



БІОХІМІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

Методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітніх програм «Середня освіта (Фізична культура)» та
«Фізична культура і спорт»
галузі знань **A Освіта**
спеціальностей **A4 Середня освіта (Фізична культура)** та
A7 Фізична культура і спорт
денної та заочної форм навчання

УДК 577

Б-28

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету митної справи, матеріалів, технологій та гостинності ЛНТУ,

протокол № ____ від « » _____ 2026 року.

Голова вченої ради факультету ММТ _____ В.В. Ткачук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ, протокол № ____ від _____ 2026 року.

Завідувач кафедри ХТХ _____ І.М. Дударєв

Укладач: _____ О.І. Гулай, доктор педагогічних наук, професор кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Рецензент: _____ В.Я. Шемет, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ І.М. Дударєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Біохімія рухової активності: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Середня освіта (Фізична культура)» та «Фізична культура і спорт» галузі знань А Освіта спеціальностей А4 Середня освіта (Фізична культура) та А7 Фізична культура і спорт денної та заочної форм навчання / уклад. О.І. Гулай. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 88 с.

Методичні вказівки до лабораторних занять з біохімії складені відповідно до робочої програми дисципліни «Біохімія рухової активності» освітніх програм «Середня освіта (Фізична культура)» та «Фізична культура і спорт» галузі знань А Освіта спеціальностей А4 Середня освіта (Фізична культура) та А7 Фізична культура і спорт. Для кожної теми подані теоретичні відомості, докладний опис методики виконання експерименту й обчислень, контрольні питання для самостійної роботи студентів.

© Гулай О.І., 2026

ЗМІСТ

Вступ	4
Критерії, форми поточного та підсумкового контролю	5
Лабораторна робота 1. Порядок роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії. Особливості елементного складу живих організмів.	9
Лабораторна робота 2. Ліпіди, хімічні властивості жирів.	15
Лабораторна робота 3. Амінокислоти. Білки.	21
Лабораторна робота 4. Вуглеводи.	27
Лабораторна робота 5. Вітаміни.	35
Лабораторна робота 6. Властивості ферментів.	39
Лабораторна робота 7. Властивості гормонів.	43
Лабораторна робота 8. Перетворення нуклеїнових кислот.	47
Лабораторна робота 9. Вода та мінеральні речовини.	51
Лабораторна робота 10. Біохімічні показники стану організму.	55
Лабораторна робота 11. Біохімія м'язів.	59
Лабораторна робота 12. Біохімічні чинники втоми та маркери процесів відновлення.	62
Лабораторна робота 13. Біохімічні аспекти тренуваності.	66
Лабораторна робота 14. Основи складання харчових раціонів. Визначення енерговитрат власного організму.	69
Лабораторна робота 15. Методи визначення допінгових стимуляторів.	81
Рекомендована література	85

ВСТУП

Біохімія рухової активності – це наука, що вивчає хімічні процеси в організмі під час фізичних навантажень, зосереджуючись на енергетичному забезпеченні м'язів, метаболізмі вуглеводів, жирів, білків, ролі ферментів та гормонів, а також біохімічних основах м'язового скорочення, відновлення та втоми, що критично важливо для спорту та фізичної культури.

Мета вивчення дисципліни – розвиток професійного мислення студентів, забезпечення свідомого розуміння закономірностей перетворень основних речовин, що входять до складу живих організмів, в основі яких є гідролітичні, окиснювальні процеси, процеси взаємодії окремих компонентів між собою, які відбуваються з різною швидкістю під впливом різних факторів: температури, рН-середовища, тиску і т.п. Знання біохімічних закономірностей фізичного розвитку і спортивного тренування дозволяє на науковій основі вирішувати питання вибору кадрів для занять спортом та фізичною культурою, вишукувати найбільш ефективні засоби і методи тренувань, вірно оцінювати результат їх використання і прогнозувати спортивні досягнення.

Завдання вивчення дисципліни:

- висвітлити хімічну природу основних речовин, що входять до складу живих організмів;
- сформулювати поняття про хімічні перетворення білків, вуглеводів, ліпідів, мінеральних елементів у процесі життєдіяльності людини, роль вітамінів, гормонів, ферментів у цих процесах,
- висвітлити біохімічні процеси відновлення стану організму після м'язової роботи та біохімічної адаптації до систематичної м'язової діяльності;
- сформулювати у студентів знання про основні нутрієнти в харчових продуктах та сучасні наукові уявлення про харчування людини,
- розглянути принципи здорового способу життя та оволодіти методами раціонального харчування;
- використовувати знання біохімічних закономірностей фізичного розвитку для керування Лабораторна роботами спортом;
- виробити навички застосування набутих знань з біохімії під час подальшого вивчення фахових дисциплін.

Перед початком лабораторного практикуму кожен студент повинен добре засвоїти правила роботи і техніку безпеки в хімічній лабораторії, а також способи надання у разі необхідності першої допомоги.

КРИТЕРІЇ, ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Біохімія рухової активності» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Вид контролю	Поточний контроль	Модульний контроль	Підсумковий контроль	Підсумковий контроль	Разом (підсумкова семестрова оцінка)
Заліковий модуль	Заліковий модуль 1 (15 лаб. занять)	Заліковий модуль 2 (2 модульні контрольні роботи)	Заліковий модуль 3 (захист КПЗ)	Заліковий модуль 4 (екзамен)	
Максимальна кількість балів	100	100	100	100	100
Ваговий коефіцієнт, %	30	30	10	30	100%

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни (освітнього компонента) розраховується як середньозважена з оцінок, отриманих за залікові модулі.

Оцінювання знань здобувачів освіти здійснюється відповідно до загальних критеріїв паралельно за:

– 4-бальною національною шкалою (позитивні оцінки – «відмінно», «добре», «задовільно» або «зараховано», негативні оцінки – «незадовільно» або «незараховано»);

– 100-бальною накопичувальною шкалою ЄКТС.

Поточний контроль

Поточний контроль враховує виконання та захист лабораторної роботи за кожною темою. Сумарна кількість балів поточного контролю за семестр оцінюється за 100-бальною шкалою.

Критерії оцінювання поточного контролю

Критерії оцінювання знань студентів	Максимальна кількість балів
Бали поточної успішності за участь у лабораторних Лабораторна роботах (МО ₂ , або МО ₄ , або МО ₅ , або МО ₇)	До 6 балів за Лабораторна робота
– підготовка до лабораторної роботи (записано хід роботи, зазначено необхідне обладнання, прилади і реактиви)	2
– виконання лабораторної роботи, проведення необхідних розрахунків, запис рівнянь реакцій та спостережень, висновки	2
– захист лабораторної роботи: усна відповідь за темою, написання і урівнювання рівнянь, розв'язання задач	2
– студент не готовий до Лабораторна робота	0

Презентації та виступи на наукових заходах (МО ₈)	10
Загалом за семестр	до 100 балів

Підсумкова оцінка з поточного контролю визначається як сума балів з усіх навчальних занять та розраховується при оцінюванні після проведення останнього у семестрі навчального Лабораторна робота.

Ліквідація заборгованостей щодо поточних контрольних заходів може здійснюватися впродовж усього періоду вивчення навчальної дисципліни (освітньої компоненти) у семестрі. Здобувачу освіти, який має незадовільні оцінки чи пропущені навчальні Лабораторна робота без поважних на те причин, семестрова оцінка за результатами поточного контролю виставляється після їх відпрацювання (ліквідації заборгованостей за темою навчального Лабораторна робота).

Модульний контроль

Модульний контроль оцінюється за 100-бальною шкалою і передбачає проміжне оцінювання якості засвоєння здобувачем освіти теоретичного і практичного матеріалу. Передбачено 2 модульні контрольні роботи (8 і 15 тижень згідно з графіком освітнього процесу).

Критерії оцінювання модульного контролю

на електронному освітньому порталі ЛНТУ	Максимальна кількість балів
Тестування (МО ₄ , МО ₆)	до 50 балів
Багатоваріантне питання (1 бал за правильну відповідь, 20 питань). Завдання з вибором відповіді вважається виконаним правильно, якщо в картці тестування записана правильна відповідь.	20
Встановлення відповідностей (4 бали за правильну відповідь, 5 питань).	20
Відкрите питання (задача, перетворення). До задачі має бути наведений повний розв'язок та вказана числова відповідь; у рівняннях реакцій вказано вихідні речовини і продукти реакції, наведено умови проведення та коефіцієнти.	10
Загалом за семестр	до 100 балів

Перескладання модулів з позитивним оцінюванням (більше 60 % балів) не допускається. Перескладання негативних результатів модульного контролю чи у зв'язку із неявкою на його складання без поважних на те причин дозволяється до настання дати проведення наступного модульного контролю.

Підсумковий контроль

Індивідуальне завдання здобувач захищає у останній тиждень семестру згідно з графіком навчального процесу. Виконання КПЗ є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту.

Критерії оцінювання індивідуального завдання

Критерії оцінювання знань студентів	Максимальна кількість балів
Індивідуальне завдання	До 100 балів
<ul style="list-style-type: none">- розгорнутий, вичерпний виклад змісту питань у письмовому вигляді;- опрацювання необхідних періодичних наукових джерел із належними посиланнями у тексті;- повний перелік необхідних для розкриття змісту питань категорій;- наведено необхідні хімічні формули, рівняння, розрахунки;- студент аргументовано усно пояснює кожну відповідь;	90-100
<ul style="list-style-type: none">- порівняно з виконанням роботи на найвищий бал не зроблено розкриття одного з пунктів, указаних вище (якщо вони потрібні для вичерпного розкриття питання);- наведено необхідні хімічні формули, рівняння, розрахунки;- студент пояснює відповіді з окремими неточностями;	75-89
<ul style="list-style-type: none">- порівняно з виконанням роботи на найвищий бал не зроблено розкриття двох і більше з пунктів, указаних вище (якщо вони потрібні для вичерпного розкриття питання);- не наведено необхідні хімічні формули, рівняння, розрахунки, а лише текстовий опис;- студент не навів використані джерела інформації;- є окремі недоліки у оформленні;	60-74
<ul style="list-style-type: none">- робота студента малообгрунтована, неповна;- відповіді на питання неправильні;- оформлення не відповідає вимогам;	35
<ul style="list-style-type: none">- індивідуальна робота не виконана або запозичена у інших.	0

Підсумковий контроль проводиться у вигляді екзамену. Здобувач освіти вважається допущеним до семестрового контролю (екзамену) з навчальної, якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою програмою навчальної

дисципліни. Передбачено тестування на платформі Moodle та усна співбесіда (написання есе) з відкритого питання.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

на електронному освітньому порталі ЛНТУ	Максимальна кількість балів
Тестування (МО ₄ , МО ₆)	до 100 балів
Багатоваріантне питання (2 бали за правильну відповідь, 20 питань); Завдання з вибором відповіді вважається виконаним правильно, якщо в картці тестування записана правильна відповідь.	40
Встановлення відповідностей (8 балів за правильну відповідь, 5 питань)	40
Відкрите питання (есе, задача, усна відповідь) До задачі має бути наведений повний розв'язок та вказана числова відповідь; у рівняннях реакцій вказано вихідні речовини і продукти реакції, наведено умови проведення та коефіцієнти. Відповідь на теоретичне питання передбачає усну співбесіду з викладачем для оцінювання компетентності студента із даного питання	20

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: порядок роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії. Особливості елементного складу живих організмів.

Мета: Засвоїти правила техніки безпеки при роботі у хімічній лабораторії. Розвинути навички роботи з хімічними реактивами та обладнанням. Встановити значення органогенів та біоелементів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Особливості живої матерії.
 2. Будова еукаріотичної клітини.
 3. Хімічний склад живих організмів.
 4. Макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи: значення для живих організмів.
 5. Основні проблеми біохімії рухової активності.
- Література:** основна – 1-7, допоміжна – 1-3.

ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

При роботі у хімічній лабораторії необхідно дотримуватись наступних правил:

1. Працювати старанно і уважно, дотримуватись тиші.
2. На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Портфелі, головні убори, тощо повинні знаходитись в спеціально відведеному в лабораторії місці.
3. При виконанні експериментів дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних в методичних рекомендаціях.
4. Уважно спостерігати за ходом досліду і відмічати кожну його особливість і зміни (випадання або розчинення осаду, зміну забарвлення, температури, виділення газу тощо).
5. Оформлення лабораторної роботи необхідно підготувати вдома (п.1-4) та закінчити відразу після виконання досліду в лабораторному зошиті за наступною схемою:
 1. Дата, номер і тема лабораторної роботи.
 2. Номер і назва досліду.
 3. Короткий зміст або умови проведення досліду.
 4. Схема або малюнок приладу.
 5. Спостереження і результати.
 6. Рівняння реакцій.
 7. Розрахунки.
 8. Висновки.
6. Без дозволу викладача забороняється проводити експерименти, не вказані в інструкції.
7. Зберігати своє робоче місце чистим. Пролиту воду чи реактив витерти, дотримуючись обережності. Розбите скло, шматки паперу, залишки

твердих речовин, металів, тощо викидати в урну чи в спеціальну посудину, але не у зливну раковину.

8. Після закінчення роботи привести до порядку своє робоче місце і здати його черговому, який виключає світло, газ, воду.

II. ПРАВИЛА РОБОТИ З РЕАКТИВАМИ

1. На кожній склянці з реактивом повинна бути етикетка з назвою і концентрацією реактиву (для розчинів).

2. Реактиви слід витратити економно. Сухі реактиви з баночок брати чистим шпателем чи спеціальною ложечкою. Наливаючи рідкі реактиви, склянку слід тримати етикеткою до себе.

3. Реактиви загального користування, що знаходяться на спеціальних полицях або у витяжних шафах, забороняється заносити на свої робочі місця.

4. Після використання реактиву склянку слід відразу ж щільно закрити тим самим корком і поставити на місце. Не можна тримати реактиви відкритими і, закриваючи, плутати корки.

5. Не зсипати і не зливати реактиви, що були взяті в надлишку, назад в склянку: це може зіпсувати весь реактив в склянці.

6. Якщо реактив відбирають піпеткою, то не можна тією ж піпеткою, не вимивши її, брати інший реактив.

7. Не виливати в раковини невикористані концентровані кислоти і луги, а також реактиви, що містять сполуки срібла, ртуті: їх треба зливати в спеціальні склянки.

III. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Всі досліди, при яких виділяються отруйні гази і пара, а також досліди з концентрованими кислотами, проводити у витяжній шафі при включеній вентиляції.

2. Концентровані кислоти і луги наливати в пробірки обережно, слідкуючи за тим, щоб реактиви не попадали на руки і одяг.

3. При розбавленні концентрованих кислот, особливо сульфатної, вливати невеликими порціями кислоту в воду, а не навпаки.

4. Не нюхати гази, що виділяються, близько нахилившись до посуду. При визначенні запаху газу чи рідини обережно вдихати повітря, злегка направляючи струмінь його від посуду до себе помахом руки.

5. Не працювати з легкозаймистими речовинами поблизу запаленого пальника.

6. При наливанні реактивів не нахилитись над посудом з рідиною, щоб уникнути попадання реактиву на обличчя чи одяг.

7. Не нахилитися над посудом з рідиною, що нагрівається, тому що вона може вибризнути.

8. При нагріванні рідини в пробірці її треба тримати так, щоб отвір пробірки був направлений в бік від себе і від товаришів, що знаходяться поруч.

9. При загорянні горючих рідин негайно погасити вогонь, накинувши протипожежну ковдру або засипати полум'я піском.

10. Гарячі предмети брати тільки спеціальними щипцями.

11. Після роботи в лабораторії треба старанно вмити руки.

IV. НАДАННЯ ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ

1. При попаданні кислоти на руки або обличчя їх треба негайно витерти сухою ватою, старанно змити уражене місце сильним струменем води, а потім 5% розчином гідрокарбонату натрію (питної соди).

2. При попаданні лугу на руки або обличчя їх потрібно спочатку витерти ватою, змити водою, а потім – 2% розчином борної кислоти.

3. При попаданні лугу або кислоти в очі треба добре помити очі великою кількістю води, а потім 3% розчином гідрокарбонату натрію, якщо в очі попала кислота, або 2% розчином борної кислоти, якщо в очі попав луг, і негайно звернутись до лікаря.

4. При опіках гарячими предметами треба прикласти на обпечене місце вату, змочену етиловим спиртом або 3-5% розчином перманганату калію і перев'язати бинтом. При серйозних опіках необхідно відразу звернутись до лікаря.

5. У випадку порізів рук слід насамперед видавити з рани осколки скла, потім змити кров 2% розчином перманганату калію, змастити рану 3% спиртовим розчином йоду, а тоді забинтувати.

6. При отруєнні необхідно відразу звернутись до лікаря.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Типова еукаріотична клітина має лінійні розміри від 20 до 100 мікрометрів. Вона оточена плазматичною мембраною, під якою розміщені цитоплазма і ядро. Ядро відповідає за зберігання генетичного матеріалу і початкові етапи синтезу білків. Цитоплазма оточує ядро з усіх боків. У ній можна виокремити цитозоль – рідку фракцію, та органели – оформлені структури, що спеціалізуються на виконанні тієї чи іншої функції.



Найпомітніші ті органели, що оточені власною мембраною. До них належить ендоплазматичний ретикулум – неперервна сітка трубочок і цистерн, що пронизують цитоплазму й беруть участь в утворенні мембран (синтезі мембранних ліпідів і білків), секретії й дезактивації токсинів. Апарат Гольджі є місцем сортування й модифікації мембранних і секреторних білків клітини. Лізосоми – це травні органели, які містять ферменти, потрібні для розщеплення поживних речовин і утилізації відпрацьованих частин клітини. Транспортні везикули (пухирці) переносять речовини від однієї органели до іншої і від органел до клітинної мембрани. Також у клітинах можуть міститися різноманітні вакуолі (травні, скоротливі, з клітинним соком). Мітохондрії є енергетичними станціями клітини й оточені двома мембранами. У них відбувається синтез АТФ. Також вони мають власний генетичний апарат і здатні розмножуватися всередині клітини. У фотосинтезуювальних еукаріотів у клітинах містяться пластиди (хлоро-, хромо- і амілопласти). Деякі внутрішньоклітинні структури не оточені мембраною – до них належать, наприклад, цитоскелет – сітка білкових ниток, які виконують опорну й рухову функції, а також рибосоми – макромолекулярні комплекси, утворені з білків і РНК, що беруть участь у синтезі білкових молекул.

Хімічний склад живих організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, відносно сталий. У живих організмах трапляється майже 60 хімічних елементів. Одні з них обов'язкові для усіх організмів без винятку, інші - знайдені лише в представників окремих видів. За кількісним розподілом їх можна поділити на три групи.

Макроелементи (вміст понад 0,01%): Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур, Натрій, Кальцій, Калій, Магній, Хлор, Ферум.

Мікроелементи (менше 0,01%): Цинк, Манган, Кобальт, Купрум, Флуор, Йод.

Ультрамікроелементи (менше 0,001 %): Бор, Літій, Алюміній, Силіцій, Станум, Кадмій, Селен, Ванадій, Титан, Хром, Нікель, Рубідій, Аурум тощо.

Макроелементи є компонентами органічних сполук, беруть участь в утворенні зв'язків між білковими молекулами, біоелектричних процесах. Найбільший вміст у клітині чотирьох елементів: Оксигену (65-70%), Карбону (15-18%), Гідрогену (8-10%) та Нітрогену (2-3%). Це органічні елементи. Разом їх вміст становить 95-98% загальної маси організму. Мікроелементи забезпечують перебіг ферментативних реакцій, входять до складу гормонів і вітамінів, беруть участь у процесах дихання. Біологічне значення багатьох ультрамікроелементів не встановлене. Елементи, що входять до складу живих організмів, наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Елементи, що входять до складу живих організмів

Елемент	Символ	Вміст (%)	Значення для клітини й організму
Карбон	C	15-18	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини

Оксиген	O	65-75	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Нітроген	N	1,5-3,0	Обов'язковий компонент амінокислот
Гідроген	H	8-10	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Фосфор	P	0,0001	Міститься у складі кісткової тканини і зубної емалі, нуклеїнових кислот, АТФ і деяких ферментів
Калій	K	0,15—0,4	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, активує ферменти білкового синтезу, обумовлює ритм серцевої діяльності, бере участь у процесах фотосинтезу
Сульфур	S	0,15—0,20	Міститься у складі деяких амінокислот, ферментів, вітаміну В
Хлор	Cl	0,05—0,10	Найважливіший аніон в організмі тварин, компонент HCl у шлунковому соку
Кальцій	Ca	0,04—2,00	Міститься у складі клітинної стінки рослин, кісток і зубів; активує згортання крові й скорочення м'язових волокон
Магній	Mg	0,02—0,03	Міститься у складі молекул хлорофілу, а також кісток і зубів, активує енергетичний обмін і синтез ДНК
Натрій	Na	0,02—0,03	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, зумовлює нормальний ритм серцевої діяльності, впливає на синтез гормонів
Ферум	Fe	0,010—0,015	Міститься у складі багатьох ферментів, гемоглобіну і міоглобіну, бере участь у біосинтезі хлорофілу, у процесах дихання і фотосинтезу
Іод	I	0,0001	Міститься у складі гормонів щитоподібної залози
Купрум	Cu	0,0002	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у процесах кровотворення, фотосинтезу, синтезу гемоглобіну
Манган	Mn	0,0001	Міститься у складі ферментів або підвищує їх активність, бере участь у розвитку кісток, асиміляції азоту й процесі фотосинтезу
Молібден	Mo	0,0001	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у процесах зв'язування атмосферного азоту рослинами
Кобальт	Co	0,0001	Міститься у складі вітаміну В ₁₂ , бере участь у фіксації атмосферного азоту рослинами, розвитку еритроцитів

Цинк	Zn	0,0003	Міститься у складі деяких ферментів, бере участь у синтезі рослинних гормонів (фуксину) і спиртовому бродінні
------	----	--------	---

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Взаємодія основних оксидів з кислотами.

У пробірку помістити невелику кількість купрум (II) оксиду CuO , додати 3-4 мл розчину хлоридної кислоти та підігріти. Що відбувається? Відмітити забарвлення розчину. Написати рівняння реакції.

Дослід 2. Взаємодія кислотних оксидів з основами.

Кусочок крейди (кальцій карбонат) опустити в пробірку з хлоридною кислотою, закрити корком з газовідвідною трубкою. У пробірку налити 3-4 мл розчину Ca(OH)_2 та пропустити вуглекислий газ. Що спостерігається? Написати рівняння реакції. Як кальцій гідрокарбонат перетворити на кальцій карбонат?

Дослід 3. Властивості солей.

а) У пробірку до 3-5 мл розчину барій хлориду BaCl_2 додати 2-3 мл розчину натрій сульфату Na_2SO_4 . Що відбувається?

б) У дві пробірки налити по 1-2 мл розчинів: у першу купрум сульфату, в другу – барій хлориду. До кожного налити по 2-3 мл розчину луку. Які зміни спостерігаються?

в) Додати у кожен з пробірок дослідів б розчину хлоридної кислоти до розчинення осадів. Записати рівняння реакцій та спостереження.

Дослід 4. Визначення реакції середовища розчину.

Визначити за допомогою універсального індикаторного папірця pH різних розчинів: хлоридної кислоти, водопровідної води, розчину натрій гідроксиду, хлориду натрію. Зробити висновок, яке середовище (кисле, нейтральне чи лужне) має кожний розчин.

Результати оформити в вигляді таблиці:

№ п/п	Речовина	Забарвлення індикатора	pH розчину	Середовище

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Хімічний склад живих організмів.

Описати властивості основних макро- і мікроелементів, що входять до складу живих організмів. Заповнити таблицю за зразком:

Елемент	Символ	Вміст (%)	Значення для клітини й організму
Макроелементи			
Карбон	C	15-18	Головний структурний компонент усіх органічних сполук клітини
Мікроелементи			

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема: Ліпіди, хімічні властивості жирів.

Мета: вивчити будову та біохімічні функції ліпідів, способи їх утворення та хімічні властивості.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Загальна характеристика і класифікація ліпідів.
2. Біохімічні функції жирів.
3. Складні ліпіди.
4. Природна сировина для отримання жирів.
5. Жирні кислоти, що входять до складу природних жирів. Значення ненасичених жирних кислот.
6. Гідрогенізація жирів.
7. Емульгування жирів, біологічне значення цього процесу.
8. Класифікація та біологічна функція ліпоїдів; будова фосфоліпідів.

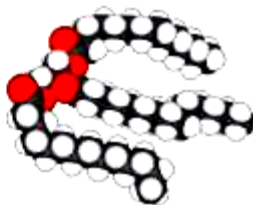
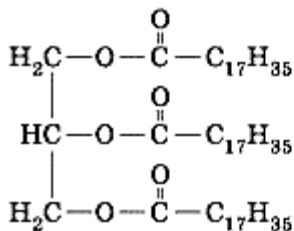
Література: основна – 1-7, допоміжна – 1-3, 11.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ліпіди (від грец. *lipos* – жир) є похідними вищих жирних кислот, спиртів і альдегідів, що відрізняються різним ступенем розчинності в органічних розчинниках. Вегетативні частини рослин накопичують не більш 5 % ліпідів, насіння – 50 % і більше. Більшість природних жирів – це складні суміші простих та змішаних триацилгліцеролів, що вміщують вищі жирні кислоти, спирти та альдегіди, які різняться між собою довжиною вуглеводневого ланцюга, ступенем ненасиченості, характером розміщення подвійних зв'язків, наявністю оксо- та гідроксигруп у молекулі. Жирні кислоти в природних жирах майже завжди мають парну кількість атомів карбону, найчастіше з 16 (пальмітинова кислота) та 18 атомами (стеаринова кислота).

За хімічним складом ліпіди поділяються на прості і складні.

Прості ліпіди – речовини, молекули яких складаються з залишків жирних кислот (або альдегідів) і спиртів. До них відносяться нейтральні жири (триацилгліцероли, інші гліцероли) і воски. У цю групу входять також ефіри вітамінів А і D з вищими жирними кислотами. До їхнього складу входять насичені і ненасичені жирні кислоти (найбільш часто зустрічаються пальмітинова, стеаринова і олеїнова кислоти).



Жирні кислоти містять, як правило, парне число атомів Карбону і нерозгалужений ланцюг. За наявністю або відсутністю подвійних (або потрійних) зв'язків у молекулі жирні кислоти поділяють на ненасичені та насичені. Залежно від кількості подвійних зв'язків у молекулах ненасичені жирні кислоти називають моно-, ди-, триєновими (полієновими). При температурі тіла ненасичені жирні кислоти є рідинами, насичені вищі жирні кислоти з числом атомів карбону від 12 до 24 перебувають у твердому воскоподібному стані.

Тканини людини не здатні синтезувати лінолеву і ліноленову кислоти, а повинні одержувати їх з їжею, у зв'язку з чим їх відносять до есенціальних факторів харчування. Всі інші поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) утворюються шляхом подовження ланцюга або введення нових подвійних зв'язків.

Біологічна роль ПНЖК досить важлива: вони беруть участь як структурні елементи у фосфатидах, ліпопротеїнах клітинних мембран. А крім того, входять до складу оболонки нервових волокон, сполучної тканини, впливають на обмін холестерину, підвищуючи його окислювання і сприяючи перетворенню в лабільну сполуку. ПНЖК також нормалізують стан стінок кровоносних судин. Ці кислоти зв'язані з обміном вітамінів групи В (піридоксину і тіаміну), стимулюють захисні механізми організму, підвищують його стійкість до інфекційних захворювань і дії радіації, впливають на стан шкірного і волосного покриву.

Ліпіди виконують різноманітні функції.

Енергетична. Ці речовини є джерелами енергії: при окислюванні в організмі 1 г жиру виділяється 9 ккал.

Регуляторна. Ліпіди – важливі фактори регулювання обміну води в організмі. Кількість води, що утворюється в організмі при повній деградації жирів, досить велика: при окислюванні 100 г жиру виділяється 107 г ендogenousної води, що має особливе значення в екстремальних умовах (наприклад, при недостатньому надходженні води ззовні).

Пластична. Ліпіди в організмі виконують структурно-пластичну роль, тому що входять до складу клітинних і позаклітинних мембран усіх тканин у виді ліпопротеїнів (комплексів з білками) і гліколіпідів (ліпідів, що містять вуглеводи).

Захисна. Ліпіди шкіри і внутрішніх органів виконують захисну роль. Вони охороняють організм людини і тварин від переохолодження.

Жири є розчинниками вітамінів А, D, E, K і сприяють їх засвоєнню. З харчовими жирами в організм надходить ряд біологічно активних речовин: фосфатиди, поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), стерини й ін.

Жири, що входять до складу їжі, поліпшують її смакові якості, а також підвищують поживну та енергетичну цінність.

Гліцерофосфоліпіди (складні ліпіди) являють собою ефіри гліцеролу, жирних кислот, фосфорної кислоти і азотвмісних сполук. Характерною рисою їхньої будови є наявність у молекулі гідрофобних (радикали жирних кислот) і

гідрофільних (фосфорна кислота, азотиста основа) груп. Завдяки цьому гліцерофосфоліпіді взаємодіють з жирами і водорозчинними сполуками.

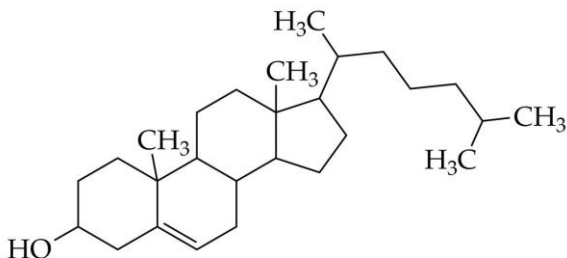
Гліцерофосфоліпіді поділяються на наступні групи (підкласи): 1) фосфатидилхоліні (лецитини); 2) фосфатидилетаноламіни (кефаліни); 3) фосфатидилсерини; 4) ацетальфосфати (плазмалогени); 5) фосфатидилінозити.

У комплексі з білками ці речовини входять до складу нервової тканини, печінки, серцевого м'яза, статевих залоз. Вони беруть участь у побудові мембран кліток, визначають ступінь їхньої проникності для жиророзчинних речовин, беруть участь в активному транспорті складних речовин і окремих іонів у клітині і з них, підвищують активність протромбіну в процесах згортання крові. Гліцерофосфоліпіді сприяють кращому використанню білка і жиру в тканинах, беруть участь у біосинтезі білка, попереджають жирову інфільтрацію печінки. Будучи антиоксидантами, вони запобігають окислюванню інших сполук, у тому числі вітамінів А і Е. Добова потреба людини у фосфоліпідах 5...6 г. Вони містяться в таких харчових продуктах, як нерафіновані рослинні олії, вершкове масло, ячний жовток.

Сфінголіпіді (сфінгомеліні) складаються з двох молекул жирних кислот, однієї молекули аміноспирту сфінгозину, азотистої основи і фосфорної кислоти. Ці ліпіді містяться в мембранах тваринних і рослинних клітин, ними багаті нервова тканина, нирки, печінка.

До складних ліпідів відносяться також гліколіпіді. Вони побудовані зі сфінгозину, вищої жирної кислоти і вуглеводної частини (галактози, глюкози, галактозаміну або нейрамінової кислоти). До гліколіпідів відносяться церебровіди, сульфатиди, гангліозиди, що відіграють визначену роль у здійсненні функцій біологічних мембран. Складні ліпіді містяться в білій речовині головного мозку, клітинах крові та ін.

Стероїди. Це група ефірів, утворених при взаємодії високомолекулярних циклічних спиртів і вищих жирних кислот. Найбільш важливим представником стероїдів є холестерол (холестерин).



В організмі він виконує наступні функції: виступає попередником багатьох біологічно важливих сполук (стероїдних гормонів, жовчних кислот, вітаміну D), входить до складу клітинних мембран, підвищує стійкість еритроцитів до гемолізу, бере участь у проведенні нервових імпульсів, являє собою своєрідний ізолятор для нервових клітин.

Важливе значення для організму мають похідні ліпідів. Вони близькі за будовою і фізико-хімічними властивостями, тісно зв'язані в структурі клітин і процесах обміну. До них відносяться пігменти (каротини), жиророзчинні вітаміни та ін.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Розчинність жирів

У чорити пробірки помістити по декілька крапель соняшникової олії і додати у першу – воду, другу – етиловий спирт, третю – хлороформ, четверту – бензин. Перемішати вміст кожної пробірки, відставити у штатив і записати результати розчинності через 5 хв.

Дослід 2. Емульгування жирів.

Емульгуванням називають розподіл однієї нерозчинної рідини в інший у вигляді краплин. Таке подрібнення на краплини звичайно здійснюється при енергійному перемішуванні двох рідин. Щоб емульсія не розшарувалася, використовують спеціальні речовини – емульгатори або стабілізатори. Емульгатор розподіляється по поверхні краплинок диспергованої рідини у вигляді тонкої плівки і перешкоджає їх злиттю. Стійкість одержаної емульсії в значній мірі залежить від природи емульгатора.

Миючі властивості мила також пояснюють його емульгуючими властивостями, які знижують поверхневий натяг крапель масла. Це призводить до значного збільшення стійкості піни та емульсії.

У три пробірки наливають по 2 - 3 краплі соняшникової олії. В одну з них приливають 2 мл дистильованої води, у другу – 2 мл 1%-ного розчину мила, третю – 2 мл розчину соди. Енергійно струшують пробірки. Що спостерігається в кожній з цих пробірок?

Дослід 3. Омилення жирів.

У випарну чашку вміщують 1 мл рицинової або соняшникової олій і 4 краплі 35 %-вого розчину натрію гідроксиду. Суміш розмішують скляною паличкою і спостерігають утворення однорідної емульсії. Рицинова олія починає омилюватись уже на холоді. Суміш нагрівають, безперервно помішуючи скляною паличкою.

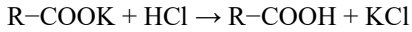
Коли маса почне тужавіти, нагрівають, помішуючи доти, поки не утвориться однорідна прозора жовтувата рідина — мильний клей. Продовжуючи нагрівання, випарюють воду, поки мильний клей не почне приставати до палички все більше і більше і, нарешті, не стане застигати у вигляді білих пухких пластинок після видалення палички з чашки.

Знімають чашку з вогню і виконують пробу на повноту омилення. Для цього крупинку мила вміщують у пробірку, додають 1-2 мл дистильованої води і нагрівають до кипіння. Якщо мило розчиниться цілком, то омилення закінчене.

До густої однорідної маси при перемішуванні додають гарячий насичений розчин натрію хлориду (висолювання мила). Суміші дають відстоятися й охолонути. Шар мила спливає на поверхню водного розчину. Мило витягають і віджимають між аркушами фільтрувального паперу.

Дослід 4. Утворення вільних жирних кислот.

З розчинами концентрованих мінеральних кислот, зокрема, хлоридної, мила утворюють вільні жирні кислоти:



Отримати розчин господарського мила. У пробірку наливають 2–3 мл розчину мила і додають 1 мл концентрованої хлоридної кислоти. Спостерігають за утворенням жирних кислот, які збираються у верхньому шарі суміші.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Будова плазматичної мембрани.

Зобразіть схему плазматичної мембрани клітини. Позначте подвійний шар фосфоліпідів, чітко показавши:

- гідрофільні "голівки" (назовні);
- гідрофобні "хвостики" (всередину).

Позначте такі компоненти:

- білки (периферичні та інтегральні);
- холестерин (вбудований у шар);
- вуглеводні ланцюжки (глікокалікс);
- транспортні білки (канали або насоси).

Підпишіть усі елементи схеми українською мовою.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: Амінокислоти. Білки.

Мета: Засвоїти механізм утворення пептидного зв'язку. Розглянути структурну організацію білкових молекул та їх функції. Дослідити властивості природних білків.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Структура білків.
2. Фізичні властивості білків.
3. Якісні реакції на білки.
4. Функції білків в організмі людини.
5. Денатурація білків і фактори, які їх викликають.
6. Зворотні і незворотні реакції осадження білків.
7. Колоїдні властивості білків та їх розчинів.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1-3, 11.

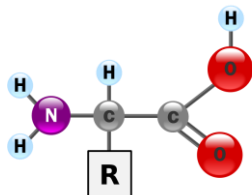
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У природі зустрічається близько 300 амінокислот, їх можна умовно розділити на дві групи:

1) вільні амінокислоти (непротеїногенні), що не беруть участі в утворенні білків. Так, безліч «небілкових» амінокислот міститься в пептидних антибіотиках або є проміжними продуктами обміну білків.

2) протеїногенні, ковалентно зв'язані одна з одною у складі пептидів і білків.

Непротеїногенні амінокислоти більш різноманітні в порівнянні з протеїногенними. До складу білків входить 20 амінокислот у α -формі, розташованих в різній, але строго визначеній для кожного білка послідовності. а-амінокислоти відрізняються одна від одної структурою і складом групи R (бічний ланцюг).



Амінокислоти класифікують за хімічною будовою:
аліфатичні – гліцин (Глі), аланін (Ала), валін (Вал), лейцин (Лей),
ізолейцин (Ілей);

оксикислоти – серін (Сер), треонін (Тре);

дикарбонові – аспарагінова кислота (Асп), глутамінова кислота (Глу);

двоосновні – лізин (Ліз), гістидин (Гіс), аргінін (Арг);

ароматичні – феніланалін (Фен), тирозин (Тир), триптофан (Три);

сіркоутримуючі – цистеїн (Цис), цистин (Цит), метіонін (Мет);

за біохімічним призначенням:

глюкогенні – через ряд хімічних перетворень надходять на шлях гліколізу (окислення глюкози) – Глі, Ала, Тре, Вал, Асп, Глу, Арг, Гіс, Мет.

кетогенні – беруть участь в утворенні кетонових тіл – Лей, Іле, Тир, Фен. за харчовою цінністю:

незамінні – не синтезуються в організмі – Гіс, Іле, Лей, Ліз, Мет, Фен, Тре, Три, Вал, а у дітей – Арг, Гіс.

замінні – інші.

За рахунок наявності в молекулі амінокислот одночасно аміної і карбоксильної груп цим сполукам властиві кислотно-основні властивості. У нейтральному середовищі АК існують у вигляді біполярних іонів.

Фізико-хімічні властивості амінокислот. За хімічними властивостями амінокислоти, що мають у своєму складі амінні і карбоксильні групи, є амфотерними електролітами.

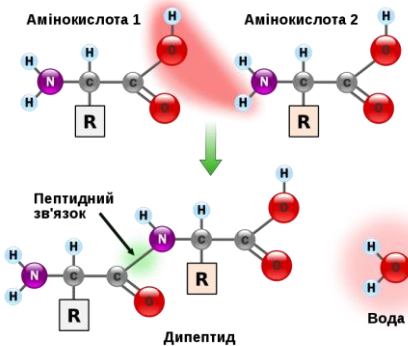
Біполярність молекул амінокислот обумовлює такі їхні властивості, як гарна розчинність у воді, високі значення діелектричних постійних і температури плавлення.

Функціональні групи амінокислот різноманітні, що дозволяє виявляти більшість їх за допомогою кольорових реакцій. Багатьох з них, дуже чутливих і специфічних, виявляють навіть в малих кількостях у складі складних сумішей, біологічній сировині рослинного і тваринного походження, білках. Реакція з нінгідрином лежить в основі кількісного визначення амінокислот і білків.

Аміногрупи амінокислот (пептидів, білків) можуть вступати в реакцію з карбонільними групами альдегідів і цукрами, що відновлюються. Це реакції меланоїдиноутворення.

Одержувані з амінокислот альдегіди мають приємний запах. Сполучення запахів різних альдегідів визначає аромат багатьох харчових продуктів.

Утворення пептидного зв'язку. Якщо карбоксильна група однієї амінокислоти ацилує аміногрупу іншої, то утворюється амідний зв'язок, який називають пептидним. Тому пептиди – це сполуки, які утворені з залишків а-амінокислот, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.



Даний зв'язок достатньо стабільний і розрив його відбувається лише за участю каталізаторів – специфічних ферментів. За допомогою такого зв'язку

амінокислоти об'єднуються в достатньо довгі ланцюжки, які носять назву поліпептидних.

Амінокислоти одержують ферментативним (амінокислоти утворюються в процесі життєдіяльності мікроорганізмів), гідролітичним методом (гідроліз відходів, переважно, м'ясної промисловості) та методом органічного синтезу (ціангідринним, амінуванням галогенозаміщених карбонових кислот, приєднанням амоніаку до ненасичених кислот, відновленням нітропохідних карбонових кислот).

Білки – полімери, що не розгалужуються, мінімальна структурна одиниця яких – амінокислота (АК). Амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком. Поліпептиди, які здатні мимоволі формувати і утримувати певну просторову структуру, яка називається конформацією, відносять до білків. Стабілізація такої структури можлива лише при досягненні поліпептидами певної довжини. Тільки маючи певну просторову будову, білок може функціонувати.

Рівні організації білкової молекули. Первинним рівнем (або структурою) – організації білкової молекули називають послідовність амінокислотних залишків, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Вторинна структура – це просторове розташування атомів головного ланцюга молекули білка, наприклад альфа-спіралі і бета-листи. Вона утворюється і утримується в просторі за рахунок утворення водневих зв'язків між боковими угрупованнями АК основного ланцюга.

Третинна структура – це властивий даному білку спосіб укладання поліпептидного ланцюга у просторі. Це основа функціональності білка. Вона забезпечує стабільність обширних ділянок білків, що складаються з безлічі амінокислотних залишків та бокових груп. Такі впорядковані в просторі ділянки білка формують активні центри ферментів або зони зв'язування. Пошкодження третинної структури приводить до втрати функціональної активності білка.

Четвертинна структура – розміщення в просторі взаємодіючих між собою субодиниць, утворених окремими поліпептидними ланцюгами. Четвертинна структура – це вищий рівень організації білкової молекули і він властивий далеко не всім білкам. Зв'язки, що формують цю структуру нековалентні: водневі, електростатичної взаємодії.

Фізико-хімічні властивості білків. Розчини білка відносять до розчинів високомолекулярних систем які володіють низкою властивостей гідрофільних колоїдів: повільною дифузією – не здатні проникати через напівпроникні мембрани, високою в'язкістю – утворення драглів, опасленцією – розсіюють світло, утворюють конус Тіндалля.

Класифікація білків: за розчинністю: водорозчинні, сольворозчинні, спирторозчинні, нерозчинні і ін.; за конформаційною структурою: фібрилярні, глобулярні; за хімічним складом: прості білки – протеїни – складаються тільки з амінокислот, складні білки – протеїди – крім АК мають в складі небілкову частину (вуглеводи, ліпіди, метали, нуклеїнові кислоти)

До протеїнів відносять:

1. Альбуміни – розчинні у воді, не розчинні у концентрованих. сольових розчинах рН = 4,6...4,7. Існують альбуміни молока, яєць, сироватки крові.

2. Глобуліни – не розчинні у воді, але розчинні у сольових розчинах. Імуноглобуліни відносять до цієї групи.

3. Гістони – розчинні у воді, у слабоконцентрованих кислотах. Володіють вираженими основними властивостями. Це ядерні білки, вони пов'язані з ДНК і РНК.

4. Склеропротеїни – білки опорних тканин (хрящів, кісток), шерсті, волосся. Не розчинні у воді, слабких кислотах і лугах.

а) колагени – фібрилярні білки сполучної тканини. При тривалому кип'яченні вони розчиняються у воді і при застиганні утворюється желатин.

б) еластини – білки зв'язок і сухожиль. По властивостях схожі на колаген, але піддаються гідролізу під дією ферментів травного соку;

в) кератин – входить до складу волосся, пір'я, копит;

г) фиброїн – білок шовку, в своєму складі містить багато серину;

д) проламіни і глутеніни – білки рослинного походження.

Протеїди залежно від її хімічної природи простетичної групи класифікуються на:

1. Нуклеопротеїди – простетична група – нуклеїнові кислоти. Серед численних класів нуклеопротеїдів найбільш вивченими є рибосоми, що складаються з декількох молекул РНК і рибосомних білків, і хроматин – який складається з ДНК і структурообразуючих білків – гістонов (містяться в клітинному ядрі і мітохондріях).

2. Гемопротеїди – небілковий компонент цих протеїдів – гем. До таких білків відносяться: гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Цей клас білків ще називають хромопротеїди, оскільки гем є забарвленим з'єднанням. Вони здійснюють важливі функції. Гемоглобін – транспортує кисень. Міоглобін – забезпечує запасання кисню в м'язах. Цитохроми (ферменти) – здійснюють каталіз окислювально-відновлювальних реакцій і електронний транспорт у дихальному ланцюзі.

3. Металопротеїди – до складу простетичної групи входять метали. Хлорофіл – містить гем, але в ньому замість заліза знаходиться магній. Цитохроми – містять мідь.

4. Ліпопротеїди – крім білка містять ліпіди. Вони входять до складу клітинних мембран.

5. Фосфопротеїди – крім білка містять залишок фосфорної кислоти.

6. Глюкопротеїди – крім білка містять вуглеводи.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення наявності α -аміногрупи в амінокислотах.

В одну пробірку налити 1 мл розчину, що досліджується (амінокислота або білок). У другу – стільки ж води (контрольна проба). В обидві пробірки додати 1 мл розчину натрій нітриту та по 1 мл оцтової або сульфатної кислоти. Суміш струшують. Порівнюють інтенсивність утворення бульбашок газоподібного азоту в обох пробірках – (поодинокі бульбашки газу в контрольній пробі – це оксиди азоту, що утворюються в результаті руйнування нітритної кислоти).

Дослід 2. Утворення амінокислотами комплексних сполук.

а) Упробірку наливають 2 мл розчину гліцину та додають близько 0,1 г купрум (II) оксиду. Суміш кип'ятять кілька хвилин. Розчин забарвлюється у синій колір.

б) У пробірку до 1 мл водного розчину гліцину (глікоколю) додають краплю 1 %-го розчину FeCl_3 і нагрівають. Поява червоного забарвлення свідчить про утворення хелатної сполуки. При додаванні мінеральних кислот забарвлення зникає.

Дослід 3. Кольорові реакції амінокислот білків.

а) **Ксантопротеїнова реакція.** 3-5 мл розчину яєчного білка нагрівають з 1-2 мл концентрованої нітратної кислоти, при цьому випадає осад жовтого кольору. Жовте забарвлення зумовлене нітруванням ароматичних груп білкових молекул. При додаванні аміаку до вистиглого розчину жовтий колір переходить в оранжевий. Ксантопротеїнова реакція зумовлена наявністю в білкових залишках таких ароматичних амінокислот, як фенілаланін, тирозин, триптофан.

б) **Біуретова реакція.** У пробірці 3 мл розчину яєчного білка нагрівають з 2 мл 10 %-ного натрій гідроксиду і декількома краплями 2 %-ного розчину купрум (II) сульфату. При цьому рідина забарвлюється в характерний червоно-фіолетовий колір. Біуретова реакція зумовлена наявністю у молекулі білка пептидних угруповань: $-\text{CO}-\text{NH}-$.

в) **Реакція Фоля** на наявність сірки в білку. У пробірку наливають 0,5 мл 1 %-ного розчину плюмбум (II) нітрату і краплями додають 10 %-ий розчин натрій гідроксиду до розчинення плюмбум (II) гідроксиду, що утворився. До розчину додають декілька крапель білка або 2-3 мл розчину білка. Суміш перемішують і обережно нагрівають до кипіння протягом 2-3 хвилин. Поява бурого, а під кінець реакції чорного забарвлення вказує на утворення плюмбум (II) сульфідом, а отже, на присутність сірковмісних амінокислот в досліджуваній білковій речовині.

Дослід 4. Коагуляція білків при нагріванні.

У пробірку наливають 3-4 мл свіжоприготовленого розчину яєчного білка й обережно нагрівають над полум'ям пальника. Спостерігають поступове помутніння розчину й утворення осаду білка. Коагуляція білків при нагріванні незворотня.

Дослід 5. Осадження білків солями важких металів.

У дві пробірки наливають 1-2 мл досліджуваного розчину білка і краплями додають в одну пробірку 5 %-ний розчин купрум (II) сульфату, в другу – 5 %-ний розчин плюмбум (II) ацетату. В усіх пробірках спостерігають утворення пластівчастого осаду. При надлишку реактивів осад знову розчиняється.

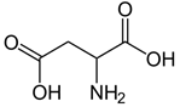
Дослід 6. Виявлення білків у харчових продуктах.

Подібно у ступці горох, вівсяні пластівці або сир. Додати 5 мл дистильованої води, перемішати, злити розчин у пробірки. Провести біуретову реакцію для виявлення білка.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Амінокислоти.

Описати властивості основних амінокислот, що входять до складу білків живих організмів. Незамінні амінокислоти виділити кольором. Заповнити таблицю за зразком:

Амінокислота, назва, скорочення	Формула	Характеристика	Особливе значення	Продукти, що багаті на амінокислоту
Аспаргінова кислота, аміноянтарна кислота, α -амінобутандіова кислота, Asp		моноаміно-дикарбонова, полярна	входить до складу білків крові	рослинні білки, особливо спаржа

Завдання 2. Студент спеціальності «Фізична культура» активно займається спортом і тренується 5 разів на тиждень. Через нерегулярне харчування та обмеження у раціоні він споживає недостатню кількість білкових продуктів. Протягом останнього місяця студент почав скаржитися на швидку втому, зниження сили та витривалості, біль у м'язах після тренувань і тривале відновлення організму. Також спостерігається погіршення концентрації уваги та зниження спортивних результатів.

Завдання.

1. Поясніть біологічну роль білків в організмі людини.
2. Охарактеризуйте значення білків для м'язової діяльності та процесів відновлення після фізичних навантажень.
3. Визначте можливі наслідки дефіциту білка для організму спортсмена.
4. Поясніть, як недостатнє споживання білка впливає на:
 - синтез м'язових білків;
 - ферментативну активність;
 - імунний захист організму;
 - працездатність і спортивні результати.
5. Назвіть основні харчові джерела повноцінних білків.
6. Запропонуйте рекомендації щодо корекції раціону студента-спортсмена.
7. Розрахуйте орієнтовну добову потребу в білках для спортсмена масою 72 кг при інтенсивних фізичних навантаженнях, якщо норма становить 1,6–2,0 г білка на 1 кг маси тіла.

Додаткове аналітичне завдання.

Поясніть, чому при тривалому дефіциті білка в організмі може виникати негативний азотистий баланс. Які фізіологічні наслідки це має для людини, що регулярно займається фізичними навантаженнями?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: Вуглеводи.

Мета: засвоїти основи класифікації моносахаридів, вміти зображати їх структурні формули, виявляти у продуктах харчування

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація вуглеводів.
2. Фотосинтез.
3. Моносахариди. Оптична активність.
4. Поняття глюкозид-глюкозидний і глюкозид-гідроксильний зв'язок. Дисахариди.
5. Полісахариди.
6. Будова крохмалю і глікогену.
7. Гідроліз крохмалю.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1-3, 11.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вуглеводи – біохімічні сполуки, що утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу. У рослинах вуглеводи становлять 80...90 % маси, причому в різних частинах вміст їх різний. Так, у зелених частинах рослин він становить 2,5...6 %, у бульбах картоплі і коренеплодах – 10...20 %, у зернах злаків – до 70 %. У складі організму людини і тварин вуглеводи присутні в меншій кількості, ніж білки та ліпіди, і становлять усього приблизно 2 % від маси сухих речовин.

Однак для людини їхнє значення дуже велике. Про це свідчать різноманітні функції, які виконують вуглеводи.

Енергетична функція. Вуглеводи на 60 % забезпечують організм енергією. При окиснюванні 1 г вуглеводів виділяється близько 4 ккал енергії.

Пластична функція. Вуглеводи беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму, таких, як нуклеопротейни, ліпоїди, складні ферменти, мукополісахариди й ін.

Функція поживних речовин. Вуглеводи мають здатність відкладатися в організмі у вигляді глікогену – запасного вуглеводу, що витрачається в міру необхідності. Глікоген в основному зосереджений у печінці й м'язах. При повноцінному харчуванні в печінці може накопичуватися до 10 % глікогену від маси печінки, у м'язах – до 2 %. При голодуванні запаси глікогену знижуються до 0,2 %.

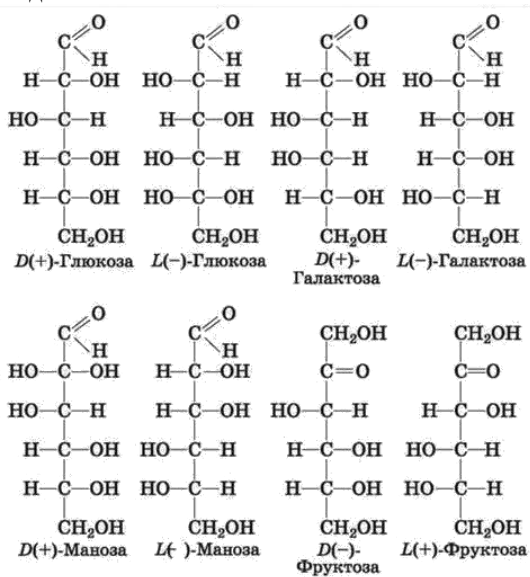
Захисна функція. Густі секрети (слизи), виділювані різними залозами, багаті на мукополісахариди. Вони охороняють стінки органів від механічних ушкоджень, від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

Регуляторна функція. Представник вуглеводів – клітковина має грубу структуру. Потрапляючи з їжею в шлунково-кишковий тракт, вона викликає механічне подразнення стінок шлунка і кишечника, підвищує їхню активність і сприяє спорожнюванню.

Специфічна функція. Окремі представники вуглеводів виконують особливі функції в організмі, наприклад беруть участь у проведенні нервових імпульсів, утворенні антитіл, забезпеченні специфічності груп крові, нормальної діяльності центральної нервової системи.

За сучасною класифікацією вуглеводи поділяють на три основні групи залежно від їхнього складу, структури й властивостей: моносахариди, олігосахариди й полісахариди.

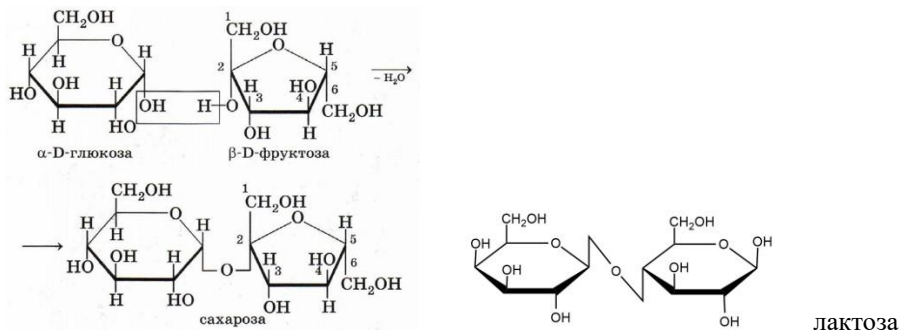
Моносахариди. Вуглеводи цієї групи мають карбонільну групу (альдегідну або кетонну). Вони є похідними багатоатомних спиртів і мають склад $C_nH_{2n}O_n$. Моносахариди відрізняються різним характером будови і просторовим розташуванням функціональних груп. За характером останніх вони поділяють на альдози і кетози.



Олігосахариди. У складі молекул олігосахаридів перебуває від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і т.п.

Дисахариди – складні цукри, кожна молекула яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Емпірична формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза, целобіоза. Поряд з полісахаридами дисахариди є основними вуглеводами в їжі людини і тварин.

Лакто́за (лат. *lactis* — молоко) молочний цукор, вуглевод групи дисахаридів, міститься в молоці і молочних продуктах. Молекула лактози складається із залишків молекул глюкози і галактози і володіє відновлюваними властивостями.

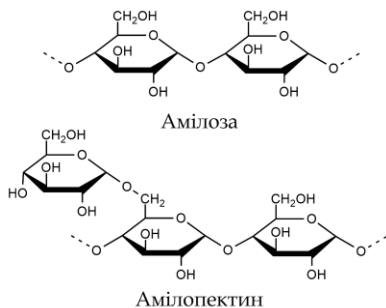


Полісахариди. Це високомолекулярні вуглеводи, що складаються з великого числа моносахаридів. Вони мають гідрофільні властивості і при розчиненні у воді утворюють колоїдні розчини.

Гомополісахариди. До їхнього складу входять моносахариди одного типу. Наприклад, крохмаль і глікоген побудовані тільки з молекул глюкози, інулін – із фруктози.

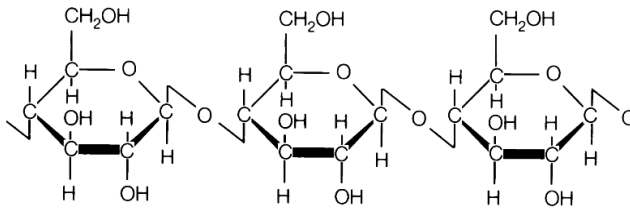
Найбільш важливими гомополісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), що складаються із залишків молекул глюкози, а також пектинові речовини. Із залишків молекул фруктози побудований полісахарид інулін, манани містять залишки молекул манози, галактани – галактози.

Крохмаль це суміш лінійного полісахариду – амілози (10...30 %) і розгалуженого амілопектину (70..90 %), загальна формула яких – $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Гідролітичне розщеплення крохмалю відбувається поступово, з утворенням проміжних продуктів – декстринів і мальтози, при повному гідролізі виділяється глюкоза.



Глікоген ("тваринний крохмаль") – головний резервний полісахарид людини і вищих тварин.

Целюлоза (клітковина) $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ широко поширена в рослинному світі. Вона є основною структурою стінок клітин, обумовлюючи їхню міцність і еластичність.



Пектинові речовини – полісахариди рослинного походження. Вони являють собою високомолекулярні сполуки, що перебувають у великій кількості в ягодах, фруктах і овочах. У якості мономерних залишків містять D-галактуранову кислоту.

Гетерополісахариди складаються з різного виду моносахаридів (глюкози, галактози) і їхніх похідних (аміносахарів, гексуранових кислот). У їхньому складі виявлені і інші речовини: азотисті основи, органічні кислоти. До гетерополісахаридів відносять полісахариди.

Мукополісахариди являють собою желеподібні липкі речовини. Вони виконують різні функції, у тому числі структурну, захисну, регуляторну. Мукополісахариди становлять основну масу міжклітинної речовини тканин, входять до складу шкіри, хрящів, синовіальної рідини. В організмі мукополісахариди зустрічаються в комплексі з білками (глікопротеїни) і жирами (гліколіпіди). У рослинах вони представлені камедями.

Гіалуронова кислота також є гетерополісахаридом. Вона входить до складу сполучної тканини в якості основного "цементуючого" компонента клітин і міжклітинної речовини. У зв'язку із цим їй належить важлива роль у формуванні бар'єрних функцій організму, що сприяє захисту його від інфекцій, іонізуючої радіації, вона також бере участь в обміні води в організмі.

Геміцелюлози відносяться до гетерополісахаридів, тому що побудовані з різних моносахаридів. Геміцелюлози в рослинах супроводжують целюлозу. При їхньому гідролізі утворюється суміш різних моносахаридів (D-галактоза, D-ксилоза, D-арабіноза, уранові кислоти, D-маноза, D-глюкоза).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Утворення срібного дзеркала.

У чисту пробірку, вимиту гарячим лугом і виполоскану дистильованою водою, поміщають 1-2 мл розчину аргентум нітрату, додають розчину аміаку до розчинення осаду і доливають рівний об'єм 3 %-ного розчину глюкози. Пробірку поміщають на декілька хвилин у нагріту до 70-90 °С воду. При цьому металічне срібло, що виділяється при окисленні глюкози, осідає на стінках пробірки у вигляді дзеркала.

Дослід 2. Окислення глюкози купрум (II) гідроксидом у лужному розчині (реакція Троммера).

У пробірку наливають 2 мл 3 %-ного розчину глюкози, 2-3 мл 10 %-ного розчину натрій гідроксиду і додають краплями 0,5 мл 1 %-ного розчину купрум

(II) сульфату. Купрум (II) сульфат взаємодіє з лугом і утворює осад гідроксиду, який розчиняється при збовтуванні, тому що глюкоза, що має у своєму складі гідроксильні групи, має властивість давати з купрум (II) гідроксидом розчинні комплексні сполуки (сахарати) інтенсивного синього кольору.

Верхній шар вмісту пробірки обережно нагрівають у полум'ї пальника до початкового кипіння і спостерігають зміну забарвлення розчину. При цьому глюкоза окисляється у глюконову кислоту і з'являється жовтий осад, що переходить у червоний осад купрум (I) оксиду.

Позитивну реакцію Троммера дають тільки ті вуглеводи, які мають вільний глікозидний гідроксил, тобто всі моносахариди, а із дисахаридів – мальтоза, лактоза і деякі інші. Вуглеводи, що не мають вільної альдегідної або кетонної групи, тобто сахароза, крохмаль, глікоген і інші, реакції Троммера не дають.

Дослід 3. Реакція з реактивом Фелінга.

Окиснення глюкози проходить також під дією реактиву Фелінга. У пробірку наливають 2 мл 1 %-го розчину глюкози і 0,5 мл суміші реактивів Фелінга I та II. Суміш перемішують і доводять до кипіння. У пробірці спостерігається виділення червоного осаду купрум (I) оксиду

Дослід 4. Реакція Селіванова на кетогексози.

Характерною реакцією на кетогексози є одержання червоного забарвлення при нагріванні їх з концентрованою хлоридною кислотою у присутності резорцину.

До 2-3 мл 1 %-ного фруктози доливають близько 2 мл реактиву Селіванова і нагрівають на водяній бані. Спостерігають появу вишнево-червоного забарвлення. Забарвлення залежить від взаємодії оксиметилфурфуролу, що утворюється з резорцином.

Альдогексози в цих умовах реагують набагато повільніше, і розчин забарвлюється лише у блідо-рожевий колір.

Дослід 5. Відновні властивості дисахаридів.

У три пробірки наливають по 2 мл 1% розчинів: у 1-у пробірку - сахарози, у 2-у - мальтози, у 3-ю - лактози. У кожную пробірку додають по 2 мл фелінгової рідини, що складається з 1 мл реактиву Фелінга № 1 і 1 мл реактиву Фелінга № 2). Усі пробірки нагрівають до початку кипіння. У пробірці із сахарозою не спостерігається відновлення міді, у двох інших з'являються осадки оксиду міді (I).

Написати структурні формули дисахаридів і пояснити результати дослідів.

Дослід 6. Якісне виявлення крохмалю.

а) У хімічний стакан помістити 1-2 г крохмалю, додати 2-3 мл води, перемішати і при перемішуванні долити гарячої води до отримання прозорого розчину. Вистудити розчин, налити у пробірку 1-2 мл та капнути у нього 1-2 краплі розчину йоду в калій йодиді. З'являється інтенсивне синє забарвлення.

б) Пробірку з дослідів а) нагріти на спиртівці. Забарвлення зникає, після охолодження розчин синіє повторно.

в) Виявити з допомогою йоду крохмаль у продуктах харчування (хліб, картопля, вівсяні пластівці).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема: Вітаміни.

Мета: вивчити класифікацію та роль вітамінів, опанувати методи виявлення водо- та жиророзчинних вітамінів.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація вітамінів.
2. Фізіологічна роль вітамінів.
3. Вітаміни групи В (В₁, В₂, В₆, В₁₂). Джерела надходження, зв'язок з ферментами, добова потреба.
4. Вітамін РР, будова, зв'язок з ферментами, участь в обміні речовин, джерела надходження, добова потреба.
5. Пантотенова кислота (В₁₅), будова, зв'язок з коферментом А.
6. Вітамін С, будова, властивості, стійкість при переробці і зберіганні рослинної сировини, джерела надходження, добова потреба.
7. Основні відмінності у функціях жиророзчинних і водорозчинних вітамінів.
8. Вітамін А (ретинол, каротиноїди).
9. Вітамін D (D₂, D₃ — кальцифероли).
10. Вітамін Е (токофероли, токотрієноли).
11. Вітамін К (філлохінон, менахінон).
12. Вітамін F (незамінні жирні кислоти: ліолева та α -ліноленова кислоти).
13. Харчові джерела водо- та жиророзчинних вітамінів.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1,3, 7, 8, 10.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В даний час відомо більш 30 вітамінів, розшифрована їхня хімічна структура, що дало можливості синтезувати більшість з них.

Для вітамінів характерний ряд особливостей:

1. На відміну від інших незамінних речовин (амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти та ін.) вітаміни не є пластичним матеріалом або джерелом енергії.

2. Вітаміни активні в мінімальних кількостях. Добова потреба в них обчислюється в тисячних і навіть мільйонних частках грама.

3. Вітаміни в організмі людини не синтезуються, за винятком деяких з них. Так, вітаміни В₆, В₁₂, К, фолієва кислота утворюються в організмі мікрофлорою товстої кишки, вітамін D – синтезується під дією ультрафіолетових променів у шкірі людини, однак, у недостатній кількості.

4. Вітаміни, як правило, не відкладаються «про запас». Отже, ці речовини повинні надходити в організм при кожному прийомі їжі.

5. Найбільш ефективні вітаміни не синтетичні, а ті, що містяться в харчових продуктах. Це обумовлено тим, що до складу їжі входять кілька різних вітамінів, що підсилюють фізіологічний ефект один одного, а також стимулятори, або стабілізатори їхньої дії.

Вітаміни забезпечують нормальне протікання біохімічних і фізіологічних процесів в організмі. Вони беруть участь у каталізі обмінних

процесів, тому що містяться в активних групах ферментів. Так, наприклад, вітамін PP є коферментом дегідрогеназ, що здійснюють перший етап окислювання білків, жирів, вуглеводів; вітамін B1 входить до складу активної групи ферменту, який каталізує розщеплення одного з центральних проміжних продуктів обміну речовин – пірвіноградної кислоти; вітамін B12 відіграє визначну роль у процесах синтезу білків. От чому недолік вітамінів у їжі або порушення їхньої асиміляції негативно позначаються на багатьох фундаментальних процесах обміну речовин.

Вітаміни мають захисну дію, нейтралізуючи вплив різних негативних факторів. У здорових людей вони підвищують стійкість до холоду, інфекційних хвороб, фізичних перевантажень. У хворих вітаміни сприяють нормалізації обміну, поліпшують ефект лікувальних засобів, нейтралізують побічну дію лікарських препаратів, зменшують наслідки опромінення.

При відсутності в продуктах харчування одного або декількох вітамінів розвивається вітамінна недостатність. Вона буває двох ступенів: авітаміноз і гіповітаміноз.

Авітаміноз – це стан глибокого дефіциту якого-небудь вітаміну в організмі з розгорнутою клінічною картиною недостатності (цинга, бери-бери, пелагра і т.д.).

Гіповітаміноз – стан організму при недостатньому вмісті одного або декількох вітамінів у їжі. Гіповітамінози частіше зустрічаються наприкінці зими, навесні, коли надходження вітамінів з їжею досить обмежено, оскільки вони руйнуються в процесі зберігання продуктів харчування.

При надлишковому надходженні вітамінів вони, як правило, виводяться з організму через нирки із сечею. У деяких випадках їхній вміст підвищується і розвивається гіпервітаміноз, що приводить до порушення обмінних процесів. Особливо небезпечно в цьому відношенні передозування вітамінів А і D, що призначають дітям для профілактики рахіту і порушень росту.

Широке поширення одержала систематизація вітамінів на основі їхньої розчинності у воді або жирах. Одну групу склали водорозчинні вітаміни, іншу – жиророзчинні. Однак для деяких жиророзчинних вітамінів був синтезований водорозчинний аналог. Наприклад, вікасол є водорозчинним аналогом вітаміну К, розчинного в жирах.

Низка продуктів містить провітаміни, тобто сполуки, з яких в організмі утворюються вітаміни. До них відносять каротини, що розщеплюються в ряді тканин з утворенням ретинолу (вітамін А), деякі стероли (ергостерини, 7-дегідрохолестерол і ін.), що перетворюються у вітамін D під впливом ультрафіолетових променів.

Жиророзчинні вітаміни нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках. Особливістю цих вітамінів є їх здатність всмоктуватися в кишечнику лише за наявності жирів, а також іноді накопичуватися в організмі, викликаючи гіпервітамінози. До жиророзчинних належать вітаміни А, D, Е, К.

Вітамін А (ретинол) міститься в продуктах тваринного походження – риб'ячому жирі, вершковому маслі, яєчному жовтку, печінці риб та ін. У

рослинних продуктах ретинол не зустрічається. Однак багато з них (морква, шпинат, салат, петрушка, зелена цибуля, шавель, червоний перець, чорна смородина, чорниця, агрус, персики, абрикоси) містять каротин, що є провітамінном А, з якого в організмі утворюється ретинол. Вітамін А регулює процеси зроговіння, утворення і виділення секрету сальних залоз, необхідного для нормального росту волосся. Ретинол бере участь у синтезі родопсину, необхідного для підтримки імунітету і протипухлинного захисту організму. Препарати вітаміну А призначають для профілактики деяких захворювань очей, лікування уражень шкіри (обмороження, опіки). Застосовують вітамін А також у комплексній терапії рахіту й гострих респіраторних захворювань. Нестача вітаміну А в організмі викликає захворювання, відоме як "куряча сліпота". При надлишковому надходженні виникає гіпервітаміноз, проявами якого є нудота, випадання волосся, часті переломи кісток. Добова потреба – 1-2 мг.

Вітаміни групи В належать до водорозчинних вітамінів. Вітамін В1 (Тіамін) складається з піримідинового та тiazолового кілець, з'єднаних метиленовим містком. Він відіграє ключову роль у вуглеводному обміні та забезпечує нормальне функціонування нервової системи. Добова потреба для дорослих: 1,2 мг для чоловіків і 1,1 мг для жінок. При дефіциті можливий розвиток хвороби бері-бері, що проявляється слабкістю, втому і нервовими розладами. Джерела: цільнозернові продукти, свинина, бобові, горіхи.

Вітамін В2 (Рибофлавін) необхідний для енергетичного обміну, підтримки здоров'я шкіри, очей і нервової системи. Добова потреба: 1,3 мг для чоловіків і 1,1 мг для жінок. Дефіцит спричиняє тріщини на губах, запалення язика, світлобоязнь. Джерела: молочні продукти, яйця, зелені овочі, м'ясо.

Вітамін В3 (Ніацин) представлений двома формами: ніотинова кислота та нікотинамід. Він бере участь у метаболізмі жирів, білків і вуглеводів, а також підтримує здоров'я шкіри та нервової системи. Добова потреба: 16 мг NE для чоловіків і 14 мг NE для жінок. Дефіцит призводить до пелагри — дерматиту, діареї та деменції. Джерела: м'ясо, риба, горіхи, бобові.

Вітамін В5 (Пантотенова кислота) складається з пантотенової кислоти та β-аланіну. Є незамінним для синтезу коензиму А, бере участь у метаболізмі жирів, білків і вуглеводів. Добова потреба для дорослих — 5 мг. Дефіцит трапляється рідко, але може спричинити втому, депресію та розлади сну. Джерела: яловичина, курятина, цільнозернові продукти, деякі овочі.

Вітамін В6 (Піридоксин) існує у трьох формах: піридоксин, піридоксаль і піридоксамін. Він бере участь у метаболізмі амінокислот, виробленні нейромедіаторів та синтезі гемоглобіну. Добова потреба — 1,3–1,7 мг для дорослих. Дефіцит може викликати анемію, депресію, сплутаність свідомості. Джерела: риба, яловичина, картопля, банани.

Вітамін В7 (Біотин) Біотин має складну структуру з уретановим і тіофеновим кільцями. Важливий для метаболізму жирних кислот, амінокислот та глюкози. Добова потреба — 30 мкг. Дефіцит трапляється рідко, але може спричинити висипання, випадіння волосся, депресію. Джерела: яйця, риба, м'ясо, насіння, горіхи.

Вітамін В9 (Фолат, фолієва кислота) необхідний для синтезу ДНК, росту клітин і правильного розвитку плоду. Добова потреба — 400 мкг для дорослих. Дефіцит може спричинити анемію та вади розвитку нервової трубки у плода. Джерела: листові зелень, бобові, цитрусові, збагачені злаки.

Вітамін В12 (Кобаламін) – це найбільший і найскладніший за будовою вітамін, що містить кобальт у центрі коринової структури. Вітамін В12 потрібен для синтезу ДНК, нормального кровотворення та функціонування нервової системи. Його добова потреба — близько 2,4 мкг для дорослих. Дефіцит В12 може призвести до мегалобластної анемії, слабкості, порушення координації, а у важких випадках — до незворотних уражень нервової системи. Основні джерела — продукти тваринного походження: печінка, м'ясо, яйця, молочні продукти, риба. Рослинна їжа В12 практично не містить, тому веганам рекомендовано приймати добавки або збагачені продукти.

Вітамін С (Аскорбінова кислота) має будову, подібну до глюкози, та є потужним антиоксидантом. Вона бере участь у синтезі колагену, зміцненні імунної системи, засвоєнні заліза та нейтралізації вільних радикалів. Добова потреба – 75–90 мг для дорослих, але може зростати при стресі, інфекціях або у курців. Дефіцит вітаміну С призводить до цинги, що проявляється кровоточивістю ясен, слабкістю, ламкістю судин. Джерела: шипшина, чорна смородина, болгарський перець, цитрусові, ківі, капуста, зелень.

Вітаміни D (ергокальциферол (вітамін D2), холекальциферол (вітамін D3), D4, D5 та ін.) містяться переважно в організмі тварин і людини. Основною властивістю цих сполук є здатність попереджати й лікувати рахіт, у зв'язку із чим їх іноді називають антирахітичними вітамінами. Вітамін D2 у невеликій кількості міститься в харчових продуктах: яєчному жовтку, вершковому маслі, молоці, ікрі, рослинах. Вітамін D3 утворюється в шкірі людини під впливом сонячних променів. Функціональною особливістю вітамінів D є їх участь у метаболізмі Кальцію. Вони сприяють його всмоктуванню в травному тракті, активують відкладення в кістках і перешкоджають резорбції з кісткової тканини. Вітаміни D регулюють також вміст Фосфору в організмі. Застосовують вітамін D для профілактики та лікування рахіту й захворювань кісток, викликаних порушеннями обміну Кальцію (остеомаляція й деякі форми остеопорозу). Добові дози становлять в середньому 20-25 мкг для дорослих.

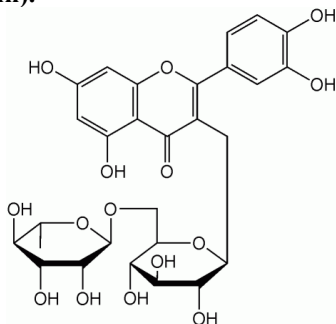
Вітаміни Е (токофероли) містяться в зелених частинах рослин, особливо в молодих паростках злаків, багаті токоферолами рослинні олії (соняшникова, кукурудзяна, арахісова, соєва, обліпихова). Деяка кількість їх міститься також у м'ясі, жирі, яйцях, молоці. Відсутність вітамінів Е у їжі негативно позначається на здатності організму до розмноження. Тому вітаміни Е називають вітамінами розмноження, або антистерильними вітамінами. Вітаміни Е призначають при м'язових дистрофіях, порушеннях менструального циклу, загрози переривання вагітності тощо. У людей авітаміноз Е практично не зустрічається, оскільки токофероли дуже поширені в природі. Добова потреба становить близько 30 мг.

Вітаміни К (філохінони) називають ще вітамінами коагуляції, оскільки вони стимулюють синтез проотромбіну і підвищують зсідання крові. Крім того, вони прискорюють загоєння ран і регенерацію тканин після опіків, а також

беруть участь в окисно-відновних процесах. У людини авітаміноз К зустрічається дуже рідко, оскільки цей вітамін у достатній кількості синтезується кишковою мікрофлорою. Крім того, потреба організму людини в цьому вітаміні забезпечується вживанням продуктів рослинного (капуста, томати, салат) і тваринного (печінка, м'ясо) походження. Потреба людини у вітаміні К точно не встановлена.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісні реакції на вітамін Р (рутин, вітамін проникності, цитрин).

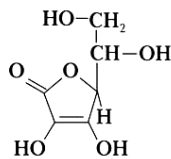


а) До 2 мл насиченого водного розчину рутину додають кілька крапель розчину FeCl_3 . Ферум (III) хлорид утворює з рутином комплексні сполуки, забарвлені в смарагово-зелений колір.

б) До 0,5 г рутину доливають 5 мл розчину хлоридної кислоти, кип'ятять протягом 1 хв, потім фільтрують. Під час кислотного гідролізу рутину відщеплюється молекула рутинози. Потім рутиноза розкладається на глюкозу та рамнозу, які мають відновні властивості, тому можуть бути визначені реакціями Толленса або Троммера. До 5 мл фільтрату додають 3 мл розчину гідроксиду натрію та 1 мл розчину купрум сульфату і знову нагрівають до кипіння. Спостерігають утворення осаду геміоксиду міді червоного кольору.

Дослід 2. Виявлення наявності вітаміну Р у розчині чаю.

В першу пробірку насилають 1 г зеленого чаю, в другу – 1 г чорного чаю. В обидві додають по 10 мл етилового спирту, енергійно перемішують. Через 15 хвилин суміш фільтрують. Від фільтратів відбирають у дві пробірки по 10 краплин розчину, в кожен додають по 1 мл розчину FeCl_3 . Спостерігають появу зеленого забарвлення у пробірці з зеленим чаєм.



Дослід 3. Якісні реакції на вітамін С.

а) У три пробірки додають по одній краплі розчинів гексаціано(III) ферату калію і хлориду феруму. В одну з пробірок до утвореної зелено-бурої рідини

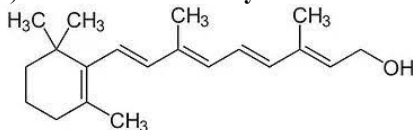
додають 5–10 крапель розчину аскорбінової кислоти, у другу – 5–10 крапель витяжки з шипшини, у третю (контрольну) – 5–10 крапель дистильованої води. Аскорбінова кислота відновлює гексаціано(III)ферат калію до гексаціано(II) ферату калію, який, реагуючи з хлоридом феруму, утворює берлінську лазур – сполуку синього кольору.

Рідина в першій і другій пробірках забарвлюється в зелено-синій колір і випадає синій осад берлінської блакиті. За обережного нашаровування дистильованої води осад на дні пробірки стає виразнішим. У контрольній пробірці зелено-бура рідина забарвлення не змінює.

б) У три пробірки додають по 10 крапель дистильованої води і по 1–2 краплі розчину йоду в йодиді калію. У першу пробірку додають 10 крапель аскорбінової кислоти, у другу – 10 крапель витяжки з шипшини, у третю (контрольну) – 10 крапель дистильованої води. Аскорбінова кислота здатна відновлювати молекулярний йод, який переходить при цьому у безбарвну йодидну кислоту.

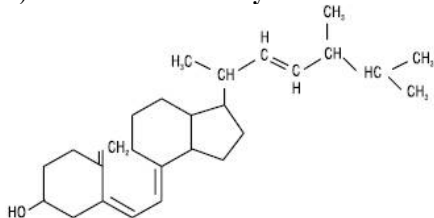
Дослід 2. Виявлення вітамінів у риб'ячому жирі.

а) Виявлення вітаміну А.



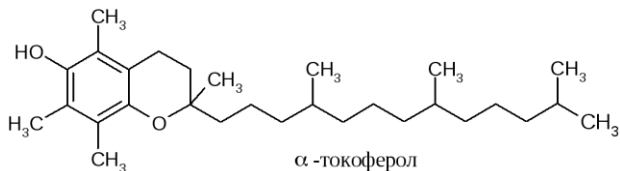
У пробірку до двох-трьох крапель розчину риб'ячого жиру в хлороформі доливають п'ять-десять крапель льодяної оцтової кислоти, насиченої сульфатом заліза (II) і одну-дві краплі концентрованої сірчаної кислоти. З'являється блакитне забарвлення, яке поступово перетворюється на червоно-рожеве. Каротини у цій реакції мають зелене забарвлення.

б) Виявлення вітаміну D.



У суху пробірку вносять одну-дві краплі риб'ячого жиру і додають одну краплю анілінового реактиву (анілін і концентрована HCl, 15:1). Після перемішування утворюється емульсія жовтого кольору, під час нагрівання забарвлення змінюється на червоне. Через 1–2 хв емульсія розділяється на два шари. Нижній шар забарвлений в інтенсивний червоний колір.

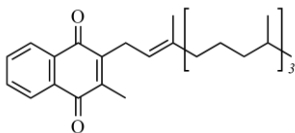
Дослід 4. Якісні реакції на вітамін Е.



а) У суху пробірку вносять п'ять крапель спиртового розчину вітаміну Е, додають 1 мл концентрованої HNO_3 , інтенсивно перемішують. Взаємодія α-токоферолу з концентрованою азотною кислотою зумовлює забарвлення реакційної суміші в червоний колір. Це спричинено тим, що продукт окиснення α-токоферолу має хіноїдну структуру.

б) У суху пробірку вносять 0,5 мл спиртового розчину вітаміну Е, потім 0,5 мл розчину FeCl_3 й інтенсивно перемішують. Під час взаємодії з хлорним залізом (III) α-токоферол окиснюється до α-токоферилхінону – сполуки червоного кольору.

Дослід 5. Якісна реакція на вітамін К.



У пробірку з 1 мл 0,05%-го спиртового розчину вікасолу додають дві краплини аніліну. Після перемішування вміст пробірки забарвлюється у червоний колір.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Заповніть таблицю «Вітаміни та їх функції у м'язовій діяльності» за зразком.

Вітамін	Біологічна роль	Значення для рухової активності	Добова потреба, жінки/чоловіки	Основні джерела
А (ретинол)	Бере участь у рості клітин, підтримує зір та імунітет	Сприяє відновленню тканин після фізичних навантажень	700/900 мкг	Морква, печінка, вершкове масло, яйця

Завдання 2. Проаналізуйте склад популярних спортивних вітамінних комплексів та оцініть доцільність їх використання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Властивості ферментів.

Мета: дослідити вплив температури, активаторів та інгібіторів на активність амілази.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Номенклатура й класифікація ферментів?
2. Роль ферментів в організмі людини.
3. Будова ферментів й їхніх активних центрів.
4. Якими властивостями володіють ферменти?
5. Як впливають на активність ферментів фізичні й хімічні фактори?
6. Чим обумовлена специфічність дії ферментів? Види специфічності.
7. Охарактеризуйте різні класи ферментів.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 2, 12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Всі біологічні каталізатори є речовинами білкової природи і носять назву ферментів або ензимів. Ферменти прискорюють досягнення рівноваги, збільшуючи швидкість як прямого, так і зворотного перетворення. Прискорення реакції відбувається за рахунок зниження енергії активації того енергетичного бар'єру, який відокремлює один стан системи (початкову хімічну сполуку) від іншого (продукт реакції).

Властивості ферментів.

1. Вплив на швидкість хімічної реакції: ферменти збільшують швидкість хімічної реакції, але самі при цьому не витрачаються.

2. Специфічність дії ферментів. У клітинах організму протікає 2-3 тис. реакцій, кожна з яких каталізується певним ферментом. Специфічність дії ферменту – це здатність прискорювати протікання однієї певної реакції, не впливаючи на швидкість інших, навіть дуже схожих. Специфічність ферментів обумовлена їх унікальною амінокислотою послідовністю, від якої залежить конформація активного центру, що взаємодіє з компонентами реакції. Речовина, хімічне перетворення якої каталізується ферментом носить назву субстрат.

3. Активність ферментів – здатність різною мірою прискорювати швидкість реакції.

Активність залежить в першу чергу від температури. Найбільшу активність той або інший фермент проявляє при оптимальній температурі. Для ферменту живого організму це значення знаходиться в межах (37,0...39,0°C), залежно від виду тварини. При пониженні температури сповільнюється броунівський рух, зменшується швидкість дифузії і, отже, сповільнюється процес утворення комплексу між ферментом і компонентами реакції (субстратами). В разі підвищення температури вище за 40,0...50,0°C молекула ферменту, яка являється білком, піддається процесу денатурації. При цьому швидкість хімічної реакції помітно падає.

Активність ферментів залежить також від рН-середовища. Для більшості з них існує певне оптимальне значення рН, при якому їх активність

максимальна. Оскільки в клітині містяться сотні ферментів і для кожного з них існують свої межі оптимального рН-середовища, тому зміна рН це один з важливих чинників регуляції ферментативної активності.

Механізм дії ферментів. Реакція каталізу складається з трьох послідовних етапів.



1. Утворення фермент-субстратного комплексу при взаємодії через активний центр.

2. Зв'язування субстрату відбувається в декількох точках активного центру, що приводить до зміни структури субстрату, його деформації за рахунок зміни енергії зв'язків в молекулі. Це друга стадія і називається вона активацією субстрату. При цьому відбувається певна хімічна модифікація субстрату і перетворення його в новий продукт або продукти.

3. В результаті такого перетворення нова речовина (продукт) втрачає здатність утримуватися в активному центрі ферменту і фермент-субстратний, вірніше вже фермент-продуктний комплекс дисоціює (розпадається).

Ферментативні регулятори – це речовини, що змінюють швидкість ферментативного каталізу і регулюють за рахунок цього метаболізм. Серед них розрізняють інгібітори – уповільнювачі швидкості реакції і активатори – прискорювачі ферментативної реакції. Крім інгібіторів відомі ще активатори ферментативного каталізу, вони захищають молекулу ферменту від інактиваційних дій.

Класифікація ферментів:

1. Оксидоредуктази. Каталізують окислювально-відновні реакції. Діляться на 17 підкласів. Всі ферменти містять небілкову частину у вигляді гема або похідних вітамінів В2, В5.

2. Трансферази – каталізують перенесення різних радикалів від молекули донора до молекули акцептора.

3. Гідролази – каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплювання речовин з приєднанням по місцю розриву зв'язку води. До цього класу відносяться переважно травні ферменти.

4. Ліази – каталізують реакції розщеплювання молекул без приєднання води. Ці ферменти мають небілкову частину у вигляді тіамінпірофосфату (В1) і піридоксальфосфату (В6).

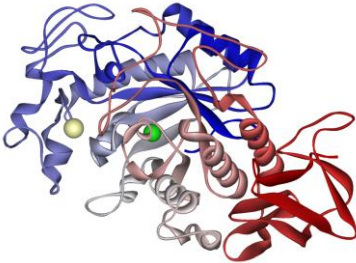
5. Ізомерази – каталізують реакції ізомеризації.

6. Лігази (синтетази) – каталізують реакції синтезу складніших речовин із простих. Такі реакції йдуть з витратою енергії АТФ. До назви таких ферментів додають «синтетаза».

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Вивчення впливу температури на активність амілази.

Фермент амілаза каталізує гідроліз крохмалю до декстринів і мальтози. Такий процес відбувається, наприклад, у ротовій порожнині при вживанні з їжею продуктів, що містять крохмаль: картоплі, хліба, макаронних виробів. Джерелом амілази є слина. Цей фермент знаходиться і в інших відділах травного тракту, а також у печінці та інших тканинах. Різні типи амілаз використовуються в харчовій промисловості, наприклад, у пивоварній, де їх джерелом є рослини (ячмінь). Дію амілази розпізнають по зникненню синього забарвлення, яке утворюється при додаванні йоду.



У 3 пробірки наливають по 1 мл джерела амілази (розбавленої слини або розчину панкреатину). Першу пробірку кип'ятять протягом не менш, ніж 3 хв., дають охолонути. Потім до всіх 3 пробірок приливають по 1 мл крохмалю. Другу пробірку кладуть у стакан із льодом для охолодження. Третю ставлять у термостат, нагрітий до 37 °С. Через 5 хв. переносять на предметне скельце піпеткою по краплині суміші із кожної з трьох пробірок та приливають по 1 краплі розчину йоду.

Якщо крохмаль не перетравився амілазою, то утворюється синє забарвлення. При наявності продуктів гідролізу колір з йодом стає фіолетовим, червоним або жовтим в залежності від глибини розщеплення та розміру утворених молекул декстринів. Амілодекстрини забарвлюються йодом у фіолетовий колір, еритродекстрини – у червоний, ахродекстрини – утворюють жовте забарвлення, як і мальтоза. По кольору визначають глибину розщеплення крохмалю. Якщо зміни не відбуваються, повторюють пробу через кожні 5 хв.

Дослід 2. Вивчення впливу активаторів та інгібіторів на активність ферментів.

В організмі дія ферментів регулюється різноманітними механізмами: інтенсивністю синтезу каталітичних білків генетичним апаратом, їхнім руйнуванням продуктами реакції каталізу, гормонами і іншими факторами. Важлива роль належить активаторам та інгібіторам ферментів, які впливають на різні їхні ділянки або беруть участь в утворенні тимчасових комплексів із

субстратами. Активатори та інгібітори дії ферментів використовуються для регуляції відповідних технологічних процесів, наприклад, для заміса тіста, а також, в медичній практиці для припинення життєдіяльності мікроорганізмів або заміщення недостатньої активності ензимів у тканинах, наприклад, у підшлунковому соку.

Готують три пробірки. У першу приливають 2,5 мл води, у другу – 2 мл води та 0,5 мл розчину NaCl, у третю – 2 мл води та 0,5 мл розчину CuSO₄. В усі три пробірки вносять по 2,5 мл розчину амілази, перемішують і додають по 1 мл розчину крохмалю, потім знов перемішують і ставлять у термостат при температурі 37⁰ С. Через 5...10 хвилин додають по 5 крапель розчину йоду. Рідина у першій пробірці забарвлюється у фіолетовий або червоний колір, у другій – в червоний або жовтий, у третій – у синій.

Дослід 3. Визначення специфічності дії ферментів.

Ферментам притаманна специфічність дії, оскільки вони здатні каталізувати тільки певні хімічні реакції. Амілаза слини прискорює гідроліз тільки полісахаридів, не впливаючи на дисахариди. Мальтаза слини прискорює гідроліз дисахариду мальтози, що утворюється при гідролізі крохмалю, але зовсім не впливає на інший дисахарид – сахарозу. Сахароза не має вільної альдегідної групи, тому не дає реакції з реактивом Фелінга.

У дві пробірки приливають по 1 мл розчину амілази. У першу пробірку додають 1 мл 1 %-го розчину крохмалю, у другу – 1 мл 1 %-го розчину сахарози. Обидві пробірки ставлять на 10 хв. у термостат або водяну баню при температурі 38 °С, після чого проводять реакцію Фелінга, тобто в обидві пробірки додають 0,5 мл реактиву Фелінга I і 0,5 мл Фелінга II і нагрівають до кипіння.

Позитивна реакція Фелінга відбувається в пробірці, де зустрічаються субстрат та відповідний фермент (наприклад, крохмаль та амілаза слини), результатом дії якого є гідроліз. При цій реакції утворюються мальтоза, а потім глюкоза, яка має вільну альдегідну групу, що забезпечує появу червоного осаду оксиду міді (I).

Дослід 4. Вивчення дії сахарози

Сахараза каталізує гідроліз сахарози до глюкози та фруктози. Моносахариди, які утворюються, визначають реакцією Фелінга. Сахароза не містить вільної альдегідної групи й тому не має відновних властивостей.

Препарат сахарози готують наступним чином: 5 г пивних дріжджів розтирають у фарфоровій ступці з 2–3 мл дистильованої води та невеликою кількістю скляного піску, додають 8-10 мл води та фільтрують через вату.

У дві пробірки наливають по 1 мл препарату ферменту. Вміст однієї з них (контроль) кип'ятять протягом 3 хв для руйнування сахарози, після чого в обидві пробірки додають (охоложені) по 3 мл розчину сахарози, добре перемішують і ставлять у термостат за температури 38⁰С. Через 15 хв у пробірки вносять по 2 мл суміші реактивів Фелінга, перемішують і нагрівають до кипіння. У контрольній пробірці осаду немає, а в пробірці з активним ферментом (дослід) утворюється червоний осад геміоксиду міді.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: Властивості гормонів.

Мета: дослідити якісні реакції гормонів інсуліну та адреналіну.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Гормони: визначення та загальна характеристика.
2. Класифікація гормонів за хімічною природою.
3. Основні властивості гормонів.
4. Органи, що продукують гормони (ендокринні залози).
5. Роль гормонів у регуляції процесів організму.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1-2, 11-12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Гормони – це специфічні регулятори біохімічних процесів в організмі, які виробляються залозами внутрішньої секреції. Характер впливу гормонів на обмін речовин відрізняється від механізму дії ферментів та вітамінів. На відміну від вітамінів, вони не входять до складу ферментів. І на відміну від ферментів не приймають безпосередньої участі у біохімічних реакціях. Ряд гормонів впливають на проникність клітинних мембран (інсулін), деяким з них властиві функції активаторів чи інгібіторів ферментних систем (адреналін), інші - регулюють швидкість біосинтезу білкових молекул (стероїдні гормони).

За хімічної будовою гормони можна поділити на три групи:

1. Похідні амінокислот (гормони щитоподібної залози та мозкового шару наднирників).
2. Поліпептиди та білки (гормони гіпофізу, підшлункової залози).
3. Стероїдні сполуки (гормони коркового шару наднирників і статевих залоз).

Властивості гормонів:

1. Мають високу біологічну активність, т. я. діють в дуже низьких концентраціях.
2. Мають високу специфічність дії: регулюють обмін речовин тільки у тканинах – мішенях, які мають рецептори для даного гормону.
3. Для гормонів характерна дистанційність дії: вони синтезуються в одному місці, а регулюють процеси в іншому, більш віддаленому місці, куди потрапляють з током крові.

Тиреоїдні гормони – похідні амінокислот фенілаланіну та тирозину – трийодтиронін (Т3) і тетрайодтиронін або тироксин (Т4) – синтезуються щитоподібною залозою. До їх складу входять відповідно три або чотири атоми йоду. Ці гормони впливають на енергетичний обмін (є роз'єднувачами дихання та фосфорилювання), активують біосинтез білків, морфогенез (стимулюють формування й розвиток органів).

Гормони мозкового шару наднирників – адреналін (епінефрин) та норадреналін (норепінефрин) – також є похідними фенілаланіну та тирозину. Звичайно адреналін синтезується у відповідь на стан фізичного або нервового стресу. Його секреція не залежить від концентрації глюкози в крові. Адреналін

прискорює частоту та силу серцевих скорочень, підвищує артеріальний тиск, впливає на тонус м'язів шлунково-кишкового тракту, ока тощо. Нарадреналін діє як нейромедіатор.

Адреналін та норадреналін є катехоламінами (фізіологічно активними речовинами), але гормональну активність має лише адреналін, норадреналін є нейромедіатором. Клітинами – мішенями для адреналіну є клітини скелетних м'язів, печінки, серця, серцево – судинної системи та жирової тканини. Функціонує адреналін протягом 1 хвилини. Адреналін впливає на вуглеводний обмін (перш за все у скелетній мускулатурі, а потім у печінці), а також на обмін ліпідів. Адреналін пригнічує синтез інсуліну, та стимулює синтез глюкагону.

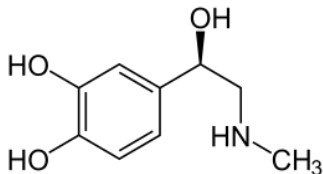
У підшлунковій залозі у β – клітинах синтезується гормон інсулін, який є одним з важливіших регуляторів вуглеводного обміну: він підсилює транспорт глюкози із крові до скелетних та серцевого м'язів, у жирову тканину за рахунок підвищення проникності клітинних мембран цих тканин та стимулює синтез глікогену в печінці та м'язах. Головним стимулом для синтезу інсуліну є підвищення концентрації глюкози в крові. Інсулін – речовина білкової природи. Молекула інсуліну утворена двома поліпептидними ланцюгами: ланцюг А, який складається з 21 амінокислотного залишку, ланцюг В, до складу якого входить 30 амінокислотних залишків. Поліпептидні ланцюги з'єднані між собою дисульфід ними містками.

До стероїдних гормонів належать кортикостероїди (гормони кори наднирників – мінералокортикоїди та глюкокортикоїди), статеві гормони (естрогени, андрогени) та кальцитриол (похідне вітаміну D3, сполука гормонального типу дії, бере участь у регуляції обміну кальцію). Стероїдні гормони розрізняються замісниками біля 10-го, 13-го, 17-го атомів карбону. Кортикостероїди містять метильні радикали біля 10-го та 13-го атомів, етильний радикал – біля 17-го атома (усього 21 атом карбону, їх називають C21-стероїди). Андрогени не мають етильного радикала біля 17-го атома (C19-стероїди). Естрогени мають лише один метильний радикал – біля 13-го атому (C18-стероїди). Стероїдні гормони мають у своєму складі гідроксильні та кетогрупи біля різних атомів карбону. Наприклад, андростерон, естрон (фолікулін) мають кетогрупу в 17-му положенні та гідроксильну – у 3-му. Стероїдні гормони виводяться з організму у вигляді 17-кетостероїдів з сечею, 1 – 25 мг на добу, кількість залежить від віку та статі, максимальна екскреція спостерігається у 25-річному віці. У разі стресів кількість 17-кетостероїдів у крові та сечі збільшується.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Якісні реакції адреналіну.

Адреналін, також епінефрін — гормон та медіатор мозкової речовини надниркових залоз, що входить до групи фізіологічно активних речовин — катехоламінів.



а) Адреналін досить легко вступає в окисно-відновні реакції. Гормон та продукти його окислення можна виявити кольоровими реакціями. Із розчином хлориду заліза (III) адреналін та норадреналін утворюють комплексну сполуку смарагдово-зеленого кольору. Із додаванням краплі розчину аміаку забарвлення стає вишнево-червоним, а потім жовтогарячо-червоним.

У пробірку вносять 10 крапель 0,1 %-го розчину адреналіну та 1 краплю 1 %-го розчину хлориду заліза (III). Потім додають 1 краплю аміаку. Спостерігають появу та зміну забарвлення.

б) Метод ґрунтується на здатності адреналіну утворювати з діазобензенсульфокислотою сполуку червоного кольору.

Для одержання діазобензенсульфокислоти в пробірку відміряють по 3 краплі 1 %-го розчину сульфанілової кислоти та 5 %-го розчину нітриту натрію, перемішують струшуванням. Потім у пробірку додають 5 крапель 0,1 %-го розчину адреналіну та 3 краплі 10 %-го розчину карбонату натрію. Уміст перемішують струшуванням і спостерігають за розвитком забарвлення.

в) Адреналін у кислому середовищі з йодатом калію утворює сполуку червоно-фіолетового кольору.

У пробірку вносять 1 краплю 0,1 %-го розчину адреналіну, 5 мл води. Відбирають в іншу пробірку 0,5 мл розведеного розчину адреналіну, додають 1 мл розчину KIO_3 , 10 крапель розчину оцтової або ортофосфорної кислоти і підігрівають суміш до температури 60 – 65 °С. Спостерігають появу забарвлення.

Дослід 2. Реакції інсуліну.

Інсулін (від лат. *insula* – острів) — гормон пептидної природи, що утворюється у бета-клітинах острівців Лангерганса підшлункової залози. Інсулін, як гормон білкової природи, дає ряд реакцій специфічних для білків: біуретову, Фоля, Мілона тощо.

а) Біуретова реакція на пептидні зв'язки. До 10 крапель інсуліну додають 5 крапель 10 %-ного розчину гідроксиду натрію і 1 краплю 1 %-ного розчину купрум сульфату. Рідина забарвлюється фіолетовий колір.

б) Реакція Фоля. До 10 крапель інсуліну додають 1-2 мл 10 %-ного розчину гідроксиду натрію і кип'ятять 1 хв. Після охолодження додають краплями розчин пльомбум (II) ацетату (нітрату). Поява чорного осаду вказує на наявність сірковмісних амінокислот.

Дослід 3. Якісна реакція на 11-дегідро-17-оксикортикостерон (кортизон).

Кортизон може відновлювати Cu^{+2} до Cu^{+1} , тому його можна виявити реакцією з реактивом Фелінга.

До 1 мл 1 %-го спиртового розчину кортизону (кортизон-ацетату) додають 1 мл реактиву Фелінга і нагрівають на водяній бані (80–90 °С). Спостерігають утворення осаду оксиду купруму (I) цегляного кольору.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Описати дію трьох гормонів (обрати на власний розсуд) за планом:

1. Орган, що продукує гормон.
2. На що впливає гормон (фізіологічна дія).
3. Як виводиться з організму.
4. Патології, пов'язані із недостатчею або надлишком гормону.

Завдання 2. Гормони та змагання.

Студент перед початком спортивних змагань відчуває прискорене серцебиття, розширення зіниць, пітливість. Які гормони викликають таку реакцію? Який орган їх продукує?

Завдання 3. Опишіть, як стрес впливає на гормональний фон людини.

У своїй відповіді зосередьтеся на ролі гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі (ГГН-осі), а також назвіть основні гормони, які виділяються у відповідь на стрес. Поясніть, як короткотривалий стрес може бути адаптивним, а хронічний – шкідливим. Наведіть приклади змін у фізіології та поведінці людини під впливом стресових гормонів, таких як кортизол, адреналін і норадреналін. Зробіть висновок про вплив тривалого емоційного напруження на загальний стан здоров'я.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тема: Перетворення нуклеїнових кислот.

Мета: дослідити і вивчити, з яких компонентів складаються нуклеопротейіди.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Що таке нуклеопротейіни, який їхній склад і біологічне значення?
2. Яка будова ДНК? Розповісти про її значення.
3. Назвіть особливості будови і функції різних видів РНК.
4. Напишіть формули пуринових і пиримідинових основ.
5. Розщеплення нуклеїнових кислот.
6. Сечова кислота.
7. Якісна реакція на наявність фосфорної кислоти.
8. Проба на пуринові основи.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1, 2, 11-12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

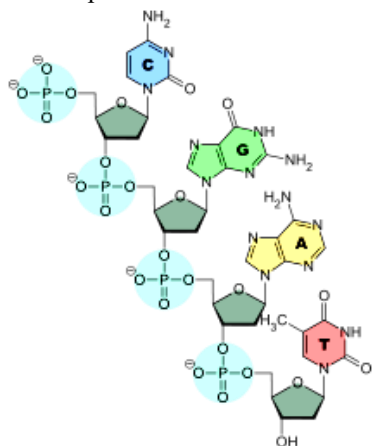
Нуклеїнові кислоти (ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота, РНК – рибонуклеїнова кислота) є носіями спадковості, оскільки у їх молекулах закодована генетична інформація про структуру білків організму. Під час реплікації з материнської ДНК утворюються комплементарні їй дочірні молекули ДНК, при транскрипції з послідовності ДНК за принципом комплементарності синтезується РНК, а в результаті трансляції генетична інформація, зашифрована в послідовності кодонів матричної РНК, переводиться у відповідну послідовність амінокислот білка, який кодується даним геном.

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) – один із двох типів природних нуклеїнових кислот, що забезпечує зберігання, передачу з покоління в покоління і реалізацію генетичної програми розвитку й функціонування живих організмів. Основна роль ДНК в клітинах – довготривале зберігання інформації про структуру РНК і білків.

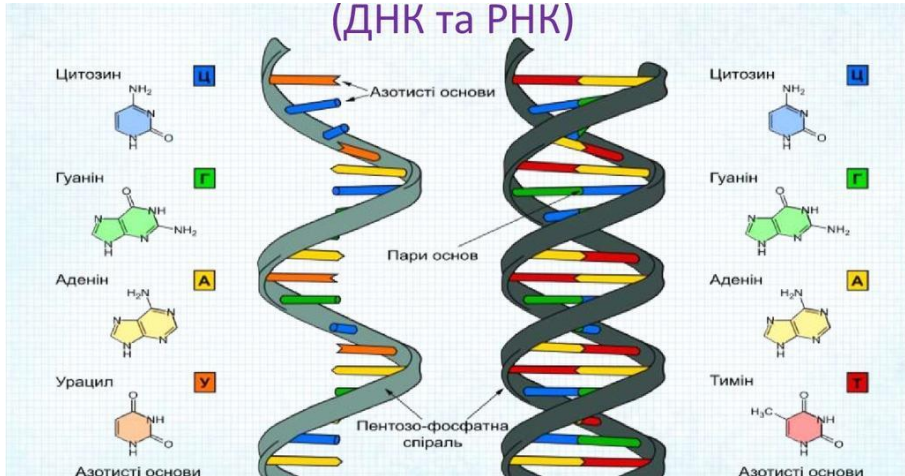
У клітинах еукаріотів (наприклад, тварин, рослин або грибів) ДНК міститься в ядрі клітини в складі хромосом, а також в деяких клітинних органелах (мітохондріях і пластидах). У клітинах прокаріотів (бактерій і архей) кільцева або лінійна молекула ДНК, так званий нуклеоїд, міститься в цитоплазмі й прикріплена зсередини до клітинної мембрани. У них і у нижчих еукаріотів (наприклад дріжджів) зустрічаються також невеликі автономні кільцеві молекули ДНК, так звані плазміди. Крім того, одно- або дволанцюгові молекули ДНК можуть утворювати геном ДНК-вірусів.

З хімічної точки зору ДНК – це довга полімерна молекула, що складається з послідовності блоків – нуклеотидів. Кожний нуклеотид складається з азотистої основи, цукру (дезоксирибози) і фосфатної групи. Зв'язки між нуклеотидами в ланцюгу утворюються дезоксирибозою й фосфатною групою. У переважній більшості випадків (окрім деяких вірусів, що містять одноланцюгові ДНК) макромолекула ДНК складається з двох ланцюгів, орієнтованих азотистими основами один проти одного. Ця дволанцюгова

молекула утворює спіраль. У цілому структура молекули ДНК отримала назву «подвійної спіралі».



У ДНК зустрічається чотири види азотистих основ (аденін, гуанін, тимін і цитозин). Азотисті основи одного з ланцюгів сполучені з азотистими основами іншого ланцюга водневими зв'язками згідно з принципом комплементарності: аденін з'єднується тільки з тиміном, гуанін — тільки з цитозином.



Рибонуклеїнова кислота. Будова РНК за характером зв'язків між окремими нуклеотидами ланцюга така ж, як і в молекулі ДНК. Залишок пентози одного нуклеотиду в РНК з'єднується складнофірним зв'язком із залишком фосфатної кислоти іншого мононуклеотиду.

Послідовність нуклеотидів дозволяє «кодувати» інформацію про різні типи РНК, найважливішими з яких є матричні (мРНК), рибосомні (рРНК) і

транспортні (тРНК) та інші некодуєчі РНК. Всі ці типи РНК синтезуються у процесі транскрипції на матриці ДНК, тобто шляхом копіювання послідовності ДНК у послідовність макромолекули РНК, за допомогою принципу комплементарності. Деякі види РНК, такі як мРНК, тРНК, рРНК за допомогою малих ядерних РНК беруть участь у біосинтезі білків (процесах транскрипції, сплайсингу і трансляції). Крім кодуєчих послідовностей, ДНК клітини містить некодуєчі послідовності, що виконують регуляторні та структурні функції, або не виконують ніяких функцій. Ділянки кодуєчих послідовностей разом із регуляторними ділянками називаються генами. Сукупність всіх генів, регуляторних послідовностей, некодуєчих послідовностей, тобто вся нуклеотидна послідовність ДНК незалежно від її функцій, формує геном організму.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Отримання гідролізату нуклеопротейідів дріжджів.

Дослідження складу нуклеопротейідів виконується після їх гідролізу, в результаті якого від білків відокремлюється компоненти нуклеїнових кислот. У гідролізаті можна виявити наявність поліпептидів (джерелом є білки нуклеопротейідів), вуглеводи і фосфорну кислоту (джерело – нуклеїнові кислоти).

У колбу з круглим дном для гідролізу поміщають 1 г пекарських дріжджів, доливають 20 мл 10%-го розчину сірчаної кислоти та 20 мл дистильованої води. Колбу закривають пробкою, в яку вставляють скляну трубку (як холодильник) довжиною 20–30 см, кип'ятять під тягою протягом 1 год на асбестовій сітці при слабкому вогні. Після закінчення гідролізу рідину охолоджують, додають води до отримання початкового об'єму й фільтрують. В результаті цього утворюються низькомолекулярні поліпептиди, пуринові основи, пентози і фосфорна кислота.

Дослід 2. Виявлення пуринових основ у складі нуклеопротейінів.

Пуринові азотисті основи у складі нуклеїнових кислот виявляють за допомогою реакції утворення комплексу із солями срібла, який випадає в осад.

До 1 мл гідролізату додають концентрований розчин аміаку до виникнення лужного середовища (за лакмусом) і 0,5 мл 1%-го розчину AgNO_3 . Через 3–5 хв випадає пухкий осад срібних солей пуринових основ. Спостереження записують у зошит, роблять висновок.

Дослід 3. Виявлення наявності поліпептидів у гідролізаті дріжджів.

Поліпептиди виявляють за допомогою біуретової реакції. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл 10 %-го розчину NaOH і 0,5 мл 5 %-го розчину купрум сульфату. Спостерігають появу фіолетового забарвлення, що свідчить про наявність пептидних зв'язків.

Дослід 4. Виявлення моносахаридів.

Проба Троммера на рибозу і дезоксирибозу, які містяться у гідролізаті дріжджів. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 0,5 мл 10 % -го розчину натрій гідроксиду і 5 крапель 5 %-го розчину купрум сульфату. Суміш перемішують і підігрівують до кипіння. Спостерігають появу жовтого

забарвлення, яке супроводжує утворення купрум (I) гідроксиду. Він при тривалому нагріванні перетворюється на оксид міді цеглисто-червоного кольору.

Дослід 5. Виявлення фосфорної кислоти в складі нуклеопротейнів.

Молібденова проба на фосфорну кислоту. У пробірку наливають 1 мл гідролізату, додають 1 мл молібденового реактиву (7,5 г молібдату амонію розчиняють у 100 мл води і додають 100 мл 32%-го розчину нітратної кислоти густиною 1,2г/мл) і кип'ячать декілька хвилин. Рідина забарвлюється в лимонно-жовтий колір, при її охолодженні випадає кристалічний осад жовтого кольору, який зумовлений фосфорномолібденовокислим амонієм.

Дослід 6. Виділення молекул ДНК.

Розім'яти у ступці 5 г банана або полуниці до стану пюре. Змішати у стакані 50 мл теплої води з 2 г натрій хлориду та 1 мл миючого засобу (не спінюючи), утворивши буфер. Додай розчин до бананового пюре, обережно перемішати і залишити на 10 хвилин — це руйнує клітинні мембрани.

Профільтрувати суміш. Потім обережно додати по стінці охолоджений спирт, на межі шарів з'явиться біла ниткоподібна маса. Спостерігається утворення ниток ДНК, які можна намотати на скляну паличку. Розглянути отримані згустки під мікроскопом.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Дедектив-генетик.

Уявіть, що ви працюєте у генетичній лабораторії і отримали зразок ДНК з місця події. Ваше завдання: розшифрувати фрагмент ланцюга та знайти, до кого з підозрюваних він належить.

Фрагмент однієї з ниток ДНК (5'→3'):

ATGCGTACGСТА

- 1) Побудуйте комплементарний ланцюг (3'→5').
- 2) Транскрибуйте його в мРНК.
- 3) Використовуючи генетичний код, перекладіть мРНК у послідовність амінокислот.

Завдання 2. ДНК-аналіз бактерій.

Ситуація: На заводі з виробництва йогуртів помічено зміну смаку продукту. Підозрюють, що змінився штам бактерій. Вам потрібно провести ДНК-аналіз проби для визначення присутності *Lactobacillus bulgaricus* або *Streptococcus thermophilus*.

Поясніть, який метод ДНК-аналізу найкраще використати (наприклад, ПЛІР, секвенування).

Які ділянки ДНК (гени/маркери) використовуються для ідентифікації бактерій?

Як можна за допомогою ДНК підтвердити відповідність штаму до стандарту?

Як наявність сторонніх мікроорганізмів може вплинути на смак і безпечність продукту?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Тема: Вода та мінеральні речовини.

Мета: розглянути функції води та мінеральних речовин і організмі людини. Розглянути аномальні фізичні властивості води.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Аномальні фізичні властивості води.
2. Функції води в організмі людини.
3. Водно-сольовий баланс.
4. Значення макро- і мікроелементів.
5. Осмос. Тургор клітин.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1, 3, 5.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вода є основною неорганічною речовиною клітини, її вміст коливається від 40 % (механічна тканина рослин, жирова тканина тварин) до 99 % (клітини медузи). Унікальні фізико-хімічні властивості води забезпечують її здатність виконувати різні функції. В ембріона людини у віці 1,5 місяця вода становить 97,5%, у восьмимісячного - 83, у немовляти – 74, а у дорослої людини – 66%.

Чиста вода – безбарвна прозора рідина, без запаху і смаку. Густина води при переході її від твердого стану в рідкий не зменшується, як майже в усіх інших речовин, а збільшується й досягає максимального значення при температурі 4°C (1 г/см³). При подальшому нагріванні значення густини починає зменшуватися. Вода замерзає при температурі 0°C, кипить при 100°C (за нормального тиску). Достатньо високі температури її кипіння та плавлення обумовлені асоціацією молекул. Вода має аномально високу теплоємність, завдяки чому вона нагрівається та охолоджується досить повільно.

Унаслідок полярності молекул вода проявляє високу активність при різних хімічних взаємодіях. Здатність її молекул утворювати водневі зв'язки, а також їх здатність до утворення донорно-акцепторних зв'язків, у яких вони є донорами неподілених електронних пар атома Оксигену, також обумовлює високу реакційну здатність води.

Вода є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул. Вода важлива складова харчових продуктів. Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

Функції води.

Метаболічна. Завдяки тому що в цілому нейтральна молекула води являє собою диполь (на атомах Гідрогену зосереджений позитивний заряд, на атомі

Оксигену – негативний), вона є полярним розчинником, середовищем для біохімічних реакцій (гідроліз, гідратація) і кінцевим продуктом багатьох біохімічних реакцій, а також донором електронів під час фотосинтезу. Речовини, розчинні у воді, називаються гідрофільними, нерозчинні у воді – гідрофобними (ліпіди).

Транспортна. Вода забезпечує перенесення біологічних молекул усередині клітин, з клітин, до клітин, крізь клітини, є головним компонентом транспортної системи вищих рослин і кровоносної системи тварин. Це можливо завдяки тому, що вода – універсальний розчинник і має високий коефіцієнт поверхневого натягу.

Механічна. Оскільки вода практично нестислива, вона забезпечує пружний стан клітин і тканин рослин (тургор), є амортизатором під час механічних впливів на організм, послаблює тертя між дотичними поверхнями.

Терморегуляторна. Вода забезпечує рівномірний розподіл тепла, що виділяється під час екзотермічних процесів усередині організму, а під час випаровування з поверхні тіла тварин (потовиділення) або рослин (транспірація) охолоджує організм. Це досягається за рахунок того, що вода має високу питому теплопровідність і велику питому теплоту пароутворення. Завдяки цьому температура всього тіла теплокровних тварин практично однакова, а її перепади зводяться до мінімуму.

Мінеральні солі – неорганічні речовини, які підтримують в середині клітини стан рН, забезпечують її нормальне функціонування, утворюють опорні органи, хітиновий панцир, кістки. В цитоплазмі інших клітин більша частина солей знаходиться в дисоційованому стані в вигляді катіонів і аніонів.

Від концентрації солей залежить постачання води в клітину, оскільки клітинна мембрана проникна для молекул води і непроникна для багатьох великих молекул та іонів. Якщо в навколишньому середовищі міститься менша кількість іонів, ніж в цитоплазмі клітини, то відбуваються поступання води в клітину до вирівнювання концентрації солей (осмос).

Таблиця 9.1

Найбільш поширені йони живих організмів

Катіони	Аніони
H^+ – Гідроген	OH^- – гідроксиду
K^+ – Калій	Cl^- – хлоридної кислоти
Na^+ – Натрій	HSO_4^- , SO_4^{2-} – сульфатної кислоти
Ca^{2+} – Кальцій	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} – ортофосфатної кислоти
Mg^{2+} – Магній	HCO_3^- , CO_3^{2-} – карбонатної кислоти

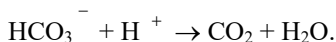
Розчинні солі Калію, Натрію, Кальцію забезпечують найважливішу властивість живих клітин – подразливість. Розчин солі NaCl в концентрації 0,85% отримав назву фізіологічного.

Хлоридна кислота створює кисле середовище в шлунку хребетних тварин і людини, забезпечують цим активність ферментів шлункового соку. Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді сполук, забезпечують їхню розчинність, що сприяє виведенню даних сполук з клітин і організму

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення тимчасової (карбонатної) жорсткості у воді.

Суть визначення полягає у взаємодії гідрогенкарбонатів із хлоридною кислотою:



За законом еквівалентів, число міліеквівалентів кислоти, що пішло на взаємодію, дорівнює числу міліеквівалентів гідрогенкарбонатів у взятому для визначення об'ємі води. Перерахувавши цю кількість на об'єм 1 літр, одержуємо значення тимчасової жорсткості.

В конічну колбу ємністю 200–250 мл наливають 100 мл досліджуваної води. Добавляють 2–3 краплі індикатора метилоранжу, титрують 0,1 н. розчином соляної кислоти до появи слабо-рожевого забарвлення. Процес титрування ведуть, вводячи з бюретки краплями розчин HCl у колбу з водою, безперервно перемішуючи вміст колби струшуванням. Забарвлення розчину спостерігати зручно, якщо колбу помістити на лист білого паперу. Фіксують об'єм робочого розчину кислоти, що пішов на титрування.

Титрування повторити 2-3 рази і із близьких результатів взяти середнє.

Тимчасову жорсткість води розраховуємо за формулою:

$$Ж_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{V_{(\text{HCl})} \cdot C_{\text{н}(\text{HCl})}}{V_{(\text{H}_2\text{O})}} \cdot 1000 \frac{\text{мекв}}{\text{л}},$$

де $V(\text{HCl})$ – об'єм розчину хлоридної кислоти, що пішов на титрування, мл;

$C_{\text{н}}(\text{HCl})$ - нормальність розчину HCl, моль-екв/л;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм води, взятий для аналізу (мл).

Зробити висновок про якість води та її придатність до використання.

Дослід 2. Аналіз складу мінеральної води.

Визначити вміст мінеральних речовин у мінеральній воді різних виробників, проаналізувавши дані упакування. Результати записати у таблицю, визначити воду із максимальним вмістом кальцію. Встановити відмінності у складі мінеральної та столової води.

Таблиця 9.2

Мінеральний склад води

Марка води	Вміст, мг/л						
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Водний баланс.

Опишіть, як організм підтримує водний баланс у нормі та які механізми вмикаються при його порушенні. Зверніть увагу на роль таких гормонів, як вазопресин (антидіуретичний гормон) та альдостерон, у регуляції об'єму рідини та концентрації натрію в крові. Визначте, які органи найбільше залучені до цього процесу (зокрема, гіпоталамус, гіпофіз, нирки). Поясніть, чому навіть незначне зневоднення може впливати на роботу серця, мозку та загальний гомеостаз. Наведіть приклад життєвої ситуації (фізичне навантаження, спека, отруєння), де порушення водного балансу є критичним, та запропонуйте способи профілактики.

Завдання 2. Осмос.

Поясніть, що таке гіпотонічне, гіпертонічне та ізотонічне середовище, і як ці стани впливають на клітини. Зробіть висновок про значення осмотичного тиску для гомеостазу організму та безпеку порушення осмотичної рівноваги (наприклад, при зневодненні або надмірному споживанні води).

Завдання 3. Ситуаційне завдання.

Під час літніх спортивних зборів студент-спортсмен брав участь у тривалому тренуванні на відкритому стадіоні при температурі повітря +30 °С. Тренування тривало понад 2 години та включало бігові вправи, силові навантаження і вправи на витривалість. Протягом заняття спортсмен вживав недостатню кількість води.

Після завершення тренування у нього з'явилися сильна спрага, сухість у роті, головний біль, запаморочення, підвищена втомлюваність і м'язові судоми. Під час медичного огляду встановлено зниження маси тіла на 1,8 кг після тренування та ознаки зневоднення організму.

Завдання

1. Поясніть біологічну роль води в організмі людини.
2. Охарактеризуйте значення води для:
 - терморегуляції;
 - транспорту речовин;
 - м'язової діяльності;
 - перебігу біохімічних реакцій.
3. Поясніть, чому під час інтенсивних фізичних навантажень потреба у воді зростає.
4. Визначте можливі наслідки зневоднення для організму спортсмена.
5. Поясніть причини виникнення м'язових судом при дефіциті води та електrolітів.
6. Розрахуйте приблизний об'єм втраченої рідини, якщо відомо, що зниження маси тіла на 1 кг відповідає втраті близько 1 л води.
7. Запропонуйте рекомендації щодо правильного питного режиму до, під час і після тренування.
8. Поясніть, чому недостатнє споживання води може призводити до зниження фізичної працездатності та витривалості спортсмена.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Тема: Біохімічні показники стану організму.

Мета: встановити нормальні значення біохімічних показників крові та сечі.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Визначення стану організму за результатами аналізу крові та сечі.
2. Основні біохімічні показники крові.
3. Основні біохімічні показники сечі.
4. Які компоненти сечі і крові змінюються після виконання фізичних навантажень?

Література: основна – 4-8, допоміжна – 1, 11-12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Біохімічний аналіз крові дуже залежить від попередньої підготовки (уникнення стресів, навантажень, помірне харчування без алкоголю, ну і, звісно, здавати аналіз натще).

1. **Глюкоза (цукор крові чи глікемія).** Нормальний рівень глюкози вважається від 4,11 до 5,89 ммоль/л. Гіпоглікемія - пониження рівня цукру крові нижче 4,11 моль/л, незважаючи, що переважна більшість пацієнтів турбується при підвищенні рівня глюкози, насправді, гіпоглікемія на багато небезпечніша для пацієнта. Гіперглікемія - підвищення цукру крові понад 5,89 не завжди пов'язана з цукровим діабетом, а може сигналізувати про дисфункцію наднирників, гіпофізу, гормональний дисбаланс, тощо.

2. **Білок (протеїн) та його фракції.** Нормальний вміст протеїнів у крові вважається в межах 67-87 г/л. При постановці діагнозу лікар також керується рівнем альбумінів та глобулінів в крові (їх ще називають фракціями білку), а точніше їхнім співвідношенням, норма 1,5-2,5.

3. **Білірубін.** Білірубін утворюється внаслідок руйнування гемоглобіну, який знаходиться в еритроцитах. Слід розрізняти загальний білірубін (прямий та непрямий). Норма загального білірубину - до 21 мкмоль/л. Прямий або вільний білірубін повинен не перевищувати відмітки 17,1 мкмоль/л. Непрямий білірубін або зв'язаний є більш токсичний, саме він є результатом реакції речовин печінки з вільним білірубіном. Підвищення прямого білірубину пов'язують з хворобами печінки, гепатитами чи іншими інфекційними хворобами. Непрямий білірубін характеризує стан жовчекам'яної хвороби, новоутворень у жовчному міхурі чи підшлунковій залозі.

4. **Трансамінази чи як їх ще називають - амінотрансферази** - це особливі ферменти, які регулюють важливі біологічні процеси у клітинах. Аналіз крові визначає рівень АСТ та АЛТ. Норма АСТ для чоловіків - 40 од/л для жінок - 32 од/л, АЛТ для чоловіків 41 од/л, для жінок 33 од/л. Порушення рівня АСТ та АЛТ має дуже широкий діапазон порушень здоров'я пацієнта, у тому числі: інфаркт, захворювання печінки, отруєння, інфекційні хвороби, пухлини, наслідки травм чи опіків.

5. **Сечовина.** Процес утворення сечовини відбувається в печінці - це результат важких перетворень і реакцій, в ході яких нейтралізується аміак, який

утворюється в шлунку, при гнитті білка (аміак - це надтоксична речовина, яка впливає на кожний орган та тканини, особливо головний мозок). Частина сечовини може реабсорбуватися в нирках і ця величина повинна бути в межах 2,76 - 8,07 ммоль/л. Коливання рівня сечовини пов'язують переважно з захворюваннями нирок, а також із змінами в харчуванні (вміст білків у їжі).

6. Креатинін. Утворення креатиніну пов'язане з білковим обміном, тобто є результатом процесів у м'язах та головному мозку, виводиться нирками. Через специфіку розвитку будови м'язової тканини, для жінок і чоловіків норма є різною, 45-84 мкмоль/л та 59-104 мкмоль/л відповідно.

Зміни рівня креатиніну пов'язують з нирковою недостатністю, травмами, змінами у щитоподібній залозі. У спортсменів переважно відзначають, що рівень креатиніну підвищений.

7. Амілаза - це фермент підшлункової залози (частково слинних залоз). Бере активну участь в розчепленні крохмалю та інших високомолекулярних вуглеводнів. Норма коливається в межах 28-100 Од/л. Підвищення рівня амілази у крові свідчить про панкреатит чи закупорку протоків підшлункової залози каменем чи пухлиною. Пониження спостерігається при зловживанні алкоголем та, коли починається дисфункція підшлункової залози.

8. Холестерин - речовина, яка є продуктом обміну жирів і білків в печінці та кишківнику. Холестерин не зовсім є шкідливою речовиною, яка закупорює судини, як думає переважна більшість пацієнтів, він бере участь в біологічних процесах обміну в клітинах, також є складовою частиною статевих гормонів. Вміст холестерину має бути не вище 5,17 ммоль/л.

9. Йони (йони). Слід зазначити, що усі мікроелементи в крові знаходяться в формі іонів (йонів). Порушення обміну мікроелементів, що призводить до зміни їх вмісту, викликають наступні причини: отруєння (рвота, понос), інфекції шлунково-кишкового тракту, втрата організмом рідини з інших причин.

Таблиця 5

Мікроелементи крові

Мікроелемент/Іон (йон)	Норма (мкмоль/л)
Na (натрій)	135-156,5
K (калій)	3,5-5,0
Ca (кальцій)	2,23-2,57
Fe (залізо)	9,0-31,3
Mg (магній)	0,65-1,1
Cu (мідь)	11,0 – 24,3
Cl (хлор)	77 – 87
P (фосфор)	0,646-1,292

Біохімічний аналіз сечі дає можливість визначити не тільки стан всього організму, а й функціонування його окремих органів і систем. Його використовують для уточнення передбачуваного діагнозу, виявлення захворювань на ранній стадії. Для біохімічного дослідження зазвичай збирають добову сечу.

Напередодні збору сечі для аналізу необхідно виключити з раціону жирну, солодку, гостру їжу, алкоголь. Крім того, не рекомендується вживати продукти, які можуть викликати забарвлення сечі – морква, спаржу, буряк, ревіль, чорницю. Не варто міняти питний режим, тобто випивати більше або менше рідини, ніж зазвичай. Дане дослідження сечі дозволяє оцінити роботу нирок та інших внутрішніх органів, виявити відхилення в обміні речовин організму. Розглянемо норми біохімічного аналізу сечі за основними показниками.

1. **Амілаза** - фермент, який виробляється підшлунковою залозою, слинними залозами і бере участь у розщепленні білків. Велика частина даного ферменту виділяється нирками. Норма амілази в аналізі сечі становить 10-1240 од/л.

Підвищений вміст амілази в сечі буває при захворюваннях підшлункової залози, привушних слинних залоз. Після стихання гострого періоду хвороби амілаза в сечі залишається підвищеною протягом 7-14 діб.

2. **Загальний білок** - сума всіх білків в організмі. Білки складаються з амінокислот і беруть участь у всіх біохімічних реакціях організму, переносять різні речовини до органів. У нормі білок у сечі або не повинен зовсім визначатися, або може бути виявлений у кількості до 0,033 г/л.

Стан, при якому в сечі з'являється білок, називають протеїнурією. Білок в аналізі сечі може бути виявлений при хронічних інфекціях нирок та сечовивідної системи, цукровому діабеті, аутоімунних хворобах нирок, алергічних реакціях, м'єломної хвороби.

3. **Глюкоза** - головний показник вуглеводного обміну в організмі. Згідно з розшифровкою біохімічного аналізу сечі, в нормі глюкоза не повинна визначатися в сечі або може визначатися в кількості не більше 0,03-0,05 г/л.

Підвищення концентрації глюкози в сечі буває при цукровому діабеті, хронічних захворюваннях нирок.

4. **Креатинін** - продукт розпаду речовини креатинфосфат, який бере участь у роботі м'язів. Норма креатиніну для чоловіків становить 0,64-1,58 г/л, для жінок - 0,48-1,43 г/л.

Вміст креатиніну в сечі нижче норми вказує на захворювання нирок, які призводять до порушення їх фільтраційної здатності - хронічний пієлонефрит, гломерулонефрит.

5. **Сечова кислота** - є продуктом розпаду пуринових основ. Велика частина (близько 70%) сечової кислоти виводиться нирками. Нормальне значення даного показника в біохімічному дослідженні сечі становить 0,4-1,0 г/добу. Основною причиною підвищення вмісту сечової кислоти в сечі буває розвиток подагри.

6. **Сечовина** - кінцевий продукт обміну білків. Норма сечовини в біохімічному аналізі сечі 333-586 ммоль/добу.

Підвищення концентрації сечовини часто буває симптомом підвищення розпаду білків при голодуванні, підвищеному споживанні білка, побічною дією лікування глюкокортикоїдами.

Знижений рівень сечовини спостерігається при нирковій недостатності гострого та хронічного перебігу, печінкової недостатності, вагітності, у маленьких дітей в період активного росту.

7. **Мікроальбумін** - білок (альбумін) плазми крові, який разом з іншими білками виділяється з сечею. У розшифровці біохімічного аналізу сечі вказується норма альбуміну - 3,0-4,24 ммоль/добу .

Підвищення вмісту в сечі мікроальбуміну є найбільш раннім симптомом порушення функції нирок у хворих нефропатією, яка пов'язана з гіпертонією або цукровим діабетом.

8. **Фосфор** - один з важливих складових кісткової тканини. Крім того, даний елемент незамінний для більшості клітин організму, в тому числі центральної нервової системи. Нормальний вміст фосфору в біохімії сечі - 0,4-1,4 г/сут.

Відхилення даного показника від норми може свідчити про патологічних процесах у нирках, кістковій тканині.

9. **Калій** - основний внутрішньоклітинний катіон. У біохімічному аналізі сечі норма калію - 38,3-81,7 ммоль/добу. При цьому кількість калію, що виділяється з сечею, залежить від раціону і віку людини. У дітей молодше шести років норма вмісту калію значно нижче, ніж у дорослих.

Причиною відхилення даного показника від норми може бути порушення надходження калію в організм, обмінних процесів або процесів виділення. До цих станів можуть привести інтоксикації, патології надниркових залоз, нирок.

10. **Магній** - елемент, який знаходиться в основному усередині клітин організму. Він є важливим хімічним елементом, так як активує близько 300 ферментів організму. Нормальний вміст магнію в сечі становить 3,0-4,24 ммоль/добу.

Відхилення значення даного показника від нормального буває при хронічній нирковій недостатності, серцево-судинних захворюваннях, неврологічних патологіях.

11. **Натрій** - один з головних позаклітинних катіонів . У біохімічному аналізі сечі нормальний вміст натрію становить 100-255 ммоль/добу. Відхилення від норми вмісту натрію в сечі може бути ознакою захворювань нирок, наднирників, діабету, черепно- мозкової травми.

12. **Кальцій** - елемент, який міститься в основному в кістковій тканині. Кальцій бере участь у м'язових скороченнях, згортання крові, секреції гормонів. Норма кальцію в аналізі сечі - 0,25-4,98 ммоль/добу.

Рівень кальцію в сечі підвищується при акромегалії, гіперпаратиреозі, остеопорозі, мієломній хворобі. Зниження рівня кальцію в сечі буває при гіпаратиреозі, нефрозі, рахіті, злоякісних хворобах кісток, гіпотиреозі.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Біохімічні фактори крові та сечі.

Скласти таблиці «Біохімічні показники крові» і «Біохімічні показники сечі» за зразком.

	показник	біологічна роль	норма	причини відхилення

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Тема. Біохімія м'язів.

Мета. Ознайомитися з біохімічними особливостями будови м'язів та біохімічними процесами, що відбуваються під час м'язової діяльності.

Питання для підготовки

1. Біохімічний склад м'язової тканини.
2. Скоротливі білки м'язів та їх роль у м'язовому скороченні.
3. Енергетичне забезпечення м'язової діяльності.
4. Анаеробний та аеробний шляхи ресинтезу АТФ.
5. Біохімічні процеси під час скорочення та розслаблення м'язів.
6. Роль іонів Ca^{2+} , АТФ-ази міозину, саркоплазматичного ретикулулу.
7. Зміни біохімічних показників м'язів при фізичному навантаженні та втомі.

Література: основна – 1-7, допоміжна – 1, 11-12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

М'язова тканина складає 40–42% від маси тіла. Вивчення біохімії м'язів створює умови для встановлення молекулярних механізмів захворювань, які ушкоджують м'язову тканину і викликають м'язову дистрофію, міопатії тощо. М'язи характеризуються еластичністю, пластичністю та унікальною властивістю – здатністю до скорочення та розслаблення. Це єдина в природі система, яка здатна перетворювати енергію хімічних зв'язків у механічну енергію скоротливих рухів м'язу. За особливостями структурної організації розрізняють три типи м'язових тканин: скелетну, гладку та серцеву. Прийнято поділяти м'язи на гладкі та смугасті.

Ультраструктура м'язів. Для високоефективного перетворення енергії АТФ в механічну роботу м'язи повинні володіти упорядкованою структурою. Розглянемо будову скелетного м'язу. Веретеноподібний м'яз складається з пучків м'язових волокон. Зріле м'язове волокно практично повністю заповнене міофібрилами - циліндричними утвореннями, сформованими з системи товстих і тонких ниток. Нитки утворені скоротливими білками. У міофібрилах скелетних м'язів спостерігається правильне чергування більш світлих і темних ділянок. Тому часто скелетні м'язи називають смугастими. Міофібрила складається з однакових елементів, що повторюються, так званих саркомерів. (див. рис. 11.1). Саркомер є функціональною одиницею скоротливого апарату скелетного м'яза. Саркомери складаються з двох типів паралельних ниток, тонких філаментів F-актину і товстих філаментів міозину. Саркомер обмежений з двох сторін Z-дисками. У Z-диску локалізується актин-зв'язуючий білок фактінін, який необхідний для прикріплення актинових філаментів до Z-диску. Нитки актину мають низьку щільність і тому під мікроскопом здаються більш прозорими або світлішими. Ці прозорі, світлі області, розташовані по обидва боки від Z-диска, отримали назву ізотропних зон (або I-зон) (див. рис. 11.1). В середині саркомеру розташовується система товстих ниток, побудованих переважно з іншого скорочувального білка, міозину. Ця частина саркомеру має більшу щільність і утворює більш темну анізотропну зону (або А-зону). Кожен саркомер має довжину близько 2.5 мкм. Клітинна мембрана м'язового волокна утворює

інвагінації (поперечні трубочки), які виконують функцію проведення збудження до мембрани саркоплазматичного ретикулула.

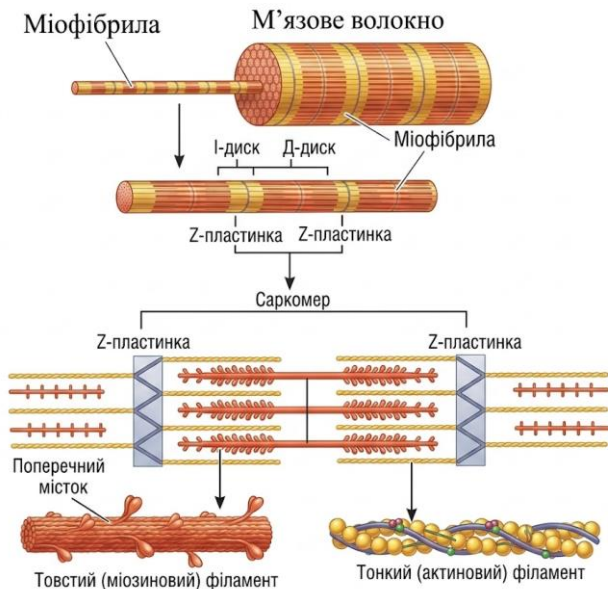


Рис. 11.1. Структурна організація саркомерів міофібрил.

Саркоплазматичний ретикулум (поздовжні трубочки) являє собою внутрішньоклітинну мережу замкнутих трубочок і виконує функцію депонування іонів Ca^{2+} . У ньому акумулюється практично весь запас кальцію м'язів. Він здатний сприймати електричне подразнення сарколеми і викидати у відповідь на нього частину іонів Ca^{2+} в саркоплазму, що необхідно для м'язового скорочення. У саркоплазмі міоцитів є мітохондрії. Їх багато, розташовані вони біля міофібрил, що забезпечує максимальну дифузію АТФ до скорочувальних елементів.

М'язова клітина багатоядерна. Це пов'язано зі значними розмірами міоцита, а також відтворення великої кількості білкових компонентів, зокрема, структурних білків.

Функції і властивості м'язів визначає їх біохімічний склад, найбільшу частину щодо сирової маси становить вода - 73-78%. Відповідно, сухий залишок складає - 22-27% - на білки припадає 17-21%. Глікоген складає від 0,5 до 3%. Фосфоліпіди містяться в кількості 0,02-1,0%, холестерин - 0,02- 0,23%. Білки м'язової тканини поділяють на три основні групи: саркоплазматичні, міофібрілярні та білки стромы. До перших належить близько 35%, других - 45% та білків стромы - 20% від усієї кількості м'язового білка. Ці групи білків різко відрізняються один від одного по розчинності у воді та сольових розчинах з різною іонною силою. Білки саркоплазми складаються з протеїнів переважно розчинних в сольових розчинах з низькою іонною силою: ферменти гліколізу;

окисного фосфорилювання, що забезпечують азотистий і ліпідний обмін; альбуміни, що здатні зв'язувати іони кальцію; дихальний пігмент міоглобін.

До групи міофібриллярних білків відносяться скоротливі білки: актин, міозин, актоміозин. які розчиняються в сольових розчинах з високою іонною силою та регуляторні білки: тропоміозин, тропонін, α - і β -актінін, С-білок, тітін, десмін і ін. Група міофібриллярних білків забезпечує скоротливу функцію м'язів. Вони складають основу молекулярної структури міофібрил. Регуляторні міофібрилярні білки: α -актінін - входить в Z-лінію і фіксує там тонкі нитки; β -актінін - регулює довжину тонких ниток; Z-білок міститься в м'язовому волокні в найбільшій кількості після актину та міозину. Він стабілізує структуру товстої нитки; тітін (коннектін) - великий еластичний білок, з'єднує міозин з Z-лінією; М-білок - входить в М-лінію і фіксує там товсті нитки; десмін - міститься між Z-лініями сусідніх міофібрил, забезпечуючи збіг кордонів саркомерів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення креатиніну в сечі методом Яффе.

Метод базується на здатності креатиніну в лужному середовищі взаємодіяти з пікриновою кислотою з утворенням оранжево-червоного кольору, з подальшим визначенням інтенсивності забарвлення на ФЕКу. Концентрацію креатиніну в сечі визначають за калібрувальним графіком.

Необхідні реактиви та обладнання: насичений розчин пікринової кислоти, 10% розчин гідроксиду натрію, концентрована соляна кислота, ФЕК, мірні циліндри на 100 мл, мірні піпетки, скляні палички, водяна баня.

Хід роботи. Приготувати дослідну пробу: в циліндр об'ємом 100 мл внести 0,5 мл сечі і 3 мл насиченого розчину пікринової кислоти. Суміш ретельно струсити і додати 0,2 мл 10% розчину їдкого натру, витримати 10 хв при кімнатній температурі і довести дистильованою водою до 100 мл.

Приготувати контрольну пробу: до 3 мл розчину пікринової кислоти додати 0,2 мл 10% розчину гідроксиду натрію і довести об'єм суміші дистильованою водою до 100 мл.

Приготувати стандартну пробу: до 0,5 мл стандартного розчину (містить 8,8 ммоль / л, або 1 г / л креатиніну) додати 3 мл розчину пікринової кислоти і 0,2 мл 10% розчину гідроксиду натрію, витримати 10 хв при кімнатній температурі і довести дистильованою водою до 100 мл. Інтенсивність забарвлення дослідної та стандартної проб виміряти на ФЕК проти контрольного розчину в кюветі з товщиною шару 10 мм при зеленому світлофільтрі.

Розрахунок: концентрація креатиніну (моль/доба) = (Едосл/Ест) \times 8,8

Клініко-діагностичне значення. В середньому за добу з сечею виділяється креатиніну у чоловіків 8,8-17,7 ммоль/добу (1,0-2,0 г/добу), а у жінок – 7,1-15,9 ммоль/добу (0,8-1,8 г/добу). Вміст креатиніну в сечі залежить від характеру харчування, який може збільшуватись при вживанні м'ясної їжі. Підвищення його екскреції з сечею спостерігається при посиленій м'язовій роботі, гарячкових станах, пневмонії, авітамінозі Е, тиреотоксикозі та ін.; зниження екскреції - при амлілоїдозі нирок, голодуванні.

Дослід 2. Кількісне визначення креатину в сечі.

Креатин у сечі визначають тим самим методом, що й креатинін, попередньо перетворивши креатин у креатинін у кислому середовищі при нагріванні.

Хід роботи: В одну пробірку відмірюють 0,5 мл сечі (дослід), а в другу - 0,5 мл дистильованої води (контроль). В обидві пробірки додавають по 0,1 мл концентрованої соляної кислоти і ставлять їх в киплячу водяну баню на 3 хв. Після охолодження в обидві пробірки додавають по 0,2 мл 10% гідроксиду натрію і по 3 мл насиченого розчину пікринової кислоти, перемішують вміст пробірок і залишають на 5 хв. Потім вміст пробірок кількісно переносять у мірні циліндри на 100 мл, змиваючи пробірки тричі по 10 мл дистильованою водою. Доводять об'єми до мітки - 100 мл.

Вимірюють екстинкцію на ФЕК у кюветі з товщиною шару 1 см із зеленим світлофільтром проти контролю.

Розрахунок: концентрація креатиніну (моль/доба) = (Еекс/Ест) × 8,8

Це значення складає суму креатину і власне креатиніну. При визначенні кількості креатину знаходять різницю між показниками креатиніну з дослідів 2 і дослідів 1. Цю різницю множать на 1,16 – коефіцієнт перерахунку відповідності рівня креатиніну кількості креатину, тобто це відношення молекулярних мас креатину і креатиніну – $131 : 113 = 1,16$.

Клініко-діагностичне значення. Нормальна екскреція креатину з сечею становить у чоловіків 0 – 0,3 ммоль/добу, у жінок 0 – 0,61 ммоль/добу. У сечі здорової дорослої людини при нормальному фізичному навантаженні креатину, як правило, немає. Поява його в сечі – креатинурія – спостерігається при підвищеному м'язовому навантаженні, у період росту дітей (до 14 – 17 років), у період вагітності, у ранньому післяродовому 29 періоді, при вуглеводному і білковому голодуванні, у осіб похилого віку, при загоюванні значних переломів, оперативних втручаннях. Креатинурія спостерігається при посиленому розпаді тканин (опіки, рак, туберкульоз), авітамінозі Е, цукровому діабеті, паренхіматозному гепатиті.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Ситуаційне завдання

Під час змагань із бігу на 400 м спортсмен відчув різке зниження швидкості руху, біль у м'язах та виражену втому наприкінці дистанції. Після фінішу спостерігалось прискорене дихання та підвищене потовиділення.

Завдання:

1. Поясніть, які біохімічні процеси переважали під час виконання навантаження.
2. Визначте основне джерело енергії для даного виду роботи.
3. Поясніть причини накопичення молочної кислоти у м'язах.
4. Охарактеризуйте механізм розвитку м'язової втоми.
5. Запропонуйте способи прискорення відновлення організму після навантаження.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Тема. Біохімічні чинники втоми та маркери процесів відновлення.

Мета. Дати біохімічну характеристику процесу втоми та відновлення.

Питання для підготовки

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 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.

Література: основна – 4, 5, допоміжна – 1, 5, 12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Втома - це тимчасове зниження працездатності, що виникає в процесі виконання вправи і що сигналізує про наближення несприятливих біохімічних і функціональних зсувів в організмі, що призводить до відмови від продовження роботи або значного зниження її потужності.

Розвиток втоми, що виникає при виконанні роботи, залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників. У комплексі причин, що приводять до розвитку втоми, роль ведучої ланки може приймати на себе будь-який орган або функція, можливості яких в певний момент роботи стають неадекватними вимогам навантаження, що виконується. У залежності від конкретних умов м'язової діяльності і індивідуальних особливостей організму першопричиною втоми можуть бути:

зниження енергетичних ресурсів в працюючих м'язах, а також активність основних ферментів;

накопичення кінцевих продуктів обміну;

порушення цілісності функціонуючих структур через недостатність їх пластичного забезпечення або порушення гомеостазу;

зміна нервової і гормональної регуляції та ін.

Встановлено, що чим менша тривалість вправи і чим вища його інтенсивність, тим більше значення в розвитку втоми набувають чинники, пов'язані з особливостями м'язової роботи, що виконується. При виконанні короткочасних вправ максимальної і субмаксимальної потужності початковий прояв основних ознак втоми пов'язаний з особливостями протікання біоенергетичних процесів в працюючих м'язах, спрямованих на підтримку високої швидкості ресинтезу АТФ. Зміна показників механічної продуктивності в цих видах вправ виявляється, як правило, в момент, коли запаси КрФ в

працюючих м'язях вичерпуються більш ніж на половину початкових значень, а через процеси гліколізу, значно знижується внутрішньоклітинний рН.

Зміни в концентрації АТФ при розвитку втоми в процесі виконання короткочасних інтенсивних вправ відносно невеликі. Найбільші зміни і найтіснішу залежність з виникаючими при втомі зсувами в показниках сили і потужності виявляють концентрації АДФ, H^+ і лактату. Як відомо, зміни концентрації приведених вище метаболітів надають виражений інгібуючий вплив на АТФ-азу міозину основний фермент, від якого залежить ефективність перетворення енергії макроергічних фосфатних зв'язків АТФ в механічну роботу м'язів. З цього погляду, утворення АДФ і накопичення H^+ при скорочувальній активності м'язів потрібно розглядати як головні чинники, що відповідальні за розвиток втоми при виконанні короткочасних інтенсивних вправ.

Основними причинами виникнення втоми при виконанні тривалих вправ великої і помірної потужності постають чинники, пов'язані зі зниженням рівня енергозабезпечення працюючих м'язів (вичерпання внутрішньом'язових запасів глікогену, накопичення продуктів неповного окислення жирів, надмірне накопичення NH_3 і ІМФ, розвиток гіпоглікемічного стану), а також порушення електрохімічного сполучення в працюючих м'язях і погіршення діяльності ЦНС в умовах вираженої гіпертермії, дегідратації і зсуву електролітного балансу організму. Таким чином, при виконанні тривалих вправ великої і помірної потужності причини, що призводять до виникнення втоми, носять комплексний характер.

У більшості випадків первинною ланкою в розвитку втоми при виконанні тривалих вправ великої і помірної потужності є зміни в об'ємі і характері внутрішньом'язових енергетичних субстратів. У широкому діапазоні зусиль при тривалій роботі (починаючи від 25 % $VO_2 \max$ і вище) значна частка в ресинтезі АТФ припадає на окислення вуглеводів. Окислення жирів характерне тільки для вправ, відносна потужність яких не перевищує 50 % рівня $VO_2 \max$.

Анаеробні джерела енергії (КрФ і глікоген) впливають помітним чином на енергетику роботи тільки в тих видах тривалих вправ, відносна потужність яких перевищує значення лактатного і креатинфосфатного порогів, локалізовану на рівні 60-75 % $VO_2 \max$.

У зв'язку з характером енергетичного забезпечення, що змінюється при тривалій роботі змінюється і динаміка основних біохімічних показників крові. Вміст глюкози в крові в процесі виконання тривалої роботи помітно знижується у випадку, коли тривалість вправи перевищує 90 хв. Вміст молочної кислоти і вільних жирних кислот в крові зберігається на рівні спокою доти, доки не буде досягнуте значне вичерпання вуглеводних ресурсів організму. З цього моменту вміст цих метаболітів у крові виявляє тенденцію до підвищення.

У період відпочинку після роботи біохімічні зміни, що відбулися в м'язях і інших органах під час виконання вправи, поступово зникають. Найбільш виражені зміни виявляються в сфері енергетичного обміну. У процесі роботи в м'язях і інших тканинах знижується об'єм енергетичних субстратів (КрФ, глікогену, а при тривалій роботі і ліпідів) і підвищується вміст продуктів внутрішньоклітинного метаболізму (АДФ, АМФ, N_2PO_4 , молочної кислоти,

кетонів та ін. Накопичення продуктів “робочого” метаболізму і посилення гормональної активності стимулюють окислювальні процеси в тканинах в період відпочинку після роботи, що сприяє відновленню внутрішньом’язових запасів енергетичних речовин, призводить в норму водно-електролітний баланс організму і забезпечує індуктивний синтез білків в органах, які піддавалися впливу навантаження.

Процеси відновлення в період відпочинку після м’язової роботи протікають з різною швидкістю і завершуються в різний час (явище гетерохроності). Швидше усього відновлюються резерви О₂ і КрФ в м’язах, що працювали, потім внутрішньом’язові запаси глікогену і глікогену печінки і в останню чергу - резерви жирів і зруйновані при роботі білкові структури.

Інтенсивність протікання відновних процесів і терміни заповнення енергетичних запасів організму залежать від інтенсивності їх витрачання під час виконання вправи (правило Енгельгардта). Інтенсифікація процесів відновлення призводить до того, що в певний момент відпочинку після роботи запаси енергетичних речовин перевищують їх вихідний рівень. Це явище отримало назву суперкомпенсації, або надвідновлення.

Уперше така закономірність була встановлена в минулому сторіччі К. Вейгертом і названа законом суперкомпенсації, який формулюється таким чином.

Будь-яка біохімічна система, виведена зі стану динамічної рівноваги, повертається до нього, проходячи фазу надлишкового, переважаючого вихідний рівень відновлення хімічних і функціональних потенціалів.

Дане явище не тривке: після фази значного перевищення початкового рівня об’єм енергетичних речовин поступово повертається до норми. Чим більше витрата енергії при роботі, тим швидше відбувається ресинтез енергетичних речовин і тим значніше перевищення початкового рівня в фазі суперкомпенсації. Однак, необхідно зазначити, що це правило застосовне лише в обмежених межах. При виснажливій, надмірній роботі, пов’язаній з дуже великою витратою енергії і накопиченням продуктів розпаду, швидкість відновних процесів може знизитися, а фаза суперкомпенсації буде досягнута в більш пізні терміни і виражена в меншій мірі.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Складіть таблицю «Біохімічні чинники м’язової втоми». Порівняйте біохімічні особливості короткочасної втоми; хронічної втоми; перетренованості.

Завдання 2. Двоє спортсменів на відбірному етапі протестовано за допомогою проби PWC170 на велоергометрі. Поясніть, у чому її суть, а також яка інформація отримана внаслідок фонової та післяробочої проби на лактат.

Які велоергометричні проби традиційно пропонують для контролю за рівнем загальної працездатності?

Суть проби PWC170. Чому саме 170 ударів серця за хвилину враховують під час виконання велоергометричної проби?

Який обсяг роботи виконує здорова людина порівняно зі спортсменом за

інтенсивності роботи серця 170 уд./хв?

У якої людини (спортсмена чи неспортсмена) будуть більші зсуви молочної кислоти у відповідь на пробу PWC170?

Завдання 3. Зробіть висновки про те, які фізичні якості розвивалися у спортсменів, якщо отримані наступні результати біохімічного контролю (кров; академічне веслування; тест на розвиток максимальної сили). Результати біохімічного контролю наведено у таблиці.

Метаболіти крові	Показники	№1	№2	№3	№4	№5
Сечовина, мг%	До навантаження	35	45	55	38	27
	Після навантаження	60	50	54	58	50
Молочна кислота, ммоль·л⁻¹	До навантаження	2,5	3,1	3,7	3,8	2,2
	Після навантаження	3,7	3,9	6,2	5,1	4,5
Неестерифіковані жирні мекв·л⁻¹	До навантаження	1,5	1,2	0,9	0,7	1,2
	Після навантаження	1,9	1,8	1,5	2,0	1,6

Завдання 4. Ситуаційне завдання

Після серії інтенсивних тренувань спортсмен почав скаржитися на постійну втому, зниження результатів, біль у м'язах та порушення сну. Під час лабораторного обстеження виявлено підвищений рівень лактату, креатинкінази та кортизолу в крові.

Завдання:

1. Поясніть можливі біохімічні причини розвитку втоми у спортсмена.
2. Охарактеризуйте значення підвищення рівня:
 - лактату;
 - креатинкінази;
 - кортизолу.
3. Визначте ознаки перетренованості в даній ситуації.
4. Поясніть, як інтенсивні фізичні навантаження впливають на процеси енергетичного обміну.
5. Запропонуйте заходи для покращення відновлення організму спортсмена.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Тема. Біохімічні аспекти тренуваності.

Мета. Розглянути біохімічні зміни, що відбуваються в організмі людини внаслідок регулярних тренувань.

Питання для підготовки

1. Вплив тренування на біохімічну перебудову м'язів
2. Явище суперкомпенсації.
3. Вплив м'язової діяльності на внутрішні органи і нервову систему.
4. Біохімічне обґрунтування принципів спортивного тренування.
5. Біохімічна характеристика тренуваного організму.

Література: основна – 4-6, допоміжна – 1, 12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Закономірності протікання відновних процесів лежать в основі функціональних можливостей організму людини при систематичному виконанні фізичних вправ. Для зростання працездатності тренувальні навантаження повинні бути досить інтенсивними, часто близькими до максимальних величин на рівні тренуваності. Необхідно, щоб навантаження викликали істотні зсуви у внутрішньому середовищі організму, значну активацію регуляторних механізмів, що забезпечують підтримку гомеостазу, і посилення мобілізації енергетичних і пластичних резервів організму. Результатом впливу таких фізичних навантажень стає перехід на новий рівень працездатності, коли робота більшої потужності і тривалості може виконуватися з меншими енерговитратами, меншим порушенням гомеостазу, кращою здатністю підтримувати сталу концентрацію АТФ у працюючих органах. При цьому тренувальне навантаження не повинно бути надмірним, це різко сповільнює швидкість відновних реакцій.

Позитивний вплив тренування пов'язаний передусім з посиленням білкового синтезу, однак його індукція внаслідок однократної роботи швидко усувається. Для забезпечення прогресивних змін необхідне систематичне підсумовування впливу наступних один за одним навантажень.

Як вже відмічалось, відновлення різних енергетичних і пластичних компонентів клітини, іонної і гормональної рівноваги і фізіологічних функцій, що базуються на них відбувається не одночасно, тому вибір інтервалів відпочинку між навантаженнями, що повторюються повинно базуватися на виявленні біохімічних процесів і фізіологічних функцій, які визначають працездатність при виконанні тих або інших видів м'язової роботи, і встановленні швидкості їх відновлення і часу досягнення суперкомпенсації. Чергування тренувальних занять повинно здійснюватися таким чином, щоб фізичні навантаження, спрямовані на розвиток певної рухової якості спортсмена і його біохімічних механізмів, задавалися через проміжки часу, що забезпечують суперкомпенсацію основної функції, а навантаження іншої спрямованості, що застосовуються в цей період, не впливали негативно на відновлення основної функції. У фазі суперкомпенсації певного енергетичного джерела, що поєднується з високою активністю регуляторних механізмів, створюються більш

сприятливі умови для виконання повторної роботи з більшою інтенсивністю або в більшому обсязі.

У практичному відношенні вивчення процесів “термінового” відновлення має істотне значення для раціональної побудови системи тренувальних занять: вибір необхідних вправ і їх послідовність, час відпочинку і т.п., тобто дозволяє визначити оптимальну структуру мікроциклів тренування.

При систематичній м'язовій діяльності в організмі людини поступово розвиваються процеси адаптації, які в кінцевому підсумку зачіпають всі органи і системи і дозволяють виконувати фізичну роботу великої інтенсивності і тривалості. Адаптація до систематичної м'язової діяльності пов'язана з удосконаленням процесів регуляції і координації функцій і відбувається на рівні органів і систем, тканин, клітин, внутрішньоклітинних структур (ядер, мітохондрій, рибосом), а також на рівні молекул структурних і скорочувальних білків, ключових ферментів основних метаболічних шляхів і циклів. Такий широкий спектр адаптаційних змін - від окремої молекули до цілого органа або системи - знаходить своє відображення в морфологічних, біохімічних і функціональних особливостях, які проявляються у всіх тканинах і органах тренуваного фізичними вправами організму. Для адаптаційних змін як безпосередньо в м'язах, так і в інших органах і тканинах необхідно багаторазове застосування фізичних навантажень.

Аналіз змін в метаболізмі тренуваного організму в порівнянні з нетренованим дозволяє виявити три фактори:

- підвищення запасів енергетичних ресурсів як у скелетних м'язах, так і в інших тканинах і органах;

- розширення потенційних можливостей ферментного апарату;

- вдосконалення механізмів регуляції обміну речовин за участю нервової та ендокринної систем.

Багаторічні тренування приводять до збільшення запасів внутрішньом'язових джерел енергії - креатинфосфату, глікогену - і підвищенню активності ферментів гліколізу, циклу Кребса, β -окислення ВЖК, електронотранспортної ланцюга. Всі ці зміни сприяють швидшому і більш тривалого поповненню запасів АТФ. Однак у тренуваному організмі підвищена активність ферментів, що беруть участь у гідролізі АТФ під час м'язового скорочення, а також ферментів, що каталізують її ресинтез.

Тренована людина може виконувати субмаксимальної навантаження з меншими змінами метаболізму; наприклад, з меншою продукцією молочної кислоти, а отже, і з меншим зниженням рН. За таких умов підвищується інтенсивність ліполізу, так як низький рівень молочної кислоти знімає її інгібуючу дію на ліпази. Висока активність ферментів жирового обміну в скелетних м'язах дозволяє окислювати великі кількості вільних жирних кислот, що доставляються кровотоком в м'язи, а також використовувати для цих цілей внутрішньом'язові тригліцериди.

Зміни енергетичного обміну, викликані фізичним навантаженням, зачіпають не тільки процеси витрачання внутрішньом'язових джерел енергії, але і субстрати печінки і жирових депо. У процесі розвитку тренуваності організму

відбувається поступове вдосконалення механізмів внутрішньоклітинної регуляції, головним з яких є посилення синтезу специфічних ферментів, що призводить до збільшення кількості молекул ферменту і, як наслідок, до збільшення загальної каталітичної активності.

Посилення процесів біосинтезу різних білків відбувається при активації генів, які несуть інформацію про структуру цих білків (міозину, актину, міоглобіну, деяких ферментів і ін).

Систематичні фізичні тренування призводять до виражених і багатостороннім біохімічним і морфологічних змін в організмі. Але всі ці зміни специфічні; вони тісно пов'язані з характером, інтенсивністю та тривалістю фізичних навантажень.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Обладнання. Секундомір, глюкометр, тест-смужки, ланцет, спиртові серветки, вата, таблиця для запису результатів, за можливості — пульсометр або спірометр. Під час роботи необхідно використовувати стерильні інструменти, застосовувати індивідуальні ланцети, обробляти руки антисептиком та уникати надмірного фізичного навантаження.

Хід роботи

Спочатку проводиться дослідження дихання. У стані спокою визначають частоту дихання, підраховуючи кількість вдихів за одну хвилину. Після цього виконують фізичне навантаження (біг на місці або присідання) протягом 1–2 хвилин. Одразу після завершення вправ повторно визначають частоту дихання. Через 3–5 хвилин проводять ще одне вимірювання для оцінки швидкості відновлення організму.

Далі визначають рівень глюкози в крові. Для цього палець обробляють спиртовою серветкою, виконують прокол ланцетом і беруть краплю крові. За допомогою глюкометра вимірюють рівень глюкози у стані спокою. Після цього досліджуваний виконує фізичне навантаження протягом 3–5 хвилин. Одразу після навантаження повторно визначають рівень глюкози. За необхідності додаткове вимірювання проводять через 10 хвилин для оцінки відновлення показників.

На завершення досліджують особливості енергетичних систем організму. Спочатку визначають пульс у стані спокою. Потім виконують коротке інтенсивне навантаження тривалістю 10 секунд і одразу після нього вимірюють пульс та оцінюють самопочуття. Далі виконують навантаження тривалістю 1 хвилина, після чого знову фіксують пульс і ступінь втоми. Після цього виконують помірне навантаження тривалістю 5 хвилин і знову визначають пульс та стан організму.

Обробка результатів

Усі отримані дані заносять у таблицю та порівнюють показники у стані спокою, після навантаження та в період відновлення.

На основі результатів оцінюють зміни частоти дихання, рівня глюкози та пульсу під впливом фізичного навантаження. Роблять висновок про ефективність енергетичного обміну та рівень тренуваності організму.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Тема: Основи складання харчових раціонів. Визначення енерговитрат власного організму.

Мета: Засвоїти особливості фізіології харчування. Встановити енерговитрати при різних видах діяльності, визначити значення енерговитрат власного організму таблично-хронометражним методом.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Основи фізіології харчування.
2. Процес травлення.
3. Стан голоду, апетиту і спраги.
4. Залежність енерговитрат від фізичної активності, віку і статі.
5. Енергетична цінність (калорійність) харчового раціону.
6. Особливості харчування людей різних категорій.
7. Правила складання харчових раціонів.

Література: основна – 4-8, допоміжна – 3, 8.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Енергія в організм людини надходить із їжею у вигляді вуглеводів, жирів і білків.. Як відомо, при окисненні 1 г вуглеводів, як і білків, виділяється 4 ккал (17 кДж), а жирів – 9 ккал (37 кДж) енергії. Знаючи хімічний склад харчових продуктів та їх калорійність, наведені в спеціальних таблицях, можна розрахувати калорійність будь-якого меню або дієти. Звичайно калорійність або енергетична цінність продуктів виражається в кілокалоріях на 100 г продукту. Добові енерговитрати організму людини включають основний обмін (мінімальна кількість енергії, необхідна для підтримки основних функцій організму й процесів біосинтезу в стані відносного спокою), специфічний – енерговитрати на травлення й всмоктування їжі (при змішаному харчуванні – у середньому 10-15% добової витрати енергії), а також енерговитрати на різні види діяльності.

Основний обмін залежить від віку, статі, маси тіла, зовнішніх умов, індивідуальних особливостей людини й становить у середньому у дорослого чоловіка з масою тіла 65 кг – 1600-1800 ккал, а у жінок з масою тіла 55 кг – 1300-1400 ккал. У дітей основний обмін на одиницю маси тіла в 1,5 рази вищий, ніж у дорослих, а в людей похилого віку – нижчий, ніж у дорослих.

Специфічний обмін – різна їжа потребує різні витрати енергії залежно від вмісту білків, вуглеводів і жирів. Найбільша витрата енергії відбувається при травленні білків (до 30-40 %). Для жирів вона становить 4-14 %, а для вуглеводів – 4-7 %. При збалансованому надходженні окремих компонентів їжі спостерігається збільшення основного обміну в середньому на 10-15 %.

При різних видах діяльності, особливо при м'язовій активності, істотно збільшуються енерговитрати людини. Так, якщо при читанні книги основний обмін збільшується всього на 16 %, та при фізичному навантаженні – у кілька разів. Приблизні добові енерговитрати організму можна визначати також за допомогою спеціальних таблиць.

Основний обмін – це енерговитрати організму на підтримання його вегетативних функцій. Енергетичні витрати організму за умов основного обміну пов'язані з підтриманням для життя клітин рівня окислювальних процесів і з діяльністю постійно працюючих органів та систем (дихальної мускулатури, серця, нирок та ін.). Деяка частина енергетичних витрат організму пов'язана з підтриманням м'язового тону. Тому основний обмін слід визначати в стані м'язового та емоційного спокою, натщесерце, в стані неспання, при температурі 18-20° С. Інтенсивність основного обміну в перерахунку на 1 кг маси тіла у дітей більша, ніж у дорослих, а в чоловіків приблизно на 10% вища, ніж у жінок.

Для визначення основного обміну розрахунковим способом використовують спеціально розроблені таблиці та формули (табл. 11.1, 11.2, 11.3).

Після прийому їжі інтенсивність обміну речовин і енергетичні витрати організму збільшуються порівняно з їх рівнем в умовах спокою. Вплив приймання їжі на посилення обміну речовин і енергетичні витрати називають специфічною динамічною дією їжі. При вживання білкової їжі обмін речовин зростає в середньому на 30%, при харчуванні жирами і вуглеводами обмін зростає на 4-14%. При змішаному харчуванні величина специфічно-динамічної дії їжі становить 10-15% основного обміну.

Таблиця 14.1

Основний обмін (ккал/добу) залежно від зросту, маси тіла й статі (число А)

Число А			Число А		
Маса тіла, кг	Чоловіки	Жінки	Маса тіла, кг	Чоловіки	Жінки
3	107	683	35	548	990
4	121	693	40	617	1038
5	135	702	45	685	1085
6	148	712	50	754	1133
7	162	721	55	823	1181
8	176	731	60	892	1229
9	190	741	65	960	1277
10	203	751	70	1029	1325
15	272	798	75	1098	1372
20	341	846	80	1167	1420
25	410	894	85	1235	1468
30	479	942	90	1304	1516

	Число Б Вік (років)
--	----------------------------

	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
Чоловіки												
40	-40											
50	60	10										
60	160	95	40									
70	260	195	130									
80	360	295	230	95								
100	560	495	430	180								
110	595	530	475	280								
120	-	695	630	600	380							
130	-	-	730	725	480							
140	-	-	830	835	580	516						
150	-	-	-	958	680	618	582	514	480	431	345	
160	-	-	-	1040	780	684	632	598	564	530	463	395
165	-	-	-	1095	815	714	657	623	589	555	488	420
170	-	-	-	1150	850	744	682	648	614	580	513	445
175	-	-	-	-	875	774	707	673	639	605	538	470
180	-	-	-	-	900	804	732	698	664	630	563	495
Жінки												
40	-344	-234	-194									
50	-305	-194	-153									
60	-264	-154	-113									
70	-224	-114	-74									
80	-184	-74	-34	-52								
100	-104	6	40	38	5							
110	-	46	80	88	45							
120	-	86	126	133	80							
130	-	-	166	177	125							
140	-	-	206	219	165	150						
150	-	-	-	259	204	180	161	138	113	90	44	-2
160	-	-	-	298	242	209	179	156	132	109	62	15
165	-	-	-	315	260	222	188	165	142	118	71	25
170	-	-	-	-	278	234	198	174	151	127	81	34
175	-	-	-	-	296	247	207	183	160	137	90	43
180	-	-	-	-	313	259	216	193	169	146	99	52

Формули для розрахунку основного обміну

Стать	Вік, роки	Основний обмін, ккал/добу
Чоловіки	10-18	$16,6 \times \text{MT} + 77 \times \text{Зр} + 572$
	18-30	$15,4 \times \text{MT} - 27 \times \text{Зр} + 717$
	30-60	$11,3 \times \text{MT} + 16 \times \text{Зр} + 901$
	понад 60	$8,8 \times \text{MT} + 1128 \times \text{Зр} - 1071$
Жінки	10-18	$7,4 \times \text{MT} + 482 \times \text{Зр} + 217$
	18-30	$13,3 \times \text{MT} + 334 \times \text{Зр} + 35$
	30-60	$8,7 \times \text{MT} - 25 \times \text{Зр} + 865$
	понад 60	$9,2 \times \text{MT} + 637 \times \text{Зр} - 302$

Примітка: МТ – маса тіла, кг; Зр – зріст, м

Таблиця 14.3

Визначення основного обміну за показниками маси тіла та віку ккал/добу

Маса тіла, кг	18-29 років	30-39 років	40-59 років	60-74 років
Чоловіки				
50	1450	1370	1280	1180
55	1520	1430	1350	1240
60	1590	1500	1410	1300
65	1670	1570	1480	1360
70	1750	1650	1550	1430
75	1830	1720	1620	1500
80	1920	1810	1700	1570
85	2010	1900	1780	1640
90	2110	1990	1870	1720
Жінки				
40	1080	1050	1020	960
45	1150	1120	1080	1030
50	1230	1190	1160	1110
55	1300	1260	1220	1160
60	1380	1340	1300	1230
65	1450	1410	1370	1290
70	1530	1490	1440	1360
75	1600	1550	1510	1430
80	1680	1630	1580	1500

Основними хімічними компонентами їжі є наступні шість груп речовин: постачальники енергії (вуглеводи, жири, білки), незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини й вода. Кожна речовина виконує конкретну функцію в життєдіяльності організму й впливає на виконання фізичної роботи.

Основними джерелами енергії в тканинах організму є вуглеводи й жири. Жири виконують також структурну функцію. Білки можуть використовуватися як енергетичне джерело, однак основна їхня функція - структурна. Вітаміни входять до складу багатьох ферментів й є регуляторами різних метаболічних процесів. Мінеральні речовини також виконують регуляторну роль і входять у структуру різних тканин, особливо кісткової, і крові. Вода створює внутрішнє середовище організму й забезпечує протікання хімічних реакцій.

Організм людини здатний синтезувати й запасати багато живильних речовин, однак деякі з них в організмі не синтезуються. Вони називаються незамінними есенціальними факторами харчування й повинні надходити з їжею. При їхньому недонадходженні порушуються багато обмінних процесів, а також процеси адаптації при м'язовій діяльності, можуть розвиватися захворювання.

Вуглеводи займають одне з найважливіших місць у харчуванні людини, оскільки є основним джерелом енергії при інтенсивній м'язовій діяльності. Від запасів вуглеводів у кістякових м'язах і печінці залежить тривалість аеробної фізичної роботи або прояв високого рівня витривалості, а також час настання стомлення. Вуглеводи їжі забезпечують певний рівень глюкози в крові, що є основним енергетичним субстратом мозку, а також нагромадження запасів глікогену в кістякових м'язах і печінці.

Вуглеводи перебувають в основному в продуктах рослинного походження (хлібі, крупах, макаронах, картоплі, цукрі, овочах і фруктах) у вигляді моно-, ди- і полісахаридів. Ди- і полісахариди їжі в системі травлення піддаються ферментативному гідролізу й перетворюються переважно в глюкозу.

Моносахариди їжі представлені в основному глюкозою й фруктозою, які втримуються в багатьох фруктах, меді й називаються цукрами. В організм вони надходять у вільному виді або утворюються в процесі травлення з ди- і полісахаридів їжі. Кількість моносахаридів у харчуванні людей, особливо в літньому віці, повинне бути обмежене й не перевищувати 25-35 % загальної кількості споживаних вуглеводів.

Дисахариди рослинної їжі представлені сахарозою – основним компонентом харчового цукру й багатьох насолод (цукерок, тортів, варення). При розщепленні полісахаридів у системі травлення утвориться дисахарид мальтоза, що розщеплюється на дві молекули глюкози. Сахароза розпадається на глюкозу й фруктозу. Одночасне споживання великої кількості сахарози, як і моносахаридів, може викликати гіперглікемію і її наслідки, тому виправдано тільки при необхідності швидкого відновлення запасів енергії.

У молоці й молочних продуктах перебуває дисахарид лактоза - "молочний цукор». Це основний вуглевод їжі дітей першого року життя. У дорослому організмі може порушуватися засвоєння лактози. У зв'язку із цим розроблені окремі рекомендації про виключення молочних продуктів з раціону харчування. Однак лікарі спростовують таку думку, тим більше що кисломолочні продукти не містять лактози.

Полісахариди їжі представлені в основному крохмалем, що перебуває в рослинних продуктах (картоплі, крупах, хлібі, рисі й ін.), а також глікогеном - «тваринним крохмалем». У системі травлення людини крохмаль повільно розщеплюється до молекул глюкози, які поступово всмоктуються в кров, що не викликає гіперглікемії в крові. Тому в раціоні харчування повинні переважати полісахариди (до 65 %). Глікоген вноситься із продуктами харчування в малих кількостях.

Окремі групи вуглеводів розрізняються доступністю для гідролитичних ферментів у шлунково-кишковому тракті й швидкістю надходження глюкози в кров, що позначається як глікемічний індекс. Розрізняють продукти з високим, середнім і низьким глікемічним індексом, використання яких приводить до різного збільшення рівня глюкози в крові.

Харчові волокна – це полісахариди рослин, які в організмі людини в процесі травлення не розщеплюються. До них належать целюлоза (клітковина), геміцелюлоза, а також пектин і лігнін. Вони проходять шлунково-кишковий тракт без змін і тому є баластовими речовинами.

Харчові волокна не є живильними речовинами, однак грають важливу регуляторну роль у процесах травлення різних речовин. Вони підсилюють просування харчової маси, утворення кишкового соку, жовчовиділення, стимулюють виведення з організму холестерину, сповільнюють процес усмоктування глюкози при великому споживанні цукру, а також зв'язують отруйні речовини й виводять їх з кишечника. Постійне надходження волокон в організм людини знижує ймовірність захворювання атеросклерозом, раком, а також поліпшує функцію шлунково-кишкового тракту. Проте надлишкова їхня кількість зменшує усмоктування мінеральних речовин (Fe, Ca, Mg, Cu), а також жиророзчинних вітамінів. Харчові волокна містяться у житньому хлібі, овочах (капусті, буряку, моркві), фруктах (яблуках, чорносливі). Норма споживання їх - 10-15 г доб⁻¹.

Жири їжі, як і вуглеводи, є важливими енергетичними субстратами. Крім того, вони поставляють ненасичені жирні кислоти, які не синтезуються в організмі, але виконують важливі біологічні функції. На противагу вуглеводам, запаси жирів в організмі людини практично невичерпні.

Біологічна цінність жирів їжі залежить від вмісту в них незамінних ненасичених, особливо поліненасичених, жирних кислот. До складу жирів їжі входять тригліцериди (нейтральні жири), які становлять близько 98 % загальної кількості жирів, а також фосфоліпіди й холестерин (2 %).

Тригліцериди, або нейтральні жири їжі надходять в організм людини із продуктами харчування тваринного й рослинного походження й можуть істотно розрізнятися складом жирних кислот. Так, жири тваринного

походження (тверді жири), крім курячого і рибацького, містять в основному насичені жирні кислоти. З ненасичених жирних кислот у їхній склад може входити функціонально важлива арахідонова кислота. У цих жирах накопичуються також вітаміни А і D. Рослинні жири їжі містять велику кількість ненасичених жирних кислот, в основному лінолеву й ліноленову кислоти, які необхідні для синтезу в організмі інших ненасичених жирних кислот, а також регуляторів дії гормонів - простагландинів. Ненасичені жирні кислоти поліпшують вихід у кров жирів, що синтезувалися в печінці, і запобігають їй від ожиріння, проявляючи ліпотропний ефект.

Фосфоліпіди їжі подібні по хімічному складу з фосфоліпідами організму людини. З ними в організм надходять поліненасичені жирні кислоти, фосфор, холін, інозит й інші речовини. Серед різних фосфоліпідів найбільше значення має лецитин, якому властивий ліпотропний ефект. Він також охороняє від розвитку атеросклерозу, стимулює процеси кровотворення, росту й розвитку організму. Лецитин знаходиться в продуктах тваринного походження: мозку, ікрі риб, печінки, ячному жовтку, вершковому маслі. Добова потреба людини в лецитині становить 0,5 г.

Холестерин не є енергетичним субстратом, однак виконує багато функцій в організмі. Порушення його обміну приводить до розвитку захворювання серцево-судинної системи й ін. Однак прямий взаємозв'язок між надходженням холестерину з їжею й розвитком захворювань не підтверджений. Проте рекомендована раніше норма споживання холестерину в кількості 600 мг доб⁻¹ останнім часом знижена до 300 мг доб⁻¹.

Джерелами холестерину є продукти тваринного походження: печінка, м'ясо, курячий жовток, вершкове масло, сметана. У рослинних продуктах холестерин майже відсутній. Поліпшують обмін холестерину вітаміни А, Е, С, РР, а також тривалого фізичного навантаження.

Добова потреба дорослої людини в жирах становить у середньому 30-35 % загальної калорійності їжі. З них тваринні жири становлять 70 %, олія – 30 % (25-45 г залежно від інтенсивності роботи).

Білки – найважливіші компоненти харчування. Здатність білка виконувати функцію харчування характеризує його біологічну цінність. Ефективність споживання білкових речовин людиною визначається двома основними факторами: збалансованістю вмісту незамінних амінокислот у білку й його засвоюваністю.

Білки їжі в процесі травлення піддаються гідролізу й розпадаються на 20 різних амінокислот, які надходять у кров, доставляються в тканині, де використовуються для створення нових індивідуальних білків організму людини або в інших процесах. До складу білків входять 8 незамінних амінокислот, у яких організм дуже бідує, тому що не може їх синтезувати. Біологічна цінність білка їжі визначається двома параметрами: амінокислотним складом і засвоюваністю білка. Якщо в білку їжі є всі незамінні амінокислоти, тобто він повноцінний, і легко піддається ферментативному гідролізу в кишечнику, то біологічна цінність такого білка є максимальною. Високу біологічну цінність мають білки тваринного походження - яйця, м'ясо, риба, у яких біологічна

цінність прийнята за 100 одиниць, тоді як білки продуктів рослинного походження – картоплі, кукурудзи, білого хліба й овочів - мають більше низьку біологічну цінність: 67, 36, 30 одиниць відповідно. У них віддобені кілька незамінних амінокислот, особливо таких як триптофан і лізин.

Для нормального синтезу білка в організмі людини всі незамінні амінокислоти повинні надходити одночасно, тому що вони не запасуються в організмі. Тому білкове харчування повинне бути повноцінним. Якщо немає можливості одержувати білки тваринного походження, необхідно комбінувати рослинні білки, у яких утримуються різні амінокислоти.

Ненадходження в організм окремих незамінних амінокислот викликає порушення синтезу структурних, ферментативних білків або гормонів, що приводить до зниження швидкості або навіть до припинення процесів росту, самовідновлення, відновлення й зменшенню маси тіла, а отже, і працездатності організму.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення калорійності сухого пайка.

Розглянути складові раціону військових. Визначити калорійність окремих продуктів та загальну енергетичну цінність сніданку, обіду і вечері. Результати обчислень занести у таблицю.

№	Назва продукту	Маса, г	Калорійність продукту, ккал/г	Кількість енергії, ккал
Сніданок (обід, вечеря)				
1.				
Всього				

Дослід 2. Визначення якісного складу сухого пайка.

Встановити якісний склад (вміст білків, жирів та вуглеводів) у продуктах сухого пайка. Результати обчислень занести у таблицю.

№	Назва продукту	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г
Сніданок (обід, вечеря)				
1.				
Всього				

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Завдання 1. Встановити значення основного енергетичного обміну.

За таблицею 11.1 встановити значення основного енергетичного обміну власного організму, врахувавши свій вік, стать, зріст та вагу. Сума чисел А та Б становить величину основного обміну.

Розрахувати значення основного енергетичного обміну за таблицею 11.2. Порівняти отримані результати.

Завдання 2. Визначення добових витрат енергії з допомогою таблично- хронометражного методу.

Збільшення енергетичних витрат під час виконання розумової, а особливо фізичної роботи має назву робочої надбавки. За допомогою таблично-хронометражного методу визначають добові витрати енергії лише приблизно. Це пов'язано із неможливістю повністю врахувати всі види діяльності людини впродовж дня. Окрім того, дані, які наводяться в таблицях, мають відносне значення, так як витрати енергії людини, навіть при виконанні одного і того ж виду діяльності, можуть коливатися внаслідок різних причин: умов праці, стану організму, рівня тренуваності та ін. Разом з цим цей метод дозволяє провести визначення добових витрат енергії в межах, які достатні для практичної мети і можна використовувати цей метод при організації харчування.

Алгоритм виконання:

- підготувати робочу таблицю (зразок наведено у табл. 11.5);
- провести хронометраж дня та визначити час виконання різних видів діяльності;
- знайти для кожного виду діяльності відповідні дані енергетичних витрат, які вказуються як сумарна величина розходу енергії у ккал за 1 хв. на 1 кг маси тіла (таблиця 4). Якщо в таблиці той чи інший вид діяльності не вказаний, варто користуватися даними, які належать до близького за характером виду діяльності.;
- обрахувати витрати енергії при виконанні певної діяльності за вказаний час, для чого помножити величину енергетичних витрат при даному виді діяльності на час його виконання;
- визначити величину, яка характеризує добові витрати енергії на 1 кг маси тіла, додавши отримані дані витрат енергії при різних видах діяльності за добу;
- визначити добові витрати енергії людини, для цього величину добових витрат енергії на 1 кг маси тіла помножити на масу тіла і до отриманої величини витрат додати 15% з метою визначення неврахованих енерговитрат.

Таблиця 14.4

Енергетичні витрати людини при різних видах діяльності

Вид діяльності	Енергетичні витрати (ккал) людини за 1 хвилину на 1 кг маси тіла
Фізична зарядка	0,0648
Учбові Лабораторна робота	0,0283
Читання вголос	0,0047
Піднімання важких предметів	0,0452
Особиста гігієна (умивання, душ)	0,0329
Приймання їжі сидячи, стоячи	0,0235
Одягання, роздягання, знімання взуття	0,0281

Самообслуговування	0,025
Сон	0,0155
Прання руками	0,0511
Прасування білизни	0,0323
Домашня робота	0,0530
Підмітання кімнати	0,0402
Витирання пороху	0,0411
Миття посуду	0,0343
Миття підлоги	0,0548
Шиття (ручне, машинне), в'язання	0,0265
Прослуховування лекцій	0,0255
Розумова праця	0,0241
Написання текстів, листів	0,0240
Друкування на машинці. комп'ютері	0,0333
Виголошення промови, виступ на занятті	0,0369
Робота в лабораторії сидячи	0,0250
Робота в лабораторії стоячи	0,0360
Підготовка до занять	0,0250
Читання (лікті на столі)	0,0214
Читання (сидячи без опори)	0,0238
Читання лекцій в аудиторії	0,0500
Прибирання ліжка	0,0329
Розмова сидячи	0,0252
Розмова стоячи	0,0267
Відпочинок стоячи	0,0264
Відпочинок сидячи	0,0229
Відпочинок лежачи (але не сон)	0,0183
Їзда у транспорті	0,0267
Їзда на мотоциклі	0,0383
Їзда на велосипеді	0,0466
Прогулянка повільна	0,0446
Прогулянка в звичному темпі	0,0476
Прогулянка зі швидкістю 3 км/год.	0,0510
Прогулянка під гору в звичайному темпі	0,0914

Приклад. Необхідно обчислити добові енерговитрати енергії спортсмена,

що займається фехтуванням, вага якого 75 кг. Дані хронометражу та часу на різні види діяльності занесені у таблицю 11.5. За допомогою таблиці 11.4 визначають енерговитрати при різних видах діяльності. Потім сумують величини витрат енергії за добу. Отримана сума – 42,27 ккал вказує витрати енергії за добу на 1 кг маси тіла. Для визначення добових витрат енергії отриману величину перемножують на масу тіла спортсмена: $42,27 \times 75 = 3170$ ккал. Потім обчислюють 15% від отриманої величини (невраховані енерговитрати) та додають до показника добових витрат енергії: $3170 + 476 = 3646$ ккал. Саме ця величина і становить добові витрати енергії для даного спортсмена.

Таблиця 11.5

Вид діяльності	Години виконання	Тривалість виконання, хв	Витрати енергії (ккал) за 1 хв. на 1 кг маси тіла	Обчислення
Зарядка	7.00 – 7.15	15	0,0648	$0,0648 \times 15 = 0,972$
Особиста гігієна	7.15 – 7.30	15	0,0329	$0,0329 \times 15 = 0,329$
Застеляння ліжка	7.30 – 7.40	10	0,0329	$0,0329 \times 10 = 0,329$
Сніданок (прийом їжі сидячи)	7.40 – 8.00	20	0,0236	$0,0236 \times 20 = 0,472$
Доїзд до закладу навчання	8.00 – 8.30	30	0,0267	$0,0267 \times 30 = 0,801$
Робота в лабораторії сидячи	8.30 – 12.30	240	0,0250	$0,0252 \times 240 = 6,00$
Обід (прийом їжі сидячи)	12.30 - 13.00	30	0,0236	$0,0236 \times 30 = 0,708$
Відпочинок сидячи	13.00 - 13.30	30	0,0229	$0,0229 \times 30 = 0,687$
Робота в лабораторії	13.30 - 17.30	240	0,0250	$0,0250 \times 240 = 6,00$
Доїзд на тренування	17.30 - 18.00	30	0,0267	$0,0267 \times 30 = 0,801$
Тренування:		5	0,1357	$0,1357 \times 5 = 0,678$
Розминка (біг)		15	0,0845	$0,0845 \times 15 = 1,267$
Фізичні вправи		60	0,1333	$0,1333 \times 60 = 7,998$
Фехтування		10	0,0845	$0,0845 \times 10 = 0,845$

Особиста гігієна	19.30 - 19.40	10	0,0329	$0,0329 \times 10 = 0,329$
Доїзд додому	19.40 - 20.20	40	0,0267	$0,0267 \times 40 = 0,068$
Вечеря (прийом їжі сидячи)	20.20 - 20.40	20	0,0236	$0,0236 \times 20 = 0,472$
Розумова робота	20.40 - 22.20	100	0,0243	$0,0243 \times 100 = 2,43$
Прогулянка	22.20 - 22.50	30	0,0690	$0,0690 \times 30 = 2,070$
Особиста гігієна	22.50 - 23.00	10	0,0399	$0,0399 \times 10 = 0,399$
Сон	23.00 - 7.00	480	0,0155	$0,0155 \times 480 = 7,44$
Разом		24 год. (1440 хв)		42,27

Завдання 3. Розрахунок раціону.

Олені 15 років. Вона активно займається плаванням тричі на тиждень та має щільний навчальний графік. За результатами медичного обстеження, їй рекомендовано споживати приблизно 2500 ккал на день. Вона склала свій раціон на день, який містить:

Сніданок: вівсянка з бананом (300 ккал), чай з цукром (100 ккал)

Обід: борщ з хлібом (450 ккал), картопляне пюре з котлетою (600 ккал), компот (150 ккал)

Полуденок: йогурт (120 ккал), печиво (180 ккал)

Вечеря: салат з куркою (400 ккал), рис (300 ккал)

Чи відповідає цей раціон потребам Олени в калоріях?

Які продукти варто замінити або додати, щоб раціон став більш збалансованим за вмістом білків, жирів та вуглеводів?

Завдання 4. Раціон у шкільній їдальні.

Учні 8 класу звернули увагу, що в шкільній їдальні часто подають страви з великою кількістю білого хліба, солодких напоїв і смаженої їжі. Вони хочуть покращити харчування в школі, запропонувавши більш здорове меню.

Які основні принципи раціонального харчування слід врахувати при складанні нового шкільного меню?

Складіть приклад одного дня шкільного обіду, який буде смачним, корисним і відповідатиме нормам раціонального харчування для дітей 12–13 років.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Тема: Методи визначення допінгових стимуляторів.

Мета: проаналізувати біохімічні зміни, що відбуваються в організмі людини під впливом допінгу; розглянути основні методи допінг-контролю.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

1. Класифікація допінгових засобів.
2. Природні речовини-стимулятори.
3. Вплив допінгових речовин на стан організму.
4. Правові аспекти допінг-контролю.

Література: основна – 4-8, допоміжна – 3, 8.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Сама назва "допінг" походить від англійського слова "dope", що означає "давати наркотик". Згідно з визначенням медичної комісії Міжнародного олімпійського комітету, допінгом вважається введення в організм спортсменів будь-яким шляхом (у вигляді уколів, таблеток, при вдиханні і т. д.) фармакологічних препаратів, які штучно підвищують працездатність і спортивний результат. Відповідно з цим визначенням, допінгом препарат може вважатися лише в тому випадку, якщо він сам або продукти його розпаду можуть бути визначені в біологічних рідинах організму (кров, сеча) з високим ступенем точності і достовірності.

В даний час до допінгових засобів відносяться:

1. Стимулятори (стимулятори центральної нервової системи, симпатоміметики, анальгетики). До них відносять амфетамін (і його похідні), ефедрин і фенілпропаноламін (ці речовини часто входять до складу різних ліків). Їх ефект схожий з ефектом, який виходить при дії адреналіну. У будь-якому організмі завжди існують запобіжники, що не дозволяють до кінця витратити закладені в нього резерви. Стимулятори їх прибирають, завдяки чому при надвисоких навантаженнях спортсмен черпає свої сили з "недоторканного запасу". У цю ж групу входять бета-агоністи - це щось середнє між стимуляторами і анаболіками. Їх можна приймати шляхом інгаляцій, і тому більше половини заявлених на Олімпіаду спортсменів офіційно вважаються астматиками. Більшість цих препаратів має побічні ефекти, що залежать від дози: головний біль, нудота, неспокій і збій серцевого ритму, пригнічення дихання і ризик раптової смерті. Використання стимуляторів може стати причиною того, що зі спортсменом в результаті неадекватної оцінки ситуації може статися нещасний випадок. Крім того, зловживання стимуляторами призводить до лікарської залежності.

2. Наркотики (наркотичні анальгетики). До таких належать морфін і його хімічні та фармакологічні аналоги, що впливають на центральну нервову систему і знижують біль, а також етилморфін, кодеїн і метадон. Ці препарати збільшують больовий поріг настільки, що спортсмену не вдається розпізнати, наскільки серйозна травма. Викликає дуже швидке звикання, що веде до важкої залежності.

3. Анаболічні стероїди та інші гормональні засоби. Хімічні препарати, що викликають прискорений ріст м'язів і збільшення м'язової сили. На відміну від стимуляторів, які дозволяють використовувати недоторканий запас сил організму, анаболіки збільшують ці резерви і дозволяють спортсмену витримати навантаження в кілька разів більше звичайних. Однак втручання в нормальну гормональну діяльність викликає згубні побічні ефекти, такі як зростання пухлин, прояв психічних синдромів, печінкова і ниркова дисфункція.

4. Бета-блокатори. Група препаратів, що діє на так звані бета-рецептори. В результаті застосування знижується частота серцевих скорочень і викликається антиаритмічний ефект. Бета-блокатори використовуються спортсменами для заспокоєння і зниження тремору в видах спорту, де потрібна точна координація, наприклад у стрільбі з лука, кульової стрільби, стрибках у воду. Разом з тим ці препарати підвищують стомлюваність і знижують витривалість.

5. Діуретики (сечогінні препарати). У деяких видах спорту, наприклад у важкій атлетиці, боксі, боротьбі та інших, діуретики використовуються для швидкогозменшення ваги, також застосовують для поліпшення рельєфності м'язів. Крім того, сечогінні засоби вживаються часто для того, щоб знизити концентрацію в сечі інших заборонених препаратів. Ця процедура спрямована на приховування присутності в організмі допінгів і тому, природно, заборонена. Серед наслідків вживання діуретиків - зневоднення організму і м'язові судоми.

Крім того, до допінгових методів належать:

1. Кров'яний допінг (забір крові у спортсмена за певний термін до змагань і вливання її назад безпосередньо перед стартом). Використання кров'яного допінгу може привести до розвитку алергічних реакцій (висипи, лихоманки), порушення функції нирок, перевантаження кровообігу, утворення згустків крові і розвитку метаболічного шоку.

2. Фармакологічні, хімічні та механічні маніпуляції з біологічними рідинами (маскують додаванням ароматичних сполук в проби сечі, підміна проб, придушення виділення сечі нирками і різні інші медичні махінації). Такі маніпуляції отримали назву "процедури" (тобто все, що здатне змінити достовірність узятих проб сечі для контролю на допінг).

Допінг-контроль є найважливішою складовою частиною комплексної програми заходів, спрямованих на запобігання застосування спортсменами заборонених (допінгових) засобів. Прийнятий у нас в країні регламент організації та проведення процедури допінг-контролю повністю відповідає вимогам Медичної комісії МОК. Процедура допінг-контролю складається з наступних етапів: відбір біологічних проб для аналізу, фізико-хімічне дослідження відібраних проб і оформлення висновку, накладення санкцій на порушників. Під час змагань спортсмен отримує повідомлення про те, що, згідно з правилами, він повинен пройти допінг-контроль. В обов'язковому порядку допінг-контроль проходять переможці, які посіли 1-е, 2-е і 3-е місця, а також за рішенням комісії один з кілька спортсменів, що не зайняли призових місць (він вибирається за жеребом). Після виступу зазначені спортсмени направляються в кімнату допінг-контролю. Тут спортсмен сам вибирає ємність для збору проби сечі на аналіз. Потім у присутності спостерігача відбувається здача проби сечі

(спостерігач стежить за тим, щоб не було фальсифікації проби). Після здачі проби на посудину наклеюється номер, який також вибирає сам спортсмен. Після цього отримана біологічна проба ділиться на 2 рівні частини - проби А і В, які опечатуються, і їм присвоюється певний код. Таким чином, прізвище спортсмена не згадується ні на якому з робочих етапів (для дотримання повної анонімності). Копії кодів наклеюють на протокол допінг-контролю. Потім проби упаковують в контейнери для перевезення і відвозять в лабораторію допінг-контролю. Перед підписанням протоколу допінг-контролю спортсмен зобов'язаний повідомити комісії назви всіх ліків, які він приймав перед змаганням. Після підписання протоколу допінг-контролю спортсмену залишається тільки чекати результатів аналізу.

Згідно з регламентом проведення допінг-контролю аналізу піддається проба А, причому не пізніше, ніж через 3 доби після взяття біологічної проби. У разі виявлення в ній заборонених препаратів розкривається і аналізується проба В. При розтині проби В може бути присутнім або сам спортсмен, або його довірена особа. Якщо в пробі В також виявляються заборонені засоби, то спортсмен піддається відповідним санкціям. Якщо ж в пробі В не виявляють забороненого препарату, то висновок з аналізу біопроб А визнається недостовірним, і санкції до спортсмена не застосовуються.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослід 1. Визначення кофеїну методом тонкошарової хроматографії.

Перед початком роботи готують досліджуваній зразок (наприклад, екстракт напою) та стандартний розчин кофеїну відомої концентрації. Для отримання екстракту використовують водно-етанольну суміш, що забезпечує перехід кофеїну в розчин.

Хроматографічну пластину беруть чистою та сухою. На відстані приблизно 1 см від нижнього краю олівцем проводять стартову лінію. За допомогою капіляра на цю лінію наносять невеликі краплі стандартного розчину кофеїну та досліджуваного зразка. Плями повинні бути компактними, щоб уникнути розтікання та змішування речовин.

Пластину обережно поміщають у хроматографічну камеру, яка попередньо насичена парами рухомої фази (етилацетат : етанол : вода = 8 : 1 : 1, або етанол : вода = 7 : 3). Важливо, щоб рівень розчинника не досягав стартової лінії. Камеру закривають і залишають у спокої до моменту, поки фронт розчинника підніметься на 8–10 см по пластині.

Після завершення хроматографування пластину виймають із камери та одразу позначають олівцем рівень фронту розчинника. Далі її висушують при кімнатній температурі.

Для виявлення плям пластину розглядають під ультрафіолетовим світлом. Візуально визначають положення плям стандарту та досліджуваного зразка і позначають їх.

Вимірюють відстань від стартової лінії до центру кожної плями та відстань до фронту розчинника. На основі цих даних обчислюють коефіцієнт

рухливості (Rf) як відношення пройденної речовиною відстані до відстані, пройденної розчинником.

Отримані значення порівнюють між стандартом і досліджуваним зразком. У разі збігу значень Rf роблять висновок про наявність кофеїну у досліджуваному матеріалі.

Дослід 2. Визначення кофеїну спектрофотометричним методом.

Перед початком роботи готують серію стандартних розчинів кофеїну з відомими концентраціями (наприклад, 2, 4, 6, 8, 10 мг/л). Для цього використовують вихідний стандартний розчин, який послідовно розводять дистильованою водою або водно-етанольною сумішшю. Окремо готують досліджуваний зразок (екстракт напою або біологічної рідини), за потреби його фільтрують.

Спектрофотометр вмикають і дають йому прогрітисся. Встановлюють довжину хвилі, характерну для максимального поглинання кофеїну (зазвичай близько 272–275 нм у УФ-діапазоні). Як «холостий» розчин (бланк) використовують той самий розчинник, у якому приготувані зразки.

У чисту кювету наливають бланк і проводять нульове налаштування приладу. Далі послідовно вимірюють оптичну густина (абсорбцію) стандартних розчинів, щоразу промиваючи кювету та заповнюючи її новим розчином. Отримані значення записують у таблицю.

На основі отриманих даних будують калібрувальну залежність між концентрацією кофеїну та оптичною густиною. Графік повинен мати лінійний характер у межах досліджуваних концентрацій.

Після цього вимірюють оптичну густина досліджуваного зразка за тих самих умов. Використовуючи калібрувальний графік, визначають концентрацію кофеїну в цьому зразку.

Отриманий результат за потреби перераховують з урахуванням розведення та роблять висновок про вміст кофеїну.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник: у 2-х кн. Кн.1 : Біоорганічна хімія / Б. С. Зіменковський, В. А. Музиченко, І. В. Ніженковська, Г. О. Сирова ; за ред.: Б. С. Зіменковського, І. В. Ніженковської. Київ : Медицина, 2022. 272 с.
2. 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. К.: ВСВ “Медицина”, 2021. 544 с.
3. Біологічна хімія : навч. посіб. / Л. І. Гребеник та ін. ; за заг. ред. Л. І. Гребеник. Суми : Сумський державний університет, 2023. 380 с.
4. Біохімія рухової активності : метод. вказівки до самост. роботи для здобувачів вищ. освіти перш. (бакалавр.) рівня спеціальності 017 "Фізична культура і спорт" / уклад. Н. П. Буяльська. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 50 с.
5. Біохімія та основи біохімії рухової активності : навч. посіб. / Юрій Борецький, Марія Сибіль, Ірина Гложик, І Володимир Трач|. Львів : ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2022. 292 с.
6. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник / За ред. Я.І. Гонського. Тернопіль : Укрмедкнига, 2019. 732 с.
7. Явоненко О.Ф., Яковенко В.В. Біохімія : підручник. К.: Університетська книга, 2023. 380 с.
8. Jakubowski, H., and Flatt, E. Fundamentals of Biochemistry. 2023. URL: [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Biochemistry/Fundamentals_of_Biochemistry_\(Jakubowski_and_Flatt\)](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Biochemistry/Fundamentals_of_Biochemistry_(Jakubowski_and_Flatt))

Допоміжна

1. Біологічна хімія / О.Я. Склярів. Тернопіль: Укрмедкнига, 2020. 706 с.
2. Миронович, Л. М. Біоорганічна хімія (тестові завдання) [Текст] : навч. посіб. / Л. М. Миронович, О. П. Манжос. Суми : СумДУ, 2015. 191 с.
3. Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія : Навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 236 с.
4. Омельчук, О., Білик, В., & Василенко, К. (2025). Міждисциплінарний підхід до вивчення рухової діяльності: анатомія, фізіологія та біохімія у спортивному тренуванні. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15, (5К(191)), 136-140. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k\(191\).29](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k(191).29)
5. Основи біоорганічної хімії (навчальний посібник) / Г. О. Сирова, В. М. Петюніна, В. О. Макаров, Л. В. Лук'янова. Харків: ХНМУ. 2018. 238 с.
6. Поліщук Д. А., Гулай О. І. Особливості допінгового контролю. Перспективи розвитку фізичної культури і спорту у закладах освіти: матеріали наукової конференції (м. Луцьк, 19-20 травня 2022 р.) / ред. В. В. Чижик, В. Я. Ковальчук. Луцьк, 2022. С. 97-98.
7. Стрілецька С.С., Шемет В.Я., Гулай О.І. Дослідження хімічного складу яблук у рамках лабораторного практикуму спеціальності «Харчові

технології» // Якість та безпечність товарів: [матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Луцьк - 9 квітня 2021 року]. Луцьк: відділ іміджу та промоцій, ЛНТУ, 2021. С. 72-74.

8. Шемет, В., Гулай, О. Харчові добавки натурального походження: короткий огляд. Товарознавчий вісник. 2023. 1(16). С. 6-18. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2023-17-1>
9. Янюк Н. О., Гулай О. І. Допінг в українському спорті. Перспективи розвитку фізичної культури і спорту у закладах освіти: матеріали наукової конференції (м. Луцьк, 19-20 травня 2022 р.) / ред. В. В. Чижик, В. Я. Ковальчук. Луцьк, 2022. С. 145-146.
10. Hulai, O.I. Shemet V.Ya., Klimovych O.S. Chromatographic Determination of the Chemical Composition of Apple Chips Extract. *Methods Objects Chem. Anal.*, 2023, 18(1), p. 33-41. <https://doi.org/10.17721/moca.2023.33-41>
11. USMLE Step 1: Biochemistry and Medical Genetics: Lecture Notes / Editors S. Turco, R. Lane, R.M. Harden. New York : Kaplan, 2019. 409 p.
12. Biochemistry. URL: <https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Biochemistry>

ДЛЯ НОТАТОК

Біохімія рухової активності: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Середня освіта (Фізична культура)» та «Фізична культура і спорт» галузі знань А Освіта спеціальностей А4 Середня освіта (Фізична культура) та А7 Фізична культура і спорт денної та заочної форм навчання / уклад. О.І. Гулай. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 88 с.

Комп'ютерний набір та верстка: О.І. Гулай

Підп. до друку « » _____ 2026 р. Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 5,5.
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоцій
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75