кислоти та внутрішньоклітинне утримання піровиноградної кислоти, яку використовують для регенерації окисленого NAD, необхідного для продовження гліколізу.

Виведену в міжклітинну речовину молочну кислоту можуть на першому етапі поглинати сусідні клітини – аеробні міоцити скелетних м'язів, у які вона потрапляє через МСТ1. Зайва кількість молочної кислоти з міжклітинної речовини скелетних м'язів надходить у кров, і вже з крові її засвоюють переважно кардіоміоцити та гепатоцити, у клітини яких вона потрапляє через МСТ1 і МСТ2.

Таким чином, співвідношення кількості різних типів переносників на мембранах клітин різних тканин і органів є чинником, що регулює інтенсивність і напрямок метаболізму лактату між клітинами різних типів, між клітинами і кров'ю, між кров'ю і органами та в системі всього організму загалом.

Виведення лактату з організму сприяє збереженню фізичної працездатності (боротьба з ацидозом), проте є невиправданим з погляду енергозабезпечення, оскільки дві молекули лактату потенційно несуть 90 % енергії молекули глюкози. Проте у разі підвищення концентрації лактату в плазмі крові до 6–7 ммоль/л ефективність реабсорбції його в канальцях нирок є недостатньою, і лактат виділяється зі сечею. За таких умов лактат виділяється також із потом, слиною та сечею.

За змінами вмісту молочної кислоти у тканинах, крові та сечі визначають анаеробну частку енергетичного обміну, що є важливим критерієм у біохімічному моніторингу за розвитком швидкісних і силових якостей, а також швидкісно-силового компонента витривалості спортсменів. Вміст молочної кислоти слугує показником швидкості відновлення після роботи. Рівень молочної кислоти також є цінною інформацією в діагностуванні захворювань, пов'язаних із гіпоксією (ішемії, інфаркту міокарда, міопатії).

Мета: засвоїти метод визначення молочної кислоти за Штросмом і навчитись інтерпретувати зміни вмісту молочної кислоти в результаті швидкісно-силових навантажень.

Завдання для самостійної підготовки

1. Скільки молекул АТФ утворюється в результаті гліколізу та глікогенолізу?
2. Назвіть кінцеві продукти гліколізу за достатнього кисневого забезпечення.
3. Назвіть кінцеві продукти гліколізу за недостатнього кисневого забезпечення.
4. Якою є швидкість та метаболічна ємність розгортання гліколізу порівняно з креатинкіназним шляхом ресинтезу АТФ?
5. У представників яких видів спорту можуть спостерігати найвищий рівень молочної кислоти?

6. Що таке кисневий борг?
7. Як впливає рівень молочної кислоти на кислотнo-лужну рівновагу?
8. Де накопичується молочна кислота? Які зміни тоді відбуваються?
9. Які є шляхи утилізації молочної кислоти?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Типи м'язових волокон.
2. Співвідношення алактатного та лактатного анаеробних та аеробного компонентів під час прояву спеціальної фізичної працездатності представників різних видів спорту.
3. Схема гліколізу.

Реактиви і матеріали:

1. Молочна кислота 100 мг/л (розводять до 2–10 мг/л).
2. Сульфатна кислота.
3. Сульфат міді 4 %-й.
4. Параоксидифеніл 1,5 %-й у 0,5 %-й NaOH.
5. Диметилформамід.

Обладнання і матеріали:

1. Біологічний матеріал (сеча).
2. Контейнер для сечі одноразовий.
3. Піпетки.
4. Пробірки.
5. Дозатори лабораторні.
6. Антисептики.
7. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

Визначення молочної кислоти в сечі

Для побудови калібрувальної прямої у 12 підписаних пробірок (по дві на кожну точку) внести по 1,0, 0,98, 0,96, 0,94, 0,92, 0,9 мл H_2O та по 0,0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1 мл розчину молочної кислоти (100 мг/л). У пробірки додати по 0,05 мл $CuSO_4$ (4 %) і 6 мл H_2SO_4 (конц.). Добре перемішати і поставити в киплячу водяну баню на 5 хв. Охолодити до кімнатної температури і додати 0,1 мл розчину параоксидифенілу, добре струсити і поставити у водяну баню за температури 30 °С на 30 хв до утворення ніжно-рожевого забарвлення. Потім поставити на 90 с у киплячу водяну баню. Швидко охолодити до кімнатної температури і фотометрувати на ФЕКу за 560–580 нм (червоний світлофільтр). Записати отримані показання ФЕКа (екстинкція проб). Побудувати калібрувальну криву відкладаючи на осі X концентрацію молочної кислоти, а по осі Y– відповідні середні значення екстинкції проб.

До 49 мл води в мірному циліндрі додати 1 мл сечі. Перемішати і відібрати у пробірку 1 мл розведеної сечі для дослід. У контрольну пробірку внести 1 мл дистильованої води. Проби обробити так само, як описано вище.

За величиною екстинкції дослідної проби, використовуючи калібрувальну криву, визначити концентрацію молочної кислоти. Для обрахунку концентрації молочної кислоти сечі отримане значення помножити на коефіцієнт розведення (50).

Сформулювати висновок стосовно вмісту молочної кислоти в сечі.

Лабораторне заняття № 8

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКСКРЕЦІЇ КАТЕХОЛАМІНІВ

Симпатоадреналова система (САС) складається з двох ланок: гормональної (адреналін – А), продукція якого головно відбувається в мозковому шарі наднирників та медіаторної (норадреналін – НА), головна частка якого синтезується в симпатичному відділі вегетативної нервової системи. Загальний ланцюг синтезу катехоламінів (КА) починається від амінокислот тирозину або фенілаланіну: фенілаланін – тирозин – ДОФА – дофамін – норадреналін – адреналін. Незважаючи на незначну різницю у будові (адреналін є метильованою формою норадреналіну), їхні функції в одних випадках посилюють дію один одного (ЧСС, тонус судин, м'язів, кров'яний тиск тощо), а в інших (емоційна сфера) різняться між собою.

Надниркові залози містять адреналіну в 10 разів більше, ніж норадреналіну, а концентрація НА значно вища в синапсах симпатичного відділу вегетативної нервової системи (ВНС). Саме ця обставина спричинила те, що гормональну ланку представляє А, а медіаторну – НА. Вміст КА в крові зростає (майже в 1000 разів) під час стресових ситуацій. У нормі зі сечею виділяється 11–76 нмоль/добу адреналіну та 47–236 нмоль/добу норадреналіну.

Гормони мозкового шару наднирників реалізують свій вплив на організм через взаємодію їх із рецепторами α і β . Через ці рецептори катехоламіновий сигнал поширюється в клітинах-мішенях у результаті передавання його спочатку аденілатциклазному-ц-АМФ комплексу, а потім специфічним протеїнкіназам, які організовують адекватну до сигналу катехоламінів відповідь, перетворюючи гомеостаз спокою клітини на гомеостаз дії. Зокрема, А активує фосфороліз глікогену м'язів і печінки, його посилений сигнал (більше А) стимулює тканинний ліполіз. Таким чином, мобілізуються

субстрати для використання їх скелетними м'язами, міокардом та іншими внутрішніми органами для роботи в умовах стресу (наприклад, фізичної роботи чи емоційного характеру). Отож каскадний механізм дії А забезпечує швидке відімкнення процесів, які продукують енергію, відновлюючи АТФ. Норадреналін має, порівняно з адреналіном, невеликий вплив на розпад глікогену, зате його частка у стимулюванні ліполізу вища. Через це вважають, що швидкість будь-якої дії залежить від діяльності адреналінової ланки САС, а довготривала робота і витривалість загалом залежать від симпатичної ланки САС, тобто норадреналінової. Для встановлення рівня катехоламінів (А, НА, ДОФА, ДА) в організмі спортсменів забирають проби сечі до навантаження, після навантаження та нічну. Визначення екскреції катехоламінів проводять за допомогою методу, який описала Е. Ш. Матліна.

Мета: знати гомеостазувальну роль САС та її значення в адаптаційних реакціях організму спортсменів під час навантажень різного характеру та тривалості, у період утоми та відновлення. Навчитися визначати екскрецію катехоламінів із сечею за Е. Ш. Матліною.

Завдання для самостійної підготовки

1. Назвіть функції катехоламінів у формуванні адаптації до фізичних навантажень.
2. Опишіть організацію САС і регуляцію її діяльності.
3. Охарактеризуйте вплив А і НА на функціонування систем клітини, тканини та органів.
4. Поясніть роль САС під час м'язової діяльності.
5. Поясніть реакцію САС на тренувальне навантаження різного характеру і спрямованості, залежність її від ємності і потужності навантажень, а також від тренуваності організму.

6. Опишіть динаміку САС організму спортсмена під дією навантажень змагального характеру.
7. Який вплив нервово-емоційних та інших чинників на стан САС спортсменів в умовах м'язової діяльності?
8. Назвіть симптоадrenalові зміни під час різних фаз втоми.
9. Які співвідношення між НА і А спостерігають під час передстартової лихоманки, у період апатії та у стані бойової готовності?
10. Особливості САС у представників ігрових видів спорту.
11. Особливості прояву САС у водних видах спорту.
12. Чи є відмінності між рівнем КА за віковою ознакою?
13. Чи спостерігають відмінність між чоловіками та жінками, які займаються спортом за реакціями САС упродовж місячного мезоциклу?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Схема організації САС.
2. Вплив САС на стан передстартових реакцій.
3. САС під час різних фаз втоми.
4. Реакція САС на фізичні навантаження різного характеру, інтенсивності та обсягу.
5. Динаміка САС впродовж місячного мезоциклу спортсменок.

Реактиви і матеріали:

1. ЕДТА.
2. Соляна кислота 2 н.
3. Окис алюмінію, очищений соляною кислотою за Брокманом.
4. Ідкий натр 5 н.

5. Оцтова кислота 0,25 н.
6. Соляна кислота 0,1 н.
7. Фосфатний буфер 0,1 М (рН 4,2).
8. Фосфатний буфер 0,1 М (рН 6,2).
9. Феричанід калію 0,25 %-й.
10. Аскорбінова кислота 5 н.
11. Розчин їдкого натру 0,25 %-й.
12. Водний розчин йоду 0,02 н.
13. Оцтова кислота 5 н.
14. Водний і лужний розчин сульфату натрію.
15. Стандартні розчини А, НА, ДОФА, ДА.
16. Розчин аміаку 1 н.

Обладнання і матеріали:

1. Бідистилятор.
2. Хроматографічні колонки.
3. Флюориметр.
4. Набори світлофільтрів.
5. Паперові фільтри.
6. Маркер для писання по склі.
7. Лійки.
8. Пробірки центрифужні.
9. Пробірки.
10. Піпетки.
11. Дозатор автоматичний.

Для проведення флюорометрії використовували такі набори світлофільтрів:

- 1) набір для визначення А і НА: первинний світлофільтр із максимумом пропускання 436 нм, вторинний (типу ЖС-18) із широким максимумом пропускання, від 550 нм;
- 2) набір для визначення А, НА, ДОФА: первинний світлофільтр із максимумом пропускання 360 нм (УФС-3), вторинний – той самий, що і в першому наборі.

ХІД РОБОТИ

До 17,5 мл фільтрату порції сечі додати 250 мг ЕДТА, довести рН до 8,2–8,5. Пропустити через хроматографічну колонку з окисом алюмінію (1 г), промити попередньо, 10 мл бідистильованої води зі швидкістю 1–2 мл за хв. Промити водою з краплею аміаку. Зібрати елюати двома порціями (по 3,5 мл кожна) оцтової кислоти. Залишок ДОФА елювати двома порціями соляної кислоти. Окиснення елюатів проводять так: спочатку доводять рН до 4,2 аміаком, відбирають проби для визначення адреналіну (1 мл елюату). Потім доводять рН до 6,2 і відбирають проби для визначення норадреналіну і оцтовокислого ДОФА (по 1 мл елюату). Окиснення фериціанідом калію проводять протягом 4 хв, потім доливають аскорбінову кислоту, розчинену в лузі. Перед флюорометрією проби охолоджують льодом.

Лабораторне заняття № 9

ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ЛАКТАТДЕГІДРОГЕНАЗИ В СИРОВАТЦІ КРОВІ

Біохімічні методи використовують у спортивній практиці для відбору на різних етапах підготовки, для моніторингу за спрямованістю і ефективністю мікро-, мезо- та макроциклів тренувань, для оцінювання рівня тренуваності, контролю за ступенем втоми та фазами відновлення, а також спостереження за станом здоров'я спортсменів.

Об'єктами біохімічних досліджень є кров, сеча, піт, слина і повітря, що видихають, а в деяких випадках – мікробіопсія). Кожен об'єкт має свої переваги і свої недоліки. Забір крові і м'язової тканини – травматична процедура, але аналіз її біохімічних параметрів відображає дійсний стан обмінних процесів у стані відносного спокою та під впливом фізичних навантажень. Аналіз сечі має переваги над кров'ю, бо для її забору не потрібен контакт інструментів із живими клітинами організму (є неінвазивним). Недоліком цього об'єкта є неможливість отримати кількісні характеристики тих чи тих зрушень в організмі.

Біохімічне дослідження сечі широко використовують в антидопінговому контролі та для визначення продуктів обміну, гормонів і біологічно активних речовин, ферментів. Вміст у сечі низки речовин (білка, глюкози, кетонів тіл тощо) різко зростає за обставин передпатологічного стану як наслідок фізичних надобтяжень (спортивної альбумінурії, спортивної глюкозурії, спортивної кетонурії) чи у разі захворювання певної етіології. За таких умов білок, глюкоза, кетонів тіла та ін. легко визначають за допомогою простих лабораторних методів. Водночас ці методи дають негативний результат під час аналізу сечі здорових та повністю відновлених після тренування людей.

Тести, які використовують у процесі біохімічного контролю, проводять у лабораторних та польових умовах. У лабораторії обстеження передбачає навантаження на велоергометри дозованого стандартного чи граничного типу. Контрольні тести є різними для різних видів спорту, їх добирають залежно від поставленої мети.

Залежно від мети дослідження у крові доцільно визначати вміст різноманітних речовин, зокрема молочної кислоти та ПВК, глюкози, сечовини, креатину і креатиніну, фосфору неорганічного, гормонів, також вміст і активність ферментів, наприклад, тих, які характерні для м'язової тканини.

Визначення активності ферментів (лактатдегідрогенази, креатинкінази, амінотрансфераз, кислої та лужної фосфатази, фосфорилази, гексокінази тощо) у сироватці крові має важливе значення у спорті, бо саме вони забезпечують належний рівень проходження енергетичного обміну, а зміна їхньої активності суттєво впливає на ресинтез АТФ. Також ці ферменти мають важливе діагностичне значення в патологіях різної етіології. Відомо близько 50 ферментів крові. У нормі їхня активність невелика, але у разі певних патологій різко збільшується або знижується. Під час ураження печінки змінюється активність аланінамінотрансферази, у разі ураження серцевого м'яза – аспартатамінотрансферази, лактатдегідрогенази і креатинкінази; у разі рахіту – лужної фосфатази.

Лактатдегідрогеназа (ЛДГ) – фермент класу оксидоредуктаз, який каталізує окиснення L-лактату до ПВК. Найбільшу активність ЛДГ виявлено у скелетних м'язах, серцевому м'язі, нирках, печінці та еритроцитах.

У здорових людей активність ЛДГ у середньому становить 180 одиниць із коливаннями від 80 до 250. Її зміни вказують на ступінь ураження серцевого м'яза і слугують раннім і специфічним тестом біохімічного діагностування інфаркту міокарда, а також можуть вказувати на переносимість

навантажень під час мікроциклів, побудованих за принципом надобтяження та у змагальному періоді.

Мета: вивчити базові засади біохімічного контролю у практиці спортивної діяльності в різних видах спорту. Навчитися визначати активність фермента ЛДГ у стані відносного спокою і під впливом навантажень та інтерпретувати отримані дані.

Завдання для самостійної підготовки

1. Назвіть завдання біохімічного контролю у спорті.
2. Які ви знаєте об'єкти біохімічного контролю?
3. Які тести застосовують під час біохімічного контролю?
4. Охарактеризуйте біохімічні показники крові та інтерпретуйте їх.
5. Назвіть біохімічні показники сечі та інтерпретуйте їх.
6. Назвіть показники вуглеводного обміну. Які зміни відбуваються в ньому під час занять спортом.
7. Інформативність показників ліпідного обміну для контролю за аеробним компонентом енергетичного обміну.
8. Охарактеризуйте сечовину як кінцевий продукт енергетичного білкового обміну. Як це впливає на оцінювання різних фаз втоми?
9. Вкажіть біохімічні показники для контролю за розвитком алактатного, лактатного та аеробного компонентів витривалості.
10. Яка роль ферментів у біохімічному спортивному моніторингу?
11. Обґрунтуйте значення вимірювань ЛДГ у моніторингу граничних обтяжень та під час змагань.
12. Яка роль ЛДГ в обміні речовин?
13. Опишіть ізоформи ЛДГ і їхнє діагностичне значення.
14. Активність ЛДГ у здорових людей.
15. Який кофермент бере участь у реакції, що каталізує ЛДГ?
16. Поясніть принцип методу визначення активності ЛДГ?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Тести, які застосовують під час біохімічного контролю.
2. Біохімічний скринінг за показниками крові в спорті.
3. Біохімічний скринінг за показниками сечі в спорті.
4. Роль ферментів у біохімічному спортивному моніторингу.
5. Гормональна регуляція адаптації до спортивних навантажень.

Реактиви і матеріали:

Інкубаційна суміш:

1. 0,1 мл НАД+ 0,02 М розчину.
2. 2 мл гліцинового буфера 0,1 М (рН 10,0).
3. 0,5 мл 0,5 М L- лактату.
4. 1 мл дистильованої води.

Обладнання і матеріали:

1. Спектрофотометр.
2. Пробірки.
3. Водяна баня.
4. Піпетки.

ХІД РОБОТИ

Налити у спектрофотометричну кювету 3,0 мл реакційної суміші, додати 0,1 мл сироватки та перемішати. Паралельно поставити контрольну пробу, де замість сироватки крові брати 0,1 мл води. Інкубувати за температури 37 °С.

Зафіксувати оптичну густину за 340 нм та час упродовж 3–10 хв кожні 30–40 с, порівнюючи з контрольною пробєю. Визначити початок реакції за допомогою секундоміра. Активності ферменту розрахувати за такою схемою:

$$E = \Delta E \times 1000 / T,$$

де E – активність ферменту, яку виражають в умовних одиницях екстинції;

ΔE – сума величини екстинції впродовж 3 хв, виміряних з інтервалом 30 с порівняно з контрольною пробєю;

T – час інкубації;

1000 – коефіцієнт для перерахунку на 100 мл сироватки крові.

Активність ЛДГ підвищується під час ураження міокарда, лейкозів, гострого вірусного гепатиту, ниркових захворювань, серпоподібно-клітинної анемії, тромбоцитопеній, інфекційних мононуклеозів, а також прогресивної м'язовій дистрофії. Усі захворювання, під час яких відбувається некроз тканин (інфаркт міокарда, деякі ураження нирок, гепатити, панкреатити, пухлини), зазвичай супроводжує різке підвищення активності ЛДГ у сироватці крові. Слід зазначити, що будь-яку тканинну деструкцію супроводжує збільшення активності ЛДГ, водночас ступінь гіперферментемії залежить від глибини і поширеності процесу. Нормальні величини активності ЛДГ коливаються від 80 до 250 у.о.

Лабораторне заняття № 10

ВИЗНАЧЕННЯ

АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ В СЕЧІ

Проблема оптимального харчування спортсменів пов'язана зі збільшеними енергетичними затратами, у результаті важких та виснажливих тренувальних фізичних навантажень. Не менш важливо те, що потреба у вітамінах і мінералах під час інтенсивних фізичних навантажень також різко зростає.

Принципи побудови харчування спортсменів передбачають:

- постачання спортсменів необхідною кількістю енергії відповідно до спортивного навантаження;
- постачання спортсменів необхідною кількістю вітамінів та мінералів;
- вибір адекватних форм харчування в період тренувальних навантажень різного характеру та обсягу, у період змагань та в період відновлення;
- використання впливу харчових речовин раціону для активації процесів енергозабезпечення та створення метаболічного фонду;
- використання аліментарного чинника для пришвидшеного нарощування м'язової маси або приведення ваги до певної вагової категорії;
- застосування індивідуального підходу до харчування з урахуванням антропометричних, фізіологічних та метаболічних характеристик спортсмена.

Залежно від витрат енергії різні види спорту можна розподілити на 5 груп:

- види спорту, не пов'язані зі значними фізичними навантаженнями (шахи, шашки – 2800–3200 ккал/добу);
- види спорту з короткочасними значними фізичними навантаженнями (акробатика, гімнастика, легка атлетика, зокрема спринт, тощо – 3500–4500 ккал/добу);

- до третьої групи належать такі види: біг на 400, 3000, бокс, боротьба, гірськолижний спорт, багатоборства, спортивні ігри (4500–5500 ккал/добу);
- до четвертої групи належать альпінізм, біг на 10000 м, біатлон, велоперегони, веслування, ковзанярство (5500–6500 ккал/добу);
- п'яту категорію становлять представники велоперегонів на шосе, марафону, лижних перегонів (7000–8000 ккал/добу).

Для забезпечення максимальної працездатності харчовий раціон має бути збалансований за вмістом поживних речовин (білків, жирів та вуглеводів), а також вітамінів і мінеральних речовин.

Вітаміни – це група низькомолекулярних органічних речовин, які потрібні для нормальної життєдіяльності організму людини. Низка вітамінів входить до простетичних груп ферментів і задіяна в каталізі відповідних реакцій. Більшість вітамінів в організмі не синтезується або утворюється в такій кількості, яка не забезпечує потреби організму.

Вітаміни поділяють на дві групи: жиророзчинні та водорозчинні. До жиророзчинних вітамінів належать вітамін А та інші каротиноїди, вітамін D та інші кальцифероли, вітамін Е (токофероли), вітамін К (нафтохінони). До водорозчинних вітамінів належать вітаміни групи В – В₁ (тіамін), В₂ (рибофлавін), В₅ (пантотенова кислота), В₆ (піридоксаль), В₇ (фолієва кислота), В₁₂ (кобаламін); також до цієї групи належать вітаміни РР (нікотинова кислота та нікотинамід), С (аскорбінова кислота), Н (біотин).

Аскорбінова кислота (вітамін С) – найменш стійка із водорозчинних вітамінів. Вітамін С міститься у багатьох продуктах. Досить багаті на цей вітамін свіжі овочі, ягоди, цитрусові, чорна смородина. Добова потреба в L-аскорбіновій кислоті становить 50–70 мг. Фізіологічне значення вітаміну С тісно пов'язане з його окисно-відновними властивостями. Вітамін

С необхідний для синтезу колагену та утворення сполучної тканини. За нестачі аскорбінової кислоти порушується імунітет та втрачають еластичність (і міцність) капіляри.

Нестача вітаміну С може виникнути як наслідок таких умов:

- відсутності або недостатності вмісту вітаміну С в їжі;
- порушення процесів всмоктування вітаміну С у шлунково-кишковому тракті;
- особливого стану організму (посилена робота, зростання дитячого організму, вагітність, важкі гострі та хронічні захворювання).

Вітамін С швидко руйнують окисники, утворюючи дикетоглонову і щавлевооцтову кислоти. Досить швидко цей вітамін втрачається під час нагрівання в нейтральному та лужному середовищах, за наявності двовалентних катіонів, у разі дії ультрафіолетового випромінювання. У кислому середовищі аскорбінова кислота найбільш стійка. У організмі людини спостерігають сезонний коливний характер забезпечення вітаміном С. Досить низький вміст вітаміну спостерігають ранньою весною. До цього призводить сезонне зниження вмісту вітаміну С у продуктах рослинного походження. Отож потрібно вживати вітамін С у вигляді вітамінних фармакологічних препаратів або додатково вводити у харчовий раціон продукти, у яких він зберігається впродовж усього року, – шипшину, смородину, цитрусові.

Знижений вміст аскорбінової кислоти спостерігають як результат у разі збідненої на вітамін С дієти, у процесі тривалого голодування. Авітаміноз (відсутність С) спричиняє цингу, порушення обміну речовин, патології, що пов'язані з порушенням функцій антиоксидантної системи.

Надмір аскорбінової кислоти і продукти її розпаду виводяться з організму з сечею. Отож для встановлення забезпеченості організму вітаміном С обраховують рівень його екскреції з сечею. Для цього використовують ранішню сечу, зібрану натще.

Мета: ознайомитися з основними засадами харчування спортсменів під час тренувань, змагань та у відновному періоді, з особливостями енерговитрат у різних видах спорту. Навчитися визначати вітамін С (аскорбінову кислоту) у сечі та інтерпретувати дані для корекції харчового раціону.

Завдання для самостійної підготовки

1. Класифікація вітамінів.
2. Джерела та роль водорозчинних вітамінів.
3. Джерела та роль жиророзчинних вітамінів; небезпека гіпервітамінозів.
4. Коферментна функція вітамінів.
5. Що таке авітамінози, гіповітамінози та гіпервітамінози?
6. Харчові джерела різних вітамінів.
7. Назвіть захворювання, що пов'язані з гіповітамінозами.
8. Назвіть захворювання, які пов'язані з гіпервітамінозами жиророзчинних вітамінів.
9. Охарактеризуйте вітамін С, його роль в організмі.
10. Опишіть принцип методу кількісного визначення вітаміну С.
11. Що таке титрування? Як його застосовують?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Класифікація вітамінів.
2. Вітаміни-коферменти.
3. Гіпо- та гіпервітамінози і захворювання, до яких вони призводять.

Реактиви і матеріали:

1. Біологічний матеріал (сеча).
2. HCl 1 н.

3. Розчин йоду 0,1 н (або розчин Люголя).
4. Розчин крохмалю 1 %-й.

Обладнання і матеріали:

1. Контейнер для сечі одноразовий.
2. Конічні колби.
3. Піпетки.
4. Маркер для писання по склі.
5. Фільтрувальний папір.
6. Мірний циліндр (25 або 50 мл).
7. Магнітний змішувач.
8. Антисептики.
9. Хімічний промивач.

ХІД РОБОТИ

1. У пробірку із 2 мл нещодавноприготованого 1 %-го розчину крохмалю додати декілька крапель розчину Люголя. Спостерігаємо появу синього забарвлення. Далі додати невелику кількість аскорбінової кислоти або подрібнену таблетку аскорутину. Звернути увагу на зникнення забарвлення. Принцип методу полягає в окисненні вітаміну С йодом. За розчин йоду використовуємо розчин Люголя, придбаний в аптеці. Вільний йод із крохмалем утворює комплекс темно-синього кольору. Під час окиснення вітаміну С йод перетворюється у йодну кислоту, тому забарвлення зникає.

2. Розчинити 100 мг аскорбінової кислоти у 50 мл дистильованої води, додати декілька кристалів лимонної кислоти, перемішати. Концентрація приготованого розчину становитиме 2 мг/мл.

Відміряти у конічну колбу 20 мл приготованого розчину та додати 0,5 мл 1 %-го розчину крохмалю. Поставити колбу на магнітну мішалку та відрегулювати оберти. Далі набрати

у шприц 10 мл розчину Люголя. По краплях додавати розчин Люголя до появи стійкого синього забарвлення, стабільного впродовж 20–20 с. Записати об'єм витраченого розчину (А мл) для титрування.

У колбу з мішалкою відміряти 50 мл сечі, додати 1 мл 1 н НСІ, 2 мл 1 %-го розчину крохмалю. Поставити колбу на магнітну мішалку та відрегулювати оберти. Потім набрати у шприц 10 мл розчину Люголя. По краплях додавати розчин Люголя до появи стійкого синього забарвлення, стабільного протягом 20–30 с. Записати об'єм витраченого розчину (Б мл) для титрування.

Розрахувати концентрацію аскорбінової кислоти у сечі за формулою:

$$C = \frac{B \text{ мл} \times 20 \text{ мл} \times 2 \text{ мг / мл}}{A \text{ мл} \times 50 \text{ мл}},$$

де **C** – концентрація вітаміну С у сечі (мг/мл);

B – об'єм розчину Люголя, витраченого (мл) на титрування вітаміну С у сечі;

A – об'єм розчину Люголя, витраченого (мл) на титрування стандартного розчину вітаміну С.

20 мл – об'єм стандартного розчину вітаміну С;

2 мг/мл – концентрація вітаміну С у стандартному розчині;

50 мл – об'єм сечі, узятої для аналізу.

Розрахувати кількість вітаміну С, виділеного за добу, за формулою:

$$K_d = C \times 1500 \text{ мл},$$

де **K_d** – кількість вітаміну С, виділеного за добу;

1500 мл – середній діурез.

У майже здорових людей у нормі за добу виділяється не менше ніж 20 мг аскорбінової кислоти.

Лабораторне заняття № 11

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КАЛЬЦІЮ В БІОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ

Біохімічний контроль у спорті є одним із потужних засобів контролю за станом здоров'я, функціональним станом організму людини, швидкістю відновних процесів після навантаження, результативністю тренувального процесу. Бурхливий розвиток органічної хімії та біохімії зумовив появу принципово нових методів визначення – біоселективних електродів, які базуються на використанні певних ферментів та композицій кількох ферментів, хімічно імібілізованих на спеціальних мембранах. Це дає змогу оцінювати вміст певних речовин у складних сумішах за силою електричного сигналу, який виникає на мембрані з імібілізованим ферментом. Як маркери фізичного навантаження використовують дослідження концентрації багатьох низькомолекулярних речовин (глюкози, креатину, креатиніну, сечовини, ліпідів, низки гормонів тощо) і вмісту в крові та сечі білків, характерних для м'язової тканини (міоглобін, креатинкінази, лактатдегідрогенази та ін.). Визначення вмісту мінеральних компонентів біологічних рідин є важливим складником біохімічного моніторингу за функціональним станом організму людини. Зокрема, досить важливим є дослідження вмісту кальцію.

Іони Кальцію використовують у багатьох фізіологічних реакціях людського організму. Крім цього, кальцій належить до складу кісткової тканини. У дорослої людини кістка складається з 35 % органічного матеріалу, який переважно є колагеном I типу і білками-осеїнами та 60 % мінеральних речовин, основну частину яких становлять сполуки кальцію (переважно гідроксиапатит).

Концентрації Кальцію в крові та інших тканинах організму жорстко контрольовані, оскільки і нестача кальцію, і його надлишок мають негативні наслідки для здоров'я людини.

Незначне зниження концентрації кальцію в крові (наприклад, у разі недостатнього споживання) є сигналом для паращитоподібної залози, що зумовлює підвищення синтезу паратиреоїдного гормону (паратгормону, ПТГ). У нирках ПТГ стимулює перетворення вітаміну D у активну форму кальцитріол), що швидко зменшує виведення кальцію з сечею. Підвищення рівня ПТГ стимулює також поглинання кальцію і фосфору в кишках та резорбцію (розчинення) кісткової тканини, у результаті чого відновлюється рівень концентрації кальцію в сироватці крові. Коли Кальцій у крові підвищується до нормального рівня, паращитоподібні залози припиняють секрецію ПТГ. Невелике підвищення концентрації кальцію в крові стимулює щитоподібну залозу до вироблення та секреції іншого гормону – кальцитоніну. Кальцитонін пригнічує секрецію ПТГ, зменшує резорбцію кісткової тканини та виведення кальцію в кишківнику та посилює екскрецію кальцію з сечею.

Роль кальцію та вітаміну D у здоров'ї кісток безперечна. Ще з минулого тисячоліття у низці країн рекомендовано споживати не менше ніж 600 МО (міжнародних одиниць) вітаміну D на добу, а також збільшувати цю кількість у зимовий період. Нестача вітаміну D та кальцію у харчовому раціоні, а також підвищені фізичні навантаження без достатнього періоду відновлення призводять до вимивання кальцію із кісток і збільшення ризиків переломів. Спочатку під час фізичних навантажень (наприклад, під час бігу) м'язи амортизують перевантаження кісток нижніх кінцівок, але згодом перенапружені м'язи будуть вже не в змозі поглинати ударне навантаження і передають його на кістки, що спричиняє низку негативних змін у кістковій тканині. Для їх відновлення потрібно багато часу. Під час утоми м'язів ефект амортизації зменшується і більше сили передається безпосередньо на кістку, що призводить до виникнення мікропошкоджень кістки. Постійні перевантаження разом із

недостатнім часом для відновлення організму зумовлюють накопичення мікропошкоджень кістки та мікропереломи. Поступово ушкодження ставатимуть щоразу помітнішими, що призводить до макроперелому. Це називають стресовим переломом («стрес-перелом»).

Скарги на біль унаслідок запалення окістя та стресових переломів у спортсменів зазвичай пов'язані із суттєвим збільшенням частоти й інтенсивності тренувань. Переважно ці наслідки виникають на тлі зниженого щоденного споживання кальцію через незбалансований харчовий раціон. Іншими чинниками, які можуть збільшувати вимивання кальцію із кісток та виведення його з організму, є гормональні чинники, стать, вік, куріння, підвищене споживання солі, особливості будови нижніх кінцівок, тренувальне покриття та взуття.

Під час тренувань у зимовий період за недостатності сонячного світла верхню межу щоденного споживання вітаміну D можна суттєво збільшити. У низці офіційних рекомендацій медзакладів США вказано, що безпечна верхня межа щоденного споживання вітаміну D становить 4000 МО. Проте потрібно зважати на те, що підвищена доза жиророзчинних вітамінів має токсичну дію та може призвести до важких уражень печінки. Стосовно достатньої кількості споживання кальцію, слід зауважити, що добова рекомендація становить 1000 мг. Необхідно враховувати, що перевищення цього рівня може стати причиною розвитку інфаркту міокарда. Вважають, що перевищення споживання кальцію у результаті вживання спеціальних медичних препаратів є досить шкідливим.

Таким чином, рекомендовані рівні дози денного споживання і кальцію, і вітаміну D залежать від багатьох чинників і мають бути відкоректовані з урахуванням індивідуальних особливостей обміну. Порівняння концентрації кальцію у крові та в сечі до і після фізичного навантаження може дати цінну інформацію про рівень відновлення після тренування та про рівень фізичної підготовленості.

Мета: закріпити теоретичні знання про особливості біохімічного контролю метаболічних змін, які зумовили інтенсивні фізичні навантаження. Навчитися визначати Кальцій у сечі та інтерпретувати дані біохімічного моніторингу.

Завдання для самостійної підготовки

1. Які речовини використовують як маркерні під час досліджень впливу фізичного навантаження?
2. Чому важливо дотримуватися правильного співвідношення тренування та відновлення?
3. Охарактеризуйте біохімічні зміни в організмі спортсмена, які виникають унаслідок перетренування.
4. Роль кальцію в організмі людини та особливості регуляції його засвоєння.
5. Які чинники призводять до підвищеної екскреції Кальцію?

Навчальні засоби

Таблиці:

1. Мінеральний склад організму людини.
2. Схема регуляторних механізмів засвоєння кальцію.
3. Біохімічні ефекти натренованості організму спортсменів.
4. Біохімічні зміни в організмі спортсменів у стані перетренованості.

Реактиви і матеріали:

1. Хромоген:
 - о-крезолфталейн комплексон – $0,12 \pm 0,01$ мМ;
 - 8-оксіхінолін – $16,0 \pm 0,16$ мМ;
 - хлоридна кислота – $60,0 \pm 6,00$ мМ.
2. Буфер – моноетаноламін – $0,8 \pm 0,08$ М.
3. Калібрувальний розчин кальцію $2,5 \pm 0,05$ мМ (100 Мг/Л).

Обладнання і матеріали:

1. Сеча (добова). Збирати в ємність, що містить 10 мл HCl 1,6 моль/л, або підкислити після збору до $\text{pH} < 2,0$ для розчинення солей Ca .
2. Пробірки об'ємом 10 мл.
3. Піпетки об'ємом 0,1 і 5 мл.
4. Кювета з оптичним шляхом завдовжки 5 або 10 мм.
5. Фотоелектроколориметр.

ХІД РОБОТИ

Усі розчини для аналізу готові для роботи. Вони придатні для роботи до закінчення зазначеного терміну за умови збереження за температури від $+2$ до $+8$ °C.

Підписують по 2 пробірки відповідно до таблиці (Х, К, Д).

Аналіз проводять відповідно до рекомендацій, поданих у таблиці:

Аналіз загального кальцію в біологічних рідинах

Відміряти в кювету, мл	Холоста проба	Калібрувальна проба	Дослідна проба
Хромоген	2,50	2,50	2,50
Матеріал	–	–	0,05
Калібрувальний розчин	–	0,05	–
Буфер	2,50	2,50	2,50

Вміст пробірок перемішують і витримують 10 ± 1 хв за кімнатної температури (від $+20$ до $+25$ °С). Вимірюють (не пізніше ніж 30 хв) оптичну густину дослідних проб (E_d) і калібрувальних проб ($E_{\text{кал}}$) проти холостих проб.

Розрахунок результатів:

$$C (\text{Ca}) = 2,5 \times E_d / E_{\text{кал}} \text{ мМ або}$$

$$C (\text{Ca}) = 100 \times E_d / E_{\text{кал}} \text{ Мг/Л.}$$

Для розрахунку кількості кальцію у добовій сечі отримавши вище значення (С мМ) множать на об'єм добової сечі (л); отримують значення в розмірності ммоль/добу або значення (С Мг/Л) множать на об'єм добової сечі (л) (отримують значення у розмірності мг/добу).

Референтні межі вмісту кальцію

	Сеча		Сироватка або плазма	
	мМ	мг/л	мМ	мг/л
Споживання Са відповідає нормі	2,5–7,5	100–300	2,12–2,52	85–110
Споживання Са нижче за середній рівень	1,25–3,75	50–150		
Відсутність Са у дієті	0,13–1,00	5–40		

СИТУАЦІЙНІ ЗАВДАННЯ

1. Одним із наслідків перетренованості є ацидоз. Який біохімічний метод дає змогу його виявити?

Послідовність виконання завдання:

1. Порушення яких біохімічно-фізіологічних принципів побудови тренувального процесу призводить до стану перетренованості?
2. Як проявляється стан перетренованості? Які зміни біохімічних характеристик організму людини властиві стану перетренованості?
3. Що таке ацидоз? Нагромадження яких сполук призводить до ацидозу? Як виявити ацидоз?
4. Які умови та метаболічні процеси можуть спричинити ацидоз?
5. Поясніть вплив ацидозу на функціонування ферментних систем організму людини.
6. Чи відрізняється послідовність розвитку відновних процесів у натренованого та перетренованого спортсмена?
7. Які заходи допоможуть знизити рівень ацидозу в організмі спортсмена?

2. Чи впливає ацидоз на активність ферментних систем гліколізу і глікогенолізу?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке ацидоз? Нагромадження яких сполук призводить до ацидозу? Як виявити ацидоз?
2. Порушення яких умов та правил можуть спричинити ацидоз?

1. Що таке глікоген? Як ця сполука утворюється і де накопичується?
4. Як регулюється активність глікогенфосфорилази?
5. Наведіть (опишіть) схеми гліколізу та глікогенолізу. У чому полягає їхня відмінність та подібність?
6. Із чим пов'язана різниця в кількості ресинтезованої АТФ у цих двох метаболічних процесах?
7. Які умови сприяють ефективному запасанню глікогену?
8. Поясніть вплив ацидозу на функціонування ферментних систем організму людини.

3. У спортсменів після тривалих фізичних навантажень виникли явище кетонурії. Поясніть, що це таке і як усунути його та причину виникнення.

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке кетонурія?
2. Назвіть кетонові тіла та опишіть реакції їх синтезу.
3. До яких зон відносної потужності належать фізичні навантаження, за яких можливий розвиток кетонурії?
4. Про що свідчить збільшення кетонових тіл у крові та поява їх у сечі під час м'язової активності?
5. Які умови (аеробні чи анаеробні) сприятимуть усуненню кетонурії спортивної етіології?
6. Чи впливають умови середньо- та високогір'я на розвиток кетонурії під час фізичних навантажень.
7. Як часто виникає кетонурія у разі занять гірським туризмом?

4. Під час яких навантажень у спортсменів спостерігають явище глюкозурії?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке глюкозурія?
2. Чому глюкозурії передують явище гіперглікемії?

3. Назвіть субстрати біологічного окиснення вуглеводного походження.
4. За яких навантажень спостерігають глікогеноліз печінкового походження?
5. Роль САС у фосфоролізі глікогену печінки.
6. Вплив емоційного чинника та балансу адреналін / норадреналін на підвищення глюкози в крові та появу її в сечі.

5. Вплив кетонурії на працездатність та результативність спортсменів.

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке кетонурія і які причини її розвитку?
2. Вплив харчового раціону на рівень кетонових тіл.
3. Опишіть основні метаболічні шляхи, у яких утворюються кетонові тіла.
4. Опишіть навантаження та типи тренувань, за яких спостерігають підвищений синтез кетонових тіл.
5. Що таке фаза повного відновлення?
6. Що таке відкладене відновлення?
7. Ваші дії як тренера згідно з висновком клініко-медичного обстеження.

6. Альбумінурія у спортсменів, її причини та наслідки.

Послідовність виконання завдання:

1. До якого класу сполук належать альбуміни і які їхні функції?
2. Альбумінурія спортивної етіології – це патологія чи передпатологічний стан?
3. У яких видах спорту домінує розвиток силових якостей?
4. Охарактеризуйте основні групи білків крові.
5. Які продукти та страви добового раціону рекомендовано спортсменам під час занять силовими видами?

6. Які наслідки можна спостерігати від добового раціону спортсмена, перенасиченого білковою компонентою?
7. Види гіпертрофії м'язової тканини.
8. Засоби для виявлення альбумінурії. Які наслідки хронічної альбумінурії?
9. Які відновні заходи можна застосовувати для відновлення спортсмена, щоб припинити альбумінурію.

7. Обґрунтування засобів відновлення енергетичних запасів та водно-сольового балансу під час підготовки бігунів на довгі дистанції.

Послідовність виконання завдання:

1. До якої зони відносної потужності належить біг та довгі дистанції. Охарактеризуйте біохімічні зміни в організмі під час виконання навантаження у цій зоні.
2. До якої міри виснажуються запасні енергетичні речовини під час подолання довгих дистанцій?
3. Скільки води та солей може втратити спортсмен під час подолання таких дистанцій?
4. Особливості харчування бігунів на довгі дистанції на різних етапах підготовки до змагань.
5. Яка середня тривалість подолання довгих дистанцій? Чи передбачене харчування під час подолання довгих дистанцій?
6. Які засоби відновлення і режим харчування рекомендують після змагань із бігу на довгі дистанції?

8. Обґрунтування засобів відновлення енергетичних запасів та водно-сольового балансу під час підготовки бігунів до марафонської та наддовгих дистанцій.

Послідовність виконання завдання:

1. До якої зони відносної потужності належить марафонський біг та біг на наддовгі дистанції? Охарактеризуйте

біохімічні зміни в організмі під час виконання навантаження у цій зоні.

2. До якої міри виснажуються запасні енергетичні речовини під час подолання наддовгих дистанцій?
3. Скільки води та солей може втратити спортсмен, долаючи такі дистанції?
4. Які особливості харчування бігунів на наддовгі дистанції на різних етапах підготовки до змагань?
5. Яка середня тривалість подолання дистанцій? Які особливості харчування впродовж дистанцій?
6. Які засоби відновлення і режим харчування рекомендують після марафонських змагань?

9. Кетонові тіла – одне з провідних джерел енергії у відновному періоді

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке кетонові тіла? За яких умов у здорових людей виникають кетонемія та кетоз?
2. Із яких сполук організму людини (та за яких умов) можуть бути утворені кетонові тіла? У чому принципова відмінність будови цих сполук?
3. Що таке катаболізм ліпідів? Які є сполуки проміжного і кінцевого обміну ліпідів?
4. Прокоментуйте термін «кетогенні амінокислоти».
5. Назвіть кінцеві продукти β -окиснення жирних кислот.
6. Причини перетворення ацетоацетату у β -гідроксимасляну, а останньої в ацетон.
7. Кетоз \rightarrow кетонемія \rightarrow кетонурія. Чи ця послідовність закономірна і чому?
8. Які заходи у відновному періоді сприятимуть швидкому катаболізмові кетонових тіл?

10. Які метаболіти циклу Кребса застосовують для пришвидшеного відновлення і чому?

Послідовність виконання завдання:

1. Основна функція циклу Кребса. Як ще називають цей цикл реакцій?
2. У яких клітинних органелах проходять реакції циклу Кребса?
3. Чи у циклі Кребса відбувається біологічне окиснення?
4. На рівні якого субстрату це відбувається?
5. На рівні якого субстрату вивільнена енергія запасється у вигляді ГТФ?
6. Чи можна рекомендувати α -кетоглютарат як стимулятор відновних процесів?
7. Чи можна рекомендувати бурштинову кислоту для пришвидшення процесів відновлення? Як вона діє на організм людини?

11. Ви бігун на середні дистанції. Які біохімічні параметри ви виберете для контролю за ефективністю тренувань?

Послідовність виконання завдання:

1. До якої зони відносної потужності належать середні дистанції?
2. Порівняйте механізми ресинтезу АТФ у енергозабезпеченні бігу на 800 м та 3000 м?
3. Назвіть основні біохімічні механізми обмеження швидкості та втоми під час подолання цих дистанцій.
4. Чому під час подолання цих дистанцій утворюється велика кількість молочної кислоти?
5. Які зміни щодо накопичення молочної кислоти будуть позитивними під час адаптації виконання граничних навантажень у зоні субмаксимальної потужності?

6. Які зміни щодо накопичення молочної кислоти будуть позитивними під час виконання дозованих стандартних навантажень у зоні субмаксимальної потужності?
7. Опишіть шляхи утилізації молочної кислоти.

12. Тренер спринтера хоче відслідковувати зміни рівня тренуваності спринтера. Які біохімічні маркери ви порадите для контролю?

Послідовність виконання завдання:

1. До якої зони відносної потужності належать спринтерські навантаження?
2. Опишіть механізм ресинтезу АТФ, який є найбільш важливим для вправ у зоні максимальної потужності?
3. Поясніть термін «кисневий борг» з огляду на необхідність відновлення запасів креатинфосфату та утилізації молочної кислоти.
4. Охарактеризуйте джерела забезпечення м'язової тканини креатином.
5. Від чого залежить та як взаємопов'язаний вміст креатиніну в крові та сечі спортсменів-спринтерів?
6. Чи підвищується рівень молочної кислоти в крові та сечі спортсменів-спринтерів під час виконання тренувальних навантажень?
7. Які є сучасні засоби для контролю біохімічних маркерів фізичного навантаження?

13. У вашому тренувальному процесі значне місце посідає швидкісно-силовий компонент. За допомогою яких біохімічних параметрів ви спостерігатимете за розвитком цієї спортивної якості?

Послідовність виконання завдання:

1. У яких видах спорту вирішальне значення мають швидкісно-силові якості? До якої зони відносної потужності належать ці види спорту?

2. Охарактеризуйте внесок креатинфосфокіназної реакції та гліколізу в ре-синтез АТФ у цій зоні відносної потужності.
3. Які зміни в цих механізмах енергозабезпечення відображають досягнення високого рівня тренуваності?
4. Чи можна рекомендувати вимірювання креатиніну як контроль за розвитком швидкісно-силової якості? Яким чином?
5. Чи можна рекомендувати вимірювання молочної кислоти як контроль за розвитком швидкісно-силової якості? Яким чином?

14. Який тест на велоергометрі ви б використали і які біохімічні показники визначили, щоб оцінити рівень швидкісної витривалості?

Послідовність виконання завдання:

1. Які велоергометричні проби пропонують традиційно для контролю за рівнем швидкісної якості?
2. Що таке швидкісна витривалість?
3. Охарактеризуйте внесок креатинфосфокіназної реакції та гліколізу у ресинтез АТФ під час виконання швидкісно-силових вправ.
4. Чи можна за допомогою тесту «Vita maxima» визначити швидкісну витривалість?
5. Скільки триває тест «Vita maxima»?
6. Чи можна вважати молочну кислоту біохімічним маркером швидкісної витривалості під час виконання велоергометричної проби «Vita maxima»?

15. Двох спортсменів на відбірковому етапі протестовано за допомогою проби PWC170 на велоергометрі. У чому її суть? Яку інформацію отримано в результаті фонової і післяробочої проби на лактат?

Послідовність виконання завдання:

1. Які велоергометричні проби традиційно пропонують для контролю за рівнем загальної працездатності?
2. Суть проби PWC170.
3. Чому саме 170 ударів серця за хвилину враховують під час виконання велоергометричної проби?
4. Який обсяг роботи виконує здорова людина порівняно зі спортсменом за інтенсивності роботи серця 170 уд./хв?
5. У якої людини (спортсмена чи неспортсмена) будуть більші зсуви молочної кислоти у відповідь на пробу PWC170?

16. Як змінюється вміст гемоглобіну та міоглобіну в умовах середньо- чи високогір'я? Чому? Чи використовують ці адаптаційні ефекти і з якою метою?

Послідовність виконання завдання:

1. Як змінюється парціальний тиск кисню повітря залежно від висоти над рівнем моря?
2. Функція гемоглобіну крові.
3. Біологічна роль міоглобіну м'язів.
4. У чому полягають адаптаційні ефекти до умов середньо- і високогір'я, пов'язані із гемоглобіном крові?
5. У чому суть адаптаційних ефектів до умов середньо- і високогір'я, пов'язаних з міоглобіном м'язів?
6. Чи зберігаються адаптаційні ефекти, пов'язані з найвищим вмістом гемоглобіну в крові після повернення спортсмена у низину і як довго?

7. Чи зберігаються адаптаційні ефекти, пов'язані із підвищенням вмісту міоглобіну, у м'язах після повернення із зони середньогір'я і як довго?
8. Чи впливає підвищення вмісту гемоглобіну в крові та міоглобіну у м'язах на працездатність спортсменів після повернення до висоти рівня океану?

17. У спортсменів виявили креатинін у сечі. Це явище трактують як норму чи патологію? У результаті якого процесу цей метаболіт нагромаджується?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке креатин та креатинін?
2. Під час яких навантажень внесок креатинфосфокіназної реакції у ресинтез АТФ є найбільш важливим?
3. Чому креатинін у сечі є нормою, а креатин – ні?
4. Які є можливі причини появи креатину в сечі?
5. Чи може бути, що посилену екскрецію креатиніну із сечею на пізніх стадіях відновлення зумовили швидкісно-силові тренування?
6. Чи можна креатинін використовувати як біомаркер адаптації до виконання вправ і в якій зоні?

18. Після закінчення турніру в спортсменів командного виду спорту виявили підвищений вміст сечовини у крові та ранковій сечі. Про що це свідчить?

Послідовність виконання завдання:

1. Послідовність окиснення субстратів енергозабезпечення така: вуглеводи → жири → білки. Це правильна схема чи ні?
2. За яких умов білок інтенсивно бере участь в енергетичному обміні організму спортсмена?
3. Основні функції білків у організмі людини.
4. Основні закономірності катаболізму амінокислот та утворення аміаку. Токсичність аміаку.

5. Синтез сечовини в орнітиновому циклі як спосіб знешкодження аміаку.
6. Вплив харчового раціону на середні показники концентрації сечовини в крові та сечі.
7. Чи можна сечовину використовувати як біомаркер збільшення частки білка в енергообміні та недовідновлення спортсменів після навантаження?

19. Під час яких навантажень спостерігають порушення водно-сольового балансу? Які біохімічні показники мають бути вибрані для контролю організму спортсмена в такій ситуації?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке водно-сольовий баланс?
2. Під час яких навантажень спостерігають досить велику втрату води у результаті потовиділення?
3. Який склад поту людини в нормі?
4. Які якісні зміни у складі поту людини відбуваються під час навантажень різного обсягу та інтенсивності?
5. Чому під час подолання марафонської дистанції кожні 5 км передбачено вживання напоїв та харчування?
6. Чи доцільно визначати вміст K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} та інших мікроелементів у поті для забезпечення біохімічного контролю?
7. Який склад спортивного напою марафонця?

20. Назвіть причини больових відчуттів у м'язах після надмірних фізичних навантажень.

Послідовність виконання завдання:

1. Описати загальну схему будови м'яза.
2. Будова та функції сарколеми. Будова фосфоліпідів сарколеми.

3. Виникнення мікророзривів м'язових волокон та вивільнення арахідонової кислоти.
4. Утворення прозапальних речовин із арахідонової кислоти та виникнення больових відчуттів.
5. Медичні засоби для зменшення больових відчуттів у м'язах та пришвидшення відновлення працездатності.
6. Роль міосателітоцитів у загоєнні м'язових пошкоджень.
7. Позитивний вплив легких аеробних навантажень на пришвидшення відновлення працездатності.
8. Позитивний вплив розминки та інші підходи для зниження інтенсивності запальних процесів у м'язах, що зумовлені важкими фізичними навантаженнями.

21. Що відбувається в організмі у разі глобального і тотального зниження рівня ресинтезу АТФ?

Послідовність виконання завдання:

1. Вміст АТФ у м'язах у стані відносного спокою.
2. Як змінюється концентрація АТФ у м'язах?
3. Нижче якого рівня вмісту АТФ м'язів неможливим є скорочення м'язів?
4. Чи АТФ використовують лише для скорочення м'язів?
5. Чому АТФ використовують для розслаблення м'язів?
6. Які є шляхи поповнення запасів АТФ під час роботи?
7. У чому полягає принцип гетерохронності біохімічної реституції?
8. Якщо АТФ є універсальною енергетичною одиницею, то чого слід очікувати за неможливості її відновлення?
9. Роль АТФ як регулятора метаболізму усіх тканин організму людини.

22. Які зміни у м'язах спостерігатимуть у разі збільшення екскреції іонів кальцію? Обґрунтуйте свої міркування.

Послідовність виконання завдання:

1. Яка роль іонів кальцію Ca^{2+} у м'язовому скороченні?
2. Де перебувають іони кальцію Ca^{2+} у розслабленому та напруженому (скороченому) м'язі?
3. Екскреція іонів Ca^{2+} та її шляхи.
4. До чого може призвести порушення поповнення запасів іонів Ca^{2+} (за такого короткотривалого стану та постійної нестачі іонів Ca^{2+})?
5. Чи можна розслабити м'яз, якщо не зв'язати іонів Ca^{2+} з білком кальмодуліном саркоплазматичного ретикулуму?
6. Що таке контрактура м'язів?
7. Які вітаміни та гормони необхідні для засвоєння кальцію?
8. Які продукти містять достатню кількість кальцію, що добре засвоюється?

23. Біоенергетичні процеси: субстратне та окисне фосфорилування.

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке біологічне окиснення? Типи реакцій біологічного окиснення.
2. Назвіть основні макроергічні сполуки.
3. Взаємозв'язок процесів біологічного окиснення та синтезу АТФ.
4. Назвіть етапи субстратного фосфорилування як механізму синтезу АТФ. Де відбувається цей процес?
5. Назвіть етапи окисного фосфорилування як основного механізму синтезу АТФ. Де відбувається цей процес?
6. Що таке коефіцієнт окисного фосфорилування?

7. Яка ефективність використання енергії під час ресинтезу АТФ? Чи супроводжується біологічне окиснення виділенням теплової енергії?
8. Що таке розмежування процесів окиснення та фосфорилування? За яких умов може відбуватися таке явище?
9. У чому полягає позитивний і негативний аспект розмежування спряження біологічного окиснення і дихального фосфорилування? Чи наявне використання цього явища під час занять спортом?

24. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками або ознаками втоми у зоні максимальної, субмаксимальної, великої і помірної потужностей?

Послідовність виконання завдання:

1. Яка реакція ресинтезу АТФ домінує в зоні максимальної потужності?
2. Яким шляхом відновлюються запаси АТФ у зоні субмаксимальної потужності?
3. Чи слід вважати молочну кислоту чинником втоми в зоні субмаксимальної потужності?
4. Чи слід вважати вміст сечовини у крові та сечі критерієм втоми в зонах великої і помірної потужностей?
5. На що вказує підвищена концентрація сечовини у крові та сечі?
6. Про що свідчить нагромадження кетонових тіл під час виконання вправ у зонах великої і помірної потужностей?
7. Які умови потрібні для реутилізації кетонових тіл?
8. Опишіть шлях утворення γ -аміномасляної кислоти (ГАМК) та метаболізм цієї сполуки у фазі відпочинку.
9. Чи можна вважати глюкоурію, кетонурію та альбумінурію біохімічними показниками втоми після надмірних фізичних навантажень?

25. Які речовини утворюються із глюкози в процесі пластичного обміну?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке анаболізм та катаболізм?
2. Що спільного у термінах «асиміляція», «анаболізм», «пластичний обмін» і чому тут домінують реакції синтезу?
3. Загальна характеристика глюкози.
4. Природні джерела глюкози. Засвоювані та незасвоювані полісахариди.
5. Механізми підтримання рівня глюкози в організмі людини.
6. Основні шляхи метаболізму глюкози.
7. Які чинники впливають на запасання глікогену в печінці?
8. Які тренування сприятимуть запасанню глікогену в м'язах?

26. Роль γ -аміномасляної кислоти (ГАМК) в організмі людини. Утворення та причини підвищення концентрації у клітинах.

Послідовність виконання завдання:

1. Яким чином ГАМК впливає на самопочуття та працездатність людини?
2. Де відбувається синтез ГАМК? Що є субстратом для синтезу?
3. Який фермент каталізує цю реакцію?
4. Як регулюються надходження субстрату та активність фермента, що каталізує цю реакцію?
5. У якому процесі ГАМК метаболізується? Від чого залежить швидкість метаболізму ГАМК?
6. Чи є зв'язок між збільшенням концентрації ГАМК та посиленням процесу розпаду білків?
7. Чи можна використовувати ГАМК як біохімічний маркер для контролю працездатності?

27. Опишіть фази відновлення енергетичних запасів (процес біохімічної реституції) після виконання фізичних вправ.

Послідовність виконання завдання:

1. Від чого залежить інтенсивність зниження внутрішньом'язових запасів КрФ і глікогену під час виконання фізичних вправ?
2. Коли спостерігають фази неповного відновлення?
3. Фаза суперкомпенсації тим вища, чим нижчою є фаза виснаження. Хто є автором відкриття такої закономірності? Як це можна застосувати у практичній роботі тренера?
4. Коли настає фаза повного відновлення: до чи після суперкомпенсації?
5. Скільки часу потрібно для відновлення робочого рівня КрФ і глікогену м'язів і печінки? Від чого це залежить?

28. У чому полягатиме кумулятивний ефект від повторних навантажень, які починають виконувати у фазі суперкомпенсації після попередніх? Обґрунтуйте на прикладі енергетичних субстратів.

Послідовність виконання завдання:

1. Чи перебуває організм спортсмена впродовж фази суперкомпенсації у найвигіднішій позиції щодо відновлення енергосубстратів?
2. На яких принципах базується кумулятивний ефект під час повторних тренувань, розпочатих у фазі суперкомпенсації?
3. Які навантаження можуть спричинити нагромадження максимальної кількості КрФ у фазі суперкомпенсації?
4. Чому в разі максимального накопичення глікогену м'язів у період його піку найліпше розвивати швидкісно-силові вправи?
5. Новий цикл розвитку швидкісної витривалості правильно починати з суперкомпенсації КрФ чи глікогену м'язів?

29. Які ефекти від повторних навантажень спостерігатимемо, якщо кожне наступне задаватимемо на стадії недовідновлення? Пояснить на прикладі одного з біохімічних показників.

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке стадія неповного відновлення біохімічних параметрів фізичної працездатності?
2. Який вміст КрФ у м'язах спостерігатимемо на стадії неповного відновлення?
3. Який вміст глікогену в м'язах спостерігатимемо на стадії неповного відновлення?
4. Чому мікроцикл на розвиток витривалості тренери часто починають і повторно застосовують на стадії неповного відновлення?
5. У змагальному періоді вправи зазвичай повторюють на стадії неповного відновлення енергосубстратів. Як натренувати до цього спортсмена?

30. Яким буде підсумковий ефект від повторних вправ за умови, коли кожну наступну вправу задавати на стадії повного відновлення? Чи буде приріст тренованої функції? Пояснить на прикладі одного із шляхів енергозабезпечення.

Послідовність виконання завдання:

1. Чи відповідає вміст КрФ і глікогену м'язів вихідному рівневі на стадії повного відновлення?
2. Чому спостерігають нейтральну взаємодію підсумкових ефектів у певних мікроциклах, що розпочиналися на стадії повного відновлення?
3. Навіщо тренери починають наступний мікроцикл на стадії повного відновлення, адже такий підхід не поліпшує результат?

4. Чи є можливим доведення виконання рухової навички до автоматизму на тлі нейтральної взаємодії тренувальних ефектів?
5. Чи відрізняються суперкомпенсаторні піки за висотою і тривалістю під час підсумування за умов повторень серій мікроциклів, що розпочинаються на стадії повного відновлення?

31. Під час яких навантажень спостерігають явище гіпоглікемії?

Послідовність виконання завдання:

1. Охарактеризуйте роль глікогену як резервної форми глюкози.
2. Яким чином можна збільшити запаси глікогену? Основні «депо» глікогену.
3. У якій зоні відносної потужності глікоген є одним із основних субстратів енергозабезпечення фізичних вправ?
4. Як змінюється вміст глюкози в крові під час довготривалого фізичного навантаження?
5. Які зміни в діяльності центральної нервової системи виникають у разі зниження рівня глюкози в крові?
6. Назвіть симптоми гіпоглікемії. Гіпоглікемія передуює коматозному стану. Як цьому запобігти?

32. Визначте час відновлення рівня рН і вмісту лактату в крові після змагального забігу на 800 м.

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке рН крові і який його показник у стані відносного спокою?
2. Якою є концентрація молочної кислоти у нормі?
3. Чи може змінитися показник рН і вміст молочної кислоти у крові у легкоатлета і за яких обставин?
4. Зазвичай одиночну вправу спринтер виконує у зоні максимальної потужності, а в якій зоні перебуватимуть

спринтерські вправи, що повторюються (наприклад, під час тренувань)?

5. Чи потрібно багато часу на відновлення (скільки) за умов одиночного і багаторазового спринтерського навантаження?

33. Як змінюється рН крові під час виконання фізичного навантаження в зоні субмаксимальної потужності?

Послідовність виконання завдання:

1. Який рівень рН крові є нормальним та в яких фізіологічних межах він може змінюватися? Що може впливати на рівень рН крові?
2. Що таке ацидоз?
3. В якій зоні відносної потужності спостерігають найбільше накопичення молочної кислоти? Чому?
4. Якого максимального рівня молочної кислоти може досягнути спортсмен і як це вплине на рН крові?
5. Як організм людини позбавляється від молочної кислоти?
6. Як впливає тренуваність на здатність накопичувати молочну кислоту під час виконання вправ у субмаксимальній зоні відносної потужності?
7. Які є буферні системи крові? Чи впливає тренуваність на ємність буферних систем?

34. Опишіть хронологічну послідовність явищ розтренування в біоенергетичному аспекті. Як це впливає на швидкість, гнучкість, силу та витривалість спортсмена.

Послідовність виконання завдання:

1. Дати визначення розтренування.
2. Найшвидше натреновується гнучкість, потім швидкість, сила і витривалість. Чи зберігається така послідовність щодо розтренування?
3. Що таке сенситивні періоди розвитку рухових якостей?

4. У якому віці слід починати розвиток якостей гнучкості?
5. Чому силу розвивають після початку пубертатного періоду?
6. Чому з віком м'язи людини втрачають свою силу?
7. У якому порядку втрачаються рухові якості з віком людини? Від чого це залежить?

15. Як впливають на спортивну діяльність анаболічні стероїди? Якими можуть бути наслідки їх використання?

Послідовність виконання завдання:

1. Які речовини належать до класу стероїдів?
2. Що спільного між холестеринном, кортикостероїдами, вітамінами групи Д і статевими гормонами?
3. Під час статевого дозрівання у хлопців різко підвищується концентрація тестостерону. Як тоді зміниться м'язовий компонент тіла? За допомогою яких волокон?
4. У якому віці спостерігають позитивний баланс Нітрогену? Від чого це залежить?
5. У якому віці спостерігають негативний баланс Нітрогену? Від чого це залежить?
6. Штучні стероїди посилюють реакції пластичного обміну. Який негативний бік цього впливу?
7. Від чого залежить анаболічний індекс та андрогенна активність штучних стероїдів?

16. Поняття біологічного віку спортсмена. Як фізичні тренування впливають на швидкість процесу старіння?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке біологічний вік людини?
2. Як біологічний вік співвідноситься із хронологічним (паспортним) віком людини?
3. Чи надмірні вправи впливатимуть на біологічний вік людини? Яким чином?

4. Чи помірні навантаження впливатимуть на біологічний вік людини? Яким чином?
5. Чого слід уникати спортсменові, щоб запобігти передчасному старінню?
6. Які біохімічні зміни відбуваються у результаті оптимальних фізкультурних і спортивних навантажень?

37. Чому вважають, що є тісний взаємозв'язок між проявом сили і швидкості?

Послідовність виконання завдання:

1. Які типи м'язових волокон переважають у спортсменів із високими швидкісно-силовими характеристиками?
2. Назвіть генетичні чинники силових здібностей.
3. Назвіть генетичні чинники швидкісних здібностей.
4. Що таке робоча гіпертрофія м'язових волокон?
5. Опишіть джерела енергозабезпечення під час вправ на розвиток сили і швидкості.
6. Штучні стероїди застосовують для стимуляції розвитку сили і швидкості. Наслідки їх застосування.
7. Що таке «спортивне серце»? Які проблеми із здоров'ям виникають у разі гіпертрофії серця?

38. Роль буферних систем у стабілізації кислотно-основної рівноваги організму під час фізичних навантажень.

Послідовність виконання завдання:

1. У чому проявляється стан перетренованості? Які зміни біохімічних характеристик організму людини властиві стану перетренованості?
2. Що таке ацидоз? Накопичення яких речовин його зумовлює?
3. Вплив ацидозу на основні метаболічні процеси організму спортсменів.
4. Склад, ємність і загальна характеристика основних буферних систем організму.

5. Порушення яких біохімічно-фізіологічних принципів побудови тренувального процесу призводить до стану перетренованості?
6. Які заходи допоможуть знизити рівень ацидозу в організмі спортсмена?

39. Чому діти та підлітки значно поступаються дорослим у працездатності під час виконання вправ гліколітичного типу енергозабезпечення?

Послідовність виконання завдання:

1. Які процеси в організмі, що зростає, відбуваються з підвищеною інтенсивністю?
2. Чому ростучий організм, що зростає, характеризується великими енерговитратами?
3. Чому для організму, що зростає, характерним є більш високе, ніж у дорослих, споживання кисню на кг ваги тіла?
4. Назвіть чинники, що обмежують можливості аеробного обміну в дітей і підлітків.
5. Назвіть особливості анаеробного енергозабезпечення організму, що зростає.
6. Назвіть особливості енергозабезпечення організму, що зростає, під час виконання вправ у зоні максимального та субмаксимального навантаження.
7. Особливості відновного періоду після фізичного навантаження дітей та підлітків.

40. Ви важкоатлет. Яка біохімічна характеристика обраного виду спорту?

Послідовність виконання завдання:

1. До якої зони потужності належить виконання вправ на змаганнях у цьому виді спорту, і які механізми енергозабезпечення переважають?

2. До якої зони потужності належить виконання вправ на тренуваннях важкоатлетів?
3. Які особливості інтервальних тренувань важкоатлетів? Які механізми енергозабезпечення переважають під час інтервальних тренувань?
4. Які біохімічні зміни відбуваються в організмі під час виконання цієї роботи?
5. Від чого залежать сумарні біохімічні зміни та величина біохімічних зсувів в організмі важкоатлета?
6. Яке тренування є оптимальними в обраному виді спорту?

41. Визначте рівень спеціальної тренуваності спортсмена, використовуючи елементи біохімічного контролю.

Послідовність виконання завдання:

1. Основні завдання біохімічного контролю в спорті.
2. Специфічність навантажень під час визначення спеціальної тренуваності.
3. Чи має значення зона відносної потужності, у якій домінують тренувальні вправи?
4. Які біохімічні методи можна застосувати для контролю за рівнем спеціальної натренованості?

42. Який шлях енергозабезпечення домінує в зоні субмаксимальної потужності?

Послідовність виконання завдання:

1. Які є зони відносної потужності?
2. Які вправи за своєю тривалістю належать до зони субмаксимальної потужності?
3. Які субстрати використовують у зоні субмаксимальної потужності для енергозабезпечення?
4. Які вправи можна використовувати для стимуляції механізмів енергозабезпечення у цій зоні потужності?
5. Чи можна застосовувати вуглеводне навантаження як харчовий чинник підготовки спортсменів до змагань?

43. Яка послідовність хімічних реакцій скорочення і розслаблення м'язів? Роль мінеральних іонів у цих процесах.

Послідовність виконання завдання:

1. Роль іонів K^+ , Na^+ у передаванні нервового імпульсу на м'яз.
2. Де розташовані іони Ca^{2+} під час скорочення і розслаблення м'язів?
3. Які іони активують АТФ-азу головки міозину?
4. Роль іонів Mg^{2+} .
5. Навіщо потрібна енергія АТФ під час скорочення та розслаблення м'язів?
6. У чому суть теорії ковзання і закручування?
7. Як взаємодія між міозином і актином впливає на довжину саркомера?

44. Як визначити рівень загальної тренованості спортсмена на основі біохімічного контролю?

Послідовність виконання завдання:

1. Основні завдання біохімічного контролю в спорті.
2. Які фізичні навантаження використовують для визначення загальної натренованості?
3. Які біохімічні маркери використовують для контролю за загальною фізичною тренованістю спортсменів?
4. Чи можна застосовувати тест PWC170 для контролю за загальною фізичною тренованістю спортсменів?

45. Під час медичного контролю у спортсменів виявили альбумінурію. Які висновки має зробити тренер, якщо спортсмени за цим показником розділились на тих, у яких виявлено і не виявлено альбумінурії?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке спортивна альбумінурія?
2. Які причини появи білка в сечі?
3. Чи можна класифікувати це явище як патологію?

4. Які джерела енергії залучають під час підготовки до середніх та наддовгих дистанцій?
5. Як можна класифікувати спортсменів за цим показником стосовно рівня їхнього відновлення та тренуваності?
6. Які рекомендації можна дати тренерові щодо корекції тренувального процесу?

46. Для підвищення працездатності ваша команда виїжджає на тренувальний збір в умови середньо- чи високогір'я. Які вітаміни ви запропонуєте для прискорення адаптативних реакцій спортсменів?

Послідовність виконання завдання:

1. Роль вітамінів у спортивній діяльності людини.
2. Яка тривалість періоду адаптації до умов середньо- чи високогір'я? Від чого це залежить?
3. Які вітаміни і чому прискорюють адаптивні процеси в організмі спортсменів в умовах висотної гіпоксії? Вкажіть харчові джерела цих вітамінів.
4. Які біохімічні параметри організму змінюються у разі адаптації до умов середньо- чи високогір'я?
5. Які вправи порекомендуєте спортсменам на перших етапах адаптації? Які засоби потрібно використовувати під час зриву адаптації?

47. Ви проводите тренувальні заняття з дітьми і підлітками. Якими мають бути ці заняття з урахуванням біохімічної характеристики дитячого організму, який росте?

Послідовність виконання завдання:

1. Біохімічні особливості організму, який росте і розвивається.
2. Яка різниця між дитячим організмом і підлітковим?
3. Який азотовий баланс організму, що росте?
4. Що таке сенситивні періоди розвитку фізичних якостей?

6. Біохімічне обґрунтування методики під час занять фізичними вправами з дітьми і підлітками.

III. За яких обставин розпочинається міокіназна реакція ресинтезу АТФ?

Послідовність виконання завдання:

1. Чому міокіназну реакцію називають допоміжною або аварійною? У чому її суть?
2. Якими шляхами може відбуватися зниження концентрації АМФ у клітинах?
3. Коли організм використовує цей шлях ресинтезу АТФ? Це аеробний чи анаеробний шлях?
4. Які наслідки для організму спортсмена матиме фізичне перевантаження, яке призвело до вмикання цього механізму енергообміну.
5. Які заходи можна рекомендувати для швидшого відновлення після такого перевантаження?

IV. У чому полягає гетерохронність біохімічної реституції? Чи застосовують її у тренерській практиці?

Послідовність виконання завдання:

1. Що означають терміни «гетерохронність» і «реституція»?
2. Закономірності відновних процесів після фізичного навантаження.
3. Послідовність відновлення джерел енергії ресинтезу АТФ.
4. Відновлення якої речовини є винятком у послідовності гетерохронності біохімічної реституції?
5. Які заходи ви порекомендуєте для пришвидшення відновлення запасів глікогену?

50. Чому САС є провідною у забезпеченні гомеостазу під час м'язів?

Послідовність виконання завдання:

1. Що таке САС і які її компоненти?
2. Яке співвідношення НА/А є оптимальним і визначає стан бойової готовності?
3. Як змінюється НА/А за умов передстартової лихоманки?
4. Як змінюється НА/А за умов передстартової апатії?
5. З якою ланкою САС пов'язують прояв швидкості?
6. З якою ланкою САС пов'язують прояв сили?
7. Чи впливає САС на витривалість?

12. Які іони безпосередньо беруть участь у скороченні м'язів?

- а) Zn^{2+} ; Mg^{2+} ; б) Ca^{2+} , Mg^{2+} ; в) Na^{+} ; г) Fe^{2+} .

13. Які мінеральні речовини не беруть участі в утворенні буферних систем?

- а) бікарбонати; в) солі амонію;
б) фосфати; г) сульфати.

14. Як впливає на мінеральний обмін гіподинамія? Сприяє...

- а) демінералізації кісткової тканини;
б) посиленому виведенню кальцію зі сечею;
в) затримці натрію в організмі;
г) посиленому виведенню натрію зі сечею.

15. Які зміни зумовлюють тривалі фізичні навантаження у водно-сольовому балансі?

- а) втрата з сечею фосфатів; в) втрата іонів кальцію;
б) втрата з потом хлоридів; г) кетоз.

16. Ацидоз – це ...

- а) накопичення іонів OH^{-} у тканинах і крові;
б) накопичення органічних кислот у тканинах і крові;
в) стан, коли кількість кислих і лужних іонів однакова;
г) підвищена дисоціація H_2O .

17. Де в організмі людини вміст води найменший?

- а) у серці; в) у нирках;
б) у кістковій тканині; г) у легенях.

18. рН середовища – це ...

- а) водневий показник;
б) показник ступеня алкалозу;
в) показник буферної ємності;
г) показник ступеня гідролізу.

- 19. Загальний вміст води в організмі людини становить ...**
а) 10–30 %; б) 30–50 %; в) 50–70 %; г) 80–99 %.
- 20. Які фізико-хімічні властивості не характерні для води?**
а) неполярність; в) хімічна інертність;
б) електронейтральність; г) сильний електроліт.
- 21. Вода виконує в організмі людини функції ...**
а) розчинника;
б) терморегулятора;
в) підтримувача тургору клітин і тканин;
г) усі вказані.
- 22. Осмос – це ...**
а) активне транспортування речовин через мембрани;
б) дифузія;
в) рух води через півпроникну мембрану з гіпотонічного в бік гіпертонічного розчину;
г) кислотно-лужна рівновага.
- 23. Які властивості води дають змогу виконувати транспортні функції в організмі?**
а) низька в'язкість і рухливість;
б) низька теплопровідність;
в) низька теплоємність;
г) неполярність молекули.
- 24. Скільки метаболічної води утворюється в людини за добу?**
а) 1–2 л; б) 0,1 л; в) 3–4 л; г) 0,3–0,4 л.
- 25. Де найбільший вміст води в організмі?**
а) у міжклітинному просторі; в) у рибосомах;
б) у клітині; г) у ядрі.

5. Які зі запропонованих пар вуглеводів є оптичними ізомерами?

- а) глюкоза, фруктоза;
- б) D-глюкоза L-глюкоза;
- в) альфа-глюкоза, бета-глюкоза;
- г) глюкоза, маноза.

6. Циклічні ізомери утворюють ...

- а) альфа- і бета-форми залежно від розташування глікозидного гідроксилу;
- б) D- і L-ряд залежно від розташування глікозидного гідроксилу;
- в) альфа- і бета-форми залежно від розташування водню і гідроксилу біля найбільш віддаленого від карбонільної групи асиметричного атома карбону;
- г) D- і L-ряд залежно від розташування водню і гідроксилу біля найбільш віддаленого від карбонільної групи асиметричного атома карбону.

7. Які з вказаних просторових ізомерів є епімерами?

- а) глюкоза, арабіноза;
- б) арабіноза, галактоза;
- в) глюкоза, маноза;
- г) маноза, арабіноза.

8. Які з вказаних вуглеводів не володіють властивостями відновника?

- а) глюкоза;
- б) мальтоза;
- в) лактоза;
- г) цукроза.

9. У результаті окиснення альдоз утворюються ...

- а) кислоти;
- б) спирти;
- в) альдегіди;
- г) кетони.

10. Які з вказаних вуглеводів містять бета-D-фруктозу?

- а) мальтоза;
- б) цукроза;
- в) лактоза;
- г) галактоза.

11. Які моносахариди утворюються під час кислотного гідролізу лактози?

- а) два залишки D-глюкози;
- б) α -D-глюкоза і β -D-галактоза;
- в) D-глюкоза і D-фруктоза;
- г) два залишки D-манози.

12. Який моносахарид є продуктом повного гідролізу глікогену?

- а) D-фруктоза;
- б) глюкозо-1-фосфат;
- в) глюкозо-6-фосфат;
- г) D-глюкоза.

13. Який моносахарид утвориться під час повного гідролізу крохмалю?

- а) D-галактоза;
- б) D-фруктоза;
- в) α -D-глюкоза;
- г) D-фруктозо-6-фосфат.

14. Який моносахарид утвориться під час повного гідролізу целюлози?

- а) β -D-глюкоза;
- б) D-фруктоза;
- в) α -D-глюкоза;
- г) D-галактоза.

15. Який вуглевод належить до гетерополісахаридів?

- а) арабіноза;
- б) гепарин;
- в) глікоген;
- г) крохмаль.

16. Який вуглевод належить до гомополісахаридів?

- а) цукроза;
- б) крохмаль;
- в) гіалуронова кислота;
- г) гепарин.

17. Які речовини є структурними компонентами нейраміннової кислоти?

- а) залишки манозаміну і пірувату;
- б) залишки арабінози;
- в) продукт конденсації галактози і глюкозаміну;
- г) глюкуронат і N-ацетилгалактозамінсульфат, які пов'язані бета-1,3 і бета-1,4-глюкозидними зв'язками.

18. Які речовини є структурними компонентами гіалуроннової кислоти?

- а) дві молекули мальтози;
- б) дві молекули бета-глюкози;
- в) глюкозамін, глюкуронат, ацетат;
- г) галактозамін, глюкуронат, сірчана кислота.

19. Із поданих тверджень виберіть правильне:

- а) під час дії на мальтозу мальтази утворюється α -D глюкоза;
- б) під час кислотного гідролізу крохмалю утворюється мальтоза;
- в) компонентами целюлози є альфа-глюкоза;
- г) продуктами гідролізу багатьох полісахаридів є пентози та їхні похідні.

20. Із вказаних тверджень виберіть правильне:

- а) циклічні форми моносахаридів у розчині здебільшого переважають над відкритою ланцюговою формою;
- б) глікоген – білий порошок, що не розчиняється у воді;
- в) моносахариди – речовини, які розчиняються в органічних розчинниках;
- г) під час окиснення альдоз і кетоз утворюються багатоатомні спирти.

21. Найважливіші функції вуглеводів:

- а) енергетична, транспортна, захисна;
- б) енергетична, структурна, каталітична;
- в) енергетична, структурна, захисна;
- г) каталітична, структурна.

22. Для гомополісахаридів характерно таке:

- а) висока молекулярна маса, складні фізико-хімічні властивості;
- б) побудовані із залишків одного моносахариду;
- в) під час гідролізу утворюється дві молекули гексоз;
- г) молекули побудовані із залишків різних моносахаридів.

23. За хімічними властивостями вуглеводи є ...

- а) багатоосновними кислотами;
- б) багатоатомними альдегідоспиртами;
- в) багатоатомними альдегідоспиртами та кетоспиртами;
- г) багатоатомними спиртами.

24. Дисахариди – це ...

- а) лактоза, цукроза, мальтоза;
- б) фруктоза, глюкоза та цукроза;
- в) рибоза, мальтоза, лактоза;
- г) гексози та пентози.

25. Олігосахариди – це ...

- а) вуглеводи, які не піддаються гідролізу з утворенням більш простих сполук;
- б) природні високомолекулярні речовини, молекули яких складаються зі сотень або тисяч залишків моносахаридів, зв'язаних між собою глікозидними зв'язками, що розщеплюються під час гідролізу;
- в) вуглеводи, молекули яких утворюються в результаті з двох – десяти залишків моносахаридів, які зв'язані між собою за допомогою глікозидних зв'язків;
- г) глюкоза та фруктоза.

3. Ліпіди.

Будова, властивості та біологічна роль

1. Яку роль в організмі людини відіграють жири?

- а) структура мембран;
- б) джерело енергії;
- в) терморегуляція;
- г) усі вказані.

2. Холін, коламін і серин належать до ...

- а) нейтральних жирів;
- б) фосфатидів;
- в) восків;
- г) стероїдів.

3. Скільки енергії виділяється під час розщеплення 1 г жиру?

- а) 17,6 кДж;
- б) 38,9 кДж;
- в) 4,5 кДж;
- г) 9,3 кДж.

4. Сфінгозин входить до складу ...

- а) сфінгофосфоліпідів;
- б) нейтральних жирів;
- в) восків;
- г) стеринів.

5. До яких сполук належать ліпіди?

- а) гідрофільних;
- б) гідрофобних;
- в) ліофільних;
- г) гелеподібних.

6. Холестерин належить до ...

- а) стероїдів;
- б) фосфоліпідів;
- в) нейтральних жирів;
- г) восків.

7. Хімічний склад молекули нейтрального жиру:

- а) амінокислота + гліцерин + фосфорна кислота;
- б) трижирні кислоти + гліцерин;
- в) гліцерин + амінокислота;
- г) амінокислота + глюкоза.

8. Церебрози належать до ...

- а) нейтральних жирів; в) стероїдів;
б) глікосфінголіпідів; г) восків.

9. У яких розчинниках жири не розчинні?

- а) вода; б) спирт; в) ефір; г) бензин.

10. У результаті гідролізу цереброзидів утворюється ...

- а) вуглевод, сфінгозин, жирна кислота;
б) сфінгозин, амінокислота;
в) жирна кислота, гліцерин;
г) гліцерин, фосфорна кислота, жирна кислота.

11. Які ліпіди не омилюються?

- а) нейтральні жири; в) гліколіпіди;
б) фосфоліпіди; г) стероїди.

12. Рідкі мила – це ...

- а) Na солі жирних кислот;
б) K солі жирних кислот;
в) Ca солі жирних кислот;
г) Mg солі жирних кислот.

13. Тверді мила – це ...

- а) Na солі жирних кислот; в) Ca солі жирних кислот;
б) K солі жирних кислот; г) Mg солі жирних кислот.

14. Емульгатори впливають на ...

- а) стійкість емульсії;
б) йодне число жиру;
в) тіолітичне розщеплення;
г) агрегатний стан жиру.

15. Маргарин отримують у результаті ...

- а) реакції гідрогенізації; в) гідролізу;
б) реакції дегідрогенізації; г) гідратації.

16. За допомогою йодного числа визначають ...

- а) ступінь ненасиченості жиру;
- б) ступінь насиченості жиру;
- в) ступінь гідролізу жиру;
- г) ступінь емульгованості жиру.

17. Що впливає на температуру плавлення жиру?

- а) довжина вуглецевого скелета жирних кислот;
- б) наявність у складі жирів гліцерину;
- в) вміст ненасичених кислот та довжина вуглецевих жирних кислот;
- г) наявність фосфорної кислоти.

18. Яка речовина не утворюється в результаті гідролізу сфінгомієліну?

- а) сфінгозин;
- б) жирна кислота;
- в) фосфорна кислота;
- г) гліцерин.

19. Похідні циклопентанпергідрофенантрону:

- а) стерини;
- б) тригліцериди;
- в) воски;
- г) фосфоліпіди.

20. Із наведених тверджень виберіть те, яке характерне для восків:

- а) більш стійкі до дії світла, ніж жири;
- б) ліпше гідролізуються, ніж жири;
- в) це рідкі речовини різного кольору;
- г) температура їх кипіння 30–50 °С.

21. Які з властивостей характерні для жирних кислот?

- а) більш висока температура плавлення насичених жирних кислот, ніж ненасичених;
- б) переважання насичених жирних кислот;
- в) наявність альдегідних або кетонних груп;
- г) наявність парної кількості атомів Карбону.

22. Які з вказаних ліпідів належать до гліцеридів?

- а) триацилгліцериди; в) цереброзиди;
б) стерини; г) воски.

23. Який із вказаних стероїдів є важливим компонентом жовчі?

- а) холієва кислота; в) ситостерол;
б) копростанол; г) естрадіол.

24. Серед наведених тверджень виберіть неправильне:

- а) циклопентанове або циклопентенове кільце мають простагландини;
б) для виявлення гліцерину використовують реакцію взаємодії з хлоридом кадмію;
в) воски – тверді речовини різного кольору;
г) вітамін D не розчиняється в жирах.

25. Серед наведених тверджень вкажіть правильне:

- а) нейтральні ліпіди не використовують як джерело енергії в організмі;
б) гліколіпіди знайдено у хлоропластах;
в) вітаміни групи D, K, E розчиняються у кислих ліпідах;
г) стерини не здатні до омилення.

26. Виберіть неправильне твердження:

- а) холестерол забезпечує еластичність судин;
б) холестерол бере участь у синтезі вітаміну D;
в) холестерол походить від циклопентанпергідрофенантрону;
г) холестерол бере участь у синтезі статевих гормонів і кортикостироїдів.

17. Серед наведених тверджень виберіть те, яке не стосується жирів:

- а) фізичні властивості залежать від жирнокислотного складу кислот, які входять до складу їхніх молекул;
- б) рослинні жири – це рідкі речовини (крім кокосової олії);
- в) розчинні в полярних розчинниках;
- г) утворюють оптичні ізомери.

4. Білки і нуклеїнові кислоти.

Будова, властивості та біологічна роль

1. Досліджуваний розчин дає позитивні реакції нінгідринову і Фоля. Які ймовірні сполуки є в цьому розчині?

- а) пролін і фенілаланін;
- б) триптофан і тирозин;
- в) тирозин і цистеїн;
- г) фенілаланін і триптофан.

2. Нінгідриновий реактив використовують для якісного визначення ...

- а) глюкози;
- б) α -амінокислот;
- в) нуклеїнових кислот;
- г) азотистих основ.

3. У процесі гідролізу білка ...

- а) руйнуються пептидні зв'язки;
- б) збільшується кількість вільних амінокислот;
- в) збільшується кількість олігопептидів;
- г) відбуваються усі названі зміни.

4. До складних білків належать ...

- а) альбуміни, глобуліни, ліпопротеїни;
- б) протаміни, фосфатиди, хромопротеїни;
- в) гліцерофосфатиди, протеїнази, актоміозин;
- г) нуклео-, фосфо-, ліпо-, гліко-, хромопротеїни.

5. Сумарний позитивний заряд мають

білки, у яких переважають:

- а) лізин і глютамінова кислота;
- б) аспарагінова і глютамінова кислота;
- в) лізин і аргінін;
- г) лізин і аспарагінова кислота.

6. Глікопротеїни складаються з білка та ...

- а) цереброзидів;
- б) вуглеводних компонентів;
- в) неорганічного фосфору;
- г) нуклеотидів.

7. Які прості білки належать до складу нуклеопроїнів:

- а) альбуміни, глобуліни;
- б) протаміни, гістони;
- в) проламіни, глютеліни;
- г) протеноїди, цереброзиди.

8. Ізоелектрична точка білків – це значення рН, за якого ...

- а) білок стає найбільш іонізованим;
- б) білок є електронейтральним;
- в) молекула білка набуває позитивного заряду;
- г) розчинність білка найбільша.

9. Сумарний негативний заряд мають білки, у складі яких переважають ...

- а) аргінін і гліцин;
- б) лізин і аргінін;
- в) глютамінова й аспарагінова кислоти;
- г) валін і лейцин.

10. Які амінокислоти належать до незамінних?

- а) гліцин, серин, аланін;
- б) валін, фенілаланін, треонін;
- в) серин, глютамінова кислота;
- г) фенілаланін, серин, аланін.

11. Розчин якої амінокислоти має кислу реакцію?

- а) аланін;
- б) пролін;
- в) глютамінова кислота;
- г) аргінін.

5. Ферменти. Біологічна роль

1. Що таке ферменти?

- а) складні білки, що належать до структурних компонентів клітини;
- б) біокаталізатори білкової природи;
- в) неорганічні каталізатори;
- г) мікроелементи, що збільшують швидкість хімічних реакцій.

2. За хімічною природою ферменти є ...

- а) нуклеїновими кислотами;
- в) полісахаридами;
- б) ліпідами;
- г) поліпептидами.

3. Ферментам властива ...

- а) теплова денатурація;
- в) наявність стереоізомерів;
- б) люмінесценція;
- г) утворення полімерів.

4. Коферментами називають ...

- а) білкову частину ферментів;
- б) неактивну форму ферментів;
- в) активний центр ферментів;
- г) небілковий компонент ферментів.

5. Активний центр ферменту слугує для ...

- а) прикріплення ферментів до мембран;
- б) зв'язування та перетворення субстратів;
- в) взаємодії ферментів між собою;
- г) зв'язування алостеричних ефекторів.

6. Ферменти слугують для ...

- а) зміщення рівноваги хімічних реакцій;
- б) сповільнення хімічних реакцій;
- в) пришвидшення хімічних реакцій;
- г) нейтралізації продуктів хімічних реакцій.

7. Яке явище лежить в основі механізму дії ферментів?

- а) утворення фермент-субстратного комплексу;
- б) зближення груп, що належать до активного центру ферменту;
- в) зміна просторової конфігурації ферменту;
- г) гідроліз ферменту.

8. Що таке активний центр ферменту?

- а) місце приєднання ферменту до коферменту;
- б) частина молекули, яка легко відщеплюється від апоферменту;
- в) небілковий компонент;
- г) комбінація хімічних груп молекули ферменту, яка забезпечує можливість сполучення його з субстратом і подальше перетворення останнього.

9. Специфічність ферментів буває ...

- а) абсолютна і відносна;
- б) стереохімічна субстратна;
- в) групова;
- г) усе назване.

10. Ферментативний каталіз полягає у ...

- а) зниженні енергії активації перед початком реакції;
- б) зниженні енергетичного бар'єру міжмолекулярних сил взаємного відштовхування в реакціях синтезу;
- в) послабленні внутрімолекулярних зв'язків у реакціях розпаду;
- г) усе вазане.

11. Оптимум рН для більшості ферментів організму людини є такий:

- а) 7,0;
- б) 1–2;
- в) 5;
- г) 10.

12. Температурний оптимум для більшості ферментів організму людини перебуває в межах ...

- а) 37–45 °С;
- б) 0–40 °С;
- в) 45–60 °С;
- г) 100 °С.

13. Активаторами ферментів можуть бути ...

- а) іони двовалентних металів;
- б) H_2SO_4 ;
- в) солі важких металів;
- г) $CuSO_4$.

14. Інгібітори ферментів бувають:

- а) конкурентні;
- б) усі вказані;
- в) алостеричні;
- г) неконкурентні.

15. Ферменти класифікують на такі групи:

- а) оксидоредуктази, трансферази;
- б) гідролази і ліази;
- в) ізомерази, лігази (синтетази);
- г) класифікують на 6 груп, вказаних у попередніх пунктах.

16. Як впливають фізичні навантаження на активність ферментів гліколізу?

- а) підвищують;
- б) понижують;
- в) збалансовують;
- г) не впливають взагалі.

17. Залежність активності ферментів від субстрату описують за допомогою ...

- а) рівняння Міхаеліса;
- б) константи Міхаеліса;
- в) кривої Гауса;
- г) критерієм Ст'юдента.

18. Ферменти гліколізу розміщені в ...

- а) саркомері;
- б) мітохондріях;
- в) цитозолі;
- г) лізосомах.

19. Кофактором ферментів зазвичай є ...

- а) гормони;
- б) вітаміни і їхні похідні;
- в) вуглеводи;
- г) ліпіди.

20. Денатурацію ферменту можуть спричинити ...

- а) зниження рН;
- б) підвищення температури;
- в) етанол;
- г) усі вказані чинники.

ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ

1. Обмін вуглеводів

1. Назвіть ферменти гліколізу:

- а) сахараза;
- б) мальтаза;
- в) фосфофруктокіназа;
- г) каталаза.

2. Яка з вказаних речовин необхідна для перетворення фруктозо-6-фосфату у фруктозо-1,6-дифосфат під дією фосфофруктокінази?

- а) НАДФН; б) КоА-SH; в) АДФ; г) АТФ.

3. Активність якого з ферментів гліколізу не проявляється без НАД⁺?

- а) глікогенфосфорилаза;
- б) фруктозобіфосфат-альдолаза;
- в) D-гліцеральдегідфосфатдегідрогеназа;
- г) енолаза.

4. Яка зі сполук є коферментом глюкозо-6-фосфатдегідрогенази?

- а) тиамінпірофосфат;
- б) піридоксальфосфат;
- в) НАДФ⁺;
- г) ФМНН₂.

5. Які ферменти каталізують реакцію перетворення фруктозо-6-фосфату у фруктозо-1,6-дифосфат?

- а) фосфоглюкоізомераза і альдолаза;
- б) фосфофруктокіназа;
- в) фосфоглюкомутаза і альдолаза;
- г) гексокіназа і альдолаза.

6. Який фермент каталізує розщеплення фруктозо-1,6-дифосфату на дві тріози?

- а) тріозофосфатізомераза;
- б) фруктозодифосфатальдолаза;
- в) гексокіназа;
- г) фосфофруктокіназа.

7. Який фермент каталізує перетворення глюкозо-6-фосфат у фруктозо-6-фосфат?

- а) фосфофруктокіназа;
- б) фосфоглюкомутаза;
- в) фосфоглюкоізомераза;
- г) тріозофосфатізомераза.

8. Які сполуки є коферментами мультиферментного комплексу піруватдегідрогенази, що бере участь у окисному декарбоксілюванні пірувату?

- а) ФМН, КоА-SH, тіамінпірофосфат;
- б) ФАД, ліпоєва кислота, КоА-SH, тіамінпірофосфат;
- в) ліпоєва кислота, КоА-SH, ФАД;
- г) тіамінпірофосфат, ліпоат, НАД⁺.

9. Який фермент бере участь в утворенні глюкозо-1-фосфату з глікогену?

- а) амілаза;
- б) фосфорилаза;
- в) фосфоглюкоізомераза;
- г) фосфоглюкомутаза.

10. Який фермент бере участь у перетворенні 2-фосфогліцерату в 2-фосфоенолпіруват?

- а) тріозофосфатізомераза;
- б) енолаза;
- в) піруваткіназа;
- г) D-гліцеральдегідфосфатдегідрогеназа.

26. Засвоєння глюкози регулюють гормони ...

- а) кори наднирників;
- б) щитоподібної залози;
- в) усіх вказаних залоз;
- г) підшлункової залози.

27. Підготовча стадія гліколізу закінчується утворенням ...

- а) фруктозо-1,6-дифосфату;
- б) глюкозо-6-фосфату;
- в) двох тріоз (діоксиацетонфосфат і гліцеральдегідтрифосфат);
- г) 2-фосфогліцерату.

28. Активність ферментів гліколізу регулюється на рівні ...

- а) тканинному;
- б) транскрипції;
- в) посттрансляційно;
- г) на усіх вказаних рівнях.

29. На яких етапах перетворення в циклі Кребса відбувається реакція дегідрування?

- а) ізолімонної кислоти в оксалосукцинат;
- б) лимонної кислоти в цисаконітову;
- в) фумарату на малат;
- г) сукцинату на фумарат.

30. В анаеробних умовах у гліколізі синтез АТФ відбувається в результаті субстратного фосфорилування, у процесі якого використовується енергія інших макроергічних сполук. Вкажіть таку сполуку:

- а) фосфоенолпіруват;
- б) глюкозо-6-фосфат;
- в) лактат;
- г) піруват.

31. Важливу роль у підтримці рівня глюкози у крові відіграє утворення глюкози у процесі, який називають ...

- а) глюконеогенез;
- б) глікогенез;
- в) гліколіз;
- г) глікогеноліз.

32. Які продукти гліколізу можуть бути використані для синтезу ліпідів?

- а) усі вказані;
- б) фосфоенолпіровиноградна кислота, дигідроксиацетонфосфат;
- в) молочна кислота;
- г) піровиноградна кислота.

33. Одним із шляхів перетворення вуглеводів у організмі є анаеробний розпад. Гліколіз починається з перетворення глюкози під впливом гексокінази в ...

- а) глюкозо-6-фосфат;
- б) глюкозо-1-фосфат;
- в) глюкозо-5-фосфат;
- г) глюкозо-2-фосфат.

34. У матриксі мітохондрій локалізовані важливі катаболічні процеси. Виберіть катаболічний шлях, якого немає в мітохондрії:

- а) гліколіз;
- б) цикл Кребса;
- в) окиснення ВЖК до ацетил-SКоА;
- г) окисне декарбоксілювання пірувату.

35. Відомо, що деякі вуглеводи не перетравлюються в ШКТ організму людини. Виберіть такий вуглевод:

- а) целюлоза;
- б) крохмаль;
- в) сахароза;
- г) глікоген.

36. Глюкоза в клітині піддається низці перетворень в анаеробних умовах до молочної кислоти. Як називається цей процес?

- а) гліколіз;
- б) глікогеноліз;
- в) глюконеогенез;
- г) ліполіз.

2. Обмін ліпідів

1. Які ферменти беруть участь у травленні жирів?

- а) амілази; б) ліпази; в) пептидази; г) трипсин.

2. Із яким процесом пов'язане перетворення гліцерину у клітині?

- а) із β -розщепленням жирних кислот;
б) із гліколізом;
в) із розпадом білків;
г) із емульгуванням.

3. Нагромадження якої речовини призводить до кетозу?

- а) ацетил-КоА; в) гліцерину;
б) фосфодіоксиацетону; г) молочної кислоти.

4. Що сприяє емульгації жирів у організмі людини?

- а) жовч; в) холінестераза;
б) ліпаза; г) луг.

5. Під впливом якого ферменту здійснюється фосфорилування гліцерину?

- а) гліцерокіназа; в) гідратаза;
б) дегідрогеназа; г) синтетаза.

6. У кишківнику триацилгліцериди гідролізуються до ...

- а) моноацилгліцериду та жирних кислот;
б) жирних кислот;
в) диацилгліцериду та жирних кислот;
г) гліцерину.

7. Що утворюється в результаті дегідрогенізації гліцерофосфату?

- а) фосфодіоксиацетон; в) жирна кислота;
б) гліцерин; г) ацетил-КоА.

14. У яких умовах відбувається використання кетонових тіл як енергетичного джерела?

- а) в анаеробних;
- б) у процесі відновлення;
- в) під час виконання вправ у зоні максимальної потужності;
- г) під час виконання швидкокісно-силових обтяжень.

15. Атеросклероз – це порушення обміну ...

- а) холестерину;
- б) фосфоліпідів;
- в) нейтральних жирів;
- г) тригліцеридів.

16. У процесі β -розщеплення жирних кислот утворюються продукти, які можуть бути використані у ...

- а) гліколізі;
- б) циклі Кребса;
- в) пентозофосфатному циклі;
- г) глюконеогенезі.

17. Яка речовина не належить до кетонових тіл?

- а) ацетооцтова кислота;
- б) бета-гідроксимасляна;
- в) ацетон;
- г) ацетил-КоА.

18. Виділення кетонових тіл із сечею – це ...

- а) кетонемія;
- б) кетонурія;
- в) кетоз;
- г) ацидоз.

19. Карнітин пов'язаний із обміном ...

- а) гліцерину;
- б) жирних кислот;
- в) кетонових тіл;
- г) стероїдів.

20. Для поліпшення спортивних результатів спортсменові рекомендовано вживати карнітин. Який процес активується карнітином?

- а) транспортування жирних кислот;
- б) транспортування амінокислот;
- в) транспортування іонів кальцію;
- г) транспортування глюкози.

21. Під час β -окиснення жирних кислот відбувається транспорт ацил-КоА з цитозоля в мітохондрії за використання ...

- а) карнітину;
- б) оротової кислоти;
- в) інозиту;
- г) холіну.

22. В організмі постійно відбувається біосинтез жирних кислот. Яка з вказаних речовин є основним джерелом іх біосинтезу?

- а) ацетил-КоА;
- б) сукциніл-КоА;
- в) ациладенілат;
- г) аміноациладенілат.

23. Біологічне значення гліколізу зумовлене не тільки тим, що він є джерелом енергії для організму, але також утворює сполуки, які використовують для синтезу простих і складних ліпідів. Вкажіть, яка це сполука:

- а) дигідроксиацетонфосфат;
- б) фосфоенолпіровиноградна кислота;
- в) молочна кислота;
- г) ацетил-КоА.

24. Із чого синтезуються кетоніві тіла в печінці?

- а) бутирил-КоА;
- б) ацил-КоА;
- в) ацетил-КоА;
- г) пропіоніл-КоА.

3. Обмін білків

1. С-кінцеві амінокислоти в білках відщеплюють:

- а) дипептидази;
- б) карбоксипептидази;
- в) амінопептидази;
- г) хімотрипсин.

2. Основний шлях знешкодження аміаку:

- а) синтез глютаміну;
- б) синтез амонійних солей;
- в) синтез сечовини;
- г) синтез сечової кислоти.

4. Пепсин починає розщеплення ...

- а) крохмалю;
- б) гліцерину;
- в) поліпептидів;
- г) полінуклеотидів.

4. N-кінцеві амінокислоти в білках відщеплюють ...

- а) дипептидази;
- б) карбопептидази;
- в) амінопептидази;
- г) еластаза.

5. У результаті декарбоксилювання амінокислот в організмі утворюються ...

- а) аміак, сечовина, креатин, гістамін;
- б) аміни, діаміни, біологічно активні речовини;
- в) поліпептиди, сечова кислота, сиротонін;
- г) усе вказане.

6. Гниття білків під впливом мікрофлори кишківника містить такі реакції:

- а) перетворення білків до пептидів;
- б) перетворення складних білків до простих;
- в) утворення амінокислот із білків;
- г) дезамінування і декарбоксилювання амінокислот із подальшим утворенням токсичних продуктів.

7. Назвіть речовини, які є субстратами в реакції переамінування під час утворення глютамінової кислоти:

- а) піруват;
- б) α -кетоглутарат, серин;
- в) аспартат, гліцерол;
- г) аланін, аденін.

8. Назвіть продукти реакції трансамінування аспарагінової кислоти:

- а) оксалоацетат, глютамінова кислота;
- б) α -кетоглутарат;
- в) аспартат;
- г) аланін.

9. Назвіть речовину, яка є продуктом трансамінування аланіну:

- а) піруват;
- б) α -кетоглутарат;
- в) аспартат;
- г) аланін.

10. Назвіть незамінні амінокислоти:

- а) аланін, цистеїн;
- б) аспарагін, аланін, триптофан, тирозин;
- в) аспарагінова кислота, триптофан, тирозин, метіонін, цистеїн;
- г) цистеїн, триптофан, тирозин, метіонін, ізолейцин.

11. Назвіть, які з вказаних речовин використовують у біосинтезі сечовини:

- а) глютамінову кислоту;
- б) орнітин;
- в) аспарагінову кислоту;
- г) усі вказані.

12. Із яких вказаних амінокислот під час декарбоксілювання утворюється гістамін:

- а) аланіну;
- б) гістидину;
- в) гліцину;
- г) глютамінову кислоту.

13. Детоксикація аміаку в циклі сечовини (орнітиновий цикл) відбувається ...

- а) без залучення додаткових енерговмісних сполук;
- б) із залученням одної молекули креатинфосфату на утворення одної молекули сечовини;
- в) із затратою одної молекули АТФ на утворення одної молекули сечовини;
- г) із затратою трьох молекул АТФ на утворення одної молекули сечовини.

14. Травлення білка відбувається у ...

- а) ротовій порожнині;
- б) ротовій порожнині та шлунку;
- в) шлунку;
- г) шлунку та дванадцятипалій кишці.

15. У процесі адаптації до фізичних навантажень активується білковий обмін, водночас ...

- а) синтезується більше білків скоротливого апарату;
- б) деякі білки швидше розпадаються;
- в) синтезується більше ферментів, потрібних для ресинтезу АТФ;
- г) деякі білки швидше розпадаються, також синтезується більше білків скоротливого апарату та ферментів, потрібних для ресинтезу АТФ.

16. Біосинтез білка відбувається ...

- а) у ядрі;
- б) у вакуолях;
- в) на рибосомах;
- г) у лізосомах.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ТЕМ «ГОРМОНИ» ТА «ВІТАМІНИ»

1. Гормони

1. Які з вказаних гормонів є білками?

- а) адреналін;
- б) тестостерон;
- в) інсулін;
- г) глюкагон.

2. Яка з вказаних речовин не є гормоном?

- а) адреналін;
- б) норадреналін;
- в) тирозин;
- г) інсулін.

3. Які ендокринні залози продукують стероїдні гормони?

- а) мозковий шар наднирників;
- б) щитоподібна залоза;
- в) кора наднирників;
- г) підшлункова залоза.

4. У піддослідної особи спостерігають гіперглікемію, глюкозурію; сеча має підвищену густину. Що може бути причиною такого стану?

- а) пригнічення синтезу глюкагону;
- б) пригнічення синтезу тироксину;
- в) пригнічення синтезу інсуліну;
- г) посилення гліколізу.

6. Як впливає інсулін на обмін вуглеводів?

- a) активує проходження глюкози через клітинні мембрани;
- б) пригнічує глюкочкіназу;
- в) активує глюкочнеогенез;
- г) пригнічує проходження глюкози через клітинні мембрани.

6. Як впливають катехоламіни (А і НА) на обмін жирів?

- a) пригнічують тканинну ліпазу та вихід жиру з місць депонування;
- б) активують тканинну ліпазу і вихід жиру з місць депонування;
- в) стимулюють перетворення жирів у вуглеводи;
- г) стимулюють перетворення жирів у білки.

7. Як впливає адреналін на вуглеводневий обмін?

- a) посилення процесу розщеплення глікогену в печінці;
- б) посилює кетогенез;
- в) гальмування процесу розщеплення глікогену в печінці;
- г) зниження рівня цукру в крові.

8. Синергістом якого гормону є адреналін?

- a) трийодтироніну;
- б) глюкагону;
- в) гормону росту (СТГ);
- г) вазопресину.

9. Кальцитонін – це гормон, який сприяє ...

- a) засвоєнню калію;
- б) виведенню надміру кальцію із організму;
- в) засвоєнню кальцію;
- г) виведенню надміру калію із організму.

10. Який негативний вплив можуть спричинити синтетичні аналоги андрогенів, що вживають спортсмени?

- а) ураження печінки, імпотенцію;
- б) цукровий діабет;
- в) виникнення пухлин;
- г) захворювання щитоподібної залози.

11. Глюкокортикоїди – це гормони наднирників, які ...

- а) синтезуються у відповідь на стрес та сприяють підвищенню тиску крові;
- б) сприяють підвищеному вмісту глюкози у крові;
- в) сприяють виведенню калію та кальцію;
- г) синтезуються у відповідь на стрес, сприяють підвищенню тиску крові, вмісту глюкози у крові, виведенню калію та кальцію.

12. Участь у змаганнях зумовлює ...

- а) підвищений синтез статевих гормонів;
- б) підвищений синтез лише чоловічих статевих гормонів;
- в) підвищений синтез чоловічих статевих гормонів, глюкокортикоїдів та ендорфінів;
- г) не впливає на синтез гормонів.

13. Ендорфіни – це нейромедіатори, які виробляються в головному мозку у стресових ситуаціях та сприяють ...

- а) прискореному загоєнню поранень;
- б) підвищеному синтезу статевих гормонів;
- в) виходу зі стресу унаслідок фізичних та психічних навантажень;
- г) виходу зі стресу, який спричинили фізичні навантаження та больові відчуття, швидкому загоєнню поранень.

14. Чутливість організму людини до дії інсуліну зростає у разі ...

- а) збільшеного споживання простих цукрів;
- б) зменшеного споживання простих цукрів та зменшення фізичного навантаження;
- в) зменшення фізичного навантаження;
- г) зменшеного споживання простих цукрів та збільшеного фізичного навантаження.

15. Соматотропін – це гормон, який сприяє ...

- а) зменшеному споживанню простих цукрів;
- б) зменшенню розмірів тіла людини;
- в) кращій адаптації до фізичних навантажень;
- г) збільшенню розмірів тіла людини.

2. Вітаміни

1. Які вітаміни належать до жиророзчинних:

- а) групи В;
- б) групи D;
- в) С;
- г) тіамін.

2. Як проявляється гіповітаміноз А?

- а) порушенням обміну Са і Р;
- б) порушенням функції розмноження;
- в) курячою сліпотою (втратою здатності розрізняти предмети в сутінках);
- г) сповільненням зростання і збільшення ваги в дітей.

3. Порушення яких функцій спричиняє відсутність у їжі вітаміну Е?

- а) згортання крові;
- б) функції розмноження, дистрофію м'язів;
- в) порушення окиснювальних процесів;
- г) запалення слизових оболонок ротової порожнини.

4. Який із вітамінів пришвидшує адаптацію організму спортсмена до умов середньогір'я і високогір'я?

- а) B_{12} ; б) К; в) А; г) С.

5. Яка із вказаних ланок обміну порушується у разі B_1 -гіповітамінозу?

- а) дезамінування амінокислот;
б) окиснення жирних кислот;
в) окисне декарбоксілювання;
г) синтез сечовини.

6. До складу яких коферментів входить вітамін B_2 ?

- а) НАД, НАДФ;
б) ТПФ, ТДФ;
в) ФАД, ФМН;
г) коензиму А.

7. Який вітамін бере участь у синтезі пуринових і піримідинових основ (тобто в утворенні РНК і ДНК), проявляючи анаболічний ефект?

- а) В_с (фолієва кислота); в) B_{12} ;
б) С; г) B_3 .

8. До складу яких коферментів входить вітамін B_5 (РР)?

- а) НАД, НАДФ;
б) ФАД;
в) коензим А (КоА);
г) тіамінпірофосфат (ТПФ).

9. Потреба в якому вітаміні збільшується в разі зростання кількості вуглеводів у харчовому раціоні спортсмена?

- а) B_2 ; б) С; в) B_1 ; г) B_6 .

10. Потреба в якому вітаміні зростає у разі збільшення білка в харчовому раціоні спортсмена?

- а) B_6 ;
- б) B_1 ;
- в) Д;
- г) Е.

11. Тривалий авітаміноз B_1 ...

- а) легко переносить організм людини;
- б) сповільнює ріст;
- в) спричинює захворювання нервової системи – поліневриту;
- г) призводить до поліневриту.

12. Великий надлишок жиророзчинних вітамінів ...

- а) не шкодить організмові;
- б) є корисним у певних умовах;
- в) може зумовити додаткове запасання жиру в організмі;
- г) може бути смертельно небезпечним.

13. Вітамін B_2 , рибофлавін, у великій кількості міститься в ...

- а) молоці та кисломолочних продуктах;
- б) морепродуктах;
- в) натуральних зернових крупах;
- г) апельсинах та інших цитрусових.

14. Джерелами вітаміну К є ...

- а) капуста та шпинат;
- б) мікроорганізми кишківника людини;
- в) риба і рибопродукти;
- г) капуста, шпинат, печінка, мікроорганізми кишківника людини.

15. Гіповітаміноз вітаміну К та фолієвої кислоти (вітамін В₁₂) рідко спостерігають у дорослих здорових людей, оскільки

- а) вони є у надлишку у продуктах харчування;
- б) їх виробляють бактерії кишківника людини;
- в) їх виробляє організм людини;
- г) їх достатньо у продуктах харчування та продукують бактерії кишківника людини.

16. Вітаміни можуть легко втрачатися із продуктів харчового раціону у разі:

- а) яскравого світла;
- б) високої температури;
- в) тривалого зберігання за доступу кисню;
- г) за всіх вказаних умов.

ТЕСТИ З КУРСУ «БІОХІМІЯ СПОРТУ»

1. Біохімія м'язів і м'язового скорочення

1. Іони кальцію необхідні для ...

- а) передавання нервового імпульсу;
- б) стабілізації сарколеми;
- в) для зв'язування з тропоніном та активації АТФ-азної активності міозину;
- г) для зв'язування з міозином та активації АТФ-азної активності тропоніну.

2. Іони Ca^{2+} ініціюють скорочення скелетних м'язів у результаті зв'язування з ...

- а) АТФ-азним центром міозину;
- б) молекулами глобулярного актину;
- в) однією із субодиниць тропоніну;
- г) кальмодуліном.

3. Товсті міофібрили утворені з білка ...

- а) тропоніну;
- б) тропоміозину;
- в) актиніну;
- г) міозину.

4. Основний білок тонких філаментів міофібрил – це ...

- а) тропонін;
- б) тропоміозин;
- в) актинін;
- г) актин.

5. Які білкові комплекси кріпляться до Z-мембрани?

- а) піруватдегідрогеназний комплекс;
- б) товсті міозинові міофіламенти;
- в) тонкі актинові міофіламенти;
- г) білки строми.

6. Який зазвичай (у стані спокою) показник рН м'язів?

- а) 6,34;
- б) 7,36;
- в) 7,00;
- г) 5,00.

7. Яке з тверджень про білі м'язові волокна є неправильним?

- а) для них характерний високорозвинутий анаеробний розпад вуглеводів;
- б) містять більше, ніж червоні волокна, глікогену;
- в) містять більше міоглобіну;
- г) швидше скорочуються через високий вміст креатинфосфату.

8. У міозині розрізняють такі структурні домени молекули:

- а) S1 субодиниця та фібрилярний хвіст;
- б) фібрилярний хвіст та S2 субодиниця;
- в) глобулярна S1-S2 субодиниця та фібрилярний хвіст;
- г) тропоміозинова субодиниця та фібрилярний хвіст.

9. У світлих дисках міофібрил є такі компоненти:

- а) білок міозин;
- б) білок актин;
- в) міозинова головка;
- г) міозин-АТФ-аза.

10. У разі м'язових дистрофій спостерігають усі подані біохімічні зміни, окрім:

- а) збільшення вмісту в сечі креатиніну;
- б) збільшення вмісту в сечі креатину;
- в) зменшення кількості в м'язах креатинфосфату;
- г) зменшення кількості в м'язах АТФ.

11. Наявність креатинфосфокінази у крові може свідчити про ...

- а) надмірне фізичне навантаження;
- б) високий рівень тренуваності;
- в) процес розтренування;
- г) готовність до змагань.

12. До білків, що є в м'язовій тканині, належать усі, вказані нижче, окрім:

- а) актину;
- б) міозину;
- в) фібриногену;
- г) міоглобіну.

13. У якому диску розміщені Z-мембрани?

- а) посередині диска I;
- б) у зоні H і M;
- в) у диску A;
- г) у зоні Z.

14. Які компоненти беруть участь у скороченні м'язового цитоплазматичного циліндра?

- а) міозин, актин, тропонін, тропоміозин, Ca^{2+} , АТФ, K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , АТФ-аза;
- б) актин, міозин, міоглобін, карнітин;
- в) гемоглобін, актин, тропонін, тропоміозин; вітамін С;
- г) міозин, актин, тропонін, тропоміозин, АТФ, Ca^{2+} .

15. Молекули міозину:

- а) складаються з двох ланцюгів;
- б) у їхніх борознах розміщений тропонін-тропоміозиновий комплекс;
- в) володіють АТФ-азною активністю, яка локалізована біля голівок S1;
- г) володіють АТФ-азною активністю, що локалізована у «хвості» молекули.

11. Чи потрібна енергія АТФ для розслаблення м'яза?

- а) так;
- б) ні;
- в) частково;
- г) тільки у білих м'язових волокнах.

2. Біоенергетика м'язової діяльності**1. До якої зони відносної потужності належить спринтерський біг?**

- а) максимальної;
- б) субмаксимальної;
- в) великої;
- г) помірної.

2. У разі яких навантажень найчастіше спостерігають явище гіпоглікемії?

- а) у зоні субмаксимальної відносної потужності;
- б) у зоні максимальної відносної потужності;
- в) у зоні помірної відносної потужності;
- г) у зоні великої відносної потужності.

3. Виберіть правильну послідовність зниження потужності механізмів енергозабезпечення під час м'язової роботи:

- а) гліколітичний, аеробне окиснення, креатинфосфатний;
- б) аеробне окиснення, гліколітичний, креатинфосфатний;
- в) креатинфосфатний, гліколітичний, окисне фосфорилування;
- г) міокіназний, креатинфосфатний, гліколіз.

16. У яких зонах найбільше порушується водно-сольовий баланс?

- а) у зоні субмаксимальної відносної потужності;
- б) у зоні максимальної відносної потужності;
- в) у зоні великої відносної потужності;
- г) у зоні помірної відносної потужності.

17. Які показники є найінформативнішими під час відбору для роботи, яка належить до зони субмаксимальної потужності?

- а) рівень молочної кислоти в крові;
- б) висока активність ферментів окисного фосфорилування;
- в) високий вміст сечовини після навантаження;
- г) високий вміст креатинфосфату.

18. Який механізм ресинтезу АТФ має найбільшу метаболічну ємність?

- а) окисне фосфорилування;
- б) креатинфосфокіназна реакція;
- в) гліколіз;
- г) міокіназний.

19. Ви плануєте бігати середні дистанції. За якими біохімічними параметрами відбувається відбір в секцію?

- а) визначення молочної кислоти в крові та сечовини;
- б) визначення рН сечі;
- в) визначення білка в сечі;
- г) визначення креатиніну в сечі та молочної кислоти в крові.

20. Метаболічна ємність якого механізму ресинтезу АТФ є найбільшою?

- а) анаеробного алактатного; в) аеробного;
- б) анаеробного лактатного; г) міокіназного.

21. Які показники є найінформативнішими під час відбору для роботи, яка належить до зони максимальної потужності?

- а) висока активність дихального фосфорилювання;
- б) високий вміст сечовини після навантаження;
- в) високий вміст креатиніну в сечі;
- г) зміщення рН крові в кислий бік.

22. Яка речовина є універсальним джерелом енергії в організмі людини?

- а) креатинфосфат;
- б) АТФ;
- в) глікоген;
- г) жирні кислоти.

23. Рухливість реакцій якого механізму ресинтезу АТФ є найвищою?

- а) окисне фосфорилювання;
- б) креатинфосфокіназна реакція;
- в) гліколіз;
- г) міокіназний механізм.

24. Які показники є найінформативнішими під час відбору для роботи, яка належить до зони великої потужності?

- а) вміст глікогену у м'язах і висока активність дихального фосфорилювання;
- б) високий вміст цукру в крові після навантаження;
- в) високий вміст неорганічного фосфору в крові;
- г) високий вміст креатинфосфату.

25. Які стани настають в організмі у разі локального зниження рівня АТФ?

- а) стан Рігора;
- б) передстартовий стан;
- в) стан бойової готовності;
- г) смерть.

26. Для представників видів спорту, які належать до зони помірної потужності, характерно:

- а) максимальний вміст молочної кислоти після фізичного навантаження;
- б) високий вміст глікогену в м'язах і печінці та висока активність окисного фосфорилування;
- в) високий вміст креатинфосфату;
- г) максимальне зміщення рН крові в лужний бік.

27. Чи потрібна енергія АТФ для розслаблення м'яза?

- а) так;
- б) ні;
- в) немає значення;
- г) тільки для скорочення.

3. Біохімічні чинники втоми та маркери процесів відновлення

1. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками втоми у зоні максимальної потужності?

- а) молочна кислота;
- б) γ -аміномасляна кислота;
- в) креатин;
- г) сечовина.

2. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками втоми у зоні субмаксимальної потужності?

- а) молочна кислота в крові;
- б) γ -аміномасляна кислота;
- в) креатинін у сечі;
- г) максимальне накопичення сечовини в сечі.

3. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками втоми у зоні великої потужності?

- а) молочна кислота в крові;
- б) γ -аміномасляна кислота;
- в) фосфор неорганічний у крові та в сечі;
- г) сечовина в крові та сечі.

4. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками втоми у зоні помірної потужності?

- а) молочна кислота в крові;
- б) γ -аміномасляна кислота;
- в) фосфор неорганічний у крові та в сечі;
- г) креатинін у сечі.

5. Види втоми в організмі:

- а) сенсорна;
- б) розумова;
- в) м'язова;
- г) усі вказані.

6. Дослідження яких білків у крові використовують для оцінювання наслідків фізичного навантаження?

- а) креатинкіназа, міоглобін, лактатдегідрогеназа, тропонін;
- б) лактатдегідрогеназа, тропонін;
- в) креатинкіназа, міоглобін;
- г) альбуміни та гемоглобін.

7. Про максимальний ступінь перевантаження свідчить виявлення у крові та сечі ...

- а) креатинкінази;
- б) міоглобіну;
- в) тропоніну;
- г) лактатдегідрогенази.

8. Виявлення підвищеної активності креатинкінази у крові свідчить про ...

- а) високий рівень тренуваності;
- б) низький рівень тренуваності;
- в) фізичне перевантаження;
- г) повне відновлення після навантаження.

Які ферменти знижують свою активність під час втоми від вправ у зоні максимальної потужності?

9. Що є чинником втоми під час виконання вправ у субмаксимальній зоні відносної потужності?

- а) збільшення концентрації креатиніну;
- б) збільшення концентрації молочної кислоти та кисневий борг;
- в) зниження вмісту глікогену;
- г) збільшення концентрації кетонових тіл у крові.

10. Що є чинником втоми під час виконання вправ у помірній зоні відносної потужності?

- а) гіпертермія та дегідратація організму;
- б) зниження концентрації глюкози в крові;
- в) збільшення γ -аміномасляної кислоти, гіпертермія та дегідратація організму; зниження концентрації глюкози в крові;
- г) збільшення концентрації молочної кислоти в крові.

11. Високу працездатність у великій зоні відносної потужності визначають за ...

- а) рівнем максимального споживання кисню та рівнем енергетичних субстратів;
- б) рівнем енергетичних субстратів та здатністю витримувати високий кисневий борг;
- в) рівнем креатинфосфату та здатністю витримувати високий кисневий борг;
- г) здатністю витримувати високий кисневий борг та рівнем енергетичних субстратів.

12. Яка речовина є показником локальної втоми?

- а) сечовина;
- б) молочна кислота;
- в) фосфор неорганічний;
- г) креатинін.

13. Яка речовина накопичується в синапсах під час втоми?

- а) сечовина;
- б) катехоламіни;
- в) ГАМК;
- г) карнітин.

14. Яким буде кумулятивний ефект від повторних вправ за умови, коли кожна наступну вправу починають виконувати на стадії повного відновлення?

- а) ефект негативної взаємодії;
- б) ефект нейтральної взаємодії;
- в) ефект регресивної взаємодії;
- г) ефект прогресивної взаємодії.

15. Який із шляхів обміну вуглеводів стимулюється у скелетних м'язах під час відпочинку після дуже інтенсивної фізичної роботи?

- а) креатинфосфокіназна реакція;
- б) гліколіз;
- в) глікогеноліз;
- г) аеробне окиснення молочної кислоти.

16. У якій послідовності відбувається відновлення енергетичних субстратів після виконаної роботи (явище гетерохронності)?

- а) креатин фосфату і резервів O_2 ; запас глікогену м'язів і печінки; резерви жирів, білкові структури;
- б) білкові структури; резерви жирів; запас глікогену м'язів і печінки; резерви O_2 і креатин фосфату;
- в) запас глікогену м'язів і печінки; запас глікогену м'язів і печінки; резерви жирів; резерви O_2 і креатин фосфату;
- г) одночасно.

17. Які метаболіти циклу Кребса застосовують для пришвидшеного відновлення?

- а) молочна кислота;
- б) ПВК;
- в) креатинфосфат;
- г) бурштинова кислота.

18. Які речовини утворюються із глюкози в процесі пластичного обміну?

- а) глюкокортикоїди;
- б) глікоген;
- в) нуклеїнові кислоти;
- г) холестерин.

19. Що є причиною суперкомпенсації?

- а) підвищений рівень гормонів у процесі відпочинку після м'язової роботи; домінування пластичних реакцій обміну над енергетичними;
- б) ацидоз;
- в) підвищений вміст сечовини в крові;
- г) гіперглікемія.

20. Як називають накопичувальну фазу біохімічної релікції?

- а) фаза суперкомпенсації;
- б) фаза неповного відновлення;
- в) фаза повного відновлення;
- г) фаза підготовча.

21. Як називають ефект від повторних навантажень, які починають виконувати у фазі суперкомпенсації?

- а) ефект негативної взаємодії;
- б) ефект нейтральної взаємодії;
- в) ефект регресивної взаємодії;
- г) ефект прогресивної взаємодії.

22. Які ефекти від повторних навантажень спостерігають, якщо кожне наступне починати виконувати на стадії недовідновлення?

- а) ефект негативної взаємодії;
- б) ефект нейтральної взаємодії;
- в) ефект регресивної взаємодії;
- г) ефект прогресивної взаємодії.

23. Що більші витрати енергоресурсу під час роботи, то вищий пік його надвідновлення в період відпочинку. Що це таке?

- а) правило Енгельгардта;
- б) принцип комплементарності;
- в) принцип гетерохронності і біохімічних реституцій;
- г) теорія Гакслі.

24. Який ефект відсутній за умови правильної організації тренувальних навантажень?

- а) поточний;
- б) терміновий;
- в) відкладений;
- г) стрес-ефект.

25. Кумулятивний тренувальний ефект спостерігають після ...

- а) одиночного тренувального навантаження;
- б) серій навантажень у межах мікроциклу;
- в) у результаті підсумовування поточного, термінового і відкладеного ефектів у межах макроциклу;
- г) не спостерігають узагалі.

4. Біохімічна характеристика рухових якостей спортсмена

1. Які механізми енергозабезпечення зростають під час розвитку силових якостей спортсмена?

- а) анаеробний алактатний, анаеробний лактатний, міокіназний;
- б) креатин фосфатний, гліколітичний;
- в) дихальне фосфорилування, гліколіз;
- г) аеробне окиснення, дихальне фосфорилування.

2. Білі м'язові волокна визначають ...

- а) швидкісні якості;
- б) силову витривалість;
- в) швидкісно-силову витривалість;
- г) загальну витривалість.

3. У якому віковому діапазоні є найвищий прояв сили як рухової якості (здібності) важкоатлета?

- а) 10–15 років;
- б) 15–20 років;
- в) 20–30 років;
- г) 40–55 років.

4. Вибрати хронологічну послідовність явищ розтренування рухових якостей:

- а) швидкість, гнучкість, сила, витривалість;
- б) спеціальна витривалість, швидкість, гнучкість, сила;
- в) сила, швидкість, гнучкість, витривалість;
- г) гнучкість, швидкість, сила, витривалість.

5. Зміна яких компонентів м'язів відбувається під час розвитку загальної витривалості:

- а) міоглобіну, кількості мітохондрій, цитохромоксидази, глікогену м'язів;
- б) гемоглобіну, міоглобіну, кількості мітохондрій, ядер;
- в) фібрину, кількості мітохондрій, розміру мітохондрій;
- г) ферментів гліколізу, лактатдегідрогенази, креатин фосфату.

6. Які тести використовують для визначення загальної на- тренуваності?

- а) велоергометричну пробу;
- б) тест Маргарія;
- в) гарвардський степ-тест;
- г) велоергометричну пробу і Гарвардський степ-тест.

7. Яка генетична ознака не лімітує прояву швидкісних здібностей?

- а) співвідношення між білими і червоними волокнами;
- б) довжина саркомера;
- в) АТФ-азна активність міозину;
- г) кількість мітохондрій у міоциті.

8. Яка фізична якість слугує базою для прояву швидкості?

- а) загальна витривалість;
- б) сила;
- в) спеціальна витривалість;
- г) гнучкість.

9. Для проміжних м'язових волокон характерна ...

- а) велика кількість мітохондрій та здатність до інтенсивного дихання;
- б) висока активність гліколізу;
- в) висока активність гліколізу, велика кількість мітохондрій та здатність до інтенсивного дихання;
- г) низька АТФ-азна активність міозину.

10. Який механізм енергозабезпечення є в основі розвитку швидкості?

- а) креатинкіназний;
- б) окисне фосфорилування;
- в) міокіназний;
- г) жоден із вказаних.

11. Який механізм енергозабезпечення є в основі розвитку сили?

- а) креатинкіназний;
- б) міокіназний;
- в) окисне фосфорилування;
- г) жоден із вказаних.

12. Який механізм ресинтезу АТФ є провідним під час розвитку витривалості?

- а) креатинкіназний;
- б) гліколітичний;
- в) окисне фосфорилування;
- г) усі.

- 3. Як фізичні тренування сповільнюють процеси старіння?**
- а) помірні;
 - б) спринтерські;
 - в) помірні навантаження;
 - г) навантаження на витривалість.
- 4. Які метаболічні процеси переважають у похилому віці?**
- а) анаболічні;
 - б) катаболічні;
 - в) урівноважені анаболічні з катаболічними;
 - г) не переважають взагалі.
- 5. Які метаболічні процеси переважають у людей зрілого віку?**
- а) анаболічні;
 - б) катаболічні;
 - в) збалансовані анаболічні з катаболічними;
 - г) не збалансовані взагалі.
- 6. У якому віці спостерігають позитивний баланс азоту (нітрогену)?**
- а) дитячому;
 - б) зрілому;
 - в) середньому;
 - г) у похилому.
- 7. У якому віці наявний негативний баланс азоту (нітрогену)?**
- а) дитячому;
 - б) підлітковому;
 - в) зрілому;
 - г) похилому.
- 8. У якому віці може бути пубертатний стрибок?**
- а) дитячому;
 - б) підлітковому;
 - в) зрілому;
 - г) похилому.
- 9. Які ефекти спостерігають у фізичному розвитку молоді на сучасному етапі?**
- а) ретардації;
 - б) акселерації;
 - в) акселерації і ретардації;
 - г) не спостерігають взагалі.

10. У якому віці метаболізм найекзотичніший і найзбалансованіший?

- а) юному;
- б) зрілому;
- в) підлітковому;
- г) похилому.

6. Принципи тренування

1. У якій фазі місячного циклу спортсменки проявляють найвищу працездатність?

- а) менструальній;
- б) овуляторній;
- в) післяовуляторній і післяменструальній;
- г) передменструальній.

2. У спортсменів після тренувального мікроциклу виявили явище кетонурії. Якого рівня було навантаження?

- а) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом помірною навантаження;
- б) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом надобтяження;
- в) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом розвантажувального навантаження;
- г) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом втягуючого навантаження.

3. Які біохімічні параметри змінюються насамперед під час адаптації до умов середньогір'я?

- а) зростання вмісту гемоглобіну, міоглобіну;
- б) зростання аеробних механізмів енергозабезпечення; інтенсифікація гліколізу;
- в) зростання вмісту креатинфосфату;
- г) вміст скорочувальних білків.

4. Яка послідовність біохімічних змін в організмі спортсмена у разі перетренування?

- а) зниження аеробного окиснення, зниження інтенсивності гліколізу, зниження вмісту глікогену в м'язах;
- б) зниження вмісту глікогену в м'язах, зниження аеробного окиснення, зниження інтенсивності гліколізу;
- в) зниження інтенсивності гліколізу, зниження вмісту глікогену в м'язах, зниження аеробного окиснення;
- г) зниження алактатного анаеробного окиснення, зниження вмісту глікогену в м'язах, зниження інтенсивності гліколізу.

5. Які біохімічні особливості м'язів натренованого спортсмена?

- а) зростання аеробних окисних процесів і вмісту глікогену; нагромадження структурних білків; зростання інтенсивності гліколізу; зростання вмісту креатинфосфату;
- б) зростання вмісту креатинфосфату; зростання інтенсивності гліколізу; нагромадження структурних білків; зростання аеробних окисних процесів і вмісту глікогену;
- в) зростання інтенсивності гліколізу; зростання вмісту креатинфосфату; нагромадження структурних білків; зростання аеробних окисних процесів і вмісту глікогену;
- г) усі зміни відбуваються одночасно.

6. Біохімічні особливості організму перетренованого спортсмена:

- а) зниження аеробного окиснення та інтенсивності гліколізу, збільшення кількості кетонових тіл;
- б) підвищений вміст креатинфосфату;
- в) зростання рівня АТФ у м'язах;
- г) збільшення глюкози в крові.

7. Яка хронологічна послідовність явищ розтренування рухових якостей: швидкості, гнучкості, сили, витривалості?

- а) швидкість, гнучкість, сила, витривалість;
- б) спеціальна витривалість, швидкість, гнучкість, сила;
- в) сила, швидкість, гнучкість, витривалість;
- г) гнучкість, швидкість, сила, витривалість.

8. Яка послідовність біохімічних змін у м'язах у разі розтренування?

- а) зниження анаеробних алактатних можливостей; зниження гліколітичних можливостей і вмісту глікогену; зниження вмісту структурних білків і АТФ-азної активності міозину; зниження аеробних можливостей енергозабезпечення;
- б) усі зміни відбуваються одночасно;
- в) зниження гліколітичних можливостей і вмісту глікогену; зниження вмісту структурних білків і АТФ-азної активності міозину; зниження аеробних можливостей енергозабезпечення, зниження анаеробних алактатних можливостей;
- г) зниження аеробних можливостей енергозабезпечення, зниження вмісту структурних білків і АТФ-азної активності міозину; зниження анаеробних алактатних можливостей; зниження гліколітичних можливостей і вмісту глікогену.

9. Коли настає кумулятивний тренувальний ефект?

- а) під час виконання вправи;
- б) після закінчення вправи;
- в) на ранніх етапах відновлення;
- г) у результаті тривалого етапу тренувань.

10. Як називають ефект від повторних навантажень, що почали виконувати у фазі суперкомпенсації?

- а) ефект негативної взаємодії;
- б) ефект нейтральної взаємодії;
- в) ефект регресивної взаємодії;
- г) ефект прогресивної взаємодії.

11. Які ефекти від повторних навантажень спостерігатимемо, якщо кожне наступне почнемо виконувати на стадії недовідновлення?

- а) ефект негативної взаємодії;
- б) ефект нейтральної взаємодії;
- в) ефект регресивної взаємодії;
- г) ефект прогресивної взаємодії.

12. Яких видів адаптацій слід уникати на шляху до підвищення тренуваності?

- а) короткотривалої;
- б) довготривалої;
- в) стрес-адаптації;
- г) вид адаптації не має значення.

13. Для стійкого підвищення функціонального рівня спортсмена важливим є дотримання таких принципів спортивного тренування:

- а) повторності і регулярності;
- б) циклічності та правильного чергування роботи і відпочинку;
- в) надобтяження та індивідуалізації;
- г) дотримання усіх принципів.

7. Біохімічна характеристика різновидів фізичної діяльності оздоровчого спрямування

1. У яких видах спорту під час тренувальних навантажень можуть спостерігати явище альбумінурії?

- а) силової спрямованості;
- б) швидкісної спрямованості;
- в) у разі довготривалих навантажень;
- г) не спостерігають узагалі.

2. Які шляхи енергозабезпечення задіяні під час виконання вправ у спортивних іграх?

- а) тільки креатинфосфатний;
- б) тільки гліколітичний;
- в) анаеробні та аеробний;
- г) тільки аеробне окиснення і дихальне фосфорилування.

3. Після баскетбольного турніру в спортсменів виявили посилену екскрецію сечовини з ранковою порцією сечі. Як можна прокоментувати результати таких досліджень?

- а) навантаження турніру були надмірними;
- б) навантаження турніру були помірними;
- в) навантаження турніру були недостатніми;
- г) навантаження турніру відповідали навантаженням тренувань.

4. Рівень максимального споживання кисню залежить від ...

- а) статі, віку, об'єму легень, вмісту гемоглобіну в крові, вмісту міоглобіну в м'язах, рівня тренуваності;
- б) об'єму легень, вмісту гемоглобіну в крові, вмісту міоглобіну в м'язах, рівня тренуваності;
- в) статі, віку, об'єму легень, вмісту міоглобіну в м'язах, рівня тренуваності;
- г) статі, віку, об'єму легень, вмісту гемоглобіну в крові, вмісту міоглобіну в м'язах.

5. Представники якого з наведених видів спорту мають найвищу аеробну ємність?

- а) плавання;
- б) лижні перегони;
- в) біг на довгі дистанції;
- г) швидкісний біг на ковзанах.

6. У представників якого з поданих видів спорту є найвищою анаеробна потужність?

- а) плавання;
- б) біг на довгі дистанції;
- в) лижні перегони;
- г) швидкісний біг на ковзанах.

7. Представники якого з наведених видів спорту мають найвищу гліколітичну анаеробну потужність?

- а) плавання;
- б) біг на довгі дистанції;
- в) лижні перегони;
- г) швидкісний біг на ковзанах.

8. У представників якого з поданих видів спорту є найвищою гліколітична анаеробна ємність?

- а) плавання;
- б) біг на довгі дистанції;
- в) лижні перегони;
- г) баскетбол.

9. У представників якого виду спорту фіксують найбільше накопичення молочної кислоти в крові?

- а) велоперегони на довгі дистанції;
- б) біг на 800–1000 м;
- в) гімнастика;
- г) футбол.

16. Марафонський біг – це вид спорту, у якому основним джерелом ресинтезу АТФ є ...

- а) креатинфосфокіназна реакція;
- б) гліколітичне фосфорилування;
- в) окисне фосфорилування;
- г) міокіназна реакція.

17. На лижних дистанціях 30 км та 50 км енергозабезпечення відбувається переважно ...

- а) анаеробним алактатним шляхом;
- б) анаеробним лактатним шляхом;
- в) шляхом окисного фосфорилування;
- г) механізм ресинтезу АТФ немає значення.

18. У межах якої зони відносної потужності лежить дистанція 1000 м академічного веслування:

- а) максимальної;
- б) субмаксимальної;
- в) великої;
- г) помірної.

19. Одним із шляхів виведення молочної кислоти з організму є піт. У якому виді спорту це виключено під час тренувальних і змагальних навантажень?

- а) легка атлетика;
- б) плавання;
- в) спортивні ігри;
- г) бокс.

20. Максимальне силове напруження, яке розвиває важкоатлет, залежить від ...

- а) алактатної анаеробної компоненти енергоутворення;
- б) лактатної анаеробної компоненти енергоутворення;
- в) аеробної енергопродуктивності;
- г) від усіх однаково.

3. У спортсменів після тренувального мікроциклу виявили явище кетонурії. Якого рівня було навантаження?

- а) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом помірною навантаження;
- б) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом надобтяження;
- в) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом розвантажувального навантаження;
- г) тренувальний мікроцикл, побудований за принципом втягувального навантаження.

4. Нагромадження яких метаболітів вважають чинниками втоми в зоні субмаксимальної потужності?

- а) молочна кислота в крові;
- б) γ -аміномасляна кислота;
- в) фосфор неорганічний у крові та в сечі;
- г) креатинін у крові та сечі.

5. Після тренування у спортсмена виявили креатинін у сечі. Як потрактувати це явище?

- а) норма;
- б) патологія;
- в) передпатологічний стан;
- г) стан стресу.

6. Який зазвичай (у стані спокою) показник рН артеріальної крові?

- а) 7,37;
- б) 8,34;
- в) 7,00;
- г) 5,00.

7. У сечі спортсменів виявили фосфор неорганічний. Про що це свідчить?

- а) про норму;
- б) про патологію;
- в) про передпатологічний стан;
- г) про стан стресу.

8. Після баскетбольного турніру в спортсменів виявили посилену екскрецію сечовини з ранковою порцією сечі. Як можна прокоментувати результати таких досліджень?

- а) навантаження турніру були надмірними;
- б) навантаження турніру були помірними;
- в) навантаження турніру були недостатніми;
- г) навантаження турніру відповідали навантаженням тренувань.

9. Які показники є найінформативнішими під час відбору для роботи, яка належить до зони субмаксимальної потужності?

- а) рівень молочної кислоти в крові;
- б) висока активність дихального фосфорилування;
- в) високий вміст сечовини після навантаження;
- г) високий вміст креатинфосфату.

10. Як впливають на організм спортсменів анаболічні стероїди?

- а) посилюють енергетичний обмін;
- б) понижують пластичний обмін;
- в) понижують енергетичний обмін;
- г) посилюють пластичний обмін.

11. Ви плануєте бігати середні дистанції. За якими біохімічними параметрами відбувається відбір у секцію?

- а) визначення молочної кислоти в крові;
- б) визначення рН сечі;
- в) визначення білка в сечі;
- г) визначення креатиніну в сечі та молочної кислоти в крові.

12. Що зумовлює больові відчуття в м'язах через тривалий час після інтенсивного фізичного навантаження?

- а) мікронадриви м'язових волокон та розвиток запального процесу;
- б) надмірне механічне розтягнення м'яза;
- в) недостатнє кровопостачання м'яза;
- г) перегрів м'язової тканини.

13. Роль γ -аміномасляної кислоти:

- а) активація циклу Кребса;
- б) активація ферментів дихального ланцюжка мітохондрій;
- в) гальмування нервово-м'язової передачі;
- г) гальмування гліколізу.

14. Ви плануєте бігати короткі дистанції. Які біохімічні параметри застосують для контролю під час відбіркового тестування?

- а) визначення молочної кислоти в крові;
- б) визначення рН сечі;
- в) визначення білка в сечі;
- г) визначення креатиніну та рН сечі.

15. Який білок у крові є маркером надмірного фізичного навантаження?

- а) тропонін;
- б) аспартатамінотрансфераза;
- в) аланінамінотрансфераза;
- г) аргіназа.

16. Які показники є найінформативнішими під час відбору для видів спорту, які належать до зони великої потужності?

- а) вміст глікогену в м'язах і висока активність окисного фосфорилування;
- б) вміст глюкози в крові після навантаження;
- в) вміст неорганічного фосфору в крові;
- г) вміст креатинфосфату в м'язах.

17. Який тест на велоергометрі використовують для визначення рівня швидкісної витривалості?

- а) Гарвардський степ-тест;
- в) тест Маргарія;
- б) Vita maxima;
- г) тест Купера.

18. Які показники є найінформативнішими під час відбору для видів спорту, які належать до зони помірної потужності?

- а) вміст молочної кислоти;
- б) вміст глікогену в м'язах і печінці; висока активність окисного фосфорилування;
- в) вміст креатинфосфату;
- г) максимальне зміщення рН крові в кислий бік після фізичного навантаження.

9. Біохімічні чинники спортивної працездатності

1. Вибрати чинники, які визначають фізичну працездатність:

- а) біоенергетичні;
- в) психологічні;
- б) нервово-м'язові;
- г) усі вказані.

2. На фізичну працездатність впливають такі функціональні особливості людини:

- а) алактатні анаеробні здібності;
- б) лактатні анаеробні здібності;
- в) аеробні здібності;
- г) усі вказані.

3. Енергетичним критерієм потужності алактатної анаеробної здібності спортсмена є ...

- а) максимальна анаеробна потужність (МАП), швидкість розпаду макроергів (p/t);
- б) швидкість накопичення молочної кислоти (HL/t); швидкість надлишкового виділення CO_2 (Ехс CO_2);
- в) максимальне споживання кисню (VO_2 max), критична потужність ($W_{\text{кр}}$); кисневий прихід за час виконання вправи (VO_2);
- г) усі вказані.

4. Енергетичний критерій потужності лактатної анаеробної здібності спортсмена – це ...

- а) максимальна анаеробна потужність (МАП), швидкість розпаду макроергів (p/t);
- б) швидкість накопичення молочної кислоти (HL/t); швидкість надлишкового виділення CO_2 (Ехс CO_2);
- в) максимальне споживання кисню (VO_2 max), критична потужність ($W_{\text{кр}}$); кисневий прихід за час виконання вправи (VO_2);
- г) усі вказані.

5. Енергетичний критерій потужностей аеробної здібності людини:

- а) максимальна анаеробна потужність (МАП), швидкість розпаду макроергів (p/t);
- б) швидкість накопичення молочної кислоти (HL/t); швидкість надлишкового виділення CO_2 (Exc CO_2);
- в) максимальне споживання кисню (VO_2 max), критична потужність ($W_{\text{кр}}$); кисневий прихід за час виконання вправи (VO_2);
- г) усі вказані.

6. Енергетичний критерій ємності алактатної анаеробної здібності людини – це ...

- а) загальний вміст КрФ у м'язах, величина алактатного O_2 -боргу;
- б) максимальне накопичення молочної кислоти в крові (HLa), максимальний O_2 -борг, максимальний зсув рН (ΔpH max);
- в) сумарний вміст алактатних і лактатних аеробних джерел;
- г) усі вказані.

7. Енергетичний критерій ємності лактатної анаеробної здібності людини –це ...

- а) загальний вміст КрФ у м'язах, величина алактатного O_2 -боргу;
- б) максимальне накопичення молочної кислоти в крові (HLa), максимальний O_2 -борг, максимальний зсув рН (ΔpH max);
- в) сумарний вміст алактатних і лактатних аеробних джерел;
- г) усі вказані.

8. Енергетичний критерій ефективності алактатної анаеробної здібності людини – це ...

- а) швидкість оплати алактатного O_2 -боргу (Ka);
- б) механічний еквівалент молочної кислоти (W / HLa);
- в) кисневий еквівалент роботи (КЕР), поріг анаеробного обміну (ПАНО);
- г) усі вказані.

9. Енергетичний критерій ефективності лактатної анаеробної здібності людини – це ...

- а) швидкість оплати алактатного O_2 -боргу (Ka);
- б) механічний еквівалент молочної кислоти (W/HLa), поріг анаеробного обміну (ПАНО);
- в) кисневий еквівалент роботи (КЕР), поріг анаеробного обміну (ПАНО);
- г) усі вказані.

10. Енергетичний критерій ефективності аеробної здібності людини – це ...

- а) швидкість оплати алактатного O_2 -боргу (Ka);
- б) механічний еквівалент молочної кислоти (W/HLa);
- в) кисневий еквівалент роботи (КЕР), поріг анаеробного обміну (ПАНО);
- г) усі вказані.

10. Роль симпатоадреналової системи під час виконання фізичних вправ різних за обсягом, інтенсивністю та тривалістю**1. Симпатоадреналова система складається з ...**

- а) гормональної і медіаторної ланки;
- б) медіаторів симпатичного відділу вегетативної нервової системи;
- в) гормонів і медіаторів: адреналіну, норадреналіну, ДОФА і дофаміну;
- г) усього вказаного.

8. Утому пов'язують зі зниженням екскреції таких компонентів:

- а) А;
- б) НА;
- в) ДОФА і ДА;
- г) усіх вказаних.

9. Під час подолання навантажень кваліфікованими спортсменами на рівні власних рекордів спостерігають ...

- а) значне підвищення рівня катехоламінів;
- б) значне зниження рівня А;
- в) незмінний рівень КА;
- г) усе вказане вище не має значення під час установлення особистих рекордів спортсмена.

10. Стан бойової готовності визначають за таких ознак:

- а) у 2–4 рази збільшена концентрація адреналіну і норадреналіну;
- б) співвідношення НА : А = 2;
- в) у 2 рази збільшена концентрація ДОФА і дофаміну;
- г) усе вказане.

11. Стан передстартової лихоманки пов'язаний із надмірною секрецією ...

- а) адреналіну;
- б) норадреналіну;
- в) ДОФА;
- г) дофаміну.

12. Стан передстартової апатії пов'язаний із надмірною секрецією ...

- а) адреналіну;
- б) норадреналіну;
- в) ДОФА;
- г) дофаміну.

13. Реалізацію швидкісних якостей спортсмена пов'язують із посиленою активацією ...

- а) медіаторної (НА-ої) ланки САС;
- б) гормональної (А-ої) ланки САС;
- в) обох ланок САС;
- г) ніякої.

14. Реалізацію спортивних дій пов'язують з активацією ...

- а) медіаторної (НА-ої) ланки САС;
- б) гормональної (А-ої) ланки САС;
- в) обох ланок САС;
- г) ніякої.

15. У якій фазі оваріально-менструального циклу є найнижчий рівень активації САС?

- а) менструальній;
- б) постменструальній;
- в) овуляторній;
- г) постовуляторній.

16. У якій фазі оваріально-менструального циклу є найвищий рівень активації САС?

- а) менструальній;
- б) постменструальній, постовуляторній;
- в) овуляторній;
- г) передменструальній.

17. У якій фазі ОМЦ є пік фізичної працездатності спортсменки?

- а) менструальній;
- б) постменструальній, постовуляторній;
- в) овуляторній;
- г) передменструальній.

18. У якій фазі ОМЦ фізична працездатність спортсменок є найнижчою?

- а) менструальній;
- б) постменструальній, постовуляторній;
- в) овуляторній;
- г) передменструальній.

19. Який тип активації САС домінує в юних спортсменів у процесі адаптації до фізичних навантажень?

- а) медіаторний (норадреналіновий);
- б) гормональний (адреналіновий);
- в) змішаний;
- г) не домінує жоден.

20. Який тип активації САС домінує у кваліфікованих спортсменів у процесі реалізації їхніх м'язових зусиль?

- а) медіаторний (норадреналіновий);
- б) гормональний (адреналіновий);
- в) змішаний;
- г) не домінує жоден.

21. Який тип активації САС домінує у спортсменів найвищої кваліфікації під час демонстрування рекордних результатів?

- а) медіаторний (норадреналіновий);
- б) гормональний (адреналіновий);
- в) змішаний;
- г) не домінує жоден.

22. У представників якого виду спорту спостерігають найвищу екскрецію катехоламінів:

- а) у бігунів;
- б) в ігровиків;
- в) у гімнастів;
- г) у шахістів.

ПЛАН РОБОТИ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ БІОХІМІЇ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ГРАФІКОМ

Тема. Загальні поняття про будову і властивості вуглеводів. Обмін вуглеводів

Програмні питання

1. Біологічна роль вуглеводів.
2. Класифікація вуглеводів за функціональними групами і кількістю атомів Карбону.
3. Ізмерія та основні хімічні властивості.
4. Важливі представники моносахаридів, їхні ациклічні та циклічні форми.
5. Будова та біологічна роль найважливіших ди- та полісахаридів.
6. Поняття про глікозидний зв'язок; відновлювальні та невідновлювальні дисахариди.
7. Будова крохмалю та глікогену.
8. Гідроліз крохмалю та глікогену.
9. Важливі похідні вуглеводів.
10. Перетворення вуглеводів у шлунково-кишковому тракті.
11. Транспортування моносахаридів через клітинні мембрани в тонкому кишківнику.
12. Гліколіз і глікогеноліз.
13. Окиснення продуктів гліколізу у циклі трикарбонових кислот.
14. Поняття про глюконеогенез.
15. Біосинтез глікогену.

Тема. Будова і властивості ліпідів. Обмін ліпідів

Програмні питання

1. Загальна характеристика і класифікація ліпідів.
2. Біологічна роль та енергетична цінність ліпідів.
3. Будова нейтральних жирів та їхні фізико-хімічні властивості.
4. Незамінні жирні кислоти, що входять до складу природних жирів.
5. Значення ненасичених жирних кислот.
6. Класифікація, біологічна роль і функції фосфоліпідів.
7. Ферментативний гідроліз жирів у шлунково-кишковому тракті. Емульгування ліпідів та біологічне значення цього процесу.
8. Катаболізм ліпідів, окиснення жирних кислот. Роль печінки в обміні ліпідів.
9. Окиснення гліцерину і його зв'язок із гліколізом.
10. Біологічна роль ліполізу, вплив гормонів фізичних навантажень на процеси розпаду триацилгліцеридів.
11. Біосинтез жирних кислот, триацилгліцеридів та фосфоліпідів.

Тема. Будова, властивості та обмін білків і нуклеїнових кислот

Програмні питання

1. Загальна характеристика та біологічна роль нуклеїнових кислот. Будова нуклеотидів.
2. Типи РНК, поняття транскрипції, процесингу та трансляції.
3. Загальна характеристика та біологічна роль білків.
4. Будова, властивості і класифікація амінокислот.
5. Замінні та незамінні амінокислоти.
6. Пептидний зв'язок і його утворення.

7. Біосинтез білка та роль нуклеїнових кислот у цьому процесі.
8. Структура і класифікація білків.
9. Характеристика простих і складних білків.
10. Колоїдні властивості розчинів білків.
11. Фізико-хімічні властивості білків.
12. Денатурація білків і чинники, які їх зумовлюють.
13. Зворотні та незворотні реакції осадження білків.
14. Ферментативний гідроліз білків і нуклеїнових кислот у процесі травлення.
15. Метаболізм нуклеотидів, рибози і дезоксирибози в організмі.
16. Шляхи використання амінокислот в організмі.
17. Внутріклітинні перетворення амінокислот.
18. Утворення аміаку та його знешкодження в реакціях циклу сечовини.

Тема. Загальні питання про будову та біологічну роль ферментів і вітамінів

Програмні питання

1. Ферменти як біологічні каталізатори.
2. Структура ферментів.
3. Механізми ферментативного каталізу.
4. Специфічність ферментів та їхні види.
5. Оптимальні умови дії ферменту.
6. Активатори й інгібітори ферментів.
7. Класифікація і номенклатура ферментів.
8. Коферменти та ізоферменти.
9. Поняття про вітаміни як біологічно-активні речовини.
10. Класифікація вітамінів.
11. Джерела, будова і біологічна функція важливих водорозчинних вітамінів.

12. Джерела, будова і біологічна функція важливих жиророзчинних вітамінів.
13. Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз, гіпервітаміноз, причини їх виникнення.

Тема. Біоенергетика

Програмні питання

1. АТФ як універсальний донор хімічної енергії.
2. Поняття субстратного та окисного фосфорилювання.
3. Роль ферментів та коферментів у процесах біологічного окиснення.
4. Ферменти-оксидоредуктази, їхня класифікація і дія.
5. Класифікація та біологічна роль цитохромів.
6. Роль мембран у механізмах ресинтезу АТФ.
7. Енергетичний ефект від повного окиснення глюкози, гліцерину, аланіну, та пальмітинової кислоти.

ПЛАН РОБОТИ З БІОХІМІЇ СПОРТУ ТА РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЯКІ НАВЧАЮТЬСЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ГРАФІКОМ

Тема. Біохімія м'язів та м'язового скорочення

Програмні питання

1. Будова скелетних м'язів. Будова саркомера. Нервово-м'язовий синапс.
2. Хімічний склад м'язів:
 - а) м'язові білки;
 - б) азотисті та безазотисті речовини м'язів.

3. Механізм м'язового скорочення. Суть гіпотези Гакслі і Девіса.
4. Механізм розслаблення м'язів.
5. Роль АТФ у скороченні та розслабленні м'язів.
6. Роль іонів Ca^{2+} у скороченні і розслабленні м'язів.
7. Послідовність хімічних реакцій м'язового скорочення.

Тема. Біоенергетичні процеси під час м'язової діяльності

Програмні питання

1. Анаеробні та аеробні шляхи ресинтезу АТФ за м'язової діяльності.
2. Ресинтез АТФ у кратинфосфокіназній реакції та її роль в енергетичному забезпеченні м'язової діяльності.
3. Ресинтез АТФ у процесі гліколізу, особливості регуляції гліколітичного процесу під час м'язової діяльності.
4. Ресинтез АТФ у процесі окисного фосфорилування та його роль у процесі життєдіяльності.
5. Міокіназна реакція і її роль у підтриманні сталості концентрації АТФ у м'язах.
6. Умови забезпечення тканин киснем і фосфатами та ефективність процесів аеробного ресинтезу АТФ.
7. Взаємозв'язок між аеробними і анаеробними процесами у м'язах.

Тема. Біохімічні зміни в організмі під час втоми та в період відпочинку після м'язової роботи

Програмні питання

1. Біохімічні зміни в організмі спортсменів під час втоми.
2. Поняття про термінове і відкладене відновлення.
3. Спрямованість біохімічних перетворень в організмі у відновному періоді після м'язової роботи.

4. Біохімічні процеси, які відбуваються під час «оплати» швидкого і повільного кисневого боргу.
5. Гетерохронність відновлення речовин, використаних під час виконання фізичних навантажень різної інтенсивності.
6. Використання проміжних продуктів окиснення для ресинтезу енергетичних субстратів.
7. Поняття про суперкомпенсацію. Особливості регуляції біохімічних процесів у фазі надвідновлення.
8. Роль гормонів у регуляції метаболічних процесів у період відпочинку після роботи.

Тема. Особливості біохімічних змін в організмі під час занять різними видами спорту

Програмні питання

1. Спільність та відмінність циклічних і ациклічних видів спорту за біохімічними характеристиками.
2. Специфічність прояву витривалості у різних видах спортивної діяльності.
3. Біохімічні чинники, які визначають прояв алактатного, гліколітичного і аеробного компонентів витривалості. Біохімічне обґрунтування неперервних, повторних та інтервальних методів розвитку цих чинників.
4. Зміни біохімічних чинників працездатності у м'язах і нервових волокнах під час тренування з використанням швидкісно-силових чинників.
5. Енергетичне забезпечення м'язової діяльності залежно від характеру і тривалості.
6. Використання вуглеводів як джерела енергії для м'язової діяльності.
7. Мобілізація ліпідів під час м'язової діяльності.

ВІДПОВІДІ НА ТЕСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

СТАТИЧНА БІОХІМІЯ

1. Вода в живих системах. Обмін води і мінеральних солей в організмі людини.

1. б, в; 2. б; 3. а; 4. в; 5. б; 6. б; 7. г; 8. б; 9. г; 10. г; 11. г; 12. б; 13. г; 14. а, в; 15. а, б, в, г; 16. б; 17. б; 18. а; 19. в; 20. а, г; 21. г; 22. в; 23. а; 24. г; 25. б; 26. а; 27. а.

2. Вуглеводи. Будова, властивості та біологічна роль.

1. б; 2. в; 3. в; 4. в; 5. б; 6. а; 7. в; 8. г; 9. а; 10. б; 11. б; 12. г; 13. в; 14. а; 15. б; 16. б; 17. г; 18. в; 19. а; 20. а; 21. в; 22. б; 23. в; 24. а; 25. в; 26. а, г; 27. г; 28. а; 29. б, в; 30. г; 31. в; 32. в.

3. Ліпіди. Будова, властивості та біологічна роль.

1. г; 2. б; 3. б; 4. а; 5. б; 6. а; 7. б; 8. б; 9. а, б; 10. а; 11. г; 12. б; 13. а; 14. а; 15. а; 16. а; 17. в; 18. г; 19. а; 20. а; 21. а, г; 22. а; 23. а; 24. г; 25. г; 26. а; 27. в.

4. Білки і нуклеїнові кислоти. Будова, властивості та біологічна роль.

1. в; 2. б; 3. г; 4. г; 5. в; 6. б; 7. б; 8. б; 9. в; 10. б; 11. в; 12. б, г; 13. б; 14. г; 15. в; 16. г; 17. а; 18. г; 19. а.

5. Ферменти. Біологічна роль.

1. б; 2. г; 3. а; 4. г; 5. б; 6. в; 7. а; 8. г; 9. г; 10. г; 11. а; 12. а; 13. а; 14. б; 15. г; 16. а; 17. а; 18. в; 19. б; 20. г.

ДИНАМІЧНА БІОХІМІЯ

1. Обмін вуглеводів.

1. в; 2. г; 3. в; 4. в; 5. б; 6. б; 7. в; 8. б; 9. б; 10. б; 11. в; 12. в; 13. г; 14. в; 15. б; 16. г; 17. б; 18. б; 19. в; 20. б; 21. г; 22. в;

23. а; 24. б, г; 25. г; 26. в; 27. в; 28. г; 29. а, г; 30. а; 31. а; 32. а; 33. а; 34. а; 35. а; 36. а.

2. Обмін ліпідів.

1.б; 2. б; 3. а; 4. а, б; 5. а; 6. а; 7. а; 8. б; 9. а; 10. в; 11. а; 12. г; 13. б; 14. б; 15. а; 16. б, г; 17. г; 18. б; 19. б; 20. а; 21. а; 22. а; 23. а, г; 24. в.

3. Обмін білків.

1. б; 2. в; 3. в; 4. в; 5. б; 6. г; 7. б; 8. а; 9. а; 10. г; 11. б, в; 12. б; 13. г; 14. г; 15. г; 16. в.

ВІТАМІНИ. ГОРМОНИ

1. Гормони.

1. в, г; 2. в; 3. в; 4. в; 5. а; 6. б; 7. а; 8. г; 9. в; 10. а; 11. г; 12. в; 13. г; 14. г; 15. г.

2. Вітаміни.

1. б; 2. в; 3. б; 4. а; 5. в; 6. в; 7. а; 8. а; 9. а; 10. а, б; 11. г; 12. г; 13. а; 14. г; 15. г; 16. г.

БІОХІМІЯ СПОРТУ

1. Біохімія м'язів і м'язового скорочення.

1. в; 2. в; 3. г; 4. г; 5. в; 6. б; 7. в; 8. в; 9. б; 10. г; 11. а; 12. в; 13. а; 14. а; 15. в; 16. б; 17. б; 18. а; 19. б; 20. г; 21. в; 22. г; 23. а.

2. Біоенергетика м'язової діяльності.

1. а; 2. в; 3. в; 4. г; 5. б; 6. г; 7. а; 8. а; 9. г; 10. г; 11. в; 12. в; 13. а; 14. в; 15. б; 16. г; 17. а; 18. а; 19. г; 20. в; 21. в; 22. б; 23. б; 24. а; 25. а; 26. б; 27. а.

3. Біохімічні чинники втоми та процесів відновлення.

1. в; 2. а; 3. г; 4. б; 5. г; 6. а; 7. б; 8. в; 9. б; 10. в; 11. а; 12. б; 13. в; 14. б; 15. г; 16. а; 17. г; 18. б; 19. а; 20. а; 21. г; 22. в; 23. а; 24. г; 25. в.

4. Біохімічна характеристика рухових здібностей спортсмена.
1. а; 2. а; 3. в; 4. г; 5. а; 6. г; 7. г; 8. б; 9. в; 10. а; 11. а; 12. в;
13. б; 14. а; 15. а; 16. б.
5. Вікові особливості біохімічної адаптації до фізичного навантаження.
1. б; 2. а; 3. в; 4. б; 5. в; 6. а; 7. г; 8. б; 9. б; 10. б.
6. Принципи тренування.
1. в; 2. б; 3. а; 4. а; 5. б; 6. а; 7. г; 8. а; 9. г; 10. г; 11. в; 12. в;
13. г.
7. Біохімічна характеристика різновидів фізичної діяльності оздоровчого спрямування.
1. б; 2. в; 3. а; 4. а; 5. в; 6. г; 7. г; 8. г; 9. б; 10. в; 11. а; 12. а;
13. б; 14. в; 15. г; 16. в; 17. в; 18. б; 19. б; 20. а; 21. а; 22. г.
8. Теоретико-методичні засади біохімічного контролю фізичної активності людини.
1. б; 2. г; 3. б; 4. а; 5. а; 6. а; 7. а; 8. а; 9. а; 10. г; 11. г; 12. а;
13. в; 14. г; 15. а; 16. а; 17. б; 18. б.
9. Біохімічні чинники спортивної працездатності.
1. г; 2. г; 3. а; 4. б; 5. в; 6. а; 7. б; 8. а; 9. б; 10. в.
10. Роль симпатoadреналової системи під час виконання фізичних вправ, різних за обсягом, інтенсивністю та тривалістю.
1. г; 2. г; 3. а; 4. в; 5. б; 6. а; 7. в; 8. г; 9. а; 10. г; 11. а; 12. б;
13. г; 14. а; 15. б; 16. б; 17. б; 18. в; 19. б; 20. а; 21. в; 22. б.

СПИСОК

РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біологічна хімія : лабораторний практикум / за заг. ред. Я. І. Гонського. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2001. – 288 с.
2. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Э. Н. Нессен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 502 с.
3. Манько В. Основи техніки лабораторних робіт у фізіологічних дослідженнях : навчальний посібник / М. Гальків, М. Клевець. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2005. – С. 134.
4. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності / А. Г. Осипенко. – Київ : Олімпійська література, 2007. – 200 с.
5. Гонський Я. І. Біохімія людини : підручник / Гонський Я. І., Максимчук Т. П. // Вид. 3-тє, виправлене і доповнене. – Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2017. – 732с.
6. Склярів О. Я. Біологічна хімія : підручник / Склярів О. Я., Фартушок Н. В., Бондарчук Т. І. – Тернопіль : ТДМУ, Укрмедкнига, 2015. – 706 с.
7. Марінцова Н. Г. Біологічна хімія : підручник / Н. Г. Марінцова, С. В. Половкович, В. П. Новіков. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 336 с.
8. Механізми біохімічних реакцій : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. О. Сибірня, Я. П. Чайка, Н. І. Климишин [та ін.]. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. – 320 с.
9. Функціональна біохімія : підручник / За ред. проф. Н. О. Сибірної. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 644 с.
10. Бабський А. Основи біоенергетики : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Бабський А., Іккерт О., Манько В. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 312 с. – (Серія «Біологічні студії»).

11. Бабський А. М. Функціональний стан клітин і вміст Na^+ за гіпоксії та канцерогенезу / Бабський А. М. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, – 2018. – 180 с. – (Серія «Біологічні студії»)
12. Біологічна і біоорганічна хімія : у 2 кн. : підручник Кн. 2: Біологічна хімія / Ю. І. Губський, І. В. Ніженковська, М. М. Корда та ін.; за ред. Ю. І. Губського, І. В. Ніженковської. – 3-є вид. – Київ : ВСВ «Медицина», 2021. – 544 с.
13. Практикум з біохімії : навчальний посібник / Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. – Львів : ЛДУФК, 2014. – 283 с.
14. Явоненко О. Ф. Біохімія : підручник для студентів спеціальності «Фізична культура» педагогічних університетів / Явоненко О. Ф., Яковенко Б. В. – Суми : Університетська книга, 2020. – 380 с.
15. Музиченко В. П. Медична хімія : підручник / Музиченко В. П., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. // Вид. 3-тє, виправлене. – Київ : Медицина, 2018. – 496 с.
16. Біологічна хімія : підручник / Павлоцька Л. Ф. та ін. – Суми : Університетська книга, 2020. – 513 с.
17. Біохімія : підручник / Остапченко Л. І., Андрійчук Т. Р., Бабенюк Ю. Д., Войціцький В. М., Давиденко А. В., Рибальченко В. К., Скопенко О. В. – Київ : ВПЦ "Київський ун-т", 2012. – 796 с.
18. Principles of Biochemistry by G. Zubay, W. W. Parson, D. E. Vance. – McGraw-Hill Education (ISE Editions), 1995. – P. 992.
19. Біологічна хімія : навчально-методичний посібник для студентів медичного факультету (другий магістерський рівень). / О. Я. Склярів, Т. М. Макаренко, Л. П. Білецька, Н. М. Гринчишин, Д. О. Климишин, Л. І. Кобилінська, І. І. Лозинська, О. Є. Мазур, Ю. М. Федевич, І. С. Фоменко, О. П. Хаврона. – 2021. – Ч. 1. – 186 с.

СЛОВНИК БІОХІМІЧНИХ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ

Авітаміноз – порушення біохімічних та фізіологічних процесів унаслідок тривалої відсутності одного або декількох вітамінів в організмі, що спричиняє захворювання.

Аденілатциклаза – фермент, що каталізує реакцію утворення цАМФ із АТФ у клітинах організму.

Аденін та Гуанін – два похідних пурину (6-амінопурин та 2-аміно-6-гідроксипурин відповідно), що входять до нуклеотидів, із яких складаються молекули ДНК та РНК. Аденін також належать до нікотинаміддинуклеотиду (НАД) та флавінаденіндинуклеотиду (ФАД), які є коферментами оксидоредуктаз.

Аденозин та гуанозин – нуклеозиди, що складаються з аденіну та гуаніну, які з'єднані з рибозою (або дезоксирибозою) β -N9-глікозидним зв'язком.

Аденозиндифосфат (АДФ) (5'-аденозин-дифосфорна кислота) – фосфорильована форма аденозину, яка містить два залишки фосфорної кислоти у 5'-положенні.

Аденозинмонофосфат (АМФ) (аденозин-монофосфорна кислота або 5'-аденілова кислота) – фосфорильована форма аденозину, яка містить один залишок фосфорної кислоти у 5'-положенні.

Аденозинмонофосфат циклічний (цАМФ) – циклічний АМФ, 5'-3'-циклічний аденозинмонофосфат – фосфорильована форма аденозину, яка містить один залишок фосфорної кислоти, зв'язаний двома зв'язками у положеннях 5' та 3' із рибозою. Під впливом аденілатциклази цАМФ синтезується із АТФ. Є універсальним вторинним посередником дії гормонів та інших регуляторів організму (наприклад, адреналіну), що діє шляхом активації серин / треонінової протеїнкінази А (цАМФ-залежної

протеїнкінази, ПКА), яка регулює активність низки ключових ферментів у результаті приєднання до них залишку фосфорної кислоти).

Аденозинтрифосфат (АТФ) (5'-аденозин-трифосфорна кислота) – фосфорильована форма аденозину, яка у 5'-положенні містить з'єднані між собою три залишки фосфорної кислоти. Утворення зв'язку між залишками фосфорної кислоти поєднане зі значними затратами енергії. Ця енергія звільняється під час гідролізу цих зв'язків. АТФ є основним акумулятором та донором хімічної енергії, яку використовують у клітинах та тканинах організму для синтезу різних сполук, зокрема нуклеїнових кислот та білків, під час скорочення м'язів, для діяльності вищої нервової системи тощо. Крім цього, АТФ є одним із основних регуляторів метаболізму. У медицині застосовують для лікування серцево-судинних захворювань.

Адреналін – гормон, який синтезують надниркові залози з тирозину або фенілаланіну через тирозин. Активує розпад глікогену в м'язах та печінці, а також розпад ліпідів. Підвищує силу серцевих скорочень. Як нейромедіатор симпатичного відділу нервової системи регулює тонус кровоносних судин. Відіграє важливу роль у запуску реакцій адаптації організму до стресу, фізичних навантажень.

Адренкортикотропний гормон (АКТГ) – гормон передньої частки гіпофіза, білкової природи, регулює функцію кіркової речовини надниркових залоз.

Аеробне окиснення вуглеводів – розпад і окиснення вуглеводів у тканинах організму з участю кисню (аеробно) до кінцевих продуктів CO_2 і H_2O . У переважній більшості випадків окиснення вуглеводів спряжене із підтриманням концентрації АТФ.

Азотисті основи – аденін, гуанін, цитозин, урацил, тимін. Більш детально див. **аденін та тимін**.

Активна реакція середовища (pH) – кисла, лужна чи нейтральна – залежно від концентрації іонів Гідрогену (H^+). Її розраховують як від'ємний логарифм концентрації іонів Гідрогену (H^+). У разі $pH = 7,0$ розчин є нейтральним, за менших значень – кислим, а якщо більші, – лужним.

Актин – білок, із якого утворені тонкі міофібрили скоротливого апарату. Крім цього, є необхідним для пітримання форми клітин – тобто є одним із основних компонентів цитоскелету клітин.

Алкалоз – залуження внутрішнього середовища організму. Наприклад, артеріальна кров людини у нормі має $pH = 7,37$. В умовах високогір'я у неадаптованих людей або під час активації катаболізму білка, або у разі деяких патологічних станів це значення може піднятися до $pH = 7,5$. Ця незначна зміна є причиною суттєвих проблем у функціонуванні всіх систем організму людини.

Аміак (NH_3) – сполука Нітрогену з Гідрогеном, яка утворюється в організмі під час розпаду білків і дезамінування амінокислот під час тривалих напружених фізичних навантажень. Аміак є токсичним, знешкоджується та виводиться з організму у вигляді сечовини, що синтезується в печінці.

Амінокислоти – органічні сполуки, які містять аміно- ($-NH_2$) та карбоксильну ($-COOH$) групи. Залежно від того, до якого атому вуглецю приєднана аміногрупа, амінокислоти поділяють на α -, β -, γ - тощо. Усі білки побудовані із 20 різних α -амінокислот, тобто з амінокислот, які містять аміногрупу в α -положенні, тобто приєднану до першого (після карбоксильної групи) атома Карбону. Наприклад, схема будови гліцину: H_2N-CH_2-COOH . Усі інші амінокислоти відрізняються від гліцину тим, що у них наявні додаткові групи, приєднані до цього ж α -Карбону, замість одного з атомів Гідрогену. У білках амінокислоти з'єднані пептидним зв'язком, який утворюється під час взаємодії

карбокисьної групи одної амінокислоти та аміногрупи іншої амінокислоти.

Амінокислоти замінні – ті, що можуть синтезуватися в організмі людини. До них належать: аланін, аспарагінова кислота, аспарагін, гліцин, глутамінова кислота, глутамін, серин, цистеїн, пролін. Ще дві амінокислоти можуть частково синтезуватися в організмі людини: аргінін та тирозин. Проте за певних умов вони також мають надходити в організм із їжею.

Амінокислоти незамінні – ті, що не синтезуються в тканинах організму. До них належать: валін, гістидин, лейцин, ізолейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін.

Анаболізм (асиміляція, пластичний обмін, анаболічні реакції) – загальна назва для всіх реакцій біосинтезу необхідних організму сполук: білків, вуглеводів, жирів, нуклеїнових кислот тощо. Відбувається з поглинанням великої кількості енергії, яка постачається у вигляді АТФ, запаси якої відновлюються в результаті окиснення інших сполук (див. Катаболізм).

Анаболіки – речовини різної хімічної природи, найчастіше це гормони та їх синтетичні аналоги стероїдної природи. Анаболіки стимулюють синтез білка у тканинах організму, збільшують масу м'язів. Анаболічну дію виявляють соматотропний гормон гіпофізу, чоловічий статевий гормон – тестостерон та його аналоги, які синтезують хімічно. Наприклад, синтетичний аналог тестостерону метандростенолон має вищий анаболічний ефект, проте у разі перевищенні його дози у чоловіків атрофуються сім'яники.

Андрогени – група стероїдних гормонів, які синтезуються в чоловічих статевих залозах, найактивніший із них – тестостерон. Він впливає на розвиток чоловічих статевих органів і вторинних статевих ознак (андрогенна дія), а також стимулює біосинтез білка та обмін кальцію, сприяє нарощуванню м'язів (анаболічна дія).

Антикодон – послідовність із трьох нуклеотидів у відповідній структурі тРНК, яка комплементарна певному кодонові (триплетові) мРНК, що кодує відповідну амінокислоту.

Антиоксиданти – речовини, які гальмують реакції перекисного окиснення ліпідів, білків, нуклеїнових кислот тощо. Використовують у практиці спорту та медицині для запобігання накопичення пероксидів та гідропероксидів, що є токсичними і можуть пошкоджувати клітини. До них належать, наприклад, вітаміни Е, А, С та мінерали, Zn, Se та ін.

Аскорбінова кислота (вітамін С) за будовою подібна до моносахаридів (гексоз), розчинна у воді. Швидко окиснюється та втрачає біологічну активність у разі залуження розчинів, у присутності металів із змінною валентністю або під час нагрівання. Вітамін С підвищує фізичну працездатність, стійкість організму до інфекцій. Відсутність її у їжі призводить до захворювання на цингу.

АТФази (аденозинтрифосфатази) – група ферментів, які каталізують розклад аденозинтрифосфату (АТФ) на аденозиндифосфат (АДФ) та вільний фосфат-іон. Під час цієї реакції звільняється енергія, яка необхідна для проведення інших хімічних реакцій (біосинтетичних).

Ацетил-КоА (Ацетил-Кофермент А) – сполука оцтової кислоти з коферментною формою вітаміну В₅ (Коферментом А), яка служить для активації оцтової кислоти та жирних кислот, що необхідно для їхніх подальших перетворень. Ацетил-КоА є ключовою сполукою, яку можна використовувати і для катаболічних, і для біосинтетичних реакцій. Ацетил-КоА утворюється та її використовують під час метаболізму вуглеводів, жирів та білків.

Ацетилхолін – естер холіну та оцтової кислоти. Нейромедіатор, що передає нервові збудження через синаптичну щілину як у периферичній, так і в центральній нервовій

системі багатьох живих організмів, зокрема людини. Перший нейротрансмітер, який відкрили фізіологи.

Ацетилхолінестераза – фермент, що міститься в синапсах та каталізує гідроліз нейромедіатора ацетилхоліну до холіну і залишку оцтової кислоти. Реакція, яку каталізує ацетилхолінестераза, необхідна для дезактивації ацетилхоліну і переходу клітини-мішені в стан спокою (наприклад, для розслаблення м'язової клітини).

Ацидоз – зміщення кислотно-основного балансу організму у бік збільшення кислотності (зменшення рН). Ацидоз виникає у разі інтенсивного або довготривалого спортивного навантаження або за певних захворювань.

Бікарбонатна буферна система складається зі слабкої вугільної кислоти (H_2CO_3) та її натрієвої солі від сильної основи (NaHCO_3) у співвідношенні 1 : 20. Є однією з основних буферних систем крові, що запобігає змінам рН внутрішнього середовища.

Білірубін (лат. *bilis* – жовч, *ruber* – червоний) – головний із так званих жовчних пігментів. У нормі постійно утворюється в організмі людини з гемоглобіну крові у кількості в середньому 300 мг на добу. У разі підвищення вмісту білірубину в крові вище від норми (гіпербілірубінемія) виникає жовтяниця.

Білки – високомолекулярні органічні сполуки, які складаються з амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками. Білки є найважливішим складником усіх живих організмів.

Білки повноцінні – білки їжі, що містять усі незамінні амінокислоти, здебільшого це білки тваринного походження.

Біологічно активні речовини – термін, що використовують для означення речовин, які за дуже низьких або низьких концентрацій виявляють великий позитивний вплив на метаболізм організму людини. До таких речовин належать гормони та їхні хімічні аналоги, вітаміни, деякі

рослинні алкалоїди та медикаменти, незамінні жирні кислоти тощо. Підвищена концентрація таких речовин може мати вкрай негативні наслідки для здоров'я людини.

Біологічна хімія – розділ біології, що вивчає хімічний склад організмів, хімічні властивості та перетворення речовин у тканинах.

Біологічне окиснення – процес ферментативного відщеплення та перенесення протонів Гідрогену і електронів від окиснюваної речовини.

Біосинтез білка – процес утворення нових молекул білка із амінокислот, що відбувається на рибосомах. Починається процес із транскрипції відповідного гена. Синтезована пре-мРНК підлягає процесингу, після чого зріла мРНК трансклюється, – тобто її використовують як матрицю для програмування послідовності амінокислот у білку, що синтезується.

Буферна ємність – міра здатності буферних розчинів утримувати постійний рівень рН. Буферну ємність вимірюють кількістю грам-еквівалентів (г-екв) сильної кислоти чи лугу, яку необхідно додати до 1 л буферного розчину, щоб його рН змінився на 1.

Буферні системи – розчини, здатні підтримувати постійність активної реакції середовища (рН) у разі додавання невеликої кількості сильної кислоти або лугу, а також під час розведення водою. Основні буферні системи організму: бікарбонатна, фосфатна, білкова.

Вазопресин – гормон задньої частки гіпофіза, який підтримує сталість водно-сольового обміну (затримує воду – антидіуретичний), підсилює процес скорочення гладких м'язів, судин, підвищує кров'яний тиск.

Вітаміни – органічні сполуки, які в організмі людини входять до кофакторів ферментів, регуляторів метаболізму та ін. В організмі людини майже не синтезуються і мають

надходити із продуктами харчування. Поділяють на водорозчинні (група В, С, Р, РР тощо) та жиророзчинні (А, D, Е, К). За відсутності в організмі певних вітамінів (авітамінози) можуть виникати деякі захворювання.

Водневий показник (рН) – від'ємний десятковий логарифм молярної концентрації іонів Гідрогену. Показник активної реакції водного розчину. Змінюється від 0 до 14. Водні розчини, у яких величина рН дорівнює 7, – нейтральні, понад 7 – лужні, менше 7 – кислі.

Вуглеводи – (карбогідрати) великий клас органічних речовин, побудованих з атомів Карбону, Гідрогену та Оксигену за загальною формулою $C_nH_{2n}O_n$. В організмі людини виконують головну енергетичну роль, забезпечуючи понад 50 % енерговитрат. Крім цього, вуглеводи є незамінними компонентами нуклеїнових кислот та гліколіпідів.

Гамма-аміномасляна кислота (ГАМК) – γ -аміномасляна кислота – амінокислота є потужним гальмівним нейромедіатором у центральній нервовій системі. Утворюється під час декарбоксілювання глутамінової кислоти. Може слугувати джерелом енергії для низки клітин нервової системи.

Гексози – прості вуглеводи, моносахариди, у молекулах яких містяться шість атомів Карбону. Гексози становлять найпоширенішу групу моносахаридів. В організмі людини це глюкоза і фруктоза.

Гемоглобін (Hb) – білок, який міститься в червоних кров'яних клітинах, еритроцитах. Основні функції гемоглобіну – транспортування кисню і вуглекислого газу та підтримка рівня рН крові. Гемоглобін складається із чотирьох подібних між собою субодиниць ($2\alpha 2\beta$), кожна з яких містить гем з іоном заліза Fe^{+2} . Назва походить від слів гем та глобін, що відображає наявність гему, зв'язаного із глобулярним білком (глобіном).

Гідроліз – реакція розщеплення речовин за участі молекули води.

- Гіпервітаміноз** – розлади метаболізму та захворювання унаслідок надлишкового надходження в організм певних вітамінів. У разі жиророзчинних вітамінів може призвести до летального кінця.
- Гіперглікемія** – підвищений вміст глюкози в крові, вище верхньої межі норми – 6 ммоль/л (1100 мг/л). Спостерігають у здорових людей і спортсменів, за великого емоційного напруження, у разі сильних болів, а також після споживання їжі, що містить багато глюкози. Стійку гіперглікемію спостерігають під час захворювання на цукровий діабет.
- Гіповітаміноз** – комплекс патологічних змін метаболізму, які виникають в організмі у разі недостатнього надходження впродовж тривалого часу одного або декількох вітамінів. Це може бути пов'язано з надмірними фізичними навантаженнями, недостатністю вітамінів у їжі або із незасвоюванням їх.
- Глікоген (тваринний крохмаль)** є гомополімером α -глюкози ($C_6H_{10}O_5$) n , залишки якої з'єднані між собою ($\alpha 1 \rightarrow 4$)-глікозидними зв'язками. Через кожні 8–10 глюкозних залишків відбувається розгалуження; бічні гілки приєднані ($\alpha 1 \rightarrow 6$)-зв'язками. Отже, молекула глікогену значно компактніша і розгалуженіша ніж молекула крохмалю. Ця властивість є необхідною для швидкого гідролізу глікогену за різкого зростання енергетичних витрат. Депонується в печінці та скелетних м'язах.
- Глікогеноліз та гліколіз** – анаеробне окиснення **глюкози (або глікогену)** (гліколіз або глікогеноліз – відповідно) процес розщеплення глюкози або глікогену до молочної кислоти, який супроводжує ресинтез АТФ із АДФ та виділення енергії у вигляді тепла. Якщо процес починається з фосфорилування глікогену та відщеплення від нього глюкозо-1-фосфату, то його називають глікогенолізом. Це основний механізм енергозабезпечення інтенсивної фізичної роботи тривалістю приблизно від 20 с до 2 хв.

- Гліцерин** (гліцерол) – триатомний спирт ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$), один із основних структурних компонентів нейтральних жирів (триацилгліцеридів) і фосфоліпідів. Крім цього, може окислюватися та бути джерелом енергії.
- Глутамін** (формула $\text{O}=\text{C}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$) – амід глутамінової кислоти, одна з 20 стандартних амінокислот, що входять до складу білка.
- Глутамінова кислота** (формула – $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ позначення – Glu, E) – моноамінодикарбонова амінокислота, одна із 20 амінокислот, із яких побудовані білки. Глутамін і глутамінова кислота відіграють важливу роль у метаболізмі і знешкодженні аміаку. Крім цього, глутамінова кислота та її похідні (глутамін та кетоглутарова кислота) відіграють одну з найважливіших ролей у метаболізмі білків і вуглеводів та їхньому взаємозв'язку.
- Глюкагон** – гормон, який синтезується у клітинах підшлункової залози, підвищує концентрацію глюкози в крові, впливаючи на швидкість розпаду глікогену в печінці. За хімічною будовою глюкагон – це пептидний гормон; він є одним із антагоністів інсуліну.
- Глюкоза** – основний простий вуглевод моносахарид їжі та організму людини, використовуваний в організмі здебільшого як джерело енергії. Входить до складу сахарози, крохмалю, глікогену та целюлози.
- Глюкокортикоїди** – гормони стероїдної природи, які синтезуються в кірковій речовині надниркових залоз. Глюкокортикоїди регулюють обмін вуглеводів, білків, ліпідів, стимулюють енергетичний обмін, а також пригнічують запальні процеси в організмі.
- Глюконеогенез** – процес утворення глюкози з неуглеводних речовин (лактату, пірувату, гліцерину, амінокислот); є найважливішим шляхом відновлення рівня глюкози, особливо під час м'язової діяльності. Найактивніше відбувається у печінці.

Гормони – біологічно активні речовини різної хімічної природи, які синтезуються в залозах внутрішньої секреції або тканинах і регулюють обмін речовин, діяльність усіх систем організму та центральної нервової системи зокрема.

Гуанін – див. Аденін

Дегідрогенази – ферменти класу оксидоредуктаз, які каталізують реакції відщеплення гідрогену від субстрату, що окиснюється. Гідроген (тобто і протони, і електрони) у таких реакціях переноситься на інший субстрат, який під час цього відновлюється. Коферментами дегідрогеназ найчастіше є НАД (НікотинамідАденінДинуклеотид), або його фосфорильована форма НАДФ, або ФАД (ФлавінАденінДинуклеотид).

Дегідрогенізація – реакція відщеплення гідрогену від молекул хімічних сполук.

Дезамінування – реакція, у результаті якої речовина втрачає аміногрупу ($-NH_2$).

Дезоксирибоза – пентоза, що не має гідроксильної групи у другому положенні (біля С-2 Карбону) та містить альдегідну групу – аналог рибози. Хімічна формула $C_5H_{10}O_4$. Належить до складу ДНК.

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) – тип нуклеїнових кислот, які призначені для збереження, реалізації, відтворення і передавання генетичної інформації. ДНК складається з двох полімерних ланцюгів. Побудована з дезоксирибонуклеотидів аденіну, тиміну, гуаніну та цитозину, які у ланцюгах розташовані чітко один навпроти одного [принцип комплементарності (А-Т G-C)]. Довжина молекули може досягати кількох сантиметрів. У клітинах людини ДНК міститься в ядрі та в мітохондріях.

Декарбоксілювання – реакція відщеплення карбоксильної групи від органічних кислот у вигляді CO_2 .

Депонування вуглеводів – відкладання молекул глюкози в печінці та скелетних м'язах у вигляді її полімеру – глікогену,

який є основним вуглеводним енергетичним запасом в організмі.

Дисахариди – вуглеводи, що складаються з двох молекул моносахаридів. Основні представники: цукроза (буряковий цукор), лактоза (цукор молока) та мальтоза (солодовий цукор).

Дисиміляція (катаболізм) – розпад органічних речовин у тканинах до кінцевих продуктів і виведення їх із організму. Реакції розпаду відбуваються з виділенням вільної енергії, частина якої акумулюється в молекули АТФ.

Дисоціація – розпад молекул речовини на позитивно та негативно заряджені іони у розплавах або водних розчинах. Мірою дисоціації є співвідношення кількості дисоційованих молекул до їхньої загальної кількості.

Дифузія – переміщення молекул речовини з місць підвищеної концентрації у місця, де знижена їхня концентрація в результаті теплового руху молекул.

Дихальний ланцюг – чітко впорядкована система окиснювально-відновних ферментів і передавачів протонів (H^+) та електронів (e^-), що розміщені у внутрішніх мембранах мітохондрій, на яких закінчується процес біологічного окиснення речовин з участю кисню. Енергія, яка виділяється під час окиснення речовин, акумулюється в молекулах АТФ (окисне фосфорилування) або розсіюється у вигляді тепла.

Жири нейтральні – клас ліпідів, які складаються із триатомного спирту гліцеролу та трьох залишків вищих жирних кислот (триацилгліцероли). Це естери гліцеролу та жирних кислот. Містяться в жировій тканині організму, вони становлять і резервний жир, їх використовують як енергетичне джерело.

Жирні кислоти – органічні сполуки, що складаються з довгого вуглецевого радикала (гідрофобного «аліфатичного хвоста») із карбоксильною групою ($-COOH$) на одному

кінці. Кількість атомів Карбону в радикалі найчастіше може становити 15–17, наприклад $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$. Їх поділяють на насичені (у радикалах немає подвійних зв'язків між карбонами) та ненасичені, у яких є подвійні зв'язки між атомами Карбону. Насичені жирні кислоти часто трапляються у тваринних жирах, а ненасичені – у рослинних (оліях). Поліненасичені жирні кислоти (вітамін F) – це жирні кислоти, які мають більше ніж один подвійний зв'язок між атомами карбону. Найбільш важливими є омега-3 та омега-6 (ω -3, ω -6) жирні кислоти. Цифри 3 і 6 означають те, біля якого атома Карбону є перший подвійний зв'язок. Солі жирних кислот називають милами. Вищі жирні кислоти – це найбільш енергоємні речовини людського організму.

Жовчні кислоти утворюються в печінці з холестерину, виділяються у кишечник із жовчю, необхідні для перетравлювання ліпідів їжі. Основні: холева (переважає в жовчі людини), дезоксихолева, літохолева, глікохолева, таурохолева. Жовчні кислоти сприяють емульгуванню жирів, активують фермент ліпазу, беруть участь у процесі всмоктування продуктів гідролізу жирів через стінку кишківника.

Інгібування ферментів – зниження активності ферментів під впливом різноманітних речовин, що призводить до зниження швидкості реакції, яку каталізує цей фермент. Залежно від хімічної природи цих речовин та типу їх взаємодії із ферментами розрізняють конкурентне, неконкурентне, незворотне та алостеричне інгібування.

Інозит (інозитол) – циклічний шестиатомний спирт. Інозит входить до складу інозитфосфатидів, що містяться у всіх тканинах, особливо багата на них нервова тканина. Кальцієво-магнієва сіль інозитфосфорної кислоти (фітин) належить до вітаміноподібних речовин. Добова потреба людини становить 1–1,5 г.

- Інсулін** – гормон, який синтезується в бета-клітинах підшлункової залози. За хімічною природою білок. Регулює вуглеводний обмін у результаті впливу на швидкість проникнення глюкози у тканини, що зумовлює зниження її концентрації в крові. За недостатнього синтезу інсуліну розвивається цукровий діабет.
- Інтерлейкіни** – група споріднених білкових гормонів, що їх синтезують лейкоцити. Задіяні в регуляції розвитку запальних процесів.
- Інтерферони** – клас низькомолекулярних глікопротеїнів, які виробляють клітини імунної системи у відповідь на появу вірусів або онкобілків. Завдяки інтерферонам клітини стають несприйнятливими до цих або споріднених агентів.
- Карбоангідраза** – фермент, який каталізує гідратацію молекули CO_2 до вугільної кислоти. Міститься в легенях та капілярах тканин, бере участь у реакціях зв'язування CO_2 та видалення його з легень.
- Карбоксильна група** – функціональна група органічних (карбонових) кислот ($-\text{COOH}$).
- Катаболізм** – див. **дисиміляція**; реакції розпаду й окиснення органічних речовин у клітині.
- Каталаза** – фермент, що каталізує реакцію розкладу пероксиду Гідрогену (H_2O_2), який утворюється як побічний продукт під час функціонування дихального ланцюга (у разі інактивації супероксид-аніона) та в процесі перекисного окиснення органічних речовин; H_2O_2 – шкідлива речовина. Дія каталази спрямована на знешкодження його у тканинах.
- Каталізатори** – речовини, які прискорюють швидкість хімічних реакцій. Біологічні каталізатори називають ензимами (ферментами).
- Катехоламіни** – група біологічно активних речовин (гормони і нейромедіатори), до яких належать адреналін і норадреналін, попередники їх синтезу – ДОФА і ДОФамін.

Кетонів тіла – продукти інтенсивного метаболізму жирних кислот. До них належать ацетон, ацетооцтова кислота, бета-гидроксимасляна кислота. Утворюються в печінці як побічний продукт реакцій глюконеогенезу. Синтез зростає у разі голодування, дефіциту глюкози та довготривалих фізичних навантажень. Частина кетонів тіл виводиться із сечею (кетонурія). За достатнього забезпечення організму глюкозою ефективно окиснюються тканинами з виділенням енергії.

Лактат – дисоційована форма молочної кислоти (іон молочної кислоти) та назва солей молочної кислоти. Наприклад, лактат натрію.

Ліпази – група ферментів, які розщеплюють ліпіди.

Ліпіди – група органічних речовин, що характеризуються нерозчинністю у воді та розчинністю в неполярних розчинниках (діетилетер, хлороформ, бензол тощо). Термін об'єднує велику кількість сполук, різних за хімічною природою.

Міоглобін – гемвісний білок м'язової тканини для передавання і утримання кисню всередині клітин.

Мітохондрія – клітинна органела, у якій відбувається клітинне дихання, – реакції циклу лимонної кислоти, що поєднані з окисним фосфорилуванням – ресинтезом АТФ із АДФ. Характерною ознакою мітохондрій є наявність у них подвійної мембрани та власної ДНК.

мРНК – тип РНК, що містить інформацію про первинну структуру білків. У процесі біосинтезу білка на рибосомах використовується як матриця для трансляції нуклеотидної послідовності в амінокислотну. Синтезується в ядрах людських клітин у вигляді пре-мРНК – незрілої мРНК, яка підлягає обов'язковому процесингові (дозріванню).

Нуклеотиди – сполуки гетероциклічної основи із рибозо-5-фосфатом або дезоксирибозо-5-фосфатом. Гетероциклічною основою можуть бути аденін, тимін,

урацил, гуанін, цитозин або вітамін В₃ (нікотинамід) та вітамін В₂ (рибофлавін містить не рибозу, а рибітол). Переважно кількість залишків фосфорної кислоти може становити один, два або три. Наприклад, АТФ – аденозинтрифосфат.

Окисне фосфорилування (див. **Дихальний ланцюг**) – ресинтез АТФ із АДФ і фосфату завдяки енергії, яка виділяється під час окиснення речовин.

Осмо́с – процес односторонньої дифузії молекул розчинника через напівпроникну мембрану (яка непроникна для молекул речовини) у бік розчину. Осмотичний тиск (у разі білків – онкотичний тиск) – міра сили, з якою розчин речовини притягує молекули розчинника. Наприклад, осмотичний тиск крові є таким же, як у 0,9 %-го розчину NaCl. Під час змішування крові з дистильованою водою мембрани еритроцитів потріскають, бо вільна вода швидко проникатиме у клітини, збільшуючи їхній об'єм.

Перекис водню – див. **Каталаза**; формула – H₂O₂; високореакційна шкідлива речовина.

Прогестерон – статевий гормон, що впливає на менструальний цикл, вагітність та ембріональний розвиток у людини та інших видів. Він належить до групи стероїдних гормонів, які називають прогестагенами; є важливою сполукою для виробництва інших стероїдних гормонів.

Простагландини – група речовин, які утворюються з арахідонової кислоти у разі пошкоджень клітинних мембран. Є необхідними регуляторами запального процесу.

Протеїди – складні білки, що містять білкову та небілкову частини. Небілкова частина може бути представлена різноманітними сполуками: гем, вуглеводи, ліпіди тощо.

Протеїни – прості білки, які складаються лише з амінокислот.

Процесинг – процес дозрівання матричної РНК, під час якого з первинного транскрипту видаляються нітрони – внутрішні некодувальні ділянки, які не несуть інформації про

структуру білка, а кодувальні ділянки (екзони) об'єднуються в одну послідовність (сплайсинг екзонів). Крім цього, на 5'-кінець додається кеп (метильований ГДФ), а на 3'-кінець – поліаденіновий хвіст.

Ретинол (вітамін А) – жиророзчинний вітамін, похідний каротиноїдів. В організмі людини у формі ретиналю в сітківці ока потрібен для перетворення енергії світла в енергію нервових імпульсів, тобто для зору.

Рибонуклеїнові кислоти (РНК) – високомолекулярні полімерні речовини, основу яких становлять фосфорибозильні ланцюги, які утворені із нуклеотидів, з'єднаних 3',5'-фосфодієфірними зв'язками. Кожен нуклеотид складається з азотистої гетероциклічної основи (див. аденін, гуанін, цитозин, урацил), рибози і фосфатної групи. Рибонуклеїнові кислоти служать для маніпуляцій із генетичною інформацією (регуляція активності генів, транскрипції («переписування») та перенесення генетичної інформації із ядра в цитозоль, для побудови рибосом, активації амінокислот та біосинтезу білка.

Рибосоми – внутрішньоклітинні органели, на яких відбувається біосинтез білка. Це складні рибонуклеопротеїдні комплекси, що складаються із спеціальних рибосомальних РНК та спеціалізованих білків.

Рибофлавін (вітамін В₂) – гідрофобна речовина складної структури, яскраво-жовтого кольору, стійка до температури, проте чутлива до світла. Вважають вітаміном росту та енергообміну. У складі коферментних сполук ФАД та ФМН (флавінаденіндинуклеотид та флавінмононуклеотид) задіяний у важливих окисно-відновних реакціях, зокрема функціонуванні циклу трикарбонівих кислот та дихального ланцюга.

Роз'єднання процесів окиснення і фосфорилування – стан, коли процес окиснення речовин у мітохондріях відбувається, а вивільнювана енергія не акумулюється

в молекули АТФ, тобто АТФ не синтезується. Низка речовин роз'єднувачів окисного фосфорилування є переносниками протонів або катіонів через мембрану; наприклад: 2,4-динітрофенол, саліцилати, дикумарин.

Сарколема – оболонка, що оточує поперечносмугасте м'язове волокно; становить двохшарову ліпопротеїдну мембрану, вкриту колагеновими волокнами.

Саркомер – ділянка міофібрили між двома Z-мембранами. Вважають найменшим скоротливим елементом міофібрили.

Саркоплазматичний ретикулум (СР) – внутрішньоклітинна система мембран у міоцитах (міосимпластах), які оточують міофібрили. Саркоплазматичний ретикулум бере участь у передаванні нервового імпульсу від сарколеми до міофібрил, в обміні речовин, є депо іонів Ca^{2+} , володіє АТФ-залежним механізмом викиду та поглинання кальцію.

Сахароза – див. Цукроза.

Сечова кислота – продукт розпаду нуклеїнових кислот, зокрема пуринових нуклеотидів. Виводиться з організму із сечею (близько 0,6 г за добу). У разі порушення обміну та водно-сольового балансу натрієва сіль сечової кислоти кристалізується у хрящах та інших тканинах, у результаті чого розвивається захворювання подагра.

Сечовина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – речовина, що утворюється в процесі зв'язування та знешкодження аміаку в печінці. Малотоксична речовина, виводиться з сечею. Кількість її в сечі відображає інтенсивність розпаду білків у тканинах, у нормі становить близько 30 г за добу. За нормалізацією її рівня в крові спортсменів у період відпочинку визначають стан відновлення організму.

Стероїди – клас ліпідів, у основі структури яких лежить стеран (циклопентанпергідрофенантрен). Найвідоміший представник сполук цього класу – холестерин. До

стероїдів належать стероли, жовчні кислоти, стероїдні гормони, зокрема статеві гормони (прогестерон, андрогени, естрогени) і кортикостероїди (гормони кори надниркової залози), вітаміни групи D та низка сполук рослинного походження.

Субстрат – у біохімії речовина, на яку діє фермент у процесі її перетворення на продукт реакції.

Тестостерон – основний представник чоловічих статевих гормонів (андрогенів). Синтезується у чоловічих статевих залозах із холестерину, впливає на розвиток вторинних статевих ознак, підвищує біосинтез білка в м'язах (анаболічна дія).

Тимін – піримідинова азотиста основа (5-метилурацил). Належить до складу ДНК у вигляді нуклеотидів. У дволанцюговій молекулі ДНК тимін (Т) одного ланцюга утворює з аденіном (А) протилежного ланцюга два водневі зв'язки.

Тироксин – гормон щитовидної залози, (3,5,3',5'-тетрайодтиронін) – основний гормон щитоподібної залози. Синтезується із тирозину. Регулює основний обмін речовин; пришвидшує інтенсивність обміну речовин та підвищує температуру тіла.

Тіамін (вітамін B₁) входить до складу коферментів декарбоксілаз у вигляді тіамініпрофосфату. Необхідний для утворення ацетилхоліну, який потрібен для передавання нервових імпульсів. Гіповітаміноз тіаміну призводить до уражень периферичних нервів.

Токофероли – група жиророзчинних сполук, які називають вітаміном E. Їхньою основою є хроманольне кільце. Назва походить від грецьких слів («τόκος» – «дітнародження», «φέρειν» – «приносити» і лат. «oleum» – олія). Запобігають накопичуванню перекисів у тканинах (антиоксидант), сприяючи загальному поліпшенню процесів обміну.

Транскрипція (переписування) – біосинтез РНК на матриці ДНК, який відбувається згідно з принципом комплементарності. Отож послідовність нуклеотидів синтезованої РНК є комплементарною до одного ланцюга ДНК та ідентичною до послідовності іншого ланцюга «перепищеної» ділянки ДНК (містить урацил, а не тимін).

Трансляція – процес біосинтезу білка, який відбувається на рибосомах. Полягає в утворенні пептидних зв'язків між амінокислотами, які з'єднуються відповідно до послідовності кодонів певної мРНК. Взаємодія «кодон – антикодон» між мРНК та тРНК із приєднаними амінокислотами є основним механізмом, який забезпечує правильну послідовність амінокислот у білку.

тРНК – відносно короткі молекули РНК, які містять антикодон і здатні формувати третинну структуру. Використовують для активації і транспортування амінокислот до рибосом, на яких відбувається синтез білка.

Тропоміозин – фібрилярний білок, компонент актинових ниток скоротливого апарату поперечносмугастих м'язів. У розслабленому м'язі тропонін-тропоміозиновий комплекс блокує місце приєднання головки міозину до актину, запобігачи скороченню м'язів. Складається з двох субодиниць α і β .

Тропонін – це Ca^{2+} зв'язувальний білок, який є компонентом актинових ниток міофібрил поперечно-смугастих м'язів. Утворює комплекс із тропоміозином. У розслабленому м'язі тропонін-тропоміозиновий комплекс блокує місце приєднання головки міозину до актину, запобігаючи скороченню м'язів. Після приєднання іонів Ca^{2+} тропонін-тропоміозиновий комплекс зміщується і відкриває місце для зв'язування головки міозину. Молекула тропоніну складається із трьох різних субодиниць Т, С та І у співвідношенні 2 : 1 : 1.

Убіхінон (кофермент Q, кофермент Q10) – сполука, похідна бензохінону із довгим (10 ланок) гідрофобним

радикалом, яка в дихальному ланцюгу бере участь у передаванні електронів на цитохроми. Оскільки убіхінон належить до вітаміноподібних сполук, значна його частина синтезується в організмі людини.

Урацил – (2,4-діоксипіримідин) – піримідинова азотиста основа, що належить до складу РНК у вигляді нуклеотиду (уридину).

Ферменти (ензими) – білки-каталізатори, здатні специфічно прискорювати швидкість хімічних реакцій у клітинах.

Флавінаденіндинуклеотид (ФАД) – див. **рибофлавін**.

Фосфоліпіди – клас ліпідів, молекули яких складаються з гліцеролу або іншого багатоатомного спирту, жирних кислот, фосфорної кислоти та нітрогеновмісних речовин (холіну, серину тощо). Є важливим компонентом мембран клітин.

Фосфорилування – приєднання залишку фосфорної кислоти до будь-якої органічної сполуки.

Фосфороліз – розщеплення субстратів, яке каталізується ферментами фосфорилазами і відбувається за участі фосфорної кислоти. Термін «фосфороліз» запропонував львів'янин Якуб Парнас, який 1935 року відкрив фосфороліз глікогену. Назва походить від фосфору та грецького слова «lysis» – «руйнування, розпад». Продуктом фосфоролізу глікогену (каталізує глікогенфосфорилаза) є глюкозо-1-фосфат.

Фруктоза ($C_6H_{12}O_6$) – моносахарид, який за хімічною будовою належить до кетоз. Складова частина цукрози. Підвищене споживання фруктози є шкідливим, позаяк провокує виникнення цукрового діабету та важкі метаболічні порушення.

Цикл лимонної кислоти (цикл Кребса, цикл трикарбонових кислот – ЦТК) – цикл із восьми послідовних ферментативних реакцій, які відбуваються в мітохондріях та поєднані з функціонуванням дихального ланцюга. Результатом одного оберту циклу є повне окиснення

ацетилу-КоА (продукт обміну вуглеводів, ліпідів, білків) та регенерація вільного коферменту А і оксалоацетату, який знову потрібен для утворення лимонної кислоти. Енергія запасається у вигляді ГТФ, ФАД-Н₂ та трьох молекул НАДН. Окиснення відновлених коферментів у дихальному ланцюгові поєднане із ресинтезом АТФ.

Цитокіни – група низькомолекулярних білків (інтерлейкіни та інтерферони), які синтезують клітини імунної системи у відповідь на появу чужих (або змінених) білків.

Цитозин – азотиста піримідинова основа. Входить до складу нуклеотидів ДНК та РНК. У дволанцюговій молекулі ДНК тимін (Ц) одного ланцюга утворює з гуаніном (Г) протилежного ланцюга три водневі зв'язки.

Цитохроми – гемвісні білки дихального ланцюга, що задіяні як переносники електронів.

Цукроза (C₁₂H₂₂O₁₁) – дисахарид, що складається із залишків глюкози та фруктози. Найпоширеніший вуглевод у рослинах, досить багато його у цукровому буряку, стеблах цукрової тростини, з яких і отримують цукрозу – харчовий цукор.

Навчальне видання

БОРЕЦЬКИЙ Юрій Романович,

СИБІЛЬ Марія Григорівна,

ГЛОЖИК Ірина Зіновіївна,

ТРАЧ Володимир Михайлович

БІОХІМІЯ ТА ОСНОВИ БІОХІМІЇ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Навчальний посібник

Випусковий редактор

Оксана БОРИС

Редактори

Єлизавета ЛУПІНІС, Ольга ГРОМИК

Комп'ютерне верстання і дизайн **Степана ОСІНЧУКА**

Підписано до друку 28.08.2022. Формат 60x84/16.

Папір офсет. Гарнітура Mulish. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 16,97. Обл. вид. арк. 12,73.

Наклад 100 прим. Зам. № 253.



**Львівський державний університет фізичної культури
імені Івана Боберського**

Редакційно-видавничий відділ

79007, м. Львів, вул. Костюшка, 11

тел. +38 (032) 261-59-90

<http://www.ldufk.edu.ua/>

e-mail: redaktor@ldufk.edu.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів

і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 6963 від 5.11.2019 р.

Друк

ФОП ГНІДЬ Я. Б.

79069, Львівська обл., м. Львів,

вул. Шевченка, 352/34



Юрій БОРЕЦЬКИЙ

доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
завідувач кафедри біохімії та гігієни
Львівського державного університету
фізичної культури імені Івана Боберського



Марія СИБІЛЬ

кандидат біологічних наук, професор
професор кафедри біохімії та гігієни
Львівського державного університету
фізичної культури імені Івана Боберського



Ірина ГЛОЖИК

кандидат біологічних наук, доцент
доцент кафедри біохімії та гігієни
Львівського державного університету
фізичної культури імені Івана Боберського



Володимир ТРАЧ

кандидат біологічних наук, професор
професор кафедри біохімії та гігієни
Львівського державного університету
фізичної культури імені Івана Боберського