

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка

Галина Бутенко

ОСНОВИ БІОХІМІЇ

РОБОТИ М'ЯЗІВ:

навчально-методичний посібник

для студентів спеціальності

014 Середня освіта (Фізична культура)

ОС Бакалавр

Глухів:
ГНПУ ім. О. Довженка
2023

УДК 577.1:796.011.3

Б 93

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка (протокол № 8 від 25 січня 2023 р.)

Автор і укладач

Бутенко Галина Олександрівна, кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент кафедри теорії і методики фізичного виховання

Рецензенти:

Курілова В.І., кандидат біологічних наук, професор кафедри теорії і методики фізичного виховання Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка

Рибалко П.Ф., доктор педагогічних наук, професор кафедри теорії та методики фізичної культури Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

Бутенко Г.О.

Б 93 Основи біохімії роботи м'язів: навчально-методичний посібник. Вінниця: ТВОРИ. 2023. 103 с.

У навчально-методичному посібнику систематизовані матеріали з дисципліни «Основи біохімії роботи м'язів» для студентів I курсу ОС «Бакалавр» денної/заочної форми навчання спеціальності 014 Середня освіта (Фізична культура). У навчально-методичному посібнику викладено сучасні наукові дані біохімії щодо систем енергозабезпечення м'язової діяльності, розвитку рухових якостей, розглянуті біохімічні основи раціонального харчування, ефективності фізичних навантажень та біохімічного контролю. Велику увагу приділено основним біохімічним процесам, що полягають у основі процесів життєдіяльності, процесів адаптації організму до фізичних навантажень, м'язової діяльності, підвищення працездатності, витривалості, процесів стомлення тощо. З метою оптимізації процесу засвоєння знань з даної дисципліни у посібнику наведений зміст програми, завдання для контролю знань, курс навчального матеріалу відповідно до змістових модулів програми, приклади практичних завдань, список рекомендованої літератури.

УДК 577.1:796.011.3

ЗМІСТ

1. Пояснювальна записка.....	4
2. Структура залікових кредитів з дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності».....	7
3. Зміст лекційного курсу.....	8
4. Зміст практичних занять.....	11
5. Зміст самостійної роботи.....	16
6. Система оцінювання навчальних досягнень студентів з дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності».....	20
7. Питання до підсумкового контролю знань.....	25
8. Завдання для студентів, що займаються за індивідуальним планом навчання.....	27
9. Навчальний матеріал відповідно до змістових модулів.....	29
9.1. Змістовий модуль 1. Загальні положення обмінних процесів у організмі людини	29
9.2. Змістовий модуль 2. Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин	48
9.3. Змістовий модуль 3. Біохімія м'язової діяльності	74
10. Приклади практичних завдань.....	96
10.1. Приклади тестових завдань.....	96
10.2. Приклади ситуаційних завдань.....	99
11. Список рекомендованої літератури.....	100

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Сучасні теорія та практика фізичного виховання, спорту, фізичної реабілітації та фізичної рекреації вимагають від майбутніх фахівців глибоких знань біологічних основ життєдіяльності організму людини, й зокрема про процеси метаболізму, що забезпечують адаптаційні зміни під впливом фізичних навантажень, під впливом використання різноманітних засобів фізичної культури та спорту, методів підвищення фізичної працездатності та прискорення відновлення організму.

Процеси метаболізму вивчаються біологічною хімією. Біохімія - наука, що вивчає хімічний склад, будову живих речовин, їх перетворення та фізико-хімічні процеси, що є підґрунтям процесу життєдіяльності організму людини.

Біохімія роботи м'язів виражає хімічну сутність біологічних процесів, визначає їх функціональне призначення у живому організмі та механізми порушення даних функцій під впливом фізичних навантажень різного характеру, потужності та спрямування.

У зв'язку із спеціалізацією майбутніх фахівців, особливу увагу необхідно приділяти процесам метаболізму найважливіших речовин організму у нормальному стані, під час м'язової діяльності та у деяких патологічних станах; механізмам збудження, скорочення та енергозабезпечення скелетних м'язів; можливостям використання метаболічних показників з метою оцінки функціонального стану організму.

Метою навчального курсу «Основи біохімії м'язової діяльності» є оволодіння студентами системою теоретичних знань з біохімічних механізмів рухової діяльності організму людини.

Завдання навчального курсу логічно витікають із загальної мети й полягають у набутті знань та навичок їх використання у практичній діяльності, а саме:

- розвиток професійного мислення;
- оволодіння фундаментальними вихідними поняттями з біохімічних основ рухової діяльності людини та біохімічних змін у організмі людини під впливом фізичних навантажень та їх дія на функціонування систем й органів організму людини під час рухової діяльності;
- забезпечення свідомого розуміння закономірностей перетворень основних речовин, що входять до складу живих організмів, у основі яких є гідролітичні, окиснювальні процеси та процеси взаємодії окремих компонент між собою;
- поглиблення теоретичних знань щодо загальних положень обмінних процесів у організмі людини;
- інтеграція знань, що були отримані студентами раніше у процесі опанування циклу дисциплін фундаментальної, природничо-наукової підготовки.

Об'єктом вивчення дисципліни є процес фізичного виховання різних груп населення.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є біохімічні особливості та зміни у організмі людини під впливом занять фізичною культурою та спортом.

Основні навчальні компетентності, що формуються у майбутніх фахівців як результат успішного засвоєння навчального курсу з навчальної дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності» є наступними:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК 2. Здатність до розуміння значення та змісту обраної професії, знання основних концепцій та базових понять сфери фізичного виховання, фізичної культури.

ЗК 3. Здатність до пошуку, осмислення, аналізу, критичного оцінювання загальнонаукової та професійно орієнтованої інформації на основі наукових (перевіраних) фактів, відповідної термінології, логічних аргументів за допомогою інформаційно-комунікативних технологій.

Фахові компетентності (ФК):

ФК 3. Здатність визначати анатомо-фізіологічні, морфологічні, біохімічні, психологічні, біомеханічні особливості фізкультурно-спортивної діяльності й характер їх впливу на організм людини з урахуванням статті, віку.

ФК 5. Здатність застосовувати сучасні методи, здійснювати пошук, аналіз й оцінку інформації у галузі фізичного виховання, у тому числі за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій, необхідної для постановки та вирішення професійних завдань, професійного та особистісного розвитку.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН 2. Знає та вміє застосовувати на практиці з метою вирішення завдань фізичного виховання основні положення дисциплін медико-біологічного циклу.

ПРН 7. Знає біологічні, соціальні, психологічні та інші чинники збереження здоров'я, вміє застосовувати їх в оздоровчій роботі.

ПРН 26. Здатний підвищувати кваліфікацію, оволодівати сучасними знаннями для їх подальшої реалізації в практичній діяльності на основі самонавчання і самовдосконалення.

Навчальний матеріал дисципліни структурований у навчально-тематичному плані за модульним принципом й складається з трьох змістових модулів:

1. Загальні положення обмінних процесів у організмі людини.

2. Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин.

3. Біохімія м'язової діяльності.

Кожен з модулів є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчально-тематичного плану, засвоєння якого передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Навчальна дисципліна «Основи біохімії м'язової діяльності» відповідно до робочого навчального плану підготовки бакалаврів викладається на 1 курсі у 2 семестрі, належить до нормативної навчальної дисципліни циклу професійної підготовки.

Загальне навантаження для студентів денної форми навчання складає 90 годин, з яких:

- лекційних – 18 годин;

- практичних – 18 годин;
- самостійних – 54 години.

Загальне навантаження для студентів заочної форми навчання також складає 90 годин, з яких:

- лекційних – 4 години;
- практичних – 4 години;
- самостійних – 82 години.

Формою підсумкового контролю є екзамен.

Навчальна дисципліна має виразне професійне спрямування й тісно пов'язана з іншими академічними курсами, які внесено до освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти за освітнім ступенем «Бакалавр» зі спеціальності 014 Середня освіта (Фізична культура).

Для успішного опанування програмного матеріалу дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності» студентам необхідно мати базові знання з біології й хімії, що вивчалися у курсі загальної середньої освіти та з анатомії людини й фізіології людини, що вивчаються на 1 курсі, тому цілком логічним є опанування навчального матеріалу основ біохімії м'язової діяльності після вивчення вказаних вище дисциплін. Обрані теми та питання навчального плану сприяють систематизації, розширенню та поглибленню знань студентів з біологічної хімії та формуванню розуміння механізмів біохімічних змін під час фізичних навантажень та відновлення.

Дисципліна «Основи біохімії м'язової діяльності», як фундаментальна теоретична дисципліна є логічною складовою медико-біологічної підготовки майбутніх фахівців сфери фізичного виховання.

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи біохімії м'язової діяльності»

Назва теми	Кількість годин (денна/заочна) відведених на:			
	Аудиторні заняття		Самостійна робота студентів	Всього
	Лекції	Практичні		
Змістовий модуль 1				
Загальні положення обмінних процесів у організмі людини				
Тема 1. Вступ до біохімії. Поняття про хімічний склад організму людини	2/1	2/1	6/8	10/10
Тема 2. Обмін води, мінеральних речовин та енергії у організмі людини	2/0	2/0	6/10	10/10
Тема 3. Кислотно-основний стан організму людини	2/0	2/0	6/10	10/10
Разом за змістовим модулем 1	6/1	6/1	18/28	30/30
Змістовий модуль 2				
Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин				
Тема 4. Роль ферментів, вітамінів, гормонів у обмінних процесах	2/1	2/1	6/8	10/10
Тема 5. Обмін вуглеводів та ліпідів у організмі людини	2/0	2/0	6/10	10/10
Тема 6. Обмін білків та амінокислот у організмі людини	2/0	2/0	6/10	10/10
Разом за змістовим модулем 2	6/1	6/1	18/28	30/34
Змістовий модуль 3				
Біохімія м'язової діяльності				
Тема 7. Біохімія м'язів та м'язового скорочення	2/1	2/1	6/8	10/10
Тема 8. Механізм енергозабезпечення м'язової діяльності	2/0	2/0	6/10	10/10
Тема 9. Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності	2/1	2/1	6/8	10/10
Разом за змістовим модулем 3	6/2	6/2	18/26	30/30
Разом за 2 семестр	18/4	18/4	54/82	90/90

ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО КУРСУ

Номер теми	Перелік змістових модулів, тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
Змістовий модуль 1		
Загальні положення обмінних процесів у організмі людини		
1	<p>Вступ до основ біохімії м'язової діяльності. Поняття про хімічний склад організму людини</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Біохімія м'язової діяльності як наукова та навчальна дисципліна. 2. Предмет та методи дослідження біохімії 3. Хімічний склад організму людини 4. Хімічні елементи організму та іони 5. Будова, класи та біологічне значення органічних сполук у організмі людини 6. Вміст неорганічних речовин у організмі людини <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 2; 2, 74-81; 3, 252-260]</p>	2
2	<p>Обмін води, мінеральних речовин та енергії у організмі людини</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вміст, стан та функції води у організмі людини 2. Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності 3. Роль мінеральних речовин у організмі людини 4. Процеси анаболізму та катаболізму у організмі людини 5. Етапи розпаду поживних речовин та вивільнення енергії 6. АТФ як універсальне джерело енергії у організмі людини 7. Окисно-відновні реакції у тканинах організму людини та участь у них кисню <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 51-65; 3, 370-379, 331-341]</p>	2
3	<p>Кислотно-основний стан організму людини</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму 2. Показник водню, або рН організму людини 3. Значення та зміни буферних систем під час м'язової діяльності 	2

	<p>4. Вплив на фізичну працездатність порушення кислотно-основної рівноваги у організмі людини (ацидоз та алкалоз)</p> <p>5. Механізми транспорту речовин у організмі людини</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [2, 486-497; 3, 314-330]</p>	
<p>Змістовий модуль 2</p> <p>Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин</p>		
4	<p>Роль ферментів, вітамінів, гормонів у обмінних процесах</p> <p>1. Будова, властивості та механізм дії ферментів. Класи та номенклатура ферментів</p> <p>2. Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів. Ферментні препарати, що використовуються у спорті та під час реабілітації</p> <p>3. Вітаміни – класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини</p> <p>4. Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз</p> <p>5. Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення</p> <p>6. Хімічна природа, властивості та механізм дії гормонів у організмі людини</p> <p>7. Біологічна роль гормонів та їх вплив на м'язову діяльність людини. Гормони, що регулюють анаболічні процеси</p> <p>8. Участь гормонів у процесах адаптації організму до фізичних навантажень</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 7-8, 15; 2, 182-189, 453-456, 707-722; 3, 284-295]</p>	2
5	<p>Обмін вуглеводів та ліпідів у організмі людини</p> <p>1. Будова та біологічна роль вуглеводів у організмі людини. Моносахариди. Дисахариди. Полісахариди</p> <p>2. Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини. Рівень глюкози у крові та механізми регуляції його сталості</p> <p>3. Анаеробне та аеробне окиснення вуглеводів у організмі людини.</p> <p>4. Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень. Молочна кислота та її обмін у тканинах</p> <p>5. Будова та біологічна роль ліпідів у організмі людини</p> <p>6. Хімічний розпад жирів їжі у травній системі людини. Поняття про окиснення жирів у тканинах</p> <p>7. Вплив фізичних навантажень на обмін жирів</p>	2

	8. Порушення процесів обміну ліпідів у організмі людини <i>Рекомендована література:</i> [1, 11-14; 2, 577-601, 658-671; 3, 331-341]	
6	Обмін білків та амінокислот у організмі людини 1. Будова та біологічна роль білків та амінокислот 2. Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини 3. Біосинтез білка та його вплив на процеси відновлення й адаптації організму до м'язової діяльності людини 4. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка 5. Розпад тканинних білків 6. Сечовина – показник розпаду тканинних білків <i>Рекомендована література:</i> [1, 5-6; 2, 152-169, 251-260; 3, 331-341]	2
Змістовий модуль 3 Біохімія м'язової діяльності		
7	Біохімія м'язів та м'язового скорочення 1. Структурна організація скелетних м'язів 2. Будова нервово-м'язового з'єднання (синапс) 3. Збудження м'язів та включення у роботу різних типів рухових одиниць 4. Хімічний склад м'язів 5. Будова міофібрил та скоротливих білків 6. Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів 7. Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів 8. Метаболічні зміни у скелетних м'язах за умов стомлення та гіпокінезії <i>Рекомендована література:</i> [2, 108-118; 3, 406-437]	2
8	Механізм енергозабезпечення м'язової діяльності 1. Роль АТФ у функції м'язів 2. Загальна характеристика механізмів енергоутворення 3. Анаеробні та аеробні механізми енергозабезпечення м'язової діяльності людини 4. Внесок окремих механізмів енергоутворення у забезпечення бігу на різні дистанції 5. Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ	2

	різної потужності <i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 753-773; 3, 260-268]	
9	Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності 1. Обмін води та мінеральних речовин під час м'язової діяльності 2. Обмін речовин під час м'язової діяльності та у період відновлення 3. Системи регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань 4. Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін 5. Біохімічний контроль функціонального стану організму. Об'єкти, методи та організація біохімічних досліджень 6. Основні біохімічні показники крові та сечі <i>Рекомендована література:</i> [2, 753-785; 3, 269-278, 460-485]	2
Разом за 2 семестр		18

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Перелік тем практичних занять, їх анотації	Кількість годин
Змістовий модуль 1 Загальні положення обмінних процесів у організмі людини		
1	Вступ до основ біохімії м'язової діяльності. Поняття про хімічний склад організму людини Теоретична частина. Питання для обговорення: 1. Основи біохімії м'язової діяльності як наукова та навчальна дисципліна. 2. Предмет та методи дослідження біохімії м'язової діяльності 3. Хімічний склад організму людини 4. Хімічні елементи організму та іони 5. Будова, класи та біологічне значення органічних сполук у організмі людини 6. Вміст неорганічних речовин у організмі людини Практична частина.	2

	<p>1. Виконання ситуаційних завдань. Вид контролю: поточний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 2; 2, 74-81; 3, 252-260]</p>	
2	<p>Обмін води, мінеральних речовин та енергії у організмі людини</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вміст, стан та функції води у організмі людини 2. Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності 3. Роль мінеральних речовин у організмі людини 4. Процеси анаболізму та катаболізму у організмі людини 5. Етапи розпаду поживних речовин та вивільнення енергії 6. АТФ як універсальне джерело енергії у організмі людини 7. Окисно-відновні реакції у тканинах організму людини та участь у них кисню <p>Практична частина.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виконання ситуаційних завдань. <p>Вид контролю: поточний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 51-65; 3, 370-379, 331-341]</p>	2
3	<p>Кислотно-основний стан організму людини</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму 2. Показник водню, або рН організму людини 3. Значення та зміни буферних систем під час м'язової діяльності 4. Вплив на фізичну працездатність порушення кислотно-основної рівноваги у організмі людини (ацидоз та алкалоз) 5. Механізми транспорту речовин у організмі людини <p>Практична частина.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модульна контрольна робота №1. <p>Вид контролю: тематичний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [2, 486-497; 3, 314-330]</p>	2

Змістовий модуль 2		
Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин		
4	<p>Роль ферментів, вітамінів, гормонів у обмінних процесах</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова, властивості та механізм дії ферментів. Класи та номенклатура ферментів 2. Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів. Ферментні препарати, що використовуються у спорті та під час реабілітації 3. Вітаміни – класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини 4. Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз 5. Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення 6. Хімічна природа, властивості та механізм дії гормонів у організмі людини 7. Біологічна роль гормонів та їх вплив на м'язову діяльність людини. Гормони, що регулюють анаболічні процеси 8. Участь гормонів у процесах адаптації організму до фізичних навантажень <p>Практична частина.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виконання ситуаційних завдань. <p>Вид контролю: поточний контроль.</p> <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 7-8, 15; 2, 182-189, 453-456, 707-722; 3, 284-295]</p>	2
5	<p>Обмін вуглеводів та ліпідів у організмі людини</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова та біологічна роль вуглеводів у організмі людини. Моносахариди. Дисахариди. Полісахариди 2. Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини. Рівень глюкози у крові та механізми регуляції його сталості 3. Анаеробне та аеробне окиснення вуглеводів у організмі людини. 4. Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень. Молочна кислота та її обмін у тканинах 5. Будова та біологічна роль ліпідів у організмі людини 6. Хімічний розпад жирів їжі у травній системі людини. Поняття про окиснення жирів у тканинах 	2

	<p>7. Вплив фізичних навантажень на обмін жирів</p> <p>8. Порухнення процесів обміну ліпідів у організмі людини</p> <p>Практична частина.</p> <p>1. Виконання ситуаційних завдань.</p> <p>Вид контролю: поточний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 11-14; 2, 577-601, 658-671; 3, 331-341]</p>	
6	<p>Обмін білків та амінокислот у організмі людини</p> <p>Теоретична частина</p> <p>Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова та біологічна роль білків та амінокислот 2. Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини 3. Біосинтез білка та його вплив на процеси відновлення й адаптації організму до м'язової діяльності людини 4. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка 5. Розпад тканинних білків 6. Сечовина – показник розпаду тканинних білків <p>Практична частина.</p> <p>1. Модульна контрольна робота №2.</p> <p>Вид контролю: тематичний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 5-6; 2, 152-169, 251-260; 3, 331-341]</p>	2
<p>Змістовий модуль 3</p> <p>Біохімія м'язової діяльності</p>		
7	<p>Біохімія м'язів та м'язового скорочення</p> <p>Теоретична частина.</p> <p>Питання для обговорення:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Структурна організація скелетних м'язів 2. Будова нервово-м'язового з'єднання (синапс) 3. Збудження м'язів та включення у роботу різних типів рухових одиниць 4. Хімічний склад м'язів 5. Будова міофібрил та скоротливих білків 6. Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів 7. Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів 8. Метаболічні зміни у скелетних м'язах за умов стомлення та гіпокінезії 	2

	<p>Практична частина. 1. Виконання ситуаційних завдань. Вид контролю: поточний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [2, 108-118; 3, 406-437]</p>	
8	<p>Механізм енергозабезпечення м'язової діяльності</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення: 1. Роль АТФ у функції м'язів 2. Загальна характеристика механізмів енергоутворення 3. Анаеробні та аеробні механізми енергозабезпечення м'язової діяльності людини 4. Внесок окремих механізмів енергоутворення у забезпечення бігу на різні дистанції 5. Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ різної потужності</p> <p>Практична частина. 1. Виконання тестових завдань. Вид контролю: поточний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 753-773; 3, 260-268]</p>	2
9	<p>Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності</p> <p>Теоретична частина. Питання для обговорення: 1. Обмін води та мінеральних речовин під час м'язової діяльності 2. Обмін речовин під час м'язової діяльності та у період відновлення 3. Системи регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань 4. Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін 5. Біохімічний контроль функціонального стану організму. Об'єкти, методи та організація біохімічних досліджень 6. Основні біохімічні показники крові та сечі</p> <p>Практична частина. 1. Модульна контрольна робота №3. Вид контролю: тематичний контроль.</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [2, 753-785; 3, 269-278, 460-485]</p>	2
	Разом за 2 семестр	18

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Тема	Зміст самостійної роботи	Кількість годин
Змістовий модуль 1 Загальні положення обмінних процесів у організмі людини		
<p style="text-align: center;">Тема 1</p> <p>Вступ до основ біохімії м'язової діяльності. Поняття про хімічний склад організму людини</p>	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Біохімія м'язової діяльності як наукова та навчальна дисципліна. 2. Предмет та методи дослідження біохімії м'язової діяльності 3. Хімічний склад організму людини 4. Хімічні елементи організму та іони 5. Будова, класи та біологічне значення органічних сполук у організмі людини 6. Вміст неорганічних речовин у організмі людини <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 2; 2, 74-81; 3, 252-260]</p> <p>II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 1.</p>	6
<p style="text-align: center;">Тема 2</p> <p>Обмін води, мінеральних речовин та енергії у організмі людини</p>	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вміст, стан та функції води у організмі людини 2. Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності 3. Роль мінеральних речовин у організмі людини 4. Процеси анаболізму та катаболізму у організмі людини 5. Етапи розпаду поживних речовин та вивільнення енергії 6. АТФ як універсальне джерело енергії у організмі людини 7. Окисно-відновні реакції у тканинах організму людини та участь у них кисню <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 51-65; 3, 370-379, 331-341]</p> <p>II. Опрацювання лекційного матеріалу.</p>	6

	III. Підготовка до практичного заняття № 2.		
Тема 3 Кислотно-основний стан організму людини	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму 2. Показник водню, або рН організму людини 3. Значення та зміни буферних систем під час м'язової діяльності 4. Вплив на фізичну працездатність порушення кислотно-основної рівноваги у організмі людини (ацидоз та алкалоз) 5. Механізми транспорту речовин у організмі людини <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [2, 486-497; 3, 314-330]</p> <p>II. Опрацювання лекційного матеріалу.</p> <p>III. Підготовка до практичного заняття № 3.</p>	6	
Змістовий модуль 2			
Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин			
Тема 4 Роль ферментів, вітамінів, гормонів у обмінних процесах	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова, властивості та механізм дії ферментів. Класи та номенклатура ферментів 2. Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів. Ферментні препарати, що використовуються у спорті та під час реабілітації 3. Вітаміни – класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини 4. Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз 5. Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення 6. Хімічна природа, властивості та механізм дії гормонів у організмі людини 7. Біологічна роль гормонів та їх вплив на м'язову діяльність людини. Гормони, що регулюють анаболічні процеси 8. Участь гормонів у процесах адаптації організму до фізичних навантажень <p style="text-align: center;"><i>Рекомендована література:</i> [1, 7-8, 15; 2, 182-189, 453-456, 707-722; 3, 284-295]</p>	6	

	<p>II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 4.</p>	
<p>Тема 5 Обмін вуглеводів та ліпідів у організмі людини</p>	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова та біологічна роль вуглеводів у організмі людини. Моносахариди. Дисахариди. Полісахариди 2. Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини. Рівень глюкози у крові та механізми регуляції його сталості 3. Анаеробне та аеробне окиснення вуглеводів у організмі людини. 4. Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень. Молочна кислота та її обмін у тканинах 5. Будова та біологічна роль ліпідів у організмі людини 6. Хімічний розпад жирів їжі у травній системі людини. Поняття про окиснення жирів у тканинах 7. Вплив фізичних навантажень на обмін жирів 8. Порушення процесів обміну ліпідів у організмі людини <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 11-14; 2, 577-601, 658-671; 3, 331-341]</p> <p>II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 5.</p>	6
<p>Тема 6 Обмін білків та амінокислот у організмі людини</p>	<p>I. Законспекуйте питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Будова та біологічна роль білків та амінокислот 2. Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини 3. Біосинтез білка та його вплив на процеси відновлення й адаптації організму до м'язової діяльності людини 4. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка 5. Розпад тканинних білків 6. Сечовина – показник розпаду тканинних білків <p><i>Рекомендована література:</i> [1, 5-6; 2, 152-169, 251-260; 3, 331-341]</p>	6

	II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 6.	
Змістовий модуль 3 Біохімія м'язової діяльності		
Тема 7 Біохімія м'язів та м'язового скорочення	I. Законспекуйте питання: 1. Структурна організація скелетних м'язів 2. Будова нервово-м'язового з'єднання (синапс) 3. Збудження м'язів та включення у роботу різних типів рухових одиниць 4. Хімічний склад м'язів 5. Будова міофібрил та скоротливих білків 6. Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів 7. Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів 8. Метаболічні зміни у скелетних м'язах за умов стомлення та гіпокінезії <i>Рекомендована література:</i> [2, 108-118; 3, 406-437] II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 7.	6
Тема 8 Механізм енергозабезпечення м'язової діяльності	I. Законспекуйте питання: 1. Роль АТФ у функції м'язів 2. Загальна характеристика механізмів енергоутворення 3. Анаеробні та аеробні механізми енергозабезпечення м'язової діяльності людини 4. Внесок окремих механізмів енергоутворення у забезпечення бігу на різні дистанції 5. Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ різної потужності <i>Рекомендована література:</i> [1, 16; 2, 753-773; 3, 260-268] II. Опрацювання лекційного матеріалу. III. Підготовка до практичного заняття № 8.	6
Тема 9 Динаміка біохімічних	I. Законспекуйте питання: 1. Обмін води та мінеральних речовин під час м'язової діяльності 2. Обмін речовин під час м'язової діяльності та у	6

<p>процесів під час м'язової діяльності</p>	<p>період відновлення</p> <p>3. Системи регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань</p> <p>4. Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін</p> <p>5. Біохімічний контроль функціонального стану організму. Об'єкти, методи та організація біохімічних досліджень</p> <p>6. Основні біохімічні показники крові та сечі</p> <p><i>Рекомендована література:</i> [2, 753-785; 3, 269-278, 460-485]</p> <p>II. Опрацювання лекційного матеріалу.</p> <p>III. Підготовка до практичного заняття № 9.</p>	
Разом за 2 семестр		54

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІНИ «Основи біохімії м'язової діяльності»

Загальна оцінка успішності навчання базується на декількох складових. Основною формою діагностики успішності є поточний контроль протягом практичних занять, який здійснюється шляхом усного опитування, виконання модульних, спеціальних та нормативних завдань (кожне заняття оцінюється).

Проміжною формою контролю є модульний контроль, який проводиться у вигляді письмової контрольної роботи та виконання тестових завдань. Формою підсумкового контролю є підсумкове тестування. Підбиття загального підсумку передбачає врахування результатів всіх видів контролю у певній пропорції.

Розрахунок середньозваженої оцінки (бала)

Середньозважений бал (СБ)	Коефіцієнт т	Види робіт
<u>Сума оцінок</u> 5	0,7	Участь у обговоренні питань семінарських занять (СЗ) (5 занять – теми 1, 2, 4, 5, 7 (максимум 5 балів)
<u>Сума оцінок</u> 3	0,2	Модульні контрольні роботи (МКР) (максимум 5 балів): 1. Загальні положення обмінних процесів у організмі людини. 2. Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин. 3. Біохімія м'язової діяльності.
Оцінка	0,1	Підсумкове тестування (ПТ) в аудиторії

Визначення підсумкової оцінки (ПО) здійснюється за таким алгоритмом:

$$ПО = СБ (СЗ) \times 0,7 + СБ (МКР) \times 0,2 + Оцінка ПТ \times 0,1$$

Відповідність шкал оцінювання (національної та європейської ECTS)

Оцінка ECTS	Середньозважений бал, що формує інтервальну шкалу	Національна оцінка	
A 100-90	4,51 – 5,00	5	<i>Відмінно</i> – високий рівень володіння теоретичними знаннями й практичними вміннями
B 89-82	4,01 – 4,50	4	<i>Добре</i> – достатній рівень оволодіння знаннями навчального матеріалу, вміння їх практичного впровадження
C 81 – 74	3,50 – 4,00	4	<i>Добре</i> – середньо-достатній рівень володіння теоретичним матеріалом та готовності до оперування набутими вміннями й навичками
D 64-73	2,83 – 3,49	3	<i>Задовільно</i> – середній рівень володіння теоретичними знаннями, практичними вміннями й навичками
E 60-63	2,51 – 2,82	3	<i>Задовільно</i> – рівень володіння теоретичним матеріалом, практичними вміннями й навичками визначається нижче середнього
FX 59-35	2,00 – 2,50	2	<i>Незадовільно</i> – низький рівень володіння навчальним матеріалом, студент не спроможний опанувати практичні вміння без додаткових занять з дисципліни
F 34-0	0,00 – 1,99	2	<i>Незадовільно</i> – низький рівень знань із дисципліни, відсутність практичних умінь і навичок, що є підставою для повторного вивчення дисципліни

Можливість отримання додаткових балів

Бали (максимально)	Види робіт
5	Самостійна робота (конспекти тем лекційних занять)
5	Індивідуальне завдання (письмове, усне, презентація, реферат, схема тощо)
10	Екзамен

**Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів з дисципліни
«Основи біохімії м'язової діяльності»**

Рівні навчальних досягнень студентів	Критерії оцінювання навчальних досягнень
<p>Високий</p> <p>Відмінно А (100-90 балів)</p>	<p>Студент має системні знання з основ біохімії м'язової діяльності, вміє їх самостійно набувати, має глибокі знання з основ динамічної біохімії. Самостійно виконує науково-дослідницьку роботу. Логічно та творчо викладає засвоєний матеріал; легко вирішує творчі завдання посиленої складності.</p> <p>Студент володіє навичками з біохімічного аналізу стану організму людини, може надати характеристику біохімічних змін під час фізичних навантажень різної інтенсивності та під час відновлення організму; знає основні механізми транспорту речовин у організмі.</p> <p>Студент вміє: обґрунтовувати вплив на біохімічних склад людини факторів навколишнього середовища та засобів фізичного виховання; користуватися приладами з метою визначення фізичного стану окремих систем організму; визначати вплив ферментів, вітамінів, гормонів на стан організму, які забезпечують ефективність виконання тих або інших фізичних вправ; використати отримані знання під час планування, реалізації та вдосконалення фізичних вправ; використати отримані знання під час планування, реалізації та вдосконалення фізичних вправ та обґрунтувати їх енергозабезпечення.</p> <p>Студент виконує 90% від загальної кількості тестів.</p>
<p>Достатній</p> <p>Добре В (89-82 балів)</p>	<p>Студент вільно оперує вивченим матеріалом з основ біохімії м'язової діяльності. Знає основи динамічної біохімії. Вміє визначати роль мінеральних та органічних речовин у життєдіяльності людини, виконанні фізичних вправ; знає основні відмінності енергетичного, загального, пластичного, фізіологічного обміну речовин.</p> <p>Студент вміє: визначати біохімічні показники, які забезпечують виконання тих або інших фізичних вправ. Студент може застосовувати знання у змінених нестандартних ситуаціях. Володіє знаннями з основ біохімії м'язової діяльності. Здатен самостійно опрацювати навчальний матеріал, але потребує консультацій викладача. Виконує прості творчі завдання.</p> <p>Студент виконує 80% від загальної кількості тестів.</p>
<p>Вище</p>	<p>Студент демонструє достатні знання щодо формування</p>

<p><i>середнього</i></p> <p>Добре C (81-74 балів)</p>	<p>наукового світогляду з дисципліни, зокрема щодо місця біохімії м'язової діяльності серед інших дисциплін, методів і обладнання для біохімічних досліджень.</p> <p>Студент самостійно дає більшість визначень з біохімії м'язової діяльності, може поверхнево порівнювати та давати біохімічний аналіз процесу обміну речовин, робити певні не завжди логічні та неточні висновки.</p> <p>Студент в недостатній мірі розуміє основи динамічної біохімії; не розуміє принцип біохімічного енергозабезпечення рухової діяльності людини.</p> <p>Переважно відповідає за планом, висловлює власну думку щодо теми, з допомогою викладача, виконує прості, типові завдання, робить висновки, що не завжди відповідають змісту завдання.</p> <p>Студент виконує 70% від загальної кількості тестів.</p>
<p><i>Середній</i></p> <p>Задовільно D (64-73 балів)</p>	<p>Студент демонструє опосередковані знання щодо формування наукового світогляду з дисципліни. Володіє епізодично концептуальними та методологічними знаннями у галузі біохімії м'язової діяльності.</p> <p>Вміє визначити об'єкт і суб'єкт, предмет досліджень, використовуючи гносеологічні підходи до розв'язання актуальних проблем, допускаючи водночас певні помилки. Частково володіє здатністю самостійно здобувати та поглиблювати знання з біохімії м'язової діяльності людини, комплексом сучасних інформаційно-комунікативних технологій та засобів навчання, епізодично вміє застосувати здобуті знання, уміння й навички для самовдосконалення та власного професійно-педагогічного зростання.</p> <p>Не вміє вільно оперувати вивченим матеріалом; помилково пояснює зв'язки між біохімічними процесами; з помилками аналізує та систематизує їх, може поверхово порівнювати та аналізувати біохімічні явища і робити певні, але нелогічні та неточні висновки. Робить висновки, що не завжди відповідають змісту завдання</p> <p>Студент виконує 50 % від загальної кількості тестів.</p>
<p><i>Нижче середнього</i></p> <p>Задовільно E (60-63 балів)</p>	<p>Студент демонструє слабкі знання для формування наукового світогляду з дисципліни. Майже не володіє концептуальними та методологічними знаннями у галузі біохімії м'язової діяльності.</p> <p>Слабо володіє здатністю самостійно здобувати та поглиблювати знання з біохімії м'язової діяльності (основні закони, теорії, актуальні проблеми), комплексом сучасних інформаційно-комунікативних технологій та засобів навчання, епізодично вміє застосувати здобуті знання, уміння й навички</p>

	<p>для самовдосконалення та власного професійно-педагогічного зростання.</p> <p>Не вміє вільно оперувати вивченим матеріалом. Дає неповну відповідь; здатен усно відтворити окремі частини теми з курсу. Має фрагментарні уявлення про біохімічні процеси м'язової діяльності організму людини. Практично не розуміє цілісної картини біохімічних явищ у організмі під час фізичних навантажень. Не вміє робити висновки.</p> <p>Студент виконує 30 % від загальної кількості тестів.</p>
<p>Низький</p> <p>Незадовільно</p> <p>FX (59-35</p> <p>балів)</p>	<p>Студент демонструє дуже слабкі знання. Майже не володіє концептуальними та методологічними знаннями. Не володіє здатністю самостійно здобувати та поглиблювати знання.</p> <p>Не вміє вільно оперувати вивченим матеріалом; помилково пояснює зв'язки між біохімічними процесами під час м'язової діяльності; з помилками аналізує та систематизує їх. Дає неповну, неточну відповідь; не здатен усно відтворити окремі частини теми.</p> <p>Низький рівень володіння навчальним матеріалом, студент не спроможний опанувати практичні вміння без додаткових занять із дисципліни.</p> <p>Студент виконує 20% від загальної кількості тестів.</p>
<p>Низький</p> <p>(початковий)</p> <p>Незадовільно</p> <p>F (1-34 балів)</p>	<p>Студент не демонструє знання для формування наукового світогляду. Не володіє концептуальними та методологічними знаннями. Не володіє здатністю самостійно здобувати та поглиблювати знання з дисципліни. Зовсім не дає відповідь на запитання, не здатен усно відтворити окремі частини теми.</p> <p>Дуже низький рівень знань з дисципліни, відсутність практичних умінь і навичок, що є підставою для повторного вивчення дисципліни</p> <p>Студент виконує менше 20 % від загальної кількості тестів.</p>

**ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ
(екзамен)**

1. Основні завдання біохімії м'язової діяльності.
2. Хімічний склад організму людини
3. Хімічні елементи організму та іони
4. Будова, класи та біологічне значення органічних сполук у організмі людини
5. Вміст неорганічних речовин у організмі людини
6. Обмін води та мінеральних речовин у організмі людини
7. Вміст, стан та функції води у організмі людини
8. Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності
9. Роль мінеральних речовин у організмі людини
10. Обмін води та мінеральних речовин під час м'язової діяльності
11. Кислотно-основний стан організму людини
12. Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму
13. Показник водню, або рН організму людини
14. Значення та зміни буферних систем під час м'язової діяльності
15. Вплив на фізичну працездатність порушення кислотно-основної рівноваги у організмі людини (ацидоз та алкалоз)
16. Механізми транспорту речовин у організмі людини
17. Обмін речовин у організмі людини
18. Процеси анаболізму та катаболізму у організмі людини
19. Особливості обміну речовин в людей різного віку
20. Обмін речовин під час м'язової діяльності та у період відновлення
21. Етапи розпаду поживних речовин та вивільнення енергії
22. Системи регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань
23. Обмін енергії у організмі людини
24. АТФ як універсальне джерело енергії у організмі людини
25. Будова АТФ та її обмін у організмі людини
26. Окисно-відновні реакції у тканинах організму людини та участь у них кисню
27. Цикл лимонної кислоти (цикл Кребса)
28. Дихальний ланцюг та процес окисного фосфорилування
29. Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін
30. Порушення енергетичного обміну у організмі людини
31. Пероксидне окиснення речовин у організмі людини
32. Ферменти – біологічні каталізатори процесів метаболізму
33. Будова, властивості та механізм дії ферментів
34. Класи та номенклатура ферментів
35. Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів
36. Ферментні препарати, що використовуються у спорті та під час реабілітації
37. Вітаміни
38. Вітаміни – класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини
39. Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз
40. Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення

41. Гормони – специфічні регулятори обміну речовин
42. Хімічна природа та властивості гормонів
43. Механізм дії гормонів у організмі людини
44. Біологічна роль окремих гормонів у організмі та їх вплив на м'язову діяльність людини
45. Гормони, що регулюють анаболічні процеси
46. Участь гормонів у процесах адаптації організму до фізичних навантажень
47. Обмін вуглеводів у організмі людини
48. Будова та біологічна роль вуглеводів у організмі людини
49. Моносахариди
50. Дисахариди
51. Полісахариди
52. Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини
53. Рівень глюкози у крові та механізми регуляції його сталості
54. Анаеробне окиснення вуглеводів у організмі людини
55. Аеробне окиснення вуглеводів у організмі людини
56. Глюконеогенез
57. Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень
58. Молочна кислота та її обмін у тканинах
59. Обмін ліпідів у організмі людини
60. Будова та біологічна роль ліпідів у організмі людини
61. Хімічний розпад жирів їжі у травній системі людини
62. Поняття про окиснення жирів у тканинах
63. Вплив фізичних навантажень на обмін жирів
64. Порушення процесів обміну ліпідів у організмі людини
65. Кетонові тіла, утворення та обмін у тканинах людини
66. Обмін білків та амінокислот у організмі людини
67. Будова та біологічна роль білків та амінокислот
68. Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини
69. Біосинтез білка та його вплив на процеси відновлення й адаптації організму до м'язової діяльності людини
70. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка
71. Розпад тканинних білків
72. Сечовина – показник розпаду тканинних білків
73. Біохімія м'язів та м'язового скорочення
74. Структурна організація скелетних м'язів
75. Будова нервово-м'язового з'єднання (синапс)
76. Збудження м'язів та включення у роботу різних типів рухових одиниць
77. Хімічний склад м'язів
78. Будова міофібрил та скоротливих білків
79. Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів
80. Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів
81. Метаболічні зміни у скелетних м'язах за умов стомлення та гіпокінезії
82. Механізм енергозабезпечення м'язової діяльності

83. Роль АТФ у функції м'язів
84. Загальна характеристика механізмів енергоутворення
85. Анаеробні та аеробні механізми енергозабезпечення м'язової діяльності людини
86. Внесок окремих механізмів енергоутворення у забезпечення бігу на різні дистанції
87. Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ різної потужності
88. Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності.
89. Кисневе забезпечення роботи м'язів
90. Використання енергетичних ресурсів та кисню під час м'язової роботи

ЗАВДАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ЩО ЗАЙМАЮТЬСЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ПЛАНОМ НАВЧАННЯ

1. Хімічний склад організму людини
2. Будова, класи та біологічне значення органічних сполук у організмі людини
3. Вміст неорганічних речовин у організмі людини
4. Обмін води та мінеральних речовин у організмі людини
5. Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності
6. Роль мінеральних речовин у організмі людини
7. Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму
8. Механізми транспорту речовин у організмі людини
9. Обмін речовин у організмі людини
10. Обмін речовин під час м'язової діяльності та у період відновлення
11. Системи регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань
12. Обмін енергії у організмі людини
13. Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін
14. Порушення енергетичного обміну у організмі людини
15. Ферменти – біологічні каталізатори процесів метаболізму
16. Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів
17. Вітаміни – класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини
18. Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення
19. Гормони – специфічні регулятори обміну речовин
20. Біологічна роль окремих гормонів у організмі та їх вплив на м'язову діяльність людини
21. Обмін вуглеводів у організмі людини
22. Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини
23. Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень
24. Обмін ліпідів у організмі людини
25. Хімічний розпад жирів їжі у травній системі людини
26. Поняття про окиснення жирів у тканинах
27. Вплив фізичних навантажень на обмін жирів
28. Обмін білків та амінокислот у організмі людини
29. Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини
30. Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка
31. Біохімія м'язів та м'язового скорочення

32. Структурна організація скелетних м'язів
33. Хімічний склад м'язів
34. Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів
35. Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів
36. Характеристика механізмів енергоутворення
37. Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ різної потужності
38. Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності.
39. Киснєве забезпечення роботи м'язів
40. Використання енергетичних ресурсів та кисню під час м'язової роботи

Примітка:

1. Студенти обирають тему контрольної роботи під керівництвом викладача.
2. Викладач може змінити формулювання теми.
3. Перелік тем є орієнтовним і може доповнюватися викладачем.
4. Копіювання матеріалів з системи Інтернет є плагіатом, унаслідок чого робота оцінюється на «незадовільно».
5. Контрольна робота оцінюється лише після співбесіди з викладачем, публічного захисту тощо.

Вимоги до написання контрольної роботи:

1. У контрольній роботі потрібно розкрити суть проблеми, що розглядається, дати визначення основних понять, огляд стану проблеми і основних підходів до вивчення, викласти свій погляд на проблему, зробити висновки.
2. Структура контрольної роботи: титульна сторінка, зміст, вступ (актуальність проблеми), основна частина, висновки, рекомендації, список використаної літератури.
3. Під час написання контрольної роботи потрібно використовувати різні наукові і науково-популярні видання (монографії, наукові збірники, наукові журнали тощо).
4. Обсяг контрольної роботи – 10-15 сторінок рукописного або комп'ютерного тексту (формат А-4).

НАВЧАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ ВІДПОВІДНО ДО ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

«Загальні положення обмінних процесів у організмі людини»

Тема 1. Вступ до основ біохімії м'язової діяльності. Поняття про хімічний склад організму людини

Біохімія м'язової діяльності як наукова та навчальна дисципліна. Будь-який вид м'язової діяльності (напружені спортивні тренування або оздоровча масова фізична культура, профілактичні або реабілітаційні фізичні вправи) пов'язаний із прискоренням обміну речовин та енергії у тканинах організму. Рівень прискорення процесів обміну речовин (метаболізму) залежить від характеру м'язової діяльності, її інтенсивності та тривалості.

Метаболічні зміни під час м'язової діяльності, саме як й ефективність виконання роботи, значно залежать від достатнього вмісту у скелетних м'язах та інших тканинах організму поживних речовин, води та мінералів, вітамінів, а також надходження із клітин кисню й інших потрібних речовин, що забезпечується своєчасним їх поповненням за рахунок раціонального харчування або спеціальних препаратів. Надмірна м'язова робота може призводити до накопичення продуктів обміну речовин, виснаження енергетичного запасу, що зумовлює зниження фізичної працездатності, розвиток стомлення й, навіть, відмову від фізичної роботи.

Систематичні фізичні тренування поліпшують метаболічні та енергетичні спроможності організму людини: аеробні, що забезпечують виконання роботи на витривалість; анаеробні, що покращують швидкісно-силові здатності.

Оскільки характер обміну речовин та енергії у тканинах організму суттєво змінюється під час м'язової діяльності, що зумовлює активізацію процесів адаптації до неї, вивчається дисципліною «Біохімія м'язової діяльності», знання із даної дисципліни необхідні майбутнім фахівцям сфери фізичного виховання для їхньої майбутньої практичної фахової діяльності та вивчення інших дисциплін медико-біологічного курсу.

Предмет та методи дослідження біохімії. Організм людини складається із величезної кількості органічних та неорганічних речовин, які вивчає хімія, а їхню роль у життєдіяльності організму - біологічна хімія.

Біологічна хімія - наука, що розкриває хімічні або молекулярні основи життєдіяльності організму. Саме біохімічні процеси лежать у основі проявів різних функцій організму: збудливості, скорочення, енергозабезпечення, терморегуляції тощо. Вони забезпечують високу фізичну працездатність організму, його здатність адаптуватися (приспособуватися) до фізичних навантажень та інших факторів середовища, впливають на стан здоров'я людини, на процеси відновлення працездатності після фізичних навантажень.

Основними завданнями біохімії є дослідження:

- хімічного складу живих організмів, будови, властивостей та біологічного значення хімічних речовин;
- обміну речовин та енергії у тканинах організму;
- участі біохімічних процесів у забезпеченні функціонування систем організму у нормі та за різних його станів: захворювань, що важливо для медиків та реабілітологів; під час м'язової або спортивної діяльності, що важливо для фахівців сфери фізичної культури, спорту, фізичної реабілітації, фізичної рекреації тощо; невагомості, гіпоксії, що важливо для багатьох галузей діяльності людини.

Біохімія м'язової діяльності досліджує:

- біохімічні особливості функціонування скелетних м'язів та інших органів під час виконання різних фізичних навантажень;
- механізми енергозабезпечення м'язової діяльності, їх розкриття під час спортивних тренувань;
- біохімічні основи стомлення та процесів відновлення після фізичних навантажень;
- біохімічні основи адаптації до фізичних навантажень;
- особливості раціонального харчування;
- дію різних хімічних препаратів на обмін речовин під час фізкультурної й спортивної діяльності та відновлення організму після навантажень, хвороб;
- використання біохімічних показників обміну речовин у фізкультурно-спортивній діагностиці.

Хімічна енергія у м'язах перетворюється на механічну форму енергії, що забезпечує їх скорочення, завдяки чому виконується різноманітна фізична робота. Виконання вправ у різних зонах потужності потребує проявів та розвитку різних фізичних якостей людини: швидкості, сили, витривалості, гнучкості, спритності, що забезпечуються різними біохімічними процесами.

Методи дослідження у біохімії м'язової діяльності умовно поділяють на лабораторні, експрес-методи та експериментальні методи.

Лабораторні методи включають багато фізичних та хімічних методів, для яких необхідна відповідна апаратура, що використовується у лабораторних умовах. Такими є хроматографія, електрофорез, радіоізотопи, спектроскопія, ультрамікроскопія тощо.

Експрес-методи - швидкі доступні методи біохімічного аналізу сечі або крові за допомогою індикаторних смужок, що дозволяють провести дослідження у нелaborаторних умовах та широко використовуються у практиці фізичної культури, спорту, фізичної реабілітації з метою самоконтролю стану організму.

Експериментальні методи використовуються з метою визначення змін у фізичному стані організму під впливом різноманітних засобів фізичної культури та спорту в умовах педагогічного експерименту, що може тривати протягом від кількох місяців до кількох років.

Хімічний склад організму людини. До складу організму людини входять органічні та неорганічні речовини. Неорганічні речовини у свою чергу поділяються на:

- метали - Ca (кальцій), Na (натрій), K (калій), Mg (магній), Fe (ферум - залізо), Zn (цинк);
- неметали - O₂ (кисень), P (фосфор), S (сульфур - сірка), Cl (хлор), I (йод), F (флюор - фтор);
- оксиди - CO₂ (діоксин вуглецю – вуглекислий газ), H₂O (вода), NO (оксид азоту);
- кислоти - HCl (хлоридна кислота), H₂CO₃ (карбонатна кислота), H₃PO₄ (ортофосфатна кислота);
- солі - NaCl (хлорид натрію), NaHCO₃ (гідрокарбонат натрію), NaH₂PO₄ (дигідроортофосфат натрію), Na₂HPO₄ (гідроортофосфат натрію), Na₃PO₄ (ортофосфат натрію).

Органічні речовини представлені у організмі людини вуглеводами, жирами, білками, нуклеїновими кислотами, пептидами, кетонами, карбоновими кислотами, амінокислотами, вітамінами та іншими речовинами.

Відносний вміст даних речовин наступний: близько 60% маси тіла становить вода. Відносно великий вміст білків (18%) та жирів (15%). Вуглеводи становлять тільки 2% маси тіла та 1% - інші органічні сполуки. Мінеральні речовини становлять 4% від маси тіла.

Хімічні елементи організму та іони. Усі речовини організму людини (саме як й неживої природи) побудовані із атомів різних хімічних елементів.

Тканини організму людини містять у основному 22 із 110 відомих хімічних елементів. Із них тільки чотири хімічних елемента є основними, оскільки їхня частка становить близько 98% маси тіла. Вони використовуються з метою побудови органічних структурних компонентів тіла. Такими елементами є:

- O - кисень (проста речовина кисень) - близько 68%,
- C - карбон (вуглець) - близько 20%,
- H - водень (водень) - близько 10%,
- N - нітроген (азот) - близько 2%.

Інші елементи потрібні організму у меншій кількості. Залежно від потреби їх поділяють на макро-, мікро- та ультрамікроелементи.

Макроелементи становлять 1-0,1% маси тіла - Ca (кальцій), Na (натрій), K (калій), Mg (магній), P (фосфор), S (сульфур - сірка), Cl (хлор),

Мікроелементи становлять менше 0,01% маси тіла - Fe (ферум - залізо), Zn (цинк), F (флюор - фтор), Cu (купрум – мідь), Mn (манган – марганець), Co (кобальт), Cr (хром) та інші. Вони або входять до складу складних білків (особливо ферментів), або є активаторами біохімічних процесів.

Ультрамікроелементи необхідні організму у дуже малих концентраціях та становлять менше 0,001% маси тіла - Se (селен), V (ванадій), Au (золото), Ag (срібло), Cs (цезій), Sr (стронцій) та інші.

Багато із перелічених елементів знаходяться у організмі у вигляді електрично заряджених частинок - іонів: катіонів, які віддали електрони та мають позитивний заряд (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), та аніонів, які прийняли електрони та мають негативний заряд.

Будова, класи та біологічне значення органічних сполук. Більшу частину сухого залишку організму становлять органічні речовини (90-96%). Вони побудовані із атомів карбону, з'єднаних між собою карбон-карбоновими зв'язками. Атоми карбону здатні утворювати між собою подвійні або потрійні зв'язки. Речовини, що мають такі зв'язки, називають ненасиченими. Прикладом ненасиченої речовини організму є олеїнова жирна кислота, що входить до складу жирів та надає їм властивості рідини. Атоми карбону у органічних сполуках можуть з'єднуватися із групами атомів, що надають речовинам певних властивостей (кислот, спиртів тощо). За їх наявності у молекулах виділяють окремі класи речовин: спирти, органічні кислоти, альдегіди, катіони, аміни, амінокислоти, білки, коферменти, ефіри, жири.

Властивості органічних речовин, їхня здатність вступати у біохімічні реакції залежать від типів хімічних зв'язків між атомами у молекулах. Виділяють такі хімічні зв'язки: ковалентні, іонні, гідрогенні. Найміцніший зв'язок ковалентний. Він утворений загальною парою електронів. Окремі ковалентні зв'язки між атомами відносно легко розриваються й внаслідок виділяється багато потенційної енергії. Такі зв'язки називають високоенергетичними, як й молекули, що їх мають. Вони є у речовинах, що виконують енергетичну функцію у організмі: АТФ (аденозинтрифосфат), АДФ (аденозиндифосфат), КФ (креатинфосфат) тощо.

До складу організму входять високомолекулярні й низькомолекулярні органічні сполуки. Високомолекулярні речовини, субмолекулярні та клітинні структури побудовані всього із чотирьох типів низькомолекулярних молекул - амінокислоти, нітрогенні основи, глюкоза та жирні кислоти. Серед них є такі, що не синтезуються у клітинах організму (незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти). Вони, як мінерали, належать до незамінних факторів харчування, що мають постійно надходити до організму у необхідних кількостях.

Існує багато класифікацій хімічних речовин у залежності від принципу, покладеного у їхню основу. Класи органічних речовин виділяють за принципом виконання ними конкретних функцій у організмі:

- вуглеводи (2% маси тіла) - енергетична функція;
- білки (18%) - структурна та багато інших функцій;
- жири (ліпіди) (15%) - енергетична та компоненти клітинних мембран;
- нуклеїнові кислоти (1%) - зберігають та передають генетичні (спадкові) ознаки людини; відповідають за синтез білків.

Всі вони виконують відповідну роль у м'язовій діяльності людини.

Вміст неорганічних речовин. Неорганічними речовинами організму людини є вода та різні мінеральні речовини. Вода становить близька 60% маси

тіла. Вона є основою внутрішнього рідинного середовища організму, де розчиняються різні речовини, рухаються, обмінюються тощо.

Мінеральні речовини становлять близько 4-10% маси тіла. У клітинах вони знаходяться переважно у вигляді іонів (катионів й аніонів) та мають назву електроліти. Крім того, багато із них використовується для побудови органічних речовин, наприклад, гемоглобіну (Fe^{2+}), цитохромів (Fe, Cu), вітаміну B_{12} (Co), гормону тироксину тощо.

Органічні та неорганічні речовини входять до складу продуктів харчування. Особливо важливим є надходження до організму тих речовин, що не можуть утворюватися (синтезуватися) у організмі людини, їх називають незамінними факторами харчування. Вони мають постійно надходити із продуктами харчування або у складі харчових добавок, які часто використовуються під час спортивної діяльності, фізичної реабілітації, лікування хворих тощо. Тому будову, значення та метаболізм окремих речовин необхідно знати фахівцям сфери фізичної культури, спорту, фізичної реабілітації, рекреації тощо, оскільки раціональне харчування є необхідною умовою відновлення працездатності або підвищення рівня фізичних здатностей організму людини, збереження її здоров'я.

Тема 2. Обмін води, мінеральних речовин та енергії у організмі людини

Вміст, стан та функції води у організмі людини. Вода (H_2O) є дуже важливою складовою частиною організму людини та потрібна для життя та життєдіяльності організму, водночас не є поживною речовиною. Втрата організмом людини понад 10% води призводить до його загибелі. Тому у організмі має підтримуватися постійний вміст води, як й всіх інших хімічних речовин, який називають хімічним гомеостазом. Хімічний гомеостаз забезпечує високу фізичну працездатність людини. Під час м'язової діяльності можливі значні порушення водного балансу, особливо під час спеки, що часто лімітує працездатність навіть добре адаптованих до високої температури людей. Своєчасне поповнення води або запобігання зневодненню організму необхідне для підтримки роботи всіх його функціональних систем, результативної спортивної діяльності, прискорення процесів відновлення після роботи. Знання про особливості обміну води під час м'язової діяльності мають суттєве значення для фахівців сфери фізичного виховання.

Вміст води у організмі чоловіка становить близько 60% маси тіла, жінки - 50%. Кількість води у організмі змінюється протягом життя – у ембріона її найбільше (до 97%), а у тілі старої людини найменше (до 50%). У різних тканинах вміст води нерівномірний: найбільше її у слині (99%) та крові (92%), найменше у кістках (близько 30%), відносно багато води у м'язах (до 70%).

У організмі вода є основою біологічних рідин: плазми, цитоплазми, лімфи, міжклітинної рідини, шлункового соку, слини, сечі тощо. Вода у них знаходиться у різних станах, саме тому має різне значення. Вирізняють такі стани води у організмі:

- гідратаційна (зв'язана із білками) вода. Не зважаючи на те, що процеси гідратації відбуваються постійно, кількість її майже не змінюється. Тільки під час старіння організму втрачається гідратаційна вода, що призводить до зморщування тканин тіла.

- іммобілізована вода знаходиться у замкненому просторі між мембранами клітин або у структурі складних речовин. Вона створює умови для перебігу обмінних процесів у клітинах й підтримує їхні функції, структуру та форму. Більша частина води організму (до 63%) знаходиться у клітинах (цитоплазмі).

- вільна вода (вода різних біологічних рідин організму). Найбільше її у міжклітинному просторі. Саме цю воду організм легко втрачає у результаті потовиділення. У разі затримання її у організмі під час порушення виведення нирками, вона збирається під шкірою (у клітковині) й утворює набряки.

За своєю будовою молекула води (H_2O) - диполь (мас протилежні заряди на молекулі: частина молекули, де знаходиться кисень (O), заряджена негативно, а де атоми водню (H_2) - позитивно. Завдяки цьому вода може взаємодіяти зі своїми молекулами та із молекулами інших речовин.

Вода у організмі людини виконує наступні функції:

- розчиняє речовини (гази, солі, кислоти, органічні речовини);
- бере участь у біохімічних реакціях (гідроліз, гідратація). Наприклад, реакція розпаду АТФ проходить за участю води, тому має назву гідроліз;
- є середовищем, де відбуваються різні хімічні перетворення, підтримує форму клітин та їхні функції;
- підтримує температуру тіла за рахунок випаровування (потовиділення);
- підтримує кислотно-основний стан;
- забезпечує транспорт речовин та вирівнює їх концентрації завдяки осмосу;
- є основою біологічних рідин організму, де підтримує осмотичний тиск (необхідна умова діяльності серцево-судинної системи та функцій різних клітин).

Отже, вода створює умови гомеостазу у організмі, порушення яких призводить до зниження працездатності, розвитку захворювань або смерті. Тому важливо підтримувати постійний обмін води із навколишнім середовищем та забезпечувати водний баланс організму.

Водний баланс та його можливі зміни під час м'язової діяльності. Оскільки вода постійно виділяється із організму, її рівень має поповнюватися. Людина не може жити без постійного споживання води, завдяки чому й підтримується водний баланс.

Водний баланс - рівновага між виділеною та спожитою водою. Добова потреба у воді звичайної дорослої людини у середньому становить 2,5-2,8 л або 40 мл на 1 кг маси тіла. У дітей потреба у воді більша у 2-3 рази й становить 80-100 мл на 1 кг маси тіла.

Запаси її поповнюються за рахунок води, що надходить із їжею та напоями (екзогенна вода) та за рахунок води, що утворюється у тканинах

організму у процесі обміну речовин (ендогенна або метаболічна вода). Кількість ендогенної води становить не більше 250-350 мл на добу й залежить від інтенсивності обміну та особливостей окиснення окремих речовин. Найбільше води утворюється після окиснення жирів - 107 г на 100 г жиру, менше після окиснення вуглеводів (56 г) та білків (41 г).

Сталість вмісту води у організмі підтримується регуляторними системами - ЦНС та гормональною. Гормони контролюють діяльність нирок. Це, зокрема, гормон гіпофізу - вазопресин (антидіуретичний) та кори надниркових залоз - альдостерон. Вони затримують Na та H₂O у організмі.

Втрату води організмом або зневоднення називають дегідратацією. Зневоднення викликає зменшення об'єму плазми крові та швидкості транспорту речовин через збільшення її густини, що погіршує діяльність серцево-судинної та нервової системи, скелетних м'язів. Тому дегідратація організму на 5% викликає зниження фізичної працездатності на 30%, можливий головний біль, а понад 7% може викликати коматозний стан людини, затьмарення свідомості та галюцинації. Зменшення об'єму води у організмі на 1% викликає відчуття спраги, що сигналізує про необхідність її поповнення.

Під час м'язової діяльності, особливо спортивного тренування, коли значно прискорюється обмін речовин та виділення енергії, організм багато води втрачає із потом (до 90%), що запобігає його перегріванню. Найбільша втрата води організмом спостерігається під час виконання довготривалої роботи (біг, велогонки тощо), менша – у процесі короткочасної роботи вибухового характеру (важка атлетика). Втрата води у марафонців може досягати 2-3 л на годину, а після пробігання всієї дистанції сягати 7 л. Отже, норми споживання води для спортсменів мають визначатися із величини її втрат, що є різним у різних видах рухової активності та спорту.

Разом із водою у процесі м'язової діяльності виділяються також мінеральні речовини, що призводить до змін швидкості нервових процесів та сили скорочення м'язів. У зв'язку із цим відновлення водного балансу рекомендується робити не чистою водою, а споживанням водно-мінеральних та вітамінних напоїв, соків або вуглеводно-мінеральних напоїв. Відновлення водного балансу слід проводити у найкоротший час, але краще запобігати дегідратації організму.

Під час фізичних навантажень зневоднення організму особливо швидко спостерігається у дітей, оскільки вони мають великий вміст міжклітинної води та втрачають її суттєво.

Водний баланс може бути порушений за надмірного накопичення води у організмі, що називають гіпергідратацією, що проявляється у вигляді прихованого або вираженого набряку. Причинами такого стану можуть бути різні фізіологічні та патологічні зміни у організмі.

Роль мінеральних речовин. Вміст мінеральних речовин у організмі людини становить 4-10% сухої маси тіла та залежить від функціонального стану організму, віку, умов навколишнього середовища, харчування тощо. Мінеральні речовини у тканинах організму містяться у вигляді солей

(наприклад, у кістках багато фосфатів кальцію), у складі органічних сполук (наприклад, Fe - у гемоглобіні, міоглобіні та цитохромах, Zn - у інсуліні, I - у тироксині).

Вміст окремих мінералів неоднаковий у різних тканинах, а також у середині клітин й поза ними. Так, Ca, P, Mg у великій кількості міститься у кістках, I - у щитовидній залозі, де використовується для синтезу тироксину, а F - у емалі зубів. У середині клітин, наприклад, у еритроцитах крові, міститься багато іонів K^+ , але мало Na^+ , а у плазмі навпаки - багато Na^+ та мало K^+ . Така різна концентрація іонів у середині клітини та поза нею, яку називають іонним градієнтом концентрації, підтримується завдяки роботі спеціальних іонних каналів та АТФ-залежних насосів та є необхідною умовою існування клітин. Завдяки цьому створюється електричний потенціал на мембранах електробудливих клітин нервової та м'язової тканин.

Потреба людини у окремих мінеральних речовинах залежить від віку, стану організму, виконуваної роботи тощо. Для дитячого організму необхідно більше Ca, P, Mg та інших речовин, які використовуються щодо побудови організму у процесі росту. Їх вміст зменшується у похилому віці.

Під час фізичних навантажень вміст багатьох мінеральних речовин знижується через втрату їх із сильним потовиділенням. Тому після фізичних навантажень з метою поповнення вони мають надходити до організму із надлишком.

Добова потреба звичайної дорослої людини у мінеральних речовинах покривається повноцінним раціональним харчуванням із використанням різноманітної їжі рослинного та тваринного походження (табл. 1).

Таблиця 1

Добова потреба дорослої людини у мінеральних речовинах

Речовина	Добова потреба, г, мг	Біологічне значення	Вміст у 100 г продукту, г, мг
Макроелементи (1-0,1 % маси тіла), г			
Ca	1-2	Компонент кісток, зубів. Бере участь у; передачі нервових імпульсів та м'язові волокна, запуску скорочення м'язів, зсіданні крові, засвоєнні Fe та V_{12}	Сир твердий – 1 Халва – 0,8 Сир – 0,15 Молоко – 0,12 Яйце – 0,05
P	1-2	Компонент кісток, зубів. Складова джерел енергії: АТФ, АДФ, креатин фосфату. Входить до складу нуклеїнових кислот. Компонент фосфатних буферних систем, що підтримують КОР	Гриби білі – 0,7 Сир твердий – 0,5 Бобови – 0,3 Вівсяна крупа – 0,36 Молоко згущене – 0,21
Mg	0,3-2	Компонент кісток. Регулює функцію скелетних м'язів, серцеву діяльність (за відсутності спостерігаються часті судоми). Впливає на процеси синтезу білка; є кофактором багатьох ферментів. Сприяє виведенню холестерину.	Бобови – 0,1 Хліб пшеничний – 0,8 Лісові горіхи – 0,13 Банани – 0,04
Na K	1-3 2-6, але надходить до 15-30	Регулюють функцію нервової системи, процеси збудження. Забезпечують збудження скелетних м'язів. Підтримують осмотичний тиск у рідинах. Регулюють обмін води: Na – затримує воду й створює набряки, K – підвищує виведення води та іонів Na	Харчова сіль – 20-30 Курага – 1-2 Сир твердий – 0,9 Бобови – 0,8 Хліб житній – 0,6 Картопля – 0,6

Cl	3-7	Підтримує осмотичний тиск у біологічних рідинах. Регулює обмін води та транспорт іонів, КОС. Використовується для утворення HCl у шлунку	NaCl – харчова сіль Хліб чорний – 0,8
Мікроелементи (менше 0,01% маси тіла), мг			
Fe	10-15	Компонент гемоглобіну та міоглобіну – білки, що транспортують O ₂ . Компонент цитохромів, що беруть участь в утворенні АТФ.	Шипшина – 30 Печінка – 20 Гречка – 8 Жовток яйця – 6 Хліб – 4
Zn	15	Компонент інсуліну. Активатор ряду ферментів, у тому числі карбоангідази: H ₂ CO ₃ -CO ₂ -H ₂ O, а також лактатдегідрогенази. Прискорює синтез білка. Проявляє антиоксидантні властивості. Впливає на імунітет.	Печінка – 5 Жовток яйця – 3 Хліб чорний – 2 Риба – 0,5
S	200	Входить до коферменту А (КоА-SH), вітаміну В ₁ , амінокислот, білків.	Хліб чорний – 85 М'ясо, риба, яйце
Cu	3	Потрібна для процесів кровотворення та енергоутворення (компонент цитохромів)	Печінка – 3,8 Боби – 1,1 Хліб – 0,2
Mn	1-5	Активатори ферментів обміну вуглеводів	Печінка – 0,32 М'ясо – 0,15 Риба – 0,06
Co	00,2-0,04	Використовується для побудови вітаміну В ₁₂ , еритроцитів	Печінка – 0,008 М'ясо – 0,005 Хліб – 0,002
J	0,150	Компонент гормону щитовидної залози – тироксину, який підтримує інтенсивність усіх ланок метаболізму	Тріска – 0,26 Овочі – 0,05 Молоко – 0,03 Яйце – 0,02
F	2-4	Компонент зубів, надлишок викликає захворювання зубів – плямистість емалі (флюороз)	Риба – 1,4 Борошно – 0,7 М'ясо – 0,5
Se	0,05-0,2	Компонент ферментів антиоксидантної системи, Підсилює імунну систему. Протираковий елемент.	М'ясо Риба Молоко

Під час напружених тренувань, захворювань, використанні різних методів фізичної реабілітації потреба у мінеральних речовинах збільшується.

Біологічне значення окремих мінеральних речовин у організмі досить різноманітне. Мінеральні речовини необхідні для:

- побудови тіла, його складових сполук: білків, нуклеїнових кислот, гормонів, ферментів, вітамінів тощо;
- підтримання сталості іонного складу внутрішнього середовища організму, що впливає на структуру й функцію клітин та різних молекул;
- підтримання кислотно-основного стану у організмі;
- регуляції обміну речовин, оскільки виступають активаторами багатьох ферментів.

Від їх концентрації та якісного складу залежить функціонування різних систем організму, у тому числі робота м'язів, що забезпечує фізкультурно-спортивну діяльність, або створює умови щодо швидшого відновлення фізичної працездатності.

Процеси анаболізму та катаболізму у організмі людини. Невід'ємною умовою життєдіяльності організму людини є постійний обмін речовин із

навколишнім середовищем. У організм людини, як у відкриту систему, надходять із зовнішнього середовища поживні речовини (вуглеводи, жири, білки), вітаміни, мінерали, вода, кисень повітря. Протягом 70 років життя людина споживає близько 14 т вуглеводів, 2,5 т білків, 2,5 т жиру та 56 т води. Дані речовини та їхні складові використовуються або для побудови речовин організму, або для утворення енергії.

Сукупність біохімічних та фізіологічних процесів, що забезпечують надходження речовин у організм, їх засвоєння, перетворення у клітинах та виведення продуктів обміну у зовнішнє середовище має назву обмін речовин або метаболізм. Обмін речовин забезпечує:

- зростання та розвиток організму;
- самовідновлення його структур;
- енергозабезпечення;
- сталість хімічного складу внутрішнього середовища (хімічний гомеостаз);
- пристосування до умов середовища, у тому числі й до фізичних навантажень;
- інші процеси.

У разі порушення обміну речовин розвиваються патологічні зміни у організмі, що викликають різні захворювання. Організм людини найбільш чутливий до порушення обміну кисню (O_2). Без надходження його до клітин організм гине вже через декілька хвилин. Кисень необхідний для процесів біологічного окиснення поживних речовин та утворення АТФ (енергії) в усіх клітинах, особливо мозку. Без води людина може жити довше - до 5 діб, а без їжі - декілька тижнів.

Процеси обміну речовин чітко впорядковані та скоординовані завдяки дії білків - ферментів та регуляторних систем. Ферменти регулюють швидкість біохімічних реакцій. Існують метаболічні шляхи або цикли (замкнено циркулюючі процеси) розпаду або синтезу речовин, у яких відбувається поступове біохімічне перетворення окремих сполук із участю різних ферментів (Е).

Речовини, що утворюються у метаболічних процесах, називають, продуктами обміну або метаболітами. За окремими метаболітами виявляють захворювання або характеризують функціональний стан людини під час фізкультурно-спортивної діяльності, фізичної реабілітації або рекреації.

Метаболічні шляхи обміну окремих речовин можуть відбуватися самостійно, а можуть перетинатися, що створює умови щодо їх взаємоперетворення: вуглеводів на жири, жирів на вуглеводи тощо.

Заняття фізичною культурою або спортом, використання рівних засобів фізичної реабілітації та рекреації активують процеси метаболізму у тканинах, що покращує стан здоров'я організму людини, підвищує фізичну працездатність, сприяє профілактиці або лікуванню певних захворювань, стримує процеси старіння. Вони повинні бути найважливішим засобом здорового способу життя.

Обмін речовин включає два взаємопов'язані, але різноспрямовані процеси, які називають анаболізмом (асиміляція) та катаболізмом (дисиміляція).

Анаболізм забезпечує процеси біосинтезу (утворення) складних речовин, насамперед біосинтезу білків. Дані процеси відбуваються із використанням енергії (АТФ) та забезпечують зростання, відновлення організму після різноманітних впливів, збільшення маси тіла, запасання поживних речовин тощо. Прискоренню анаболічних процесів сприяють біологічно активні речовини: вітаміни (С, В₆, В₁₂, А, Е) та гормони (переважно гормони стероїдної природи (у спорті є забороненими – відносяться до виду допінгів)).

Катаболізм забезпечує процеси внутрішньоклітинного розпаду складних речовин та виведення продуктів обміну із організму. Дані реакції супроводжуються вивільненням енергії.

Без складних речовин неможливий процес розпаду та вивільнення енергії, а без простих речовин та АТФ не будуть відбуватися анаболічні процеси, що виконують пластичну функцію, у тому числі накопичення поживних речовин. Саме тому у клітинах процеси анаболізму та катаболізму взаємопов'язані.

Вирізняють наступні види обміну речовин:

- із навколишнім середовищем;
- пластичний (анаболізм, асиміляція - сукупність хімічних процесів що приводять до синтезу специфічних для організму речовин: ферментів, гормонів, енерговмісних сполук, структурних елементів клітин (білки, ліпіди й вуглеводи));
- функціональний (включає біохімічні реакції, що забезпечують функціональну активність клітин, тканин та органів);
- енергетичний (катаболізм, дисиміляція – сукупність реакцій розщеплення складних органічних сполук до простих із виділенням енергії, що забезпечує потреби клітини (біосинтез, поділ клітини, активний транспорт);
- проміжний (комплекс хімічних перетворень речовин які щойно потрапили у організм ззовні);
- основний (мінімальна кількість енергії, необхідна для підтримання життя організму у стані повного спокою).

Швидкість та збалансованість анаболічних та катаболічних процесів залежать від багатьох факторів: віку людини, статі, рухової активності, умов середовища тощо.

Особливості обміну речовин у людей різного віку. Кожний віковий період має свої особливості будови тіла, метаболізму та функцій, які слід враховувати під час занять фізичною культурою та спортом та у процесі оцінюванні реагування організму на фізичне навантаження.

В організмі здорової людини зрілого віку першого періоду (21-35 років жінки та 22-36 років чоловіки) процеси анаболізму та катаболізму відносно збалансовані за сталої маси тіла, а у другому періоді (36-55 років та 37-60 років відповідно) починають переважати катаболічні процеси.

У дітей (1-12 років) та підлітків (12-16 років) переважають процеси анаболізму (біосинтезу). Вони створюють умови щодо зростання й розвитку організму. Останнім часом процеси зростання у дітей відбуваються прискорено та закінчуються переважно у 19-20 років. Прискорення фізичного розвитку дітей називають акселерацією. Уповільнення фізичного розвитку дітей називають ретардацією.

Білковий обмін у організмі, що росте, досить інтенсивний. Переважають процеси синтезу білка та нуклеїнових кислот. Інтенсивність біосинтезу білка у дітей збільшена у 1,5-2,5 разів у порівнянні із дорослими людьми, продуктів розпаду білків менше виводиться із сечою: сечовини та аміаку.

Обмін вуглеводів у дітей характеризується зниженою швидкістю мобілізації вуглеводів, повільним їх підключенням до енергообміну. У них менші запаси вуглеводів у печінці та м'язах, нижча концентрація глюкози у крові. Водночас інтенсивність їх окиснення висока. Вуглеводи більшою мірою використовуються для пластичних процесів. У дітей низька потужність анаеробного окиснення вуглеводів та підвищена чутливість до молочної кислоти.

Обмін жирів у організмі, що росте, характеризується високою мобілізацією резервних жирів та більш низьким їх вмістом. Із віком загальна кількість ліпідів у організмі збільшується. Вміст холестерину у крові дітей менший, ніж у дорослих.

Водно-мінеральний обмін змінюється у період зростання. Вміст води у організмі із віком зменшується. У дітей майже у 2 рази більше позаклітинної води, тому вони легко її втрачають, що може призвести до зневоднення організму. Підвищена потреба дітей у таких мінералах: Ca, P, Fe, Cu, I, Zn, Co тощо, особливо у період статевого дозрівання.

Енергетичний обмін у дітей характеризується високою інтенсивністю й пов'язаний із великими витратами енергії. Основний обмін у 3-річних дітей із розрахунку на 1 кг маси тіла на 95% вищий, ніж у дорослих, у 6-річних - на 66%, 9-річних - на 36%, 12-річних - на 25%, а у віці 15-19 років розбіжності незначні.

Висока інтенсивність енергетичного обміну організму, який зростає, відбувається за обмежених можливостей аеробного і, особливо, анаеробного механізмів енергоутворення через менші енергетичні запаси, знижені можливості дихальної системи та кровообігу, недостатність розвитку гормональної та нервової систем регуляції метаболізму. У зв'язку із цим діти погано адаптуються під час виконання фізичних вправ, особливо силових та на швидкісну витривалість.

У старіючому організмі (55-74 роки - жінки та 60-74 роки - чоловіки) процеси катаболізму переважають анаболічні, порушується гормональна регуляція метаболізму, що призводить до зниження у організмі загального вмісту білка у крові та інших рідинах організму, а також у м'язах (їх вміст становить лише 25% маси тіла, тоді як у зрілому віці - більше 40%). М'язи атрофуються й втрачають силові та швидкісні здатності.

Етапи розпаду поживних речовин та вивільнення енергії. Поживні речовини забезпечують організм енергією, що міститься у хімічних зв'язках їхніх молекул та вивільняється під час розпаду та окиснення цих речовин. За рахунок вуглеводів поповнюється близько 55-65% енерговитрат організму, жирів - 25-35%, а білків - лише 5-15%. Процеси розпаду поживних речовин та вивільнення енергії відбуваються у клітинах організму поступово здебільшого за участю кисню (аеробно), який ми вдихаємо. Вирізняють такі три етапи: підготовчий, універсалізація, окиснення.

На першому етапі катаболізму складні поживні речовини розпадаються до мономерів, із яких вони побудовані: вуглеводи на молекули глюкози, жири - на гліцерин та жирні кислоти, а білки - на амінокислоти. Внаслідок енергія майже не вивільняється.

На другому етапі всі мономерні речовини різними метаболічними шляхами розпадаються до єдиної універсальної речовини - ацетил-КоА - активної форми оцтової кислоти, з'єднаної із коферментом ацетилювання (КоА). У процесі розпаду вивільняється третина енергії, що міститься у речовинах. Молекули ацетил-КоА є інтеграторами обміну основних класів поживних речовин у тканинах організму.

На третьому етапі, що відбувається у мітохондріях, ацетил-КоА перетворюється на лимонну кислоту (цитрат), яка поступово окиснюється у циклі лимонної кислоти та у дихальному ланцюзі до кінцевих продуктів метаболізму - H_2O та CO_2 із участю O_2 що надходить туди із легень та кровоносної системи. Цикл лимонної кислоти є центральним аеробним шляхом розпаду поживних речовин та вивільнення енергії. У ньому енергія поступово вивільняється у вигляді атомів гідрогену (H), який відщеплюється від речовин та передається далі специфічними переносниками на O_2

Ці частинки несуть електричну енергію. Водночас на мембранах мітохондрій створюються протонний та електронний потенціали. Гідроген поступово передається до кисню спеціальною електронтранспортною системою або дихальним ланцюгом. Дані системи знаходяться у внутрішніх мембранах мітохондрій, де закінчується третій етап розпаду та окиснення поживних речовин та вивільнення енергії. Під час транспорту гідрогену дихальним ланцюгом поступово вивільнюється енергія, яка частково розсіюється у вигляді тепла, а частково (близько 50%) перетворюється на хімічну енергію у процесі синтезу молекули АТФ із АДФ та H_3PO_4 (ортофосфатна кислота).

Система дихального ланцюга закінчується ферментом цитохромсидазою, який каталізує (збудження, пошкваллення) реакцію утворення води. Даною реакцією закінчується процес окиснення поживних речовин у клітинах організму. Під час окиснення амінокислот окрім CO_2 , H_2O утворюються молекули аміаку (NH_3), які дуже токсичні, тому швидко зв'язуються окремими амінокислотами.

АТФ як універсальне джерело енергії у організмі людини. У процесі життєдіяльності людина постійно використовує енергію, обсяг якої залежить від багатьох факторів. Організм дорослої людини у стані відносного спокою

витрачав близько 1900 ккал (8000 кДж) енергії протягом доби, спортсмени під час напружених тренувань витрачають до 4800 ккал (20 000 кДж). Дана енергія береться й поповнюється від енергії сонця. Рослини її акумулюють у процесі фотосинтезу органічних сполук, а людина їх споживає. Клітини організму людини вивільнюють енергію із них та акумулюють її у молекули АТФ (аденозинтрифосфорна кислота) - унікальну хімічну енергію, яка може перетворюватися на інші форми енергії: хімічну, теплову, електричну, механічну. Отже, найважливішою формою енергії, яка використовується у клітинах організму з метою підтримання різних фізіологічних функцій, є хімічна енергія молекул АТФ.

АТФ здатна у водному середовищі розпадатися із виділенням енергії та знову швидко синтезуватися (ресинтезуватися) за наявності енергії, що пов'язане із тим, що у молекулі АТФ є два високоенергетичні або макроенергетичні (тобто багаті на енергію) хімічні зв'язки. Тому молекула АТФ у клітинах організму виконує біологічну роль універсального джерела енергії. Побудована молекула АТФ, як всі нуклеотиди, із азотистої основи (аденіну), вуглеводу (рибози), які разом утворюють аденозин, та трьох залишків фосфорної кислоти. АТФ реалізує свою енергетичну функцію у процесі розпаду молекули. Найчастіше розпад АТФ відбувається під дією ферменту АТФгідролази (АТФази) до АДФ та H_3PO_4 із виділенням енергії близько 30-42 кДж. У молекулі АТФ акумулюється (зберігається) близько 80 кДж енергії.

АТФ у організмі використовується у багатьох енергозалежних процесах: скорочення й розслаблення м'язів; функція нервової системи – проведення та передача імпульсу; транспорт речовин через мембрани клітин; біосинтез складних речовин, особливо білка

Вміст АТФ у організмі невеликий (близько 50 г). Запас її у скелетних м'язах може вичерпатися уже протягом кількох секунд напруженої роботи, але він майже не змінюється, що пов'язано із досить швидким відновленням її рівня (ресинтезом). Швидкість обміну АТФ, наприклад, у скелетних м'язах під час виконання напружених фізичних вправ може збільшуватися майже у 100 разів та досягти 0,5 кг за 1 хв. у організмі людини протягом доби утворюється та розпадається близько 60 кг АТФ. Дане положення означає, що процеси ресинтезу мають відбуватися досить швидко щодо підтримання сталості концентрації АТФ у клітинах, що є необхідною умовою нормального їх функціонування. Синтез АТФ потребує наявності вільної енергії та ферменту, який каналізує реакції її утворення. Найбільше АТФ утворюється у аеробних процесах біологічного окиснення поживних речовин, які відбуваються у мітохондріях. Є також механізми анаеробного відновлення АТФ у клітинах. Анаеробні механізми ресинтезу АТФ за звичайних умов є додатковими, а за напруженої м'язової діяльності та гіпоксії, або ж у разі блокування аеробних реакцій біологічного окиснення (захворювання тощо) - основними відновниками рівня АТФ у клітинах.

Окисно-відновні реакції у тканинах організму людини та участь у них кисню. Процес окиснення поживних речовин пов'язаний із віддачею електронів або відщепленням гідрогену (реакція дегідрогенізації) від речовини, що окиснюється, а процес відновлення - із приєднанням електронів або O_2 речовиною, що відновлюється. Основним окисником поживних речовин у тканинах організму є кисень, який у окисно-відновних реакціях взаємодіє із гідрогеном. У неживій природі процес взаємодії гідрогену із киснем називають реакцією горіння, яка супроводжується тепловим вибухом.

У клітинах організму виділення енергії під час окисно-відновних реакцій відбувається поступово. Основний етап аеробного окиснення органічних речовин проходить у мітохондріях. Процес біологічного окиснення поживних речовин у клітинах за участю O_2 називають тканинним диханням. У результаті взаємодії гідрогену із киснем утворюється кінцевий продукт обміну - вода. Водночас поступово вивільнюється енергія, частина якої акумулюється у молекули АТФ під час їх синтезу. Процес синтезу АТФ за рахунок енергії біологічного окиснення, що вивільнюється у дихальному ланцюзі, називається окисним фосфорилуванням.

Існує два типи реакцій біологічного окиснення. Якщо гідроген передається на кисень, то такий тип реакції окиснення називають аеробним. Він залежить від надходження до клітин кисню, що доставляється сюди гемоглобіном (Hb) крові. Якщо ж гідроген передається на якусь органічну речовину, то такий тип окиснення називають анаеробним, що спостерігається під час анаеробного окиснення вуглеводів (у гліколітичному механізмі ресинтезу АТФ), що приводить до утворення молочної кислоти.

Тема 3. Кислотно-основний стан організму людини

Кислотно-основний стан внутрішнього середовища організму. Внутрішнє середовище організму складають різні біологічні рідини, що містять близько 90% води та розчинені у ній неорганічні та органічні речовини. Вони можуть бути кислотами або основами (розчинні основи називають лугами). Кількість їх зумовлює кислотно-основний (лужний) стан біологічної рідини. Даний стан ще називають активною реакцією середовища. Сталість кислотності та основності внутрішнього середовища організму називають кислотно-основною рівновагою (КОР).

Активна реакція середовища впливає на швидкість процесів обміну речовин та енергії, на різні функції організму, у тому числі на збудливість нервової системи та скорочення-розслаблення м'язів, що безпосередньо впливає на фізичну працездатність людини, стан її здоров'я. Тому необхідно знати про кислотно-основний стан, його показники, механізми, які підтримують його сталість, та зміни під час м'язової діяльності або під час захворювань.

Кислотність внутрішнього середовища організму залежить від концентрації у ньому іонів гідрогену (H^+), що утворюються переважно під час дисоціації (розпаду речовини на іони у водному середовищі) кислот: хлоридна (соляна) кислота, оцтова кислота, молочна кислота.

Лужність (основність) середовища залежить від концентрації гідроксильних іонів (OH^-), що утворюються із лужних речовин.

Співвідношення концентрації H^+ та OH^- характеризує кислотно-основний стан (КОС) біологічних рідин або активну реакцію середовища.

Вода - слабкий електроліт, але частково утворює іони гідрогену та гідроксиди у результаті дисоціації її молекул. Водночас у абсолютно чистій воді за кімнатної температури (22°C) утворюється тільки $1 \cdot 10^{-7}$ іонів гідрогену та стільки само гідроксидів. Добуток концентрації іонів H^+ та OH^- є сталою величиною, яка дорівнює $1 \cdot 10^{-14}$. Тобто, концентрація H^+ та OH^- у розчині може змінюватись у межах від $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-14}$ і, якщо концентрація H^+ збільшується, то OH^- зменшується, й навпаки.

Показник водню, або рН. Кислотно-основний стан рідин прийнято характеризувати за концентрацією іонів гідрогену (H^+), або показником водню (рН).

Якщо у водному середовищі однакова кількість H (гідрогену) та OH (гідроксиду), то рН дорівнює 7 й таке середовище є нейтральним. Якщо рН більше 7, то середовище - лужне, оскільки кількість іонів гідроксиду більша, ніж гідрогену, а якщо рН менше 7, то середовище - кисле, бо іонів гідрогену більше, ніж гідроксидів. Тобто, чим менша величина рН, тим більша кислотність.

Величини рН у рідинах визначаються за допомогою індикаторних смужок або приладу рН-метра та є важливим діагностичним показником у медичній та спортивній практиці.

Кожна біологічна рідина має свою величину рН, яка підтримується на певному фізіологічному рівні. Величини рН біологічних рідин організму у стані відносного спокою коливаються у досить вузьких межах:

- кров 7,34-7,4 – слабколужне середовище;
- слина 7,2-7,5 – слабколужне;
- цитоплазма 7,0 – нейтральне;
- сеча 5,5-6,0 – слабкокисле;
- шлунковий сік 1,5-2,0 – сильнокисле.

Величини рН окремих продуктів:

- лимонний сік - 2 – сильнокисле середовище;
- молоко - 6,5 – слабкокисле;
- білки яєць - 7,8 – слабколужне;
- морська вода - 7,8 – слабколужне.

Постійність величин рН біологічних рідин організму має велике фізіологічне значення, оскільки кислотність середовища впливає на активність ферментів; транспорт речовин; збудливість клітинних мембран та передачу нервового імпульсу; швидкість скорочення м'язів; механізми енергоутворення (АТФ); больові рецептори тощо.

В організмі людини існують спеціальні системи регуляції КОС (кислотно-основний стан) біологічних рідин, або забезпечення кислотно-основної рівноваги, завдяки яким у нормі рН крові не змінюється й підтримується у

межах 7,36 (7,34-7,40). Але у разі змін внутрішнього середовища через активацію або порушення метаболізму, наприклад, під час напруженої м'язової діяльності або гіпоксії (недостатності кисню у клітинах) накопичується молочна кислота у м'язах та крові, рН крові водночас знижується у тренованого спортсмена (швидкісно-силові види спорту) до 6,8-6,5 (за виснаження), а у нетренованої людини - до 7,2-7,0. Дане положення означає, що не завжди регуляторні системи можуть забезпечити підтримання КОР (кисотно-основна рівновага). Основну роль у регуляції КОР відіграють хімічні буферні системи, а також органи виділення та дихання (нирки та легені), деякою мірою, також травна система, діяльність яких контролюється ЦНС.

Значення та зміни буферних систем під час м'язової діяльності.

Буферні системи досить швидко (секунди) зв'язують надлишки H^+ або OH^- , що утворюються у процесі обміну речовин та захищають середовище від змін рН.

Буферні системи - двокомпонентні суміші, що можуть складатися зі слабкої кислоти та її розчинної солі від сильної основи, двох солей, білків, які у певному співвідношенні підтримують сталість рН рідинного середовища.

Основні буферні системи крові та інших рідин організму: бікарбонатна (діє переважно у плазмі крові, підтримує рН у межах 7,4); фосфатна (діє у клітинах тканини, підтримує рН у межах 9,6); білкова або гемоглобінові (діє у еритроцитах, рН у межах 7,0); ацетатна (діє у клітинах тканин, рН у межах 5,0).

Буферні системи мають обмежену ємність, тобто здатність зв'язувати певну кількість H^+ або OH^- . Щодо організму людини велике значення має запас лужних компонентів буферів, який називають лужним резервом. Лужні компоненти буферних систем зв'язують кислоти, що утворюються у організмі під час м'язової діяльності або окремих захворювань дихальної або видільної систем, цукровому діабеті. Якщо ємність буферних систем вичерпується, то величина рН рідини змінюється. Систематичні фізичні тренування поліпшують функціональний стан людини, що певною мірою пов'язано зі змінами ємності буферних систем. Виявлено, що анаеробні тренувальні навантаження збільшують буферну ємність крові на 15-50% уже через два місяці тренувань. Аеробні фізичні навантаження не впливають на дані системи.

Вплив на фізичну працездатність порушення кислотно-основної рівноваги у організмі людини (ацидоз та алкалоз). Кислотно-основна рівновага є невід'ємною умовою нормальної життєдіяльності всіх клітин організму. Зміни рН крові від 7,36 до 6,8 у нетренованому організмі спричиняють його загибель. За умови адаптації організму до фізичних навантажень він менше реагує на зміни рН у крові та інших рідинах й здатний підтримувати високу фізичну працездатність.

Визначають дві форми порушення кислотно-основної рівноваги - закислення та залуження середовища. Стан закислення середовища організму називають ацидозом, а залуження - алкалозом. Якщо лужний резерв буферних систем утримує сталість рН, то це компенсаторний ацидоз, а якщо він вичерпується та рН крові змінюється - це декомпенсаторний ацидоз.

Декомпенсаторний ацидоз тримається відносно довго та є фактором зниження працездатності та розвитку стомлення у спортсменів після виснажливих тренувань.

У спортсменів ацидоз спостерігається під час інтенсивної м'язової діяльності (біг на 200, 400 м) за рахунок накопичення молочної кислоти у м'язах. Водночас рН крові може знижуватися від 7,34 до 7,0 або навіть до 6,8, а у скелетних м'язах від 7,1 до 6,5 під час стомлення м'язів, що викликає біль у м'язах та зниження працездатності.

Ацидотичний стан - одна із причин м'язового стомлення організму. Але вже через 30-40 хв. відпочинку концентрація H^+ у тканинах нормалізується. Пов'язані із цим симптоми також поступово зникають. Молочна кислота більшою мірою окиснюється у тканинах за участю O_2 . За умови систематичного фізичного тренування ацидоз розвивається меншою мірою, оскільки збільшуються ємності буферних систем. Запобігти виникненню ацидозу під час м'язової діяльності можна шляхом використання основовмісних продуктів, наприклад, содових або спеціальних препаратів.

Ацидоз може виникати під час деяких захворювань. За механізмом розвитку ацидоз та алкалоз може бути респіраторним (газовим) або метаболічним (негазовим). Дані форми порушень КОР мають різні причини виникнення, вплив на стан здоров'я людини, особливості корекції та вимагають використання досить обмежених фізичних вправ.

Залуження середовища організму може виникати у разі надмірного надходження із їжею лужних речовин, втрати кислих компонентів, гіпервентиляції легень. Гіпервентиляція призводить до надмірного виділення CO_2 із організму та збільшення лужності крові. Даний прийом використовують легкоатлети-бігуни на короткі дистанції перед стартом з метою збільшення буферного основного резерву організму.

Зміни кислотно-основного середовища, сталість хімічного, особливо, іонного складу організму, залежать від швидкості транспорту H^+ , OH^- та інших речовин у рідинах та через мембрани, який забезпечується різними механізмами.

Механізми транспорту речовин у організмі людини. Виділяють такі чотири основні механізми транспорту речовин: дифузію, осмос, активний транспорт та цитоз (ендо- й екзо-).

Дифузія та осмос належать до пасивного механізму транспорту. Вони проходять без використання енергії. Два останні механізми перебігають за рахунок енергії АТФ й тому їх називають активним транспортом.

Дифузія - тепловий рух молекул або іонів із зони високої до зони низької концентрації цих молекул, тобто за градієнтом концентрації. Водночас концентрація речовин врівноважується. у організмі за рахунок дифузії швидко переміщуються малі молекули обміну речовин: CO_2 , H_2O , різні іони у рідинах або через пори у мембранах клітин. Шляхом дифузії O_2 надходить у кров та із крові надходить у тканини, де його концентрація менша.

Осмоз - однобічно спрямована дифузія води через напівпроникну клітинну мембрану до більш концентрованого розчину із тим, щоб зрівняти концентрацію солей по різні боки мембрани. Осмос відбувається за рахунок осмотичного тиску у біологічних рідинах, що зумовлено концентрацією осмотично активних солей. Осмос відіграє велику роль у підтриманні форми клітин, а отже їхньої функції.

Активний транспорт - переміщення речовин через напівпровідникові мембрани клітин із розчину низької до розчину високої концентрації, тобто проти градієнта концентрації, за участю АТФ та спеціальних мембранних білків-переносників. Такий вид транспорту забезпечує стійкість концентрації іонів Na^+ та K^+ у клітині та поза нею. Процеси активного транспорту даних іонів лежать у основі передачі нервового імпульсу по нервових закінченнях та створення іонного потенціалу дії на мембрані м'язових волокон, що зумовлює збудження та скорочення м'язів.

Ендоцитоз (вгинання) та екзоцитоз (вигинання) плазматичної мембрани клітини під час поглинання або викидання різних речовин, бактерій, мікробів. Такий механізм використовується також під час секреції гормонів, нейромедіаторів, знешкодження речовин, їх розщеплення.

Під час фізичних навантажень можуть порушуватися механізми транспорту речовин, особливо АТФ-залежних, що супроводжується зміною швидкості іннервації та скорочення м'язів. Систематичні фізичні тренування поліпшують роботу механізмів транспорту речовин, що створює кращі умови щодо обміну речовин та енергії, підтримання сталості рН та впливає на стан здоров'я людини, її спортивну діяльність.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

«Біохімічні основи, фактори та особливості проміжного обміну речовин»

Тема 4. Роль ферментів, вітамінів, гормонів у обмінних процесах

Будова, властивості та механізм дії ферментів. Проміжний обмін речовин у організмі людини відбувається за відносно стабільних величин тиску, температури, концентрації хімічних речовин, тому його швидкість залежить у основному від роботи біологічних каталізаторів, які називають ферментами.

Ферменти (ензими) - специфічні білки тканин організму, які регулюють швидкість (прискорюють або сповільнюють) біохімічних реакцій, тобто є біологічними каталізаторами. Під час м'язової діяльності та відновлення організму значно змінюється швидкість біохімічних реакцій, що пов'язано зі змінами активності або кількості ферментів. Ферменти широко використовуються у діагностиці, а також як лікувальні препарати.

За будовою ферменти, як й білки, бувають прості (складаються тільки із білка) та складні (крім білкової частини містять небілкову складову - кофермент). Кофермент формує активний центр ферменту, тобто створює невелику ділянку молекули ферменту, де відбувається перетворення речовин. Багато ферментів мають регуляторний центр, через який певні речовини змінюють його активність, Діяльність ферменту залежить від структурної організації білка. Зміни у структурі білка можуть призвести до втрати активності ферменту.

Коферменти бувають вітаміновмісні та невітамінні. Це означає, що вітаміни необхідні щодо утворення, роботи й активності ферментів, тому вони мають постійно надходити у організм. Основними вітаміновмісними коферментами ферментів, що каталізують процес біологічного окиснення поживних речовин, є: НАД - нікотинаміддинуклеотид, містить вітамін РР (нікотинамід); ФАД - флавінадендинуклеотид, містить вітамін В₂ (рибофлавін); КоА - кофермент ацетилювання - містить вітамін В₃ (пантотенову кислоту); КоQ (убіхінон) - компонент дихального ланцюга у мітохондріях, близький за будовою до вітаміну К.

До складу багатьох невітамінних коферментів входять мінерали, наприклад, Zn потрібен майже для 80 різних ферментів.

Ферменти мають такі властивості:

- високу активність - здатність одної молекули ферменту розщеплювати або синтезувати певну кількість субстрату за одиницю часу;

- специфічність (вибірковість) дії - здатність каталізувати перетворення лише одного субстрату (абсолютна специфічність) або багатьох (відносна специфічність);

- саморегуляція активності різними механізмами. Завдяки цій властивості можлива автономна регуляція (саморегуляція) метаболізму у клітинах на рівні ферментів.

Механізм роботи ферментів полягає у тому, що ферменти взаємодіють зі своїм субстратом із утворенням фермент-субстратного комплексу, який дуже

швидко розпадається на фермент та продукт реакції. Під час утворення цього комплексу фермент знижує енергію активації реагуючих речовин та швидкість реакції може збільшуватися у мільйон разів. Після перетворення речовини фермент не змінюється та може знову каталізувати реакцію. Фермент може реагувати із молекулами субстрату доти, доки не закінчиться тривалість його життя або він втратить активність.

Робота ферментів у тканинах залежить від багатьох факторів: канцентрації субстрату, температури тіла, величини рН.

Класи та номенклатура ферментів. Ферменти упорядковані Міжнародною класифікаційною комісією у 6 класів за типом реакцій.

1. Оксидоредуктази - каталізують окисно-відновні реакції (приєднання кисню - оксидази та відщеплення гідрогену - дегідрогенази).

2. Трансферази - переносять різні групи атомів.

3. Гідролази - розщеплюють різні речовини за участю води.

4. Ліази - розщеплюють подвійні зв'язки.

5. Ізомерази - перетворюють ізоформи речовин.

6. Лігази або синтетази - каталізують синтез складних речовин за участю АТФ.

Назва ферментів найчастіше утворюється від назви субстрату або типу реакції із додаванням суфікса «аза». Наприклад, ліпази розщеплюють ліпіди, сахараза - сахарозу, АТФаза - АТФ, а лактатдегідрогеназа - відщеплює гідроген від молочної кислоти та окиснює її. Іон молочної кислоти називають лактатом.

Вплив м'язової діяльності на властивості тканинних ферментів.

Одноразові фізичні навантаження змінюють активність різних ферментів, але лише тих, які є у клітинах. Дані зміни різноспрямовані щодо ферментів катаболічних та анаболічних процесів, а величина зміни може бути різною залежно від інтенсивності та специфічності м'язової діяльності.

Систематичні фізичні тренування підвищують активність ферментів, особливо енергетичних систем. Так, активність ферментів гліколізу у м'язах спортсменів різних видів спорту збільшується на 10-40%, а ферментів аеробного енергоутворення на 100-150%. Крім того м'язова адаптація до тренувань пов'язана зі збільшенням кількості окремих ферментів. Такі зміни на рівні ферментів створюють умови щодо високої інтенсивності метаболізму під час виконання фізичних вправ. Фізичні перевантаження, патологічні зміни у тканинах організму викликають вихід внутрішньоклітинних ферментів у кров, перерозподіл їх між тканинами, що може використовуватися під час діагностування.

Ферментні препарати, що використовуються у спорті та під час реабілітації. Оскільки ферменти відіграють ключову роль у регуляції процесів метаболізму, а їхня діяльність регулюється через регуляторний та активний центри, то можна певним чином змінювати обмін речовин та поліпшувати стан здоров'я, працездатність або прискорювати відновлення організму.

Лікування багатьох хвороб пов'язане із впливом лікарських препаратів на діяльність ферментів. Відомо багато спадкових хвороб (близько 1594), пов'язаних із порушенням біосинтезу або роботи ферментів у тканинах організму (ферментопатії). Досить відомий аспірин проявляє антизапальну та антикоагуляційну (зменшення швидкості зсідання крові) дію, пригнічуючи діяльність ферменту циклоксигенази. Антибіотики, гормональні препарати також впливають на діяльність ферментів та їх біосинтез.

Останнім часом у медицині, спорті, фізкультурі, професійній діяльності широко застосовуються ферментні препарати та їхні комплекси щодо лікування та профілактики різних хвороб (існує цілий напрям у медицині – ензимотерапія):

- лідаза та коллагеназа, що розсмоктують рубцеві утворення;
- еластаза - поліпшує структуру судин;
- цитохромоксидаза - покращує процеси енергоутворення;
- стрептокіназа, лізоцим, мезим, вобензим, флогензим тощо – покращує процеси травлення.

Використання окремих названих ферментативних комплексів з метою профілактики або лікування значно зменшує вірогідність травм від рухової (спортивної) діяльності та суттєво прискорює процес відновлення після неї.

Дослідження ферментів, їхньої активності та кількості у тканинах організму є досить об'єктивним діагностичним показником у медицині, у практиці спорту, у фізичній культурі тощо.

Вітаміни - класи, добова потреба та біологічна дія у організмі людини. Вітаміни - група низькомолекулярних органічних речовин, що здебільшого не утворюються у організмі, але необхідні щодо його життєдіяльності, оскільки регулюють обмін речовин. Вітаміни впливають на процеси розмноження, зростання, енергоутворення, біосинтезу білка, якості роботи зорового апарату, формування й роботи імунітету. За їх відсутності (недостатності) у клітинах організму порушується обмін речовин, що призводить до зниження працездатності, погіршення реакцій пристосування до різних впливів середовища, погіршення стану здоров'я, розвитку певного захворювання. Оскільки вітаміни не утворюються у клітинах організму (окремі лише частково можуть синтезуватись мікрофлорою кишечника, а вітамін D у шкірі та тканинах), їх відносять до незамінних факторів харчування. Вони повинні надходити із продуктами харчування (овочі, фрукти, печінка, яйця тощо).

Сьогодні відомо близько 50 вітамінів та вітаміноподібних речовин. Кожний із них має хімічну назву та у вигляді латинських букв.

Вітаміни за їх розчинністю поділяються на дві групи: водорозчинні та жиророзчинні.

Водорозчинні вітаміни легко надходять до організму разом із їжею та водою, а їх надлишок швидко виводиться із сечею. Тому організм потребує систематичного надходження цих вітамінів. У разі їх недостатнього надходження або довготривалого ненадходження або незасвоєння

розвиваються гіповітамінози або авітамінози. Водночас вони не виявляються у сечі. До водорозчинних вітамінів належать вітаміни групи В (В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂), вітаміни С, Р, РР або В₅, Н, а також фолієва кислота, яка часто розглядається як вітаміноподібна речовина.

Жиророзчинні вітаміни всмоктуються у кишечнику та транспортуються у тканини тільки разом із жирами. У жирових тканинах вони можуть відкладатися та запасатися, тому організм меншою мірою залежить від їх недостатнього надходження. Надмірне надходження цих вітамінів може спричинити захворювання (гіпервітаміноз). До жиророзчинних вітамінів належать 4 групи вітамінів: А, D, Е і К.

у організмі людини є також група біологічно активних речовин, які називають вітаміноподібними речовинами. Вони беруть участь у регуляції процесів обміну подібно до вітамінів, але можуть синтезуватися у тканинах організму та потреба у них значно більша (табл. 2)

Таблиця 2

Добова норма вітамінів для дорослої людини, їх біологічна дія та ознаки авітамінозу

Вітамін	Хімічна назва	Добова норма, мг	Біологічна дія	Ознаки авітамінозу
Жиророзчинні вітаміни				
А	Ретинол	1-1,5	Регулює процесу зору та зростання, підсилює біосинтез білків, захищає від бактерій та токсичних піроксидних сполук (антиоксидантна дія)	Втрата зору (ксерофтальмія)
D	Кальциферол	0,025	Регулює обмін Са та Р, їх надходження до кісток, що надає їм міцності, бере участь у збудженні та скороченні м'язів	Розрихлення кісток, переломи, слабкий розвиток дитини (рахіт), остеомалія у дорослих.
Е	Токоферол	20	Антиоксидант, регулює процеси розмноження, біосинтезу білка (анаболічна дія), аеробного енергоутворення	Дистрофія м'язів, безпліддя
К	Філохінон		Сприяє зсіданню крові, механізму аеробного енергоутворення, утворенню білків у кістках	Надмірні кровотечі
Водорозчинні вітаміни				
В ₁	Тіамін	1,5-2,5	Впливає на окиснення вуглеводів та амінокислот, функцію нервової системи	Поліневрит, м'язова слабкість (бері-бері)
В ₂	Рибофлавін	2-3	Входить до складу ФАД, який бере участь у аеробному енергоутворенні	Анемія, тріщини на губах та сухість шкіри
В ₃	Пантотенова кислота	10	Входить до складу коферменту ацетилювання (Ко-А або КоА-SH), що регулює процеси розпаду вуглеводів й жирів та біосинтезу глюкози й стероїдів	Порушення нервово-м'язової діяльності
В ₅ (РР)	Нікотинова кислота, нікотинамід, ніацин	15-25	Входить до складу переносників гідрогену НАД та НАДФ, що регулюють процеси енергоутворення (АТФ) та біосинтезу речовин	Хвороба три «Д» або пелагра (дерматиди, діарея, деменція – сухість шкіри, пронос,

				порушення психіки, втрата пам'яті)
B ₆	Піридоксин, піридоксаль	2-3	Регулює обмін білків (анаболічна дія), розпад глікогену, біосинтез біологічно активних амінів (гістаміну, серотоніну, ГАМК)	Дерматиди, що не лікуються вітаміном PP
B ₁₂	Ціанкобаламін	0,003	Регулює обмін амінокислот та нуклеїнових кислот, біосинтез білка (анаболічна дія), окиснення вуглеводів, покращує функцію печінки	Анемія, розлади нервової системи та координації рухів
C	Аскорбінова кислота	70-100	Регулює процеси енергоутворення (АТФ), біосинтез білка (анаболічна дія), у тому числі колагену, який необхідний для м'язів, сухожиль, зв'язок, судин. Впливає на проникність капілярів, синтез стероїдних гормонів, стійкість до інфекційних захворювань, Антиоксидант.	Крововиливи, порушення проникності судин (цинга). Для запобігання цинги достатньо 10 мг вітаміну.
P	Рутин	30	Підвищує надходження кисню до тканин, регулює проникність капілярів, підсилює дію вітаміну С	Порушення проникності судин
H	Біотин	2	Впливає на біосинтез жирних кислот, окиснення вуглеводів (енергоутворення)	Запалення залоз шкіри (себорея), порушення функції м'язів, психічної діяльності, швидке стомлення
Вітаміноподібні речовини				
B ₈	Інозит	1000	Регулює функцію нервової системи, вихід жирів із печінки (ліпотропна дія), перистальтику шлунку	
B ₉ (Bc)	Фолієва кислота	0,2	Регулює біосинтез білка (анаболічна дія), процеси енергоутворення та кровотворення (антианемічна дія)	
B ₁₃	Оротова кислота	Не відомо	Регулює біосинтез нуклеїнових кислот (анаболічна дія)	
B ₁₅	Пангамова кислота	2	Сприяє надходженню кисню до тканин та ефективності його використання, збільшує вміст глікогену у печінці, креатин фосфату у м'язах	
Кофермент Q	Убіхінон	Не відомо	Бере участь в утворенні АТФ у аеробному процесі як компонент дихального ланцюга	
N	Ліпоева кислота	2	Регулює обмін вуглеводів та жирів, у тому числі холестерину. Запобігає ожирінню печінки та захищає її від токсичних речовин	
	Холін	250-600	Впливає на обмін амінокислоти метіонін, покращує біосинтетичну функцію печінки, захищаючи її від ожиріння	
U	S-метил-метіонін	Не відомо	Запобігає утворенню виразок у шлунку	
	Карнітин	500	Підсилює окиснення жирних кислот у тканинах	

Під час м'язової діяльності потреба у вітамінах збільшується у 2-4 рази через інтенсивність їх виведення із організму та більшого використання у процесі обміну речовин. Але надлишок окремих вітамінів не підвищує фізичної працездатності людини, а значно збільшені концентрації можуть погіршити стан здоров'я. Норми вітамінів також збільшуються у разі застосування антибіотиків, які погіршують надходження їх у тканини, тому що пошкоджують корисну мікрофлору кишечника. А вона сприяє засвоєнню та синтезу окремих вітамінів.

Регуляторна дія вітамінів на обмін речовин пов'язана із ферментами. Вітаміни входять до складу небілкової частини ферменту, яку називають коферментом. Коферменти надають ферментам каталітичної активності.

Вітаміни надходять у організм людини переважно із продуктами рослинного походження, де відбувається їх синтез. У продуктах тваринного походження вони містяться у печінці, маслі вершковому, м'ясі, жовтках яєць.

Поняття про авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз. Стан здоров'я людини, його здатність виконувати фізичну роботу та відновлюватися після неї залежить від швидкості біохімічних реакцій у організмі. Якщо вміст вітамінів у організмі не відповідає фізіологічній нормі, що може спричинити різні порушення обміну речовин та перебігу функцій й призвести до захворювання або навіть загибелі організму. Залежно від забезпечення організму вітамінами вирізняють наступні три його стани: авітаміноз, гіповітаміноз та гіпервітаміноз.

Авітаміноз - патологічні зміни у обміні речовин, що викликані довгою відсутністю вітамінів у тканинах організму та проявляються конкретними захворюваннями. Дія вітамінів є протидією розвитку певному захворюванню, тому використовується на початку назви захворювання «анти» (вітамін D запобігає захворюванню дітей рахітом, тому його називають антирахітичним; вітамін С - цингою (антицинговий); вітамін В₁ - бері-бері або поліневритом (антиневритний)). Причинами авітамінозів можуть бути: неповноцінне харчування, порушення процесів всмоктування у кишечнику, прискорений розпад у тканинах або виведення із організму (під час стресу, у процесі фізичних навантажень тощо).

Гіповітаміноз - певні зміни у обміні речовин, що зумовлені зниженим вмістом вітамінів у тканинах організму та супроводжуються, наприклад, щодо вітаміну А зниженням чіткості зору у сутінках, що називають «курячою сліпотою», щодо вітамінів групи В - змінами стану шкіри (дерматиди), щодо вітаміну С - зменшенням опору організму до інфекційних захворювань тощо. Гіповітамінози спостерігаються у разі неповноцінного харчування, порушення процесу всмоктування вітамінів у кишечнику або ж навесні, коли їх вміст у продуктах харчування зменшується. З метою своєчасного виявлення такого стану слід визначати вміст вітамінів у крові та сечі.

Гіпервітаміноз - зміни у обміні речовин, які викликані надлишком вітамінів у тканинах організму, що характерно для жиророзчинних, особливо А та D. Наприклад, внаслідок накопичення вітаміну А у тканинах можна втратити слух, волосся або навіть померти, тому що він, як й вітамін D, у великих кількостях токсичний. Використання вітаміну С у надмірних кількостях тривалий час (особливо синтетичного), закислює рідинне середовище, активує процеси тромбоутворення та пероксидного окиснення речовин, які пошкоджують мембрани клітин.

Використання вітамінів під час м'язової діяльності та у період відновлення. Під час м'язової діяльності підсилюється обмін речовин, тому прискорюється розпад вітамінів у тканинах та їх виведення із організму. У процесі адаптації організму до систематичних тренувань збільшується кількість ферментів у тканинах, щодо побудови яких потрібні вітаміни. Тому для спортсменів норми вітамінів збільшені у середньому у 2-4 рази. Забезпечити таку кількість вітамінів можна тільки за рахунок спеціально збалансованого харчування. Більшість активних фізкультурників та спортсменів приймають окремі полівітамінні комплекси.

Для окремих видів рухової активності та спорту у залежності від спрямованості харчування та специфіки діяльності, рекомендуються різні вітаміни (комплекси вітамінів). У видах спорту із переважним проявом витривалості використовуються вітаміни В₁, В₂, В₃, В₆, що регулюють аеробні процеси енергоутворення за рахунок окиснення вуглеводів та жирів. У силових видах спорту та у бодібілдингу використовуються вітаміни та вітаміноподібні речовини, що регулюють біосинтез білка, виявляють анаболічний ефект - В₆, В₁₂, С, Е, А, фолієва кислота, В₁₃ та В₁₅. Вітамін А більшою мірою необхідний у тих видах спорту, де важлива чіткість зору (біатлон, автогонки, стрільба із лука тощо).

Окремі вітаміни А та D або їх комплекс «Аевіт», а також вітамін С приймаються у період підготовки до змагань щодо захисту організму від продуктів пероксидного окиснення ліпідів, що накопичуються під час напружених тренувань та викликають стомлення. Забезпечення організму спортсмена вітамінами створює умови щодо його ефективної спортивної діяльності без ускладнень для стану здоров'я.

У практиці фізичної реабілітації вітаміни є важливим фактором прискорення процесів відновлення після певних захворювань або фізичних навантажень. Тому необхідно знати щодо забезпеченості організму вітамінами, виходячи із особливостей харчування, під час їх дефіциту рекомендувати додаткове надходження із продуктами або у вигляді полівітамінних комплексів або харчових біологічно активних добавок.

Серед великої кількості сучасних полівітамінних комплексів щодо загального оздоровлення та профілактики розвитку гіповітамінозів та авітамінозів краще обирати ті, що містять також мінерали, амінокислоти та біологічно активні пептиди.

Хімічна природа, властивості та механізм дії гормонів у організмі людини. Узгодженість різних метаболічних процесів, здатність їх змінюватися у відповідь на дію різних стресових факторів, у тому числі фізичних тренувань, забезпечуються регуляторними системами. Виділяють три такі регуляторні системи: автономну (на рівні діяльності ферментів), нервову та гормональну.

Гормональна (ендокринна) система має важливе значення у перебудові метаболізму під час розвитку термінової та довготривалої адаптації організму до фізичних навантажень, у процесах відновлення після дії стресу та у

підтриманні нормального функціонування різних систем організму. Вона регулює дані процеси за допомогою біологічно активних речовин - гормонів.

Гормони - різні за хімічною природою органічні речовини, що синтезуються у залозах внутрішньої секреції (ендокринних залозах). Із них вони безпосередньо виділяються у кров або у іншу рідину, доставляються до тканин-мішеней, де регулюють різні процеси обміну та транспорту речовин, підсилюють їх або гальмують. Діяльність залоз внутрішньої секреції, яка полягає у біосинтезі гормонів та секреції їх у кров, контролюється нервовою системою. Гормональна система підтримує відносний хімічний гомеостаз та роботу фізіологічних систем організму навіть за виснажливих фізичних навантажень.

За хімічною будовою гормони поділяють на стероїдні (похідні холестерину) та нестероїдні (білки, пептиди та похідні амінокислот).

Стероїдні гормони проникають через клітинні мембрани та можуть регулювати обмін речовин на генетичному рівні. До них належать гормони статевих залоз та кіркової речовини надниркових залоз.

Нестероїдні гормони не розчиняються у жирах, тому не можуть проникати через ліпідну мембрану клітин. Вони діють на поверхневу мембрану клітин-мішеней. До нестероїдних належать гормони щитоподібної та мозкової речовини надниркових залоз, які утворюються із амінокислот тирозину й фенілаланіну, а також гормони гіпофізу та підшлункової залози, які є білками та пептидами.

Клітини-мішені - клітини тих тканин, що мають рецептори до певного гормону. Рецептори – високоспецифічні білки, що впізнають свій гормон та зв'язуються з ним із утворенням гормон-рецепторного комплексу. Клітини-мішені можуть мати до 2000-10000 рецепторів. Одні із них забезпечують активаторну дію гормону (активізують), а інші - інгібіторну (пригнічують).

Під час фізичних тренувань чутливість рецепторів до дії гормонів, зокрема адреналіну, збільшується, що сприяє ефективнішому регулюванню енергетичних процесів. Гормони мають такі характерні властивості: гормони є високоактивними речовинами; здійснюють регуляторну дію у дуже малих концентраціях; виконують регуляторну дію дистанційно (синтезуються у одному місці, а діють у іншому); постійно синтезуються та розпадаються (мають короткий термін існування); їх обмін відбувається особливо інтенсивно під час фізичних навантажень, коли швидкість метаболізму збільшується у десятки разів.

Гормони регулюють процеси обміну речовин, впливаючи на: активність ферментів; біосинтез білка; проникність мембран щодо певних речовин.

Біологічна роль окремих гормонів у організмі та їх вплив на м'язову діяльність. Значення окремих гормонів у організмі людини та їх вплив на м'язову діяльність наведено у таблиці 3. Надлишкове утворення та секреція гормонів залозою (гіперфункція), як й недостатнє їх утворення (гіпофункція), призводить до порушення обміну речовин та розвитку окремих захворювань.

Таблиця 3

Біологічна роль та вплив на м'язову діяльність гормонів

Залоза	Гормон	Біологічна роль	Вплив на м'язову діяльність	
Гіпофіз Передня частка	Регулює біосинтетичні процеси (зростання), функції інших залоз та органів			
	Гормон росту або соматотропний (СТГ)	Підсилює синтез речовин, особливо білка (анаболічна дія), притімчує окиснення вуглеводів та активує окиснення жирів. Гіперфункція у дітей викликає гігантизм, а у дорослих - хворобу акромегалію. Гіпофункція у дітей призводить до карликовості, а у дорослих - до порушення обміну речовин.	Підсилює окиснення жирів під час фізичної роботи та процеси біосинтезу або відновлення після неї	
	Тиреотропний (ТТГ)	Активує функцію щитоподібної залози, підсилює основний обмін	Підсилює дію гормонів щитоподібної залози	
	Адренкортикотропний (АКТГ)	Регулює функцію кіркової речовини надниркових залоз	Запускає адаптаційні реакції	
	Гонадотропний (ГТТ)	Регулює функції статевих залоз, процеси запліднення	Анаболічні ефекти у період відновлення	
	Пролактин	Стимулює лактацію		
	Задня частка	Антидіуретичний (АДГ) або вазопресин	Регулює функції нирок та водно-сольовий обмін, притімчує утворення сечі, а також підвищує артеріальний тиск. Під час гіпофункції розвивається нецукровий діабет, що супроводжується поліурією	Затримує воду та запобігає зменшенню об'єму крові під час тривалих фізичних навантажень
		Окситоцин	Стимулює скорочення гладеньких м'язів	
Щитоподібна	Тироксин або тетраїодтиронін (Т ₄) та його попередник трийодтиронін (Т ₃)	Активують процес мобілізації вуглеводів та жирів, їх окиснення. Стимулюють біосинтез білка у молодому віці. Гіперфункція викликає базедову хворобу, а гіпофункція – кретинізм.	Підвищують інтенсивність енергетичного обміну	
	Кальцитонін	Затримує Са у кістках	Сприяє міцності кісток	
Паращитоподібна	Паратгормон	Підсилює всмоктування у кров Са із кишечника та вихід його із кісток під час зменшення Са у крові, тобто регулює обмін кальцію	Регулює вміст Са у кістках та крові	
Підшлункова	Інсулін	Знижує рівень глюкози у крові шляхом збільшення проникності її у клітини скелетних м'язів та жирової тканини, що сприяє синтезу (депонуванню) глікогену. Таку саму дію проявляє по відношенню до амінокислот та жирних кислот. Тому він підсилює синтез білка та жиру у тканинах, тобто виявляє анаболічну дію. Крім того інсулін притімчує процеси гліколізу, глікокоенгенезу та ліполізу. У разі гіпофункції – цукровий діабет	Під час м'язової діяльності рівень інсуліну знижується, що підсилює розпад глікогену та жирів у тканинах та покращує енергоутворення у м'язах	
	Глюкагон	Підвищує рівень глюкози у крові, активуючи розпад глікогену у печінці та її новоутворення, стимулює розпад жирів, покращуючи енергетику організму	Підсилює енергообмін	
Надниркова залоза Кіркова речовина	Кортикостероїди, що поділяються на три групи: глюкокортикостероїди, (кортизол)	Регулюють реакції пристосування (адаптації) шляхом мобілізації енергетичних джерел та підсилення біосинтезу адаптогенних білків та процесу новоутворення вуглеводів	Прискорюють енергетичний обмін, запускають адаптаційні реакції, у тому числі новоутворення глюкози, що запобігає вичерпанню запасів вуглеводів	
	Мінералокор-	Контролюють сталість об'єму плазми крові,	Затримує Na та H ₂ O у	

Мозкова речовина	тикостероїди (альдостерон)	затримуючи Na й H ₂ O та виводячи калій, нормалізують електролітичний баланс	організми та запобігає зневодненню, підтримує сталість тиску крові
	Гонадокортикостероїди (у малій кількості андрогени та естрогени)	Виконує функції, подібні до статевих гормонів	Анаболічний вплив
	Адреналін та норадреналін (катехоламіни)	Підвищують рівень глюкози у крові, стимулюючи розпад глікогену у печінці, підсилюють розпад глікогену у скелетних м'язах. Запускають стрес-реакції	Поліпшують енергоутворення у скелетних м'язах та інших тканинах. Підвищують тонуус судин та ЧСС
Статеві	Чоловічі – андрогени (тестостерон)Найбільша анаболічна дія	Виявляють андрогенну дію – формують вторинні статеві ознаки, регулюють статеву сферу; анаболічну дію – підсилюють біосинтез білка у скелетних м'язах та інших тканинах	Прискорюють процеси відновлення після навантажень, нарощування м'язової маси та активують процеси адаптації
	Жіночі – естрогени (естрадіол та прогестерон)	Регулюють статеву та дітородну функції, підсилюють біосинтез білка у матці, міокарді та печінці	Впливають на відновні процеси, як й чоловічі, але менш виражено

Гормони, що регулюють анаболічні процеси (підсилюють біосинтез білка у скелетних м'язах, кістках, інших тканинах), відіграють велику роль у спортивній діяльності. Вони зумовлюють збільшення м'язів, прискорюють відновлення та адаптацію організму до фізичних навантажень. До них належать стероїдні гормони (статеві - тестостерон та гонадокортикостероїди) та нестероїдні (утворюються у гіпофізі - саматотропін та гонадотропін). Дані гормони (можуть бути синтетичними), використовуються у практиці спорту з метою підвищення фізичних здатностей спортсменів, але вони є забороненими та належать до одного із п'яти класів допінгів - анаболічних стероїдів. Їх систематичне використання дуже шкідливе для здоров'я. У разі виявлення їх у сечі або крові під час допінг-контролю, спортсменів дискваліфікують (уперше - на 2 роки, вдруге - на все життя).

Участь гормонів у процесах адаптації організму до фізичних навантажень. Гормони відіграють велику роль у розвитку реакцій загального пристосування (адаптації) та підтриманні хімічного гомеостазу під час м'язової діяльності. За умов стресу гормональні зміни забезпечують енергетику м'язової діяльності, підтримують водно-електролітичний баланс, викликають адаптаційну перебудову біосинтезу білка, завдяки чому організм справляється зі стресом. За довготривалої дії стрес-факторів функції ендокринних залоз виснажуються та відбувається «зрив» адаптаційних реакцій.

Систематичне спортивне тренування призводить до адаптації гормональної системи, вона стає економнішою, що сприяє високій ефективності її регуляторної дії під час м'язової діяльності. Під впливом фізичних навантажень можливе збільшення чутливості рецепторів до гормонів

та ферментів. За таких умов незначні зміни рівня гормонів у крові будуть викликати суттєве прискорення метаболізму у тканинах тренованого організму.

Тема 5. Обмін вуглеводів та ліпідів у організмі людини

Будова та біологічна роль вуглеводів у організмі людини. Вуглеводи мають велике значення у забезпеченні м'язової діяльності людини, оскільки є головними постачальниками енергії під час виконання інтенсивних, а також довготривалих помірно інтенсивності фізичних вправ. Від їх запасів у тканинах залежить не лише фізична працездатність людини, а й перебіг біосинтетичних процесів, що забезпечують зростання, самовідновлення та відновлення організму після фізичного навантаження. Запаси вуглеводів у організмі людини незначні. Вони підтримуються шляхом раціонального харчування, тому що у організм вуглеводи надходять переважно із їжею.

Вуглеводи - клас органічних речовин, побудованих із атомів С (карбон (вуглець)), Н (гідроген (водень)) й О (кисисген (проста речовина кисень)) у співвідношенні 1:2:1. Вміст вуглеводів у організмі людини становить лише 2-3% сухої маси тіла. Запаси їх зосереджені у печінці (близько 100 г) та скелетних м'язах (до 250-400 г) у вигляді складних вуглеводів (полісахаридів), яким є глікоген, який вміщує близько 2000 ккал (8360 кДж) енергії, завдяки якій можна інтенсивно працювати протягом 30-90 хвилин, а не інтенсивно - до 12 годин.

Вуглеводи забезпечують близько 55-60% енергетичних потреб організму, а під час довготривалої роботи до 70%, водночас запаси їх суттєво зменшуються, що викликає стомлення. З метою запобігання розвитку стомлення слід через кожен годину від початку роботи споживати невелику кількість (близько 50 г) легкозасвоюваних вуглеводів. На вуглеводи багата рослинна їжа, оскільки вони синтезуються у рослинах у процесі фотосинтезу із CO₂, H₂O та енергії Сонця. Найбільше вуглеводів містять злакові та мучні вироби, де їх вміст сягає 80%, а також картопля, рис, цукор, овочі та фрукти. Багато вуглеводів (глюкози та фруктози) міститься у бджолиному меду.

Добова потреба у вуглеводах дорослої людини становить 300-400 г, а у разі спортивної діяльності - до 700 г та більше залежно від маси тіла та енергетичних витрат.

Біологічна функція вуглеводів у організмі людини досить різноманітна: енергетична функція є основною (вуглеводи на 55-60% поповнюють енергетичні витрати організму); пластична функція вуглеводів полягає у їх використанні щодо побудови АТФ, РНК та ДНК, складних білків, клітинних мембран, скелету та хрящів; захисна функція пов'язана із полісахаридами (компоненти імунної системи), що входять до складу оболонки та слизу, захищаючи від проникнення вірусів, пилу тощо; специфічна функція вуглеводів полягає у тому, що вони входять до складу компонент групи крові, рецепторів окремих гормонів; регуляторну функцію виконують клітковина, а також пектинові речовини (у системі травлення вони не розщеплюються, але регулюють перистальтику кишечника та активність ферментів).

Моносахариди. Дисахариди. Полісахариди. Вуглеводи поділяються за складністю будови на прості та складні. Прості - моносахариди, складні - дисахариди (олігосахариди) та полісахариди.

Моносахариди не розпадаються на більш прості молекули, а дисахариди розпадаються під час гідролізу на два або більше (до 10) моносахаридів. Полісахариди складаються із багатьох молекул моносахаридів, у основному, глюкози. Різновидів моносахаридів дуже багато, вони можуть мати різну кількість атомів карбону (C_3-C_9), відрізнятися за наявністю альдегідної або кетонної групи. Найважливішими моносахаридами організму є ті, що містять шість атомів карбону (гексози). Це, зокрема, глюкоза та фруктоза - основні енергетичні субстрати організму людини. Вони мають однаковий молекулярний склад ($C_6H_{12}O_6$), але різну структуру молекули, тому що розрізняються наявністю функціональних груп. Глюкоза містить альдегідну групу (альдоза), а фруктоза – кетогрупу (кетоза).

Дисахариди побудовані із двох моносахаридів, з'єднаних між собою глікозидним зв'язком. Вони різняться за складом та типом зв'язку. Дисахариди переважно надходять у організм із продуктами харчування у вигляді сахарози, лактози та мальтози. Сахароза є основним компонентом харчового цукру та має важливе енергетичне значення. Її молекула побудована із глюкози та фруктози, що з'єднані між собою глікозидним зв'язком. У кишечнику вона розщеплюється на моносахариди із участю високо специфічного ферменту сахарози. Лактоза є основним вуглеводом молока. Вона складається із молекули глюкози та галактози. У кишечнику розщеплюється ферментом лактазою. Мальтоза утворюється у травній системі під час розщеплення складних вуглеводів (крохмалю) й складається із двох молекул глюкози. У системі травлення розщеплюється під дією ферменту мальтази. Отже, три різних дисахариди розщеплюються у травній системі індивідуальними високо специфічними ферментами. Розглянуті дисахариди (особливо сахароза) мають солодкий смак та високу харчову цінність (не рекомендуються для харчування людей, що хворі на ожиріння, діабет тощо).

Полісахариди - складні вуглеводи, що складаються із багатьох сотень або тисяч залишків однакових моносахаридів (переважно глюкози) або різних моносахаридів та їхніх похідних. Полісахариди не солодкі на смак та погано розчиняються у воді. Основними полісахаридами, що складаються із молекул глюкози, є крохмаль й клітковина у рослинах та глікоген у тканинах людей та тварин. Крохмаль синтезується у рослинах та є основним полісахаридом їжі, постачальником глюкози у організм людини. Глікоген - основний резервний полісахарид організму людини й тварин, накопичується переважно у печінці (близько 100 г) та скелетних м'язах (400 г), створюючи таким чином запас глюкози у організмі. Глікоген печінки використовується щодо підтримання рівня глюкози у крові у періоди між прийомами їжі або інтенсивного її окиснення, а глікоген скелетних м'язів - щодо енергозабезпечення інтенсивної роботи м'язів. Клітковина (целюлоза) - структурний полісахарид рослин, який надає їм міцності та еластичності. Вона складається із великої кількості

залишків глюкози, у організмі людини майже не розщеплюється, регулює перистальтику та активність ферментів тонкого кишечника.

Хімічне перетворення вуглеводів їжі у травній системі людини. Прості вуглеводи, зокрема моносахариди, не розщеплюються у травній системі та швидко всмоктуються у тонкому кишечнику. Їх рівень у крові підвищується уже за 15-20 хв. після прийому їжі. Дисахариди розпадаються на моносахариди у тонкому кишечнику під дією специфічних ферментів: сахарази, лактази та мальтази. Надходження великої кількості моносахаридів та дисахаридів (більше 150 г) викликає стан гіперглікемії, що активує підшлункову залозу, тому у харчовому раціоні простих вуглеводів має бути 25-35% у нормі. Складні вуглеводи їжі (переважно крохмаль) частково розщеплюються вже у ротовій порожнині під дією ферментів слини. У шлунку розщеплення вуглеводів їжі не відбувається, оскільки відсутні специфічні ферменти гідролізу вуглеводів, а кисле середовище шлункового соку (рН 1,5-2,0) пригнічує активність ферментів слини. У тонкому кишечнику відбувається основний розпад складних вуглеводів їжі під дією ферменту соку підшлункової залози та високоспецифічних ферментів кишечника до моносахаридів, переважно глюкози, фруктози та галактози.

Крохмаль їжі повільно розщеплюється у травній системі. Підвищення рівня глюкози у крові починається через 2-3 год. після прийому їжі. Клітковина, якої у організм людини надходить велика кількість із овочами та фруктами, у тонкому кишечнику не розщеплюється через відсутність ферментів. Часткове розщеплення її відбувається у товстому кишечнику під дією бактеріальних ферментів.

Всмоктування (проникнення через стінки кишечника та кровоносні капіляри) утворених моносахаридів глюкози, фруктози у кров відбувається шляхом активного АТФ-залежного транспорту із участю білка-переносника та градієнта концентрації Na^+ . Наявність у кишечнику іонів Na^+ викликає активацію АТФази та розпад АТФ, енергія якої використовується щодо проникнення моносахаридів через стінки кишечника. Всмоктування інших речовин відбувається за допомогою дифузії, оскільки їх концентрація у крові низька, а у кишечнику висока.

Процес всмоктування моносахаридів у кишечнику регулюється нервовою та гормональною системами. Інтенсивна м'язова діяльність уповільнює всмоктування вуглеводів, а легка й нетривала робота активізує даний процес. Підвищення температури навколишнього середовища до 35-40°C пригнічує, а зниження нижче 25°C посилює всмоктування вуглеводів.

Рівень глюкози у крові та механізм регуляції його сталості. Концентрація глюкози у крові дорослої людини у нормі підтримується у межах 3,5-6,0 ммоль·л⁻¹ незважаючи на різну кількість її вживання та окиснення тканинами протягом дня. Її рівень у крові регулюється печінкою та гормональною й нервовою системами. Печінка відіграє найважливішу роль у регуляції рівня глюкози у крові. Вона може поглинати або виділяти глюкозу у

кров залежно від її концентрації у ній, а також синтезувати із речовин не вуглеводної природи у процесі гліюконеогенезу.

У процесі підвищення глюкози у крові, зокрема після прийому вуглеводної їжі, активується ферментативний процес синтезу гліюкогену, вона надходить у печінку, де відбувається депонування вуглеводів. Під час зниження її рівня у крові підсилюється розпад гліюкогену у печінці та виділення глюкози у кров (мобілізація вуглеводів). Вміст гліюкогену у печінці значно знижується під час кількогодинного голодування (після нічного сну) або після тривалої (1-2 години) фізичної роботи.

Основними гормонами, що регулюють рівень глюкози у крові та підтримують його сталість, є гормони підшлункової залози - інсулін та глюкагон. Інсулін знижує рівень глюкози у крові, коли він підвищений, збільшуючи проникність її через мембрани клітин скелетних м'язів та жирової тканини. Регуляторна дія інсуліну забезпечується завдяки взаємодії його із інсулін-чутливими рецепторами, які є на поверхні мембран інсулін-чутливих тканин. Глюкагон підвищує рівень глюкози у крові шляхом активування розпаду гліюкогену у печінці та виділення глюкози у кров. Подібну до глюкагону дію виконують адреналін, норадреналін, тироксин та інші гормони. Виділення цих гормонів регулюється ЦНС.

У разі значного надходження вуглеводів із їжею або інтенсивного розпаду гліюкогену у печінці рівень глюкози у крові може зростати, що характеризується як стан гіпергліюкемії. Якщо концентрація глюкози у крові досягає $9-10 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, нирки не утримують її й вона з'являється у сечі (гліюкозурія). Гіпергліюкемія може виникати також за умов зниженого використання глюкози тканинами, що спостерігається під час цукрового діабету. Пов'язане дане захворювання або із порушенням біосинтезу гормону підшлункової залози інсуліну (гіпофункція), який регулює проникнення глюкози у тканини (інсулінозалежна форма цукрового діабету), або із втратою чутливості тканинних рецепторів до інсуліну (інсулінонезалежна форма). Симптомами гіпергліюкемії є: спрага, безпричинний голод, свербіння й сухість шкіри, часте сечовипускання, втрата чіткості зору, втома, зменшення маси тіла, довго не загоюються рани або подряпини, втрата свідомості (загроза життю).

Зниження рівня глюкози у крові до $3 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ та нижче (гіпогліюкемія) спостерігається рідко, оскільки організм може синтезувати глюкозу із амінокислот та метаболітів обміну жирів у процесі гліюконеогенезу. Гіпогліюкемія може виникнути під час напруженої тривалої фізичної роботи або тривалого голодування через вичерпання запасів вуглеводів у печінці. Вона спричиняє порушення діяльності мозку, еритроцитів, нирок, для яких глюкоза є головним енергетичним субстратом. З метою запобігання стану гіпогліюкемії під час тривалої роботи спортсмени використовують додаткове вуглеводне харчування. Симптомами її є: тремтіння (всього тіла або кінцівок), безпричинний голод, надмірне потовиділення, серцебиття, різка втома, судоми, втрата свідомості (загроза життю).

Анаеробне та аеробне окиснення вуглеводів у організмі людини. У тканинах організму людини вуглеводи постійно розпадаються та окиснюються, що супроводжується виділенням енергії. Можливі два основні механізми окиснення вуглеводів - анаеробний (без участі кисню) та аеробний (з участю кисню).

Анаеробне окиснення вуглеводів називають гліколізом - процес поступового розпаду молекули глюкози або глікогену до двох молекул пірвіноградної кислоти, що у анаеробних умовах перетворюється на молочну кислоту. Даний процес відбувається у скелетних м'язах та призводить до накопичення молочної кислоти та відновлення АТФ, а також виділення теплової енергії. Тобто, кінцевим продуктом анаеробного гліколізу є молочна кислота. Гліколіз забезпечує енергією виконання інтенсивної анаеробної роботи від 30 секунд до 2-5 хвилин, дозволяє розвинути високий темп роботи до того часу, поки серцево-судинна система не вийде на максимальне функціонування, що відбувається після 1-2 хв. роботи (або пізніше).

Аеробне окиснення глюкози - багатостадійний процес розпаду її молекули до кінцевих продуктів обміну CO_2 й H_2O із утворенням 38 молекул АТФ та виділенням теплової енергії. Відбувається він за участю кисню, який доставляється до тканин білком гемоглобіном та шляхом дифузії проникає у мітохондрії, де використовується як акцептор («приймач») водню. Аеробне окиснення вуглеводів є одним із основних механізмів утворення АТФ у тканинах організму. Воно забезпечує виконання тривалої роботи помірної інтенсивності. Максимально включається у нетренованої людини на 3-4-й хвилині роботи та підтримує її до декількох годин, поки не знизяться запаси глікогену у печінці. Аеробне окиснення вуглеводів включає такі основні стадії: гліколітичний розпад молекули глюкози до двох молекул пірвіноградної кислоти, перетворення її на ацетил-КоА та подальше окиснення ацетил-КоА у циклі лимонної кислоти й на дихальному ланцюзі у мітохондріях.

Енергетична ефективність аеробного окиснення молекули глюкози значно більша, ніж анаеробного.

Процес новоутворення глюкози із неуглеводних речовин називають глюконеогенезом. Він відбувається у печінці й нирках, де глюкоза синтезується із амінокислот, шляхом, зворотним до гліколізу. Даний процес запобігає різкому зниженню рівня глюкози у крові та вичерпанню запасів глікогену у тканинах за умов ненадходження вуглеводів у організм або виконання тривалої м'язової роботи. Водночас внесок глюконеогенезу щодо підтримання рівня глюкози крові під час нетривалої фізичної роботи незначний (10-20%), а під час тривалої (кілька годин) зростає до 50% по відношенню до загальної кількості глюкози, що утворюється у печінці. За такої роботи він відбувається й у скелетних м'язах.

Обмін вуглеводів під час фізичних навантажень. Глікоген м'язів й глюкоза крові є важливим субстратом щодо утворення АТФ у скелетних м'язах під час виконання фізичної роботи субмаксимальної та великої потужності (біг 400, 800, 1000 та 10 000 м). Тривалість роботи залежить від запасів глікогену у

скелетних м'язах та інтенсивності фізичних навантажень. Глікоген у м'язах найшвидше розпадається у перші 30 с - 1(5) хв. напруженої м'язової роботи. Посилення мобілізації вуглеводів зумовлене підвищенням активності ферментів, що каналізують реакції розпаду.

За тривалої роботи швидкість розпаду глікогену у м'язах знижується через зниження активності ферментів. Систематична м'язова діяльність приводить до збільшення концентрації глікогену та підвищення активності ферментів його обміну у м'язах, що поліпшує їх енергетичний обмін під час фізичних навантажень.

Під час м'язової діяльності зростає мобілізація глюкози із печінки, де вона деponується у вигляді глікогену. Глікоген розпадається до глюкози, яка виходить у кров, що запобігає розвитку гіпоглікемії. Вихід глюкози із печінки у кров посилюється у 2-3 рази у разі м'язової діяльності помірної інтенсивності й у 7-10 разів - за умови напруженої роботи.

Високий рівень глюкози у крові завдяки гомеостатичній функції печінки під час м'язової діяльності підтримується доти, доки не вичерпається запас глікогену. За його рахунок м'язи можуть виконувати роботу великої потужності протягом 20-40 хвилин, а уже через 1-2 години його запаси суттєво зменшуються. Зі збільшенням тривалості роботи великий внесок у підтриманні рівня глюкози крові робить процес глікоконєнегенезу, що значно активується.

Молочна кислота та її обмін у тканинах. Нормою концентрації молочної кислоти у крові вважається $1-1,5 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$. Молочна кислота (HLa) у водному середовищі дисоціює на іон гідрогену (H^+) та аніон кислотного залишку (La^-). Аніон кислотного залишку молочної кислоти у водному середовищі здатний взаємодіяти із катіонами металів й утворювати солі - лактати. Тому часто молочну кислоту або її кислотний залишок називають лактатом.

Молочна кислота утворюється у скелетних м'язах із найбільшою швидкістю протягом 40-45 секунд інтенсивного фізичного навантаження за рахунок максимального включення гліколізу. Рівень молочної кислоти у цьому разі підвищується у 4-5 разів або після напруженої роботи протягом 1-5 хвилин може досягати $10 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ у нетренованих людей, у тренуваних - $20 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$ та більше, що призводить до закислення середовища організму (ацидозу).

Якщо ємність буферних систем вичерпується, то рН крові може змінюватися від 7,34 до 7,0 або навіть 6,8 за виснажливих навантажень. Розвивається декомпенсаторний ацидоз. Таке закислення середовища організму впливає на функції нервової системи та скелетних м'язів, викликає біль у м'язах та призводить до зниження працездатності й розвитку стомлення.

Після припинення роботи молочна кислота із м'язів виходить у кров та доставляється у печінку. Близько 55-70% молочної кислоти окиснюється аеробно та використовується тканинами, зокрема м'язами, як джерело енергії, близько 5-7% виводиться із сечею, а 25-30% її використовується у печінці щодо новоутворення глюкози та поповнення глікогену та біосинтезу окремих амінокислот під час роботи та одразу після неї. Виведення молочної кислоти із

м'язів, її окиснення після припинення роботи прискорюється за умов активного відпочинку.

Оскільки концентрація молочної кислоти у крові залежить від інтенсивності гліколізу у м'язах, а останній - від інтенсивності виконуваних фізичних навантажень та рівня тренуваності організму, то за показником приросту молочної кислоти у крові можна оцінити функціональний стан людини.

Значне підвищення рівня молочної кислоти у крові після виконання інтенсивного граничного фізичного навантаження, що забезпечується гліколізом, свідчить про високий рівень тренуваності, здатність організму працювати у закисленому середовищі та великі можливості гліколітичного механізму енергоутворення. Проте, значне зростання рівня молочної кислоти у крові після виконання стандартного навантаження вказує на низький рівень фізичної підготовки людини.

Будова та біологічна роль ліпідів у організмі людини. Ліпіди (жири) - клас органічних речовин із різною хімічною будовою, які характеризуються тим, що не розчиняються у воді. У організмі людини вміст жирів набагато більший, ніж вуглеводів. Вони становлять близько 10-20% маси тіла, тобто 7-15 кг, а під час ожиріння більше 30%.

Вміст жиру у організмі впливає на рівень м'язової діяльності. Для спортсменів більшості видів спорту характерне наступне співвідношення: чим менший вміст жиру, тим кращі спортивні результати. Винятком є спортсмени, що займаються боротьбою сумо, та плавці (частково), для яких жир підвищує плавучість.

Жири мають суттєве значення у енергетичному забезпеченні тривалої м'язової діяльності. Великий їх вміст у організмі та енергоємність (в них запасється більше 70000 ккал) створює безмежні енергетичні можливості. У зв'язку із цим немає необхідності у їх надходженні під час тривалої м'язової діяльності, що характерно для вуглеводів. Скелетні м'язи використовують для енергетичних потреб запаси своїх жирів, а також продукти розпаду резервних жирів плазми крові та жирової тканини, засвоюючи вільні жирні кислоти із крові.

Залежно від будови жири організму людини поділяються на три основні класи - нейтральні жири, фосфоліпіди, стероїди (стерини та стериди).

Нейтральні жири - група ліпідів, побудованих із трьохатомного спирту гліцерину та трьох залишків жирних кислот. (їх називають тригліцеридами). Більшість нейтральних жирів знаходяться у підшкірній жировій клітковині та у сальнику і є основою запасних (резервних) жирів, які є енергетичним запасом організму, який використовується у разі значних енергетичних витрат. Їх вміст у організмі людини масою 70 кг сягає близько 11 кг. Під час голодування, недостатньому споживанні жирів та у процесі тривалої аеробної роботи вміст таких жирів зменшується або вичерпується.

Нейтральні жири постійно синтезуються та розпадаються у тканинах організму. Процес розпаду відбувається за участю тканинних ферментів - ліпаз,

тому його називають ліполізом. Він запускає мобілізацію нейтральних жирів із жирових тканин. Водночас утворюються гліцерин та вільні жирні кислоти (вищі жирні кислоти, що мають довгий карбоновий радикал від C₁₆ до C₂₂), які виходять у кров та доставляються до різних тканин та використовуються для енергетичних потреб, а також виконують пластичну та структурну функції. Жирні кислоти поділяються на насичені й ненасичені гідрогеном. Насичені жирні кислоти за кімнатної температури - тверді, а ненасичені - рідкі. Тверді жири - жири тваринного походження та кокосове й пальмове масло, а рідкі - рослинні олії та риб'ячий жир. Оскільки більшість ненасичених жирних кислот не синтезуються у організмі людини, то вони є незамінним фактором їжі та мають надходити переважно із рослинними жирами (близько 15 г на добу), де вони синтезуються.

Фосфоліпіди - група ліпідів, побудованих зі спирту (гліцерину), двох залишків жирних кислот, залишку фосфорної кислоти та певної нітрогенвмісної речовини (спирту - холіну, амінокислоти - серіну тощо). Представником фосфоліпідів є лецитин (холінфосфоліпід), якого багато міститься у жовтку яйця. Лецитин поліпшує обмін ліпідів у організмі. Тому існують фармакологічні препарати лецитину, які використовуються щодо поліпшення стану здоров'я. Фосфоліпіди є структурною компонентою усіх клітинних мембран (ліпідна оболонка) та забезпечують мембранну проникність, рецепторну функцію тощо. Під час м'язової діяльності, запальних процесів, надходження токсичних речовин із фосфоліпідів та ненасичених жирних кислот у клітинах можуть утворюватися шкідливі продукти пероксидного окиснення ліпідів, що знижує працездатність людини, викликає хронічне стомлення та хвороби. Протидіють цьому антиоксидантні ферментні системи та специфічні речовини - антиоксиданти (вітаміни, мінерали, тощо).

Стероїди - клас ліпідів, до складу яких входить складний цикл стерана. у організмі людини даний клас включає стерини та стериди. Стерини - спирти, а стериди - сполуки цих спиртів із вищими жирними кислотами. Представником стерину є холестерин (холестерол), який входить до клітинних мембран та обмежує їхню проникність, синтезує гормони стероїдної природи, синтезує вітамін D₃ під дією сонячного проміння та утворює у печінці жовчні кислоти, які надходять із жовчю у кишечник та сприяють розщепленню та транспорту жирів їжі. На синтез даних речовин використовується лише 0,5-0,7 г холестерину протягом доби із 140 г, що міститься у організмі людини (основна частина його знаходиться у клітинних мембранах, а близько 10 г циркулює у плазмі крові). Добова норма холестерину становить близько 1 г, вона може бути забезпечена за рахунок біосинтезу холестерину у печінці із молекул ацетил-КоА. Із продуктами харчування у організм надходить не більше 300 мг холестерину.

Добова потреба дорослої людини у жирах становить 30-35% калорійності раціону харчування. Харчовий раціон повинен містити ліпідів у середньому 1,5 г на 1 кг маси тіла на добу, тобто 80-100 г залежно від віку, статі, витрат енергії тощо. Із них 70% мають бути тваринні жири та 30% - рослинні. Надмірне надходження жирів із їжею призводить до розвитку різних захворювань.

Недостатнє надходження або ненадходження жирів у організм у енергетичному плані може бути замінено вуглеводами або білками (неадекватна заміна).

Біологічна роль жирів у організмі людини різноманітна:

- енергетичну функцію виконують нейтральні або резервні жири, що відкладаються у жирових депо або крапельках у м'язах. Вони високоенергетичні. Під час окиснення 1 г жиру вивільнюється 39 кДж або 9,3 ккал енергії, що майже удвічі більше, ніж під час окиснення вуглеводів та білків (4,1 ккал). Жири роблять суттєвий внесок у забезпечення організму енергією, поповнюючи 25-35% енергетичних витрат організму протягом доби. У жирах запасється багато енергії: 1 кг жирової тканини може забезпечити енергією виконання роботи протягом 10-20 годин. Запаси тканинних жирів використовуються дуже повільно навіть у довготривалій роботі. Так спортсмен, пробігаючи марафонську дистанцію (42 195 м), втрачає менше 1 кг жиру, що пов'язано із тим, що жири інтенсивно окиснюються лише за умови доброго забезпечення клітин киснем (аеробно) та після зниження запасів вуглеводів, а їх, наприклад, марафонцю, вистачає на 80 хв. бігу. Тому суттєве «згорання» жирів можливе лише під час довготривалих фізичних навантажень помірної інтенсивності;

- терморегуляторну функцію у організмі виконують нейтральні жири (зберігають тепло);

- захищають судини та нервові закінчення від механічних пошкоджень;

- розчиняють жиророзчинні вітаміни;

- окремі класи жирів є структурною компонентою усіх клітинних мембран;

- жири використовуються для синтезу біологічно активних речовин (стероїдних гормонів, простагландинів, жовчних кислот тощо);

- ненасичені жирні кислоти проявляють ліпотропну дію (підсилюють вихід жирів із печінки у кров та запобігають ожирінню печінки).

Хімічний розпад жирів їжі у травній системі. Поняття про окиснення жирів у тканинах. Розпад жирів їжі відбувається частково у шлунку (жири молока). Основний гідроліз відбувається у тонкому кишечнику під впливом ферментів ліпаз, що надходять із соком підшлункової залози, та жовчних кислот, що надходять із печінки із жовчю. Роль жовчних кислот у травленні жирів дуже важлива. Вони с емульгаторами (роздрібновачами) жирів, активаторами ферментів, сприяють всмоктуванню жирних кислот та їх транспорту із лімфою та кров'ю, тому засвоєння жирів їжі залежить від нормального функціонування печінки та підшлункової залози. У процесі травлення 40% жирів розпадаються повністю до структурних компонент, 50% гідролізуються частково, а 10% - не гідролізуються.

Всмоктування продуктів розпаду жирів, що не розчиняються у воді, відбувається у лімфу та транспортуються у комплексі із білками. Так вони потрапляють у печінку. Для того, щоб потрапити до інших тканин, вони повинні розпастися на поверхні судин до жирних кислот та гліцерину. У тканинах із цих складових жири знову синтезуються й відкладаються

(депонуються) у жирових клітинах або окиснюються та виділяють енергію, або використовуються у пластичних процесах.

Розпад нейтральних жирів у жирових тканинах, або процес ліполізу, активується внутрішньо тканинними ферментами - ліпазами. Гліцерин окиснюється далі шляхом окиснення вуглеводів, оскільки легко перетворюється на піровиноградну кислоту. Жирні кислоти окиснюються лише із участю кисню (аеробно). Отже, жири є більш ефективним енергетичним субстратом порівняно із вуглеводами (але кількість енергії, що утворюється за рахунок спожитого 1 г O_2 у процесі окиснення жирів, на 8-10% менша, ніж для вуглеводів).

Процес киснення жирних кислот відбувається у мітохондріях, куди вони проникають за допомогою специфічного носія - карнітину. Біохімічна реакція повторюється доти, поки жирна кислота повністю не розпадеться на молекули ацетил-КоА, який далі вступає у цикл лимонної кислоти та у дихальному ланцюзі повністю окиснюється із вивільненням великої кількості теплової енергії та акумуляції її у молекули АТФ. Основну роль у окисненні жирних кислот виконує печінка.

Вплив фізичних навантажень на обмін жирів. Жири є важливим енергетичним субстратом під час м'язової діяльності. Їхні запаси значні, тому вони створюють велику ємність аеробного механізму енергоутворення. Жири підтримують виконання довготривалої роботи помірної інтенсивності на рівні 50-60% МСК, оскільки окиснюються тільки аеробно. Інтенсивність їх окиснення у м'язах збільшується після відносного вичерпання запасів вуглеводів, про що свідчить зниження рівня глюкози у крові, що спостерігається через 30-40 хвилин виконання фізичних вправ субмаксимальної аеробної потужності. Водночас використовуються жири м'язової тканини, а також плазми крові та жирової тканини.

Швидкість мобілізації ліпідів та їх включення у енергозабезпечення роботи м'язів регулюється вегетативною нервовою та гормональною системами. Швидкість мобілізації залежить від тривалості та потужності роботи, ступеня тренуваності організму та типу м'язових волокон. Як відомо, інсулін пригнічує активність ліпази, яка розщеплює жири, що сприяє їх депонуванню, але під час фізичних навантажень концентрація інсуліну у крові знижується, що підвищує мобілізацію жиру. Крім того підвищується концентрація адреналіну, що підсилює мобілізацію жирів у скелетних м'язах та жирових тканинах. У результаті розпаду запасів жиру у жировій тканині у крові підвищується рівень вільних жирних кислот, які надходять до працюючих м'язів та покращують виконання ними роботи.

У процесі адаптації організму до фізичних тренувань, спрямованих на розвиток витривалості, підвищується ефективність використання жирів м'язами на фоні невикористаних запасів вуглеводів, що відбувається за рахунок адаптаційного збільшення активності ферментів, які активують ліполіз та окиснення жирів, а також покращення механізмів транспорту кисню та жирних кислот у м'язи.

Для прискорення процесів окиснення жирів під час м'язової діяльності або схуднення використовують різні речовини-активатори: кофеїн (у додопінгових концентраціях), холін, фолієву кислоту, вітамін В₁₂, карнітин тощо. Вони прискорюють розпад жирів, утилізацію кисню тканинами, а також сам процес окиснення жирних кислот. Але вплив специфічних фізичних тренувань та відповідна специфіка харчування є найефективнішими.

Порушення процесу обміну ліпідів у організмі людини. Велике значення у обміні жирів має збалансованість процесів депонування резервних жирів та їх мобілізації. Дані процеси значною мірою залежать від рівня глюкози у крові, а також регуляторної дії нервової й гормональної систем. Надлишкове накопичення ліпідів призводить до ожиріння організму. Перевищення оптимальної маси тіла на 15-20% може діагностуватись як ожиріння, яке часто спостерігається за надмірного споживання їжі, що містить багато жирів та вуглеводів, а також малорухливого способу життя, тобто у процесі порушення принципу збалансованості надходження та використання енергії. Надлишок надходження ліпідів із продуктами харчування сприяє переродженню тканин печінки (жирова дистрофія). Причинами ожиріння також можуть бути порушення гормональних механізмів регуляції обміну жирів, нервової регуляції, а також спадкова схильність. У людей середнього та похилого віку є характерним порушення синтезу та виведення холестерину із організму.

Порушення обміну холестерину призводить до збільшення його вмісту у плазмі крові у 2-4 рази за норми 3-6 ммоль·л⁻¹. Холестерин відкладається у стінках кровоносних судин, водночас погіршується їхня еластичність, утворюються холестеринові бляшки, що можуть перекрити капіляри та викликати різні захворювання (інсульт, інфаркт, атрофію кінцівок тощо). Захворювання, що виникають через порушення обміну холестерину, називають атеросклерозом, вони не виліковуються, тому потрібно запобігати їх розвитку. З метою профілактики необхідно контролювати вміст холестерину у крові та своєчасно його нормалізувати. Систематичні аеробні фізичні навантаження прискорюють виведення холестерину із організму й запобігають швидкому розвитку даної важкої хвороби.

Кетонові тіла, утворення та обмін у тканинах. Метаболічним показником, що характеризує інтенсивність окиснення жирів та жирних кислот у тканинах, є рівень кетонових тіл у крові. Кетонові тіла - це, переважно, ацетооцтова кислота, яка за надлишку декарбоксилюється та перетворюється на ацетон, а також бета-гідроксимаєляну кислоту. Кетонові (ацетонові) тіла синтезуються у печінці із молекул ацетил-КоА, яких багато утворюється під час інтенсивного окиснення жирних кислот у тканинах, тому вони не встигають окиснюватись у циклі лиманної кислоти й кров'ю доставляються у печінку. Далі кетонові тіла надходять із печінки у кров та використовуються тканинами, як джерело енергії, окиснюючись до СО₂ та Н₂О із утворенням АТФ. Якщо у крові велика кількість кетонових тіл (до 20 ммоль·л⁻¹ за норми 8 ммоль·л⁻¹), то вони з'являться у сечі (кетонурія). Діні метаболіти можуть викликати

закиснення (ацидоз) або отруєння організму ацетоном. Кетонурія може спостерігатися у разі: інтенсивного використання жирів у енергозабезпеченні м'язової роботи; довготривалого голодування; ненадходження вуглеводів із їжею; важкої форми цукрового діабету, тиреотоксикозу тощо.

Рівень кетонових тіл у крові та сечі використовується як діагностичний показник розпаду тканинних жирів у організмі людини. У практиці спорту за їх рівнем виявляють підключення жирів до енергозабезпечення спортивної діяльності, а за їх співвідношенням - рівень глікогену у печінці.

Тема 6. Обмін білків та амінокислот у організмі людини

Будова та біологічна роль білків й амінокислот. Білки є найголовнішими у забезпеченні життєдіяльності людини, тому що із ними пов'язані основні властивості живого організму: подразливість, зростання, розвиток, рух, травлення, транспорт речовин, захист, пристосування тощо.

Білки - клас нітрогенвмісних органічних речовин, що складаються із багатьох амінокислот. Вміст білків у організмі дорослої людини становить у середньому 45% сухої маси тіла (12-15 кг). Найбільше їх у скелетних м'язах - 80% сухої маси або 35% загальної маси білка організму.

Від наявності білків у різних тканинах та сталості їх складної структури залежить їхня морфологічна будова, метаболічні особливості та функціональна активність. Для побудови всіх білків у організмі людини використовується 20 різних амінокислот, які розрізняються радикалами. Частина амінокислот (9 у дорослих та 10 у дітей) не синтезуються у тканинах та мають назву незамінних. Решта амінокислот синтезуються у тканинах (замінні). До незамінних амінокислот належать: метіонін, лізин, лейцин, ізолейцин, валін, гістидин, треонін, триптофан, фенілаланін, аргінін (у дітей). Дані амінокислоти повинні надходити у організм із їжею. Білки їжі, що містять усі незамінні амінокислоти, називають повноцінними білками. Це переважно тваринні білки (м'ясо, яйця, риба).

Білки називають ще поліпептидами, оскільки всі амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком. Якщо з'єднуються декілька амінокислот (2-50), то утворюються пептиди. У організмі людини є багато різних пептидів, що виконують регуляторну роль (гормони), пригнічують відчуття болю подібно морфіну (ендорфіни), регулюють діяльність нервової системи (нейропептиди, наприклад, опіати), регулюють обмін холестерину (таурин) або окиснення жирних кислот (карнітин).

Білки мають складну структурну організацію молекул, від збереження якої залежить біологічна функція білка: здатність до скорочення, каталізу, зв'язування або транспортування речовин тощо. у організмі людини відомо близько 50 000 індивідуальних білків, що відрізняються унікальною структурною організацією.

Виділяють чотири структури білка. Первинна - зумовлена певною послідовністю амінокислот у білку, що закодована у генах та визначає характер більш складних просторових структур. Вторинна - формування білкового

ланцюга у вигляді спіралі або книжки за рахунок водневих зв'язків між групами атомів у молекулі. Третинна - компактніше формування молекули білка у вигляді купки (глобули) або нитки (фібрили), що визначає його властивості та біологічну роль. Четвертинна, найскладніша структура утворюється шляхом об'єднання декількох субодиниць білка, вона характерна щодо багатьох білків-ферментів, активність яких теж регулюється різними речовинами. Структура білків достатньо чутлива до змін умов внутрішнього середовища організму (величини рН, t°C, концентрації речовин тощо). Зміни гомеостазу у клітинах можуть призвести до денатурації білка та втрати його біологічної активності, тому вони не бажані.

Біологічна роль білків дуже різноманітна. Вони виконують структурну роль (компоненти всіх клітинних мембран), каталітичну (ферменти), регуляторну (гормони), скоротливу (білки м'язів актин та міозин), транспортну (гемоглобін транспортує O₂ та CO₂), захисну (білки імунної системи), специфічну (білки групи крові), енергетичну (лише 5-12% енерговитрат організму покривають білки).

Добова потреба дорослої людини у білках становить близько 1,3 г на 1 кг маси тіла або 90-105 г на добу. Фізіологічний мінімум білка становить 0,8 г на 1 кг маси тіла (за рекомендаціями ВООЗ). Для людей, які займаються спортом або важкою фізичною працею, норма споживання білка збільшується залежно від спортивної спеціалізації та енергетичних витрат. Для спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту за проявом витривалості, потреба у білках становить 1,8 г на 1 кг маси тіла на добу, тоді як для силових видів спорту - 3 г на 1 кг маси тіла. Надлишкове надходження білка із їжею (понад 2,5 г на 1 кг маси тіла для звичайних людей та 4-5 г на 1 кг маси тіла для спортсменів) недоцільне, адже викликає перевантаження системи травлення, збільшує вміст метаболітів білкового обміну у крові та погіршує функціональний стан організму, як й недостатнє їх споживання.

Біологічна цінність білків їжі залежить від їхнього амінокислотного складу (наявності всіх амінокислот) та легкості засвоєння їх організмом. Найбільш цінними є білки яєць, м'яса, риби, сиру, у 100 г яких міститься близько 13, 20, 20 та 30 г білка відповідно. Рослинні продукти, за винятком бобових, соєвих та гробів, не містять повноцінних білків.

Хімічне перетворення білків їжі у травній системі людини. Хімічне розщеплення білків їжі починається у шлунку, де є задля цього умови: кисле середовище шлункового соку (рН дорівнює 1,0-2,0) та активний фермент пепсин, що утворюється із неактивного пепсиногену. Перетворення відбувається під дією хлоридної кислоти (HCl), що утворюється у шлунку під час надходження їжі. Більшість ферментів, які розщеплюють білки у травній системі, утворюються у неактивній формі, що запобігає їх дії на білки стінок органів травлення.

Активуються ферменти різними механізмами: протеолізом (відщепленням частини білкової молекули), дією інших ферментів-активаторів (ентерокіназа). Білки їжі затримуються у шлунку до 4-6 годин та більше.

Закінчується розщеплення білків їжі до амінокислот у дванадцятипалій кишці під дією ферментів трипсину та хімотрипсину, а також дипептидаз. Амінокислоти всмоктуються у кров. Частина білків, що не встигли розщепитися, затримуються у товстому кишечнику декілька діб та починають розкладатися із утворенням токсичних речовин. Тому надлишок білків у раціоні харчування не бажаний.

Біосинтез білка та його вплив на процеси відновлення й адаптації організму до м'язової діяльності людини. Усі білки організму постійно відновлюються, тому що мають обмежений термін життя. Протягом доби організм синтезує близька 1 г білка на 1 кг маси тіла, із чим пов'язана їх добова норма. Всі білки організму відновлюються приблизно за 130-150 діб. Під час м'язової діяльності процеси метаболізму значно активуються, тому й обмін білка суттєво змінюється.

Біосинтез білка значною мірою залежить від нуклеїнових кислот, які побудовані із нуклеотидів. Нуклеотиди складаються із азотистих основ (аденін, гуанін, цитозин, урацил, тимін), вуглеводу (рибози або дезоксирибози) та одного-трьох залишків фосфорної кислоти.

Існують два види нуклеїнових кислот: дезоксирибонуклеїнова (ДНК) та рибонуклеїнова (РНК). Дезоксирибонуклеїнова кислота знаходиться переважно у ядрі й зберігає та передає спадкову (генетичну) інформацію про будову всіх білків організму. У ній зберігається шифр генетичного коду, у якому закодовані внутрішні (генотипні) та зовнішні (фенотипні) ознаки, у тому числі форма тіла - соматотип (за формою соматотипу можна відібрати дітей задля певної спеціалізації у спорті). Ген - ділянка на молекулі ДНК, де закодована інформація про певну будову конкретного білка. Кількість ДНК, що несе генетичну інформацію даного організму, називають геномом. Рибонуклеїнові кислоти забезпечують зчитування генетичної інформації із ДНК (це робить інформаційна РНК - іРНК) та її перенесення до рибосом, де відбувається процес біосинтезу білка. Інший тип РНК - транспортні РНК (тРНК), що зв'язують амінокислоти та доставляють їх до рибосом, а також розпізнають місце приєднання до білка, що синтезується. Є також рибосомальна РНК (рРНК), яка знаходиться у рибосомах та активує процес синтезу білка.

Біосинтез білка - складний багатоетапний процес, який відбувається за наявності всередині клітин усіх типів нуклеїнових кислот, РНК-полімераз та пептидсинтезуючих ферментів, амінокислот, різних регуляторів, індукторів (підсилювачі) та репресорів (пригнічувачі) генетичного апарату клітин. Він супроводжується використанням великої кількості енергії АТФ. Близько 20% добових енерговитрат організму іде на біосинтез білка.

Процес біосинтезу білка починається у ядрі клітини із розкручування ділянки ДНК та синтезу на цій ділянці (на гені) іРНК, що забезпечує переписування інформації про структуру білка із молекули ДНК на іРНК - етап транскрипції. Інформаційну РНК ще називають матричною (мРНК), у ній за рахунок певної послідовності азотистих основ кодується послідовність амінокислот у білку. Вона виходить із ядра у цитоплазму та взаємодіє із

органелами клітини - рибосомами, у яких відбувається біосинтез білків. На молекулі іРНК відбувається біосинтез білка за участю специфічних ферментів, що каналізують реакцію приєднання амінокислот до синтезуючого білка. Даний процес забезпечує передачу генетичної інформації із іРНК у молекулу білка, що синтезується - етап трансляції. Він значною мірою залежить від наявності тРНК, їх структури та здатності транспортувати амінокислоти й знаходити місце їх приєднання згідно із кодам на молекулі іРНК - етап рекогніції. Запуск біосинтезу білка та його швидкість залежать від наявності незамінної амінокислоти - метіоніну.

Під час фізичних тренувань у скелетних м'язах, інших органах активується біосинтез білка на різних його етапах, що зумовлює подальшу адаптацію організму до фізичних навантажень. Важлива роль у адаптаційному біосинтезі білків належить гормонам. Активується синтез білка андрогенами, кортикостероїдами, соматропіном та інсуліном.

У спортивній практиці та фізичній реабілітації використовуються різні фармакологічні препарати, що прискорюють біосинтез білка на різних його етапах (анаболіки). Анаболіки бувають незаборонені та заборонені щодо використання у спорті (допінг).

Вплив фізичних навантажень на біосинтез білка. Одноразові фізичні навантаження пригнічують синтез білка у тканинах, особливо у скелетних м'язах, тому що не вистачає енергії АТФ та порушується обмін речовин. Водночас прискорюється розпад структурних білків, а у окремих випадках й скоротливих білків м'язів. У крові накопичуються амінокислоти, що підлягають дезамінуванню або окисненню задля забезпечення енергії. Ступінь пригнічення біосинтезу білка у тканинах залежить від інтенсивності та тривалості фізичних навантажень, а також від тренуваності організму. Під час виконання інтенсивної м'язової роботи у субмаксимальній та великій зонах потужності у результаті закиснення внутрішнього середовища спостерігається вихід білків плазми із сечею. Чим більшою була потужність роботи, тим, більший його вміст у сечі.

У результаті систематичних спортивних тренувань у скелетних м'язах, інших тканинах збільшується вміст структурних та скоротливих білків, білків-ферментів та міоглобіну, що можливо за рахунок адаптаційної активації всіх ланок біосинтезу білка, що є метаболічною основою розвитку термінової та тривалої адаптації до фізичних тренувань. У швидкісно-силових видах спорту спостерігається гіпертрофія м'язових волокон - збільшення м'язового перетину на 9-23% вже після 3-5 місяців тренувань. У окремих випадках у культуристів охоплення м'язів плеча збільшується на 70-76%. Гіпертрофія спостерігається більшою мірою у швидкоскорочувальних м'язових волокнах, з чим пов'язаний приріст швидкості та сили.

У процесі адаптації до фізичних тренувань із проявами витривалості спостерігається збільшення вмісту білків-ферментів, які каналізують процеси біологічного окиснення, мітохондрій та їх щільності, а також міоглобіну у повільноскорочувальних м'язових волокнах, що призводить до поліпшення

механізму аеробного енергоутворення та підсилення адаптаційного біосинтезу білка у м'язах, що створює метаболічні основи високої аеробної фізичної працездатності.

Розпад тканинних білків. Розпад тканинних білків відбувається за участю гідролітичних ферментів, протеїназ, що знаходяться у лізосомах та призводить до збільшення вмісту вільних амінокислот у клітинах. Даний процес значно активується під час фізичних навантажень, голодування, деяких захворювань (діабет). Вільні амінокислоти підлягають взаємоперетворенню: переамінуванню, декарбоксілюванню (відщеплення CO_2) та дезамінуванню (відщеплення аміаку). У процесі фізичних навантажень відбувається активна реакція окисного дезамінування, що супроводжується виділенням енергії та накопиченням у тканинах токсичного аміаку.

Аміак, який утворюється у різних тканинах, швидко зв'язується дикарбоновими амінокислотами: аспарагіною й глутаміною та транспортується у печінку. Там він перетворюється на нетоксичну речовину - сечовину - й виводиться із організму. Рівень сечовини у крові відображає інтенсивність розпаду тканинних білків та дезамінування амінокислот. Тому він є одним із основних діагностичних показників під час біохімічного обстеження.

Сечовина - показник розпаду тканинних білків. Процес синтезу сечовини відбувається у печінці за участю амінокислоти орнітин, тому має назву орнітиновий цикл. Із печінки сечовина надходить у кров та виводиться нирками. У середньому із організму дорослої людини із сечею виділяється 30-40 г сечовини на добу. Кількість її залежить від вмісту білків у їжі.

Вміст сечовини у крові людини у нормі знаходиться у межах 3,5-6,5 ммоль·л⁻¹. Під час виконання фізичних вправ, які спонукають розпад тканинних білків, її рівень збільшується до 8-12 ммоль·л⁻¹. Чим важчою була виконана робота, тим більший спостерігається приріст вмісту сечовини у крові одразу після неї.

Відновлення організму пов'язане із відновленням процесів обміну білка у тканинах, зокрема зменшенням швидкості розпаду білків та збільшенням їх біосинтезу, що супроводжується поверненням до норми рівня сечовини у крові.

Відновлення процесів біосинтезу білків після тривалої м'язової роботи відбувається повільно. Тому даний показник у спортивній практиці тестують через 12 годин та більше. Нормалізація концентрації сечовини у крові, визначеної вранці натщесерце після попереднього тренування, свідчить про відновлення організму після фізичного навантаження. Тому рівень сечовини у крові широко використовується як метаболічний показник процесів відновлення після тривалих фізичних навантажень. У клінічній практиці рівень сечовини у крові визначається як показник процесів розпаду тканинних білків, що спостерігається під час певних захворюваннях або порушення видільної функції нирок, коли рівень сечовини у крові може досягати 30 ммоль·л⁻¹.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 «Біохімія м'язової діяльності»

Тема 7. Біохімія м'язів та м'язового скорочення

Структурна організація скелетних м'язів. Кожний вид діяльності людини, крім мислення, пов'язаний із рухами або м'язовим напруженням. Щонайменше 450 різних м'язів забезпечують різноманітні рухи людини. Рухи відбуваються завдяки специфічній функції м'язів - процесам скорочення та розслаблення, що періодично повторюються. Вони можливі завдяки використанню хімічної енергії АТФ, яка перетворюється у кінетичну (механічну) енергію. Функціонування м'язів регулюється нервовою системою, зокрема її окремими нервовими клітинами, які називають руховими (еферентними) нервами або мотонейронами. По них передаються нервові імпульси від мозку до м'яза, що викликає його скорочення. Від м'язів до мозку інформація передається по чутливих (аферентних) нервах.

Сила та швидкість скорочення м'язів, тривалість їх роботи залежать від регуляторного впливу нервової системи, морфологічної будови та інтенсивності метаболізму організму.

М'язи складаються із м'язових волокон. Вони вкриті мембраною (фасцією), яка відділяє їх від сполучної тканини. М'язове волокно - структурна, а у поєднанні із нервовими клітинами - функціональна рухова одиниця м'яза. Кількість волокон у окремих м'язах різна (литковий м'яз містить понад мільйон (1 033 000) волокон, а м'яз ока - лише 5-6). Товщина м'язових волокон коливається у межах 50-250 мкм. Під впливом силових тренувань вона збільшується у два рази. Довжина м'язових волокон людини може сягати 12 см.

М'язові волокна можна розглядати як великі клітини, що містять усі характерні для клітин компоненти, а також специфічні скоротливі нитки - міофібрили. Волокна вкриті складною мембраною - сарколемою, що має декілька шарів. Сарколема виконує різні функції, у тому числі: кріпить волокна до сухожилля; забезпечує обмін речовин між волокном та позаклітинним середовищем; бере участь в утворенні та функціонуванні нервово-м'язового з'єднання; забезпечує регенерацію м'язових волокон у випадку їх пошкодження шляхом стимуляції розвитку клітин-сателітів. Сарколема має такі властивості: напівпроникистість для різних речовин, що створює різницю концентрації іонів Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- усередині м'язового волокна та поза ним; електророзбудливість - здатність утворювати електричний потенціал дії під час надходження нервового імпульсу завдяки швидкій зміні концентрації іонів Na^+ та K^+ у волокні та поза ним; здатність передавати збудливість (електричні імпульси) по всій довжині волокна; містить транспортні системи: білки-канали та насоси (Na^+ , K^+ - АТФ-залежний насос, Ca^{2+} - АТФ-залежний насос), за допомогою яких регулюється вміст іонів усередині м'язового волокна та підтримується електричний потенціал спокою та дії. Отже, сарколема забезпечує не тільки обмін речовин між волокном та навколишнім середовищем, а й процес збудження волокна.

Важливу роль у функції м'язів виконують внутрішньоклітинні мембрани саркоплазматичного ретикулуму, які обвивають міофібрили й контактують із сарколемою: вони передають збудження усередину волокна за допомогою Т-трубочок, якими з'єднуються із сарколемою; накопичує Ca^{2+} та вивільнює його шляхом дифузії через канали під час збудження, збільшуючи вміст вільного Ca^{2+} усередині волокна, або закачують його назад за допомогою АТФ-залежного Ca^{2+} -насоса у процесі розслаблення м'яза, тобто регулюють вміст вільного Ca^{2+} у м'язовому волокні; забезпечують процеси метаболізму.

Будова нервово-м'язового з'єднання (синапс). Оскільки скорочення м'язів регулюється нервовою системою, то до кожного м'язового волокна підходять закінчення рухового нерва (мотонейрона). Мотонейрон (руховий нерв) - нервова клітина, що складається із тіла (знаходиться переважно у сірій речовині спинного мозку), коротких відростків - дендритів та довгого відростка - аксона. Дендрити приймають сигнали від інших нейронів із відповідної ділянки головного мозку та передають їх до тіла мотонейрона. Аксон передає нервовий імпульс до м'язових волокон, що сигналізує про необхідність скорочення. Довжина окремих аксонів може досягати 125 см (той, що іннервує м'яз підошви людини, яка має зріст 180 см). Тому скоротлива функція м'яза може змінюватись через пошкодження різних ділянок мотонейрона або аксона, що важливо знати щодо реабілітації хворих.

Збудження нервової системи передається на м'яз у місцях контакту нервового закінчення аксона із м'язовим волокном, яке називають синапсом. Синапс (нервово-м'язове з'єднання) складається із пресинаптичної мембрани (мембрани нервового закінчення), синаптичної щілини та постсинаптичної мембрани (невеличкої ділянки сарколеми м'язового волокна, де відбувається їх з'єднання). Синапс забезпечує передачу електричного нервового імпульсу на м'язове волокно за допомогою хімічного нейромедіатора - ацетилхоліну. Зберігається він у нервових закінченнях у спеціальних міхурцях (візикалах). У кожному міхурці міститься майже 10 000 молекул ацетилхоліну. Вони квантами виходять у синаптичну щілину під час надходження нервового імпульсу до закінчення аксона.

Збудження м'язів та включення у роботу різних типів рухових одиниць. Збудження мотонейрону пов'язане із утворенням нервового імпульсу та передачею його по аксону. Нервовий імпульс - електричний струм, що виникає на мембранах аксону під час утворення потенціалу дії завдяки швидкій зміні концентрації іонів Na^+ та K^+ усередині рухового нерву та на його поверхні, тобто зміні зарядів із обох боків мембрани, що відбувається за умови миттєвого відкривання та закривання натрієвих та калієвих каналів на мембрані аксона та подальшій роботі натрій-калієвого насоса, який за рахунок енергії АТФ викачує натрій із мотонейрону та накачує калій до рівня концентрації, характерного щодо стану спокою (потенціалу спокою). Потенціал спокою зумовлений різною концентрацією K^+ усередині клітин (багато) та поза нею (мало). Коли нервовий імпульс доходить до закінчення аксону, він стимулює

відкриття потенціал-залежних Ca^{2+} -каналів мембрани аксону. Кальцій швидко входить у середину аксону та викликає вихід ацетилхоліну із міхурців у синаптичну щілину, тобто запускає процес передачі збудження на м'язове волокно. Якщо вміст Ca^{2+} буде недостатній або порушуються процеси його транспорту у нервові закінчення, то порушується й процес передачі нервового імпульсу у синапсі за участю ацетилхоліну.

Ацетилхолін передає збудження від нервової клітини до м'яза. У синапсі він зв'язується із рецепторами постсинаптичної мембрани м'язового волокна та сприяє відкриттю (на мить) каналів задля іонів Na^+ . Іони натрію проникають через мембрану всередину волокна та деполаризують мембрану. Створюється електричний потенціал, завдяки якому збуджується усе м'язове волокно.

Синаптична передача припиняється шляхом розщеплення молекул ацетилхоліну за допомогою ферменту ацетилхолінестерази, яка знаходиться у синаптичній щілині та на поверхні постсинаптичної мембрани та має велике значення у регуляції процесів збудження м'язових волокон та його гальмування.

Аксон мотонейронів на кінці має багато розгалужень, що з'єднуються із різними м'язовими волокнами. Об'єднання багатьох м'язових волокон одним мотонейроном називають руховою одиницею. Вона працює як єдине ціле, тобто скорочуються усі м'язові волокна, що входять до неї. Кількість м'язових волокон у одній руховій одиниці може коливатися у межах від кількох одиниць (5 у м'язах очей) до кількох тисяч (1934 у литковому м'язі). Водночас, одні й ті самі рухові одиниці у різних людей можуть суттєво розрізнятися за кількістю м'язових волокон, що впливає на прояви їхньої сили та пристосувальні здатності до фізичних навантажень. Окремі м'язи складаються із багатьох рухових одиниць, які підключаються до роботи неодноразово. Їх включення залежить від частоти нервових імпульсів (стимуляції). Сила та швидкість скорочення залежить від кількості рухових одиниць, що беруть участь у русі.

Відрізняють два типи м'язових волокон й відповідно рухових одиниць: ті, що повільно скорочуються (ПС) або червоні, та ті, що швидко скорочуються (ШС) або білі. Вони мають різні морфологічні, біохімічні та функціональні характеристики, різну швидкість збудження, скорочення та стомлення.

Окремі типи м'язових волокон мають різні механізми енергоутворення та біохімічні субстрати й ферменти, що забезпечують їх. У ПС волокнах переважає аеробний малопотужний механізм утворення АТФ, який забезпечує виконання тривалої роботи низької потужності. Вони мають багато мітохондрій, ферментів задля процесів біологічного окиснення, великі запаси глікогену, білка міоглобіну, що зв'язує кисень, та розгалужену капілярну сітку. Проте активність ферменту АТФази міозину низька.

ШС волокна, у свою чергу, поділяються на два підтипи: ШСа - окисно-гліколітичні, що забезпечують виконання роботи на швидкісну витривалість, та ШСб – гліколітичні (анаеробні), що забезпечують швидкісну та силову роботу м'язів. Дані типи волокон, особливо типу ШСб, містять менше мітохондрій, білка міоглобіну та ферментів біологічного окиснення поживних речовин, але мають великі запаси глікогену та високу активність ферментів гліколізу й

АТФази міозину. Тому ресинтез АТФ у них відбувається за рахунок анаеробних механізмів.

Різні м'язові волокна мають різний поріг збудження, саме тому втягуються у роботу різної потужності неодноразово. Якщо потужність роботи сягає не більше 25% максимальної, то працюють ПС волокна, від 25% до 40% - підключаються ШСа волокна, а вище 40% - ШСб волокна. Водночас у нетренованої людини у роботу м'язів втягується лише 55-60% рухових одиниць, а у спортсменів - 85-90%. Під час роботи максимальної потужності у процес включаються всі рухові одиниці одночасно.

Співвідношення між окремими видами м'язових волокон у пересічній особі у середньому таке: 55% - ПС, 35% - ШСа й 10% - ШСб. У спортсменів-марафонців кількість ПС волокон становить 80%, а у спринтерів - лише 23%. Вміст окремих волокон у м'язах людей генетично закріплений, але під впливом специфічних тренувань може змінитися їх співвідношення, переважно за рахунок перетворення ШСа волокон на інші типи, але у невеликій кількості. Біологічною передумовою успіху у спорті є генетична перевага окремого типу м'язових волокон у людини.

Хімічний склад м'язів. М'язи складаються із різних хімічних компонентів. На скелетні м'язи дорослої людини припадає понад 40% маси тіла. Із віком вона зменшується (до 30%), у жінок вона менша, що зумовлює нижчу їхню фізичну працездатність, а у дітей вона становить близько 25%. У спортсменів, які спеціалізуються у силових видах спорту, м'язова маса становить 50-55%, а у культуристів - до 70% загальної маси тіла.

Переважну частину м'яза складає вода – 70-80%, білки складають 16-20% м'яза, вуглеводи – 0,3-3%, ліпіди (нейтральні жири) – 0,4-1%, холестерин – 0,06-0,2%, АТФ – 0,25-0,4%, АДФ – 0,05%, КФ – 0,2-1%, депептид карнітін – 0,02-0,05%, амінокислоти – 0,1-0,7%, молочна кислота – 0,01-0,02%, креатин – 0,002-0,005%, мінеральні речовини (переважно Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) – 1-1,5%.

Будова міофібрил та скоротливих білків. Процес скорочення м'язів забезпечується скоротливими нитками - міофібрилами, які знаходяться усередині м'язових волокон у кількості від кількох сотень до кількох тисяч. Міофібрила складається із пучків товстих та тонких ниток. Товсті нитки містять скоротливий білок міозин, а тонкі - актин. Актинові нитки посередині фіксуються Z-мембранами. Ділянка між двома Z-мембранами має назву саркомер. Саркомер - скоротлива одиниця міофібрили, тому що скорочення відбувається шляхом руху (ковзання актинових ниток уздовж міозинових до центру саркомера) за рахунок утворення акто-міозинового комплексу та зміни структури білків, що зумовлює процес скорочення.

Міозин - фібрилярний або ниткоподібний білок. Вміст його у скелетних м'язах найбільший (близько 55% всіх білків м'язів). Складається він із довгої фібрилярної частини (хвоста) та кулькоподібної голівки, яка знаходиться під певним кутом до фібрилярної частини й утворює поперечні виступи. На голівках знаходяться два центри: взаємодії із актином та зв'язку із АТФ, де

постійно відбувається розпад її молекули до АДФ та H_3PO_4 . Біля голівки міозину знаходиться фермент АТФаза, який каналізує реакцію розпаду АТФ із виділенням енергії. Молекули міозину зібрані у пучки (товсті нитки) так, що голівки виступають та здатні контактувати із актиновими нитками.

Актин - глобулярний білок, молекули якого здатні об'єднуватися й утворювати тонку нитку. Тонкі нитки актину складаються із двох спіральних ниток полімеризованого актину та фіксуючого їх білка тропоміозину. У певних місцях актинових ниток знаходиться Ca^{2+} -залежний регуляторний білок тропонін, який закриває центри взаємодії актину із міозином у стані спокою та відкриває їх на початку скорочення м'яза, коли збільшується вміст вільного кальцію у волокні, із яким він з'єднується.

Біохімічні процеси, які забезпечують скорочення та розслаблення скелетних м'язів. Скорочення м'язів починається під впливом ацетилхоліну, який виділяється із нервового закінчення у синапс, взаємодіє із сарколемою та збуджує її, утворюючи на її поверхні потенціал дії. Хвиля збудження швидко поширюється уздовж всього м'язового волокна. Збудження від сарколеми м'язових волокон передається всередину волокна до міофібрил за участю Т-систем мембран ретикулума. Водночас із замкнених мембран ретикулума іони Ca^{2+} виходять у саркоплазму. Їхня концентрація збільшується майже у 100 разів. Ca^{2+} запуслав процес скорочення міофібрил й м'яза у цілому таким чином:

- надає додаткові електричні заряди скоротливим білковим ниткам та сприяє їх притягуванню одна до одної;
- з'єднується із кальцій-регуляторним білком тропоніном на актинових нитках, що сприяє відкриванню центру взаємодії актину із міозином;
- активує АТФазу міозину й прискорює реакцію розпаду АТФ;
- реакція гідролізу АТФ надає енергію щодо утворення актоміозинового комплексу та зменшення кута нахилу голівки міозину, що викликає протягування актинових ниток уздовж міозинових, яке й забезпечує процес скорочення. Водночас компоненти розпаду АТФ відходять від голівок міозину.

Процес скорочення постійно чергується із процесом розслаблення м'язів, що включає такі біохімічні процеси:

- розслабленню передують припинення надходження нервового імпульсу;
- розщеплення ацетилхоліну у синапсах під дією ферментів ацетилхолінестераз;
- ресинтез АТФ та його з'єднання із голівками міозину створює умови щодо розходження ниток скоротливих білків, оскільки АТФ несе електричний заряд.

Вплив фізичних навантажень на метаболізм м'язів. Метаболічні зміни у скелетних м'язах під впливом фізичних тренувань залежать від характеру фізичних вправ та методики тренувань. Якщо людина адаптована до силових та швидко-силових тренувальних вправ, у неї спостерігається збільшення м'язової та кісткової маси за рахунок прискорення процесів синтезу

скоротливих та структурних білків. Збільшення вмісту цих білків у м'язових волокнах призводить до збільшення товщини міофібрил, маси та об'єму м'яза, що називають м'язовою (міофібрилярною) гіпертрофією. Водночас найбільш виражена гіпертрофія під час фізичних тренувань спостерігається у швидкоскорочувальних волокнах. У процесі такої форми гіпертрофії спостерігається значне збільшення (у 2-4 рази) сили м'язів.

Збільшення маси м'язів, їх перетину та товщини м'язових волокон може бути зумовлене збільшенням вмісту саркоплазми у волокнах. Такі зміни називають саркоплазматичною гіпертрофією. Вони мало впливають на приріст швидкісно-силових здатностей людини, але зумовлюють збільшення загальної витривалості.

Під впливом тренувальних навантажень на витривалість суттєво змінюються аеробні енергетичні спроможності м'язів та фізіологічних систем.

Підвищується ефективність роботи енергетичних систем за рахунок збільшення у м'язах активності та кількості ферментів енергетичного обміну та білка міоглобіну, а також за рахунок гіпертрофії збільшується вміст АТФ - на 40-60%, креатинфосфату - на 60-80%, глікогену - на 80-100% .

Значно збільшується також капіляризація м'язових волокон (особливо червоних) та кровообіг унаслідок розширення судин у скелетних м'язах під дією метаболічного оксиду нітрогену. Спостерігається збільшення кількості та щільності мітохондрій, а також швидкості окиснення жирів під час м'язової діяльності.

Метаболічні зміни у скелетних м'язах за умов стомлення та гіпокінезії. Під час стомлення, яке буває загальним (усього організму) та локальним (окремих елементів рухової системи), спостерігаються порушення: роботи синапсу, або передачі процесів збудження на м'язові волокна; діяльності нервової системи та процесів збудження; метаболізму у м'язах; функції м'язів.

Основними біохімічними змінами, що викликають стомлення скелетних м'язів є: погіршення процесів транспорту Ca^{2+} та збільшення його вмісту у цитоплазмі; порушення процесів збудження; зменшення енергетичних ресурсів, особливо КФ та запасів вуглеводів; зменшення ємності буферних систем; збільшення вмісту молочної кислоти та розвиток ацидозу; накопичення метаболітів: АМФ, H_3PO_4 , кетонів, тіл тощо; збільшення вмісту води у скелетних м'язах та їх набрякання; пригнічення активності ферментів, особливо креатинфосфокінази.

Гіпокінезія - стан організму, зумовлений недостатністю рухової активності або нерухомістю, що призводить до порушення різних ланок метаболізму та нейрогуморальної регуляції його у скелетних м'язах, серцевому м'язі, інших органах.

У м'язах зменшується швидкість використання АТФ, що викликає зниження швидкості процесів катаболізму, спрямованих на відновлення її рівня. Із цим пов'язане порушення процесів обміну Ca^{2+} та інших мінералів, особливо у скелетних м'язах та кістках. Знижується також швидкість

біосинтезу білка у тканинах, що призводить до зменшення вмісту структурних та скоротливих білків у м'язах, тобто призводить до зменшення м'язової маси та розвитку атрофії м'язів.

Порушення діяльності головного мозку та інтенсивності метаболізму у м'язах викликає порушення механізмів скорочення та розслаблення м'язів, втрату або зниження силових показників (стан гіподинамії). Тривалий стан гіпокінезії призводить до зниження працездатності та втрати здоров'я. Тому виникає необхідність профілактики негативного впливу на організм малорухливого способу життя – здорових людей та людей із обмеженими фізичними можливостями.

Тема 8. Механізми енергозабезпечення м'язової діяльності

Роль АТФ у функції м'язів. Усі види м'язової діяльності супроводжуються використанням хімічної енергії, завдяки якій м'язи виконують механічну роботу. Цю енергію забезпечують молекули АТФ та метаболічні процеси, що своєчасно відновлюють її рівень. Різна за характером м'язова робота забезпечується різними шляхами або механізмами відновлення (ресинтезу) АТФ. АТФ - єдине джерело енергії м'язової діяльності, саме її енергія забезпечує процес скорочення. Водночас відбувається реакція розпаду (гідролізу) молекул АТФ за участю ферменту скоротливого білка міозину - АТФази, який активується іонами кальцію.

Вміст АТФ у скелетних м'язах відносно невеликий та вичерпується протягом 1-1,5 с напруженої роботи (3-5 сильних скорочень). Тому з метою підтримання м'язової діяльності повинен постійно відбуватися процес ресинтезу АТФ за рахунок такої кількості енергії, яка виділяється під час її розпаду. Постійний ресинтез АТФ у м'язах необхідний також задля процесу їх розслаблення. Ресинтез АТФ та подальше з'єднання її із голівками міозину сприяє розходженню міозинових та актинових ниток, тобто розслабленню м'язів.

Отже, постійність концентрації АТФ у м'язовому волокні - метаболічна основа нормального його скорочення та розслаблення. Навіть незначне зниження концентрації АТФ погіршує процеси розслаблення й скорочення, а підвищення - скорочення м'язів.

Існує декілька механізмів ресинтезу АТФ, які постачають енергію задля утворення макроенергетичного зв'язку у молекулі АТФ під час її синтезу із АДФ та H_2PO_4 . Кожний механізм має свої метаболічні та енергетичні особливості та робить різний внесок у енергозабезпечення м'язової діяльності організму.

Загальна характеристика механізмів енергоутворення. Виділяють один аеробний та два анаеробні механізми ресинтезу АТФ у тканинах.

Основним механізмом ресинтезу АТФ у тканинах є аеробний (за участю кисню) процес окиснення поживних речовин. Він закінчується у мітохондріях процесом окисного фосфорилування. Оскільки даний механізм

багатостадійний, він відбувається повільно й не може забезпечувати велику швидкість ресинтезу АТФ.

Існують два анаеробні механізми ресинтезу АТФ, які мають велику потужність цього процесу та можуть забезпечити енергією виконання фізичних вправ великої інтенсивності: фосфогенний (алактатний); гліколітичний (лактатний). Щодо характеристики енергетичних спроможностей окремих механізмів використовуються такі критерії їх оцінки: максимальна потужність, метаболічна ємність, ефективність та швидкість розгортання. Максимальна потужність - швидкість утворення АТФ у даному механізмі (лімітує інтенсивність виконуваної роботи). Метаболічна ємність - загальна кількість АТФ, що ресинтезується у даному механізмі енергоутворення за рахунок запасів енергетичних субстратів (лімітує обсяг виконаної роботи). Ефективність - кількість енергії, яка накопичується (акумуляується) у молекулах АТФ по відношенню до всієї енергії, що виділяється. Велика частина енергії (50%) речовини або метаболічного процесу розсіюється у вигляді тепла. Ефективність механізму ресинтезу АТФ - показник, поліпшення якого свідчить про високий ступінь організації та регуляції метаболізму. За рахунок великої ефективності енергетичного процесу зростає економічність виконуваної роботи. Швидкість розгортання процесу - час, за який даний механізм виходить на максимальну потужність від початку роботи.

Найбільшу потужність має фосфогенний механізм (3,6 моль·хв⁻¹ АТФ), найменшу - аеробний (до 1 моль·хв⁻¹). Найбільшу метаболічну ємність має аеробний механізм, оскільки можуть використовуватись запаси вуглеводів та жирів, що становлять близько 15 кг. Ефективність найбільша у фосфогенного (до 80%), оскільки креатинфосфат знаходиться безпосередньо на скоротливих нитках (міофібрилах) та відбувається проста реакція перефосфорилування між КФ та АДФ у місцях використання АТФ (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика механізмів енергозабезпечення м'язової діяльності

Механізм енергозабезпечення	Максимальна потужність, моль·хв ⁻¹	Метаболічна ємність, моль·кг ⁻¹	Ефективність, %	Час розгортання	Час утримання максимальної потужності
Фосфогенний (анаеробний, алактатний)	3,6	0,7	80	0,5-0,7 с	До 15 с
Гліколітичний (анаеробний, лактатний)	1,6	1,2	40	30 с	До 1-2 хв.
Аеробний	1,0	90 (вуглеводи)	60	2-4 хв.	Кілька годин

Анаеробні та аеробні механізми енергозабезпечення м'язової діяльності. Фосфогенний механізм використовує клітинні запаси креатинфосфату (КФ) та АДФ щодо підтримання постійності концентрації АТФ у випадках її швидкого використання. Як тільки зміщується рівновага АТФ й АДФ у бік накопичення АДФ, активується ферментативна реакція перефосфорилування між КФ та АДФ за участю ферменту креатинфосфокінази (КФкіназа). Водночас утворюється АТФ та вільний креатин. Дана реакція

відбувається й у зворотному напрямку у мітохондріях, куди швидко дифундує креатин та взаємодіє із АТФ, яка там постійно синтезується за рахунок аеробного механізму. КФ із мітохондрій знову надходить до міофібрил. Таким чином, КФ виконує роль енергетичного буфера та носія енергії. У зв'язку із цим використовуються фармакологічні препарати креатину або креатинфосфату щодо нормалізації або поліпшення енергетичного обміну у скелетних м'язах, серці тощо.

Фосфогенний механізм забезпечує виконання короточасної роботи максимальної потужності протягом перших 6-15 с у нетренованих, а у спринтерів - до 20-30 с. На максимальну потужність він виходить у перші секунди напруженої роботи й тому забезпечує енергетичну основу проявів швидкості та сили. Він є основним у енергозабезпеченні бігу на 100 м, плаванні на короткі дистанції, важкоатлетичних вправ, а також забезпечує можливість швидкого включення у роботу на старті та фініші. У процесі адаптації організму до інтенсивних та силових фізичних навантажень у м'язах збільшується вміст КФ у 1,5-2 рази та активність ферментів його обміну, що підвищує швидкісні та силові здатності людини.

Якщо інтенсивна робота триває більше 10-15 с, то енергозабезпечення її відбувається за рахунок іншого анаеробного механізму гліколітичного ресинтезу АТФ, який характерний щодо скелетних м'язів. Даний механізм також називають гліколізом. У процесі гліколізу відбувається анаеробне окиснення глікогену м'язів або глюкози, що надходить із крові. Водночас утворюється молочна кислота та 2 або 3 молекули АТФ.

Гліколітичний механізм має меншу максимальну потужність та швидкість розгортання, ніж фосфогенний. Він включається у енергозабезпечення у перші секунди роботи, але на максимальну потужність виходить на 30-й секунді інтенсивної м'язової роботи та може підтримувати її виконання протягом 1-2 хв. (у тренуваних до 5 хв.). Тому гліколіз забезпечує енергією біг на 200-400 м, плавання на 100-200 м, велогонки на короткі дистанції, інші фізичні вправи субмаксимальної потужності, що виконуються за умов нестачі кисню у тканинах (гіпоксії). Гліколіз є біоенергетичною основою швидкісної та силової витривалості людини.

Під час гліколізу у скелетних м'язах накопичується молочна кислота, яка пригнічує діяльність ферментів цього процесу. Вона швидко виходить у кров, де у нормі рівень її становить 1-1,5 ммоль·л⁻¹, а після виконання граничних інтенсивних вправ може збільшуватись у нетренованому організмі до 6-10 ммоль·л⁻¹, у тренуваному - до 10-20 ммоль·л⁻¹ та більше. Молочна кислота викликає больові відчуття у м'язах під час роботи, тому що закиснює внутрішнє середовище. Закиснення спричиняють іони гідрогену, які викликають набухання субклітинних білкових структур, що стискає нервові закінчення та викликає біль й розвиток м'язового стомлення. Водночас може змінюватись величина рН у м'язах від 7,0 до 6,5 та у крові від 7,6 до 6,8 (6,5) у тренуваному організмі, а у нетренованому менше. Помірні зміни рН у бік закиснення активують ферменти аеробного енергоутворення, за рахунок якого виконується подальша робота.

Метаболічна ємність гліколізу залежить від вмісту глікогену у скелетних м'язах та роботи буферних систем, тому збільшення їх запасів має суттєве значення задля виконання відносно тривалої напруженої роботи, що дуже важливо щодо різних видів рухової активності та спорту.

Аеробний механізм ресинтезу АТФ забезпечує понад 90% АТФ організму. Це повільний механізм енергоутворення, адже включає багато біохімічних перетворень. Поживні речовини - вуглеводи, жири та білки - розпадаються до мономерів. Далі мономери та деякі прості метаболіти (молочна кислота, кетонів тіла) поступово перетворюються на молекули ацетил-КоА, які є інтегратором метаболізму. Ацетил-КоА окиснюється у мітохондріях у циклі лимонної кислоти та у дихальному ланцюзі до кінцевих продуктів обміну CO_2 та H_2O . Процес синтезу АТФ за рахунок енергії біологічного окиснення називають окисним фосфорилуванням.

Аеробний механізм енергоутворення найкраще відбувається у типах м'язових волокон, що скорочуються повільно. На максимальну потужність він виходить на 2-4-й хвилині помірної фізичної роботи у нетренованої людини та на першій хвилині - у тренованої й може підтримувати її декілька годин. Він є біоенергетичною основою загальної витривалості.

Ефективність роботи цього механізму залежить від багатьох факторів: співвідношення у клітинах АТФ/АДФ; надходження O_2 до скелетних м'язів та інших клітин, а також кількості білка міоглобіну, який зв'язує його; активності ферментів біологічного окиснення; кількості мітохондрій та стану їхніх мембран; наявності вітамінів (груп В, С, К тощо), мінералів (Fe, Cu, Ca), переносників водню, гормонів, інших регуляторів метаболізму.

Цей механізм поліпшується під час виконання навантажень великої та помірної потужності: бігу на 5000 та 10 000 м, плавання на 800 м та більше, бігу на ковзанах, лижних та велосипедних гонок тощо.

Внесок окремих механізмів енергоутворення у забезпеченні бігу на різні дистанції. Біг на різні дистанції - гарний приклад виконання різної за потужністю та тривалістю роботи, яка забезпечується різним внеском у її виконання анаеробних та аеробних механізмів енергоутворення. Водночас між інтенсивністю та тривалістю роботи існує зворотний зв'язок - чим інтенсивніше виконується робота, тим вона менш тривала. Тому, зі збільшенням дистанції або тривалості бігу збільшується частка аеробного механізму енергоутворення та зменшується анаеробного. Фізичні вправи, під час виконання яких внесок анаеробного енергозабезпечення становить понад 70%, відносять до вправ анаеробного типу. Вправи, у виконанні яких енерговитрати на 70% забезпечуються аеробним механізмом енергоутворення, відносять до вправ аеробного типу, а якщо вправи виконуються однаковою мірою за участю обох механізмів енергоутворення, то вони належать до змішаного анаеробно-аеробного типу.

Метаболічні зміни у організмі під час виконання вправ різної потужності. Виходячи із інтенсивності фізичних навантажень та механізмів їх

енергетичного забезпечення, усі циклічні вправи (згідно із однією із багатьох класифікацій фізичних вправ) поділяють на роботу у чотирьох зонах відносної потужності: максимальній, субмаксимальній, великій та помірній. Під час виконання фізичних вправ у зоні кожної потужності відбуваються певні біохімічні зміни, за якими можна характеризувати виконану роботу.

Оцінювати інтенсивність виконаної роботи можна також за іншими показниками, які часто використовуються у практиці фізичного виховання: у енерговитратах, відносних одиницях енергетичних витрат (метаболічному еквіваленті (MET)), за величиною ЧСС (відображає відносну інтенсивність роботи), за величиною МСК (максимального споживання кисню (у відсотках)) тощо. Але необхідно знати, що величина енергетичних витрат під час фізичних навантажень індивідуальна та залежить від статі, віку, маси тіла, рівня фізичної підготовленості та спадкових ознак.

Під величиною MET розуміють відношення енергетичної вартості навантаження до інтенсивності основного обміну. 1 MET відповідає рівню основного обміну та становить $1-1,4 \text{ ккал}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{кг}^{-1}$. Відносне оцінювання інтенсивності навантаження аеробної спрямованості можна провести за величиною ЧСС, що вимірюється під час виконання роботи. Існує лінійна залежність між величинами ЧСС та споживанням кисню, яке залежить від інтенсивності роботи. Споживання кисню (СК) виражають у відсотках МСК, тобто відношення величини поточного спожитого кисню до його максимального значення.

Тема 9. Динаміка біохімічних процесів під час м'язової діяльності

Обмін води та мінеральних речовин під час м'язової діяльності. Найбільша втрата організмом води та мінеральних речовин спостерігається під час довготривалих фізичних навантажень (біг на середні та довгі дистанції, лижні гонки, велогонки тощо). Така робота може призвести до втрати 5-7 л рідини, що є одним із основних факторів зниження працездатності та стомлення. Разом із потом виділяються мінеральні речовини, особливо Na, Cl, K та Mg, а також Fe, Cu тощо. Вміст Na та Cl у організмі знижується на 5-7%.

Порушення водно-електролітного балансу впливає на процеси збудження нервових та м'язових клітин та прояви їхніх функцій. Тому, згідно із сучасними рекомендаціями, під час виконання такої роботи задля запобігання зневоднення організму необхідно споживати воду перед роботою, під час роботи у невеликих кількостях (якщо це можливо) та у перші години відпочинку. З метою контролю втрат рідини під час роботи потрібно зважуватися перед роботою та після неї. Зменшення маси тіла на 1 кг супроводжується втратою близько 0,7-0,8 л води.

Для запобігання порушення роботи серцево-судинної та нервової систем через зневоднення рекомендується за 30 хв. перед виконанням довготривалої роботи випити 200-400 мл напою (сік розведений або вуглеводно-сольовий розчин). Поповнення води під час роботи сприяє нормалізації концентрації Na,

Сі та К у плазмі крові та відносного об'єму плазми крові. Тому рекомендується через кожні 10-15 хв. роботи випивати по 100-250 мл, або через одну годину такої роботи близько 1-2 склянки охолодженої води або спеціальних напоїв. Охолоджені напої (до 10-15°C) сприяють поліпшенню терморегуляції та всмоктуванню рідини. Швидкість всмоктування рідини у шлунку збільшується майже вдвічі, якщо пити не чисту воду, а 8-10% розчин глюкози та фруктози. Об'єм всмоктуваної рідини обмежений роботою травної системи. Він здатний засвоїти близько 800 мл протягом години.

У разі швидкого поповнення великої кількості втраченої води або значному потовиділенні, вміст Na у одиниці об'єму плазми зменшується. Такий стан називають гіпонатріємією. Зниження Na у крові нижче норми (136-146 ммоль·л⁻¹) викликає порушення орієнтації, епілептичні напади, або навіть коматозний стан. Тому під час м'язової діяльності, задля запобігання виникнення стану гіпонатріємії, споживають не чисту воду, а мінеральну із певним вмістом Na та інших елементів невеликими об'ємами.

Для спортсменів, особливо тих, які спеціалізуються у видах спорту із проявами витривалості важливо підтримувати необхідний вміст заліза у організмі. Дефіцит його призводить до розвитку анемії, що погіршує аеробні процеси енергозабезпечення та діяльність імунної системи.

За такого стану вміст гемоглобіну (Hb) у крові знижується нижче нижньої межі норми та нижче. Відновити вміст Fe та Hb у крові за рахунок збалансованого харчування досить складно. Fe погано засвоюється організмом. Наприклад, Fe у молочних та борошняних продуктах засвоюються приблизно на 5%. Під час лікування залізоалежної анемії використовуються фармакологічні препарати заліза. Слід зауважити, що споживання надмірної кількості мінеральних речовин не призводить до суттєвого підвищення фізичної працездатності людини, у якої не було їх дефіциту.

Значне виведення води із організму використовується як один із основних методів зменшення маси тіла, наприклад, у спортсменів перед змаганнями, коли потрібно коригувати вагову категорію. Водночас слід компенсувати втрати мінеральних речовин спеціальними дієтами щодо запобігання порушень діяльності нервової та серцево-судинної системи.

Обмін речовин під час м'язової діяльності та у період відновлення.

Під час фізичних тренувальних навантажень, фізичної реабілітації активуються різні види обміну речовин, особливо енергетичний обмін. У разі довготривалих фізичних навантажень швидкість метаболізму знижується, що зумовлено зменшенням енергетичних запасів, накопиченням продуктів розпаду, що пригнічують діяльність ферментів, а також порушенням чіткої регуляції метаболізму за участю гормональної та нервової систем, оскільки вони теж виснажуються. Зміни метаболізму можуть викликати розвиток стомлення та різке зниження фізичної працездатності.

У період відпочинку після виконаних фізичних вправ спочатку активно відбуваються процеси катаболізму та анаболізму. Після відновлення енергетичних запасів швидкість процесів катаболізму знижується, а анаболізму

– збільшується, що зумовлює відновлення швидкості біосинтетичних (пластичних) процесів, у тому числі біосинтезу білка у скелетних м'язах. Спостерігається гетерохронність (неодноразовість) відновлення окремих метаболічних процесів.

Біосинтез білка у м'язах відновлюється дуже повільно та закінчується пізніше інших процесів. Нормалізація процесів біосинтезу білка після 20-30-хвилинної напруженої роботи відбудеться лише через 12-24 години відпочинку. Тому щодо тестування перебігу процесів відновлення організму, а також з метою виявлення патологічного розпаду тканинних білків під час окремих хвороб використовується показник розпаду білків - сечовина. Відновлення її концентрації до фізіологічної норми (3,5-6,0 ммоль на 1 л крові) пов'язане із відновленням швидкості процесу біосинтезу білка у скелетних м'язах.

Відновлення біосинтетичних процесів після фізичних навантажень відбувається не тільки до початкового рівня. У певний час відпочинку спостерігається явище надвідновлення (суперкомпенсації), коли біосинтетичні процеси відбуваються швидше, ніж перед виконанням фізичних вправ, що створює основу щодо розгортання процесів адаптації організму до фізичних тренувань.

У даний період спостерігається підвищення фізичної працездатності, зростання тренуваності. Явище надвідновлення можливе лише після фізичних навантажень, адекватних функціональній підготовці людини.

Система регуляції обміну речовин та зміни під впливом фізичних тренувань. Обмін речовин регулюється такими регуляторними системами: внутрішньоклітинна система саморегуляції, гормональна та нервова.

Внутрішньоклітинна регуляція зумовлена роботою ферментів, їх вмістом та активністю. Кількість ферментів залежить від роботи генетичного апарату клітин, а активність - від різних факторів внутрішнього середовища. Ця система регуляції досить швидко змінює обмін речовин та енергії, особливо за дії різних факторів, у тому числі й фізичних навантажень.

Під впливом фізичних навантажень змінюється активність існуючих у тканинах ферментів, а за тривалого тренування поліпшується генетичний апарат біосинтезу багатьох білків, у тому числі білків-ферментів, що призводить до збільшення їх кількості у різних тканинах. Порушення активності, біосинтезу або систем регуляції різних ферментів призводить до порушення метаболічних процесів, розвитку стомлення або захворювання.

Гормональна система регуляції впливає на генетичний синтез ферментів та на активність наявних ферментів у клітинах у відповідь на дію певних стрес-факторів, що забезпечує пристосування метаболізму, наприклад, задля виконання напружених фізичних вправ або задля запобігання патологічних змін у разі інфекції. Порушення функцій залоз внутрішньої секреції призводить до порушення певної ділянки метаболізму та розвитку захворювання.

Під час систематичних фізичних тренувань відбувається удосконалення гормональної системи регуляції обміну речовин, що лежить у основі адаптації організму до фізичних навантажень або інших чинників.

Нервова система регулює метаболізм через нейромедіатори та аксоплазматичний потік. Якщо ця функція порушується, то розвивається нейродистрофічний процес.

У процесі порушення ЦНС порушується обмін речовин у нервовій та інших системах організму, що призводить до змін фізичного та психічного стану організму. Під дією фізичних тренувань поліпшується нервова регуляція багатьох метаболічних процесів.

Таким чином, під впливом систематичних фізичних тренувань відбувається удосконалення систем регуляції метаболізму, що сприяє підвищенню працездатності та поліпшенню стану здоров'я людини.

Порушення координації метаболізму може зумовлюватися спадковими факторами або змінами у окремих регуляторних системах обміну речовин. Під час адаптації організму до фізичних навантажень, перетренування, а також під час патологічних станів у організмі змінюється обмін речовин, що призводить до появи у різних тканинах та біологічних рідинах окремих метаболітів (продуктів обміну речовин), що відображають функціональні зміни й можуть слугувати біохімічними тестами або показниками їхньої характеристики. Тому разом із медичним, педагогічним, психологічним й фізіологічним контролем використовується біохімічний контроль функціонального стану організму.

Визначення біохімічних показників обміну речовин дозволяє вирішувати такі завдання комплексного обстеження: спостереження за адаптаційними змінами основних енергетичних та функціональних систем у процесі тренування; оцінка функціонального стану організму; виявлення передпатологічних та патологічних змін метаболізму.

Біохімічний контроль дозволяє також вирішувати й окремі завдання: виявлення реакції організму на фізичні навантаження, визначення рівня тренуваності, ефективності застосування фармакологічних засобів відновлення або підвищення працездатності, ролі енергетичних метаболічних систем у м'язовій діяльності, впливу кліматичних факторів тощо. У зв'язку із цим у практиці спорту широко використовується біохімічний контроль на різних етапах підготовки спортсменів.

Вплив м'язової діяльності на енергетичний обмін. М'язова діяльність збільшує швидкість метаболізму й особливо процесів розпаду поживних речовин (катаболізм), оскільки потреба у енергії значно зростає. Витрати енергії можуть збільшуватись майже у 10 разів відносно основного обміну (1200-1900 ккал на день). Наприклад, під час спринтерського бігу енерговитрати сягають $1-3 \text{ ккал} \cdot \text{с}^{-1}$, а під час мало інтенсивного - $0,3 \text{ ккал} \cdot \text{с}^{-1}$. Метаболізм має забезпечити таку швидкість ресинтезу АТФ, що буде підтримувати сталість її концентрації. Тому під час м'язової діяльності залежно від її інтенсивності та тривалості активуються й аеробні й анаеробні механізми енергоутворення.

Під час адаптації організму до фізичних тренувань поліпшуються аеробні та анаеробні енергетичні спроможності організму, за рахунок чого людина краще виконує або довготривалу аеробну роботу, або нетривалу інтенсивну. У

результаті адаптації до довготривалої роботи збільшується активність та кількість ферментів процесів біологічного окиснення.

Порушення енергетичного обміну найчастіше визначають за зміною основного обміну методом прямої або непрямой калориметрії (визначення об'єму спожитого O_2 та виділеного CO_2). Оскільки енергетичний обмін забезпечується роботою ферментів та регуляторних систем, то порушення активності або кількості одного із регуляторних факторів приводить до його змін.

Значні порушення обміну енергії спостерігаються під час гальмування роботи циклу лимонної кислоти та дихального ланцюга, де утворюється близько двох третин енергії, що потребує організм. Водночас можливе роз'єднання взаємопов'язаних процесів окиснення та фосфорилування – синтезу АТФ у дихальному ланцюзі (окиснення відбувається, а біосинтез АТФ не відбувається).

Таке спостерігається під час дії гормону тироксину, фенолів, отруйних речовин, вірусної інфекції, авітамінозів, відсутності надходження або утворення ключового метаболіту циклу тощо. Швидкість обміну енергії може значно зменшитися, якщо енергія не використовується, наприклад, під час гіпокінезії (знижена рухова активність).

Біохімічний контроль функціонального стану організму. Об'єкти, методи та організація біохімічних досліджень. Об'єктами біохімічного дослідження організму людини можуть бути повітря, яке видихається, та біологічні рідини - кров, сеча, слина, піт, а також м'язова тканина.

Повітря, що видихається - один із основних об'єктів дослідження процесів енергетичного обміну у організмі, визначення величини енерговитрат, а також використання окремих енергетичних джерел у енергозабезпеченні м'язової діяльності.

Задля цього визначають кількість O_2 , що споживається, та CO_2 , що видихається протягом певного відрізка часу. Так за співвідношенням об'ємів цих газів можна визначити дихальний коефіцієнт ($ДК = V(CO_2) / V(O_2)$), який ще називають респіраторним відношенням (RR).

Величина ДК змінюється у межах 1-0,7 й вказує на внесок вуглеводів, жирів та білків у енергетику роботи. Якщо величина ДК = 1, то окиснюються лише вуглеводи, якщо близько 0,7 - жири, якщо 0,8 - білки, а під час рівноцінного обміну вуглеводів, жирів та білків дане співвідношення становить 0,82-0,85.

Кров використовується як один із найважливіших об'єктів біохімічних досліджень людини, оскільки у ній віддзеркалюються всі метаболічні зміни, що відбуваються у тканинах організму.

За змінами складу крові або рідкої її частини (плазми) можна судити про гомеостатичний стан внутрішнього середовища організму та його зміни під час фізкультурно-спортивної діяльності (табл. 4).

Показники крові дорослої людини у нормі

Компоненти крові	Цільна кров	Плазма
Вода, %	75-85	90-91
Сухий залишок (білок крові), %	15-25	9-10
Загальний білок, г·л ⁻¹	-	65-80
Гемоглобін, г·л ⁻¹	120-140 (жінки) 140-160 (чоловіки)	-
Гематокрит, мл·100 мл ⁻¹	37-47 (жінки) 40-54 (чоловіки)	-
Глобуліни, г·л ⁻¹	-	20-30
Альбуміни, г·л ⁻¹	-	40-50
Сечовина, ммоль·л ⁻¹	3,30-6,60	3,30-6,60
Сечова кислота, ммоль·л ⁻¹	0,18-0,24	0,24-0,29
Креатин, ммоль·л ⁻¹	0,23-0,38	0,08-0,11
Креатинін, ммоль·л ⁻¹	0,06-0,067	0,06-0,067
Глюкоза, ммоль·л ⁻¹	3,30-5,50	3,60-5,50
Молочна кислота, ммоль·л ⁻¹	-	1,00-2,50
Піровиноградна кислота, ммоль·л ⁻¹	-	0,07-0,14
Нейтральні жири, ммоль·л ⁻¹	1,00-2,60	1,20-2,80
Вільні жирні кислоти, ммоль·л ⁻¹	-	0,10-0,40
Холестерин загальний, ммоль·л ⁻¹	3,90-5,20	3,90-6,50
Кетонові тіла, ммоль·л ⁻¹	-	8-30
Ацетооцтова кислота, ммоль·л ⁻¹	-	0,05-0,19
Ацетон, ммоль·л ⁻¹	0,20	0,20-0,30
Лимонна кислота, ммоль·л ⁻¹	-	0,10-0,15
Аскорбінова кислота, ммоль·л ⁻¹	-	0,05-0,10
Білірубін загальний, ммоль·л ⁻¹	-	4-26
pH	7,35-7,45	-

Сеча як рідина, що містить воду та різні органічні й неорганічні речовини організму, деякою мірою відображає роботу нирок - основного видільного органу організму, а також динаміку обмінних процесів у різних органах та тканинах й, зокрема у плазмі крові.

Тому за змінами кількісного й якісного її складу можна судити про стан окремих компонентів обміну речовин, надлишкове їх надходження, порушення гомеостатичних реакцій у організмі, у тому числі пов'язаних із м'язовою діяльністю. Із сечею із організму заводяться різні хімічні речовини: надлишок води та електролітів, проміжні й кінцеві продукти обміну речовин, гормони, вітаміни, чужорідні речовини. Важливим показником азотного балансу у організмі, який характеризує обмін тканинних білків та засвоєння білків їжі, є величина виділеного загального азоту із сечею, яка у нормі становить близько 16 г (табл. 5).

Показники сечі дорослої людини у нормі

Компонент сечі	Вміст у нормі	
	г·доба ⁻¹	ммоль·доба ⁻¹
Органічні речовини:	22-46	-
Сечовина	20-35	333-583
Амінокислоти	До 1,1	8,8
Креатинін	1,0-20,	8,8-17,7
Сечова кислота	0,2-1,2	1,2-7,1
Глюкоза	0	0
Білок	0	0
Неорганічні речовини:	15-25	-
Хлорид	3,6-9,0	100-250
Фосфор неорганічний	0,9-1,3	29-45
Фосфати	2,0-6,7	-
Натрій	3,0-6,0	130-260
Калій	1,5-3,2	38-82
Кальцій (загальний)	0,1-0,25	2,5-6,2
Магній	0,1-0,2	4,2-8,4
Бікарбонати	-	0,5
Азот аміаку	0,5-1,0	36-71
pH	4,6-8,0	-

У практиці спорту часто досліджується вміст креатину та креатиніну у сечі. Їх добове виділення залежить від маси тіла й тому може характеризувати спортивну гіпертрофію м'язів під час окремих видів тренувань, а також швидкість метаболізму креатину у м'язах, у клінічній практиці - зміни функції нирок. У сечі досліджують вміст вітамінів, що розчиняються у воді, для того, щоб оцінити вітамінну забезпеченість організму. Так за нормальної забезпеченості організму людини вітаміном С, він виділяється із сечею у межах 20-30 мг або 113,5-170,3 ммоль на добу.

Важливе діагностичне значення мають фізико-хімічні властивості сечі: її добовим об'єм, колір (у нормі солом'яно-жовтий), запах специфічних летких речовин, прозорість та густина (у нормі коливається від 1,014 до 1,025). Вони змінюються під час фізичних навантажень, специфіці харчування, різних патологіях нирок, печінки тощо. Протягом доби виділяється у середньому близько 1-1,5 л сечі, яка у нормі має слабкокислу реакцію (pH=5-6), не містить глюкози, білка та елементів крові.

Слина звичайно використовується паралельно із іншими біохімічними об'єктами. У слині визначають електроліти, активність ферментів, величину pH, вміст різних метаболітів.

М'язова тканина є дуже показовим об'єктом біохімічного контролю м'язової діяльності, водночас використовується рідко, тому що потрібно брати

шматочок м'язової тканини методом біопсії (вищипування шприцом). У пробах визначають кількість скоротливих білків (актину та міозину), АТФазну активність міозину, показники енергетичного потенціалу (вміст АТФ, креатинфосфату, глікогену), продукти енергетичного обміну, електроліти й інші речовини. За їх вмістом визначають склад та функціональну активність м'яза, його енергетичний потенціал, а також зміни, що відбуваються під впливом одноразового фізичного навантаження або довготривалих тренувань.

Вибір методів біохімічного обстеження має важливе значення, тому що вони можуть різнитися точністю й вірогідністю. Останнім часом у практиці спорту, особливо під час самоконтролю функціонального стану організму, широко використовуються експрес-методи визначення багатьох (близько 10) різних біохімічних показників у плазмі крові та сечі за допомогою спеціальних діагностичних смужок. Основані вони на здатності певної речовини (глюкози, білка, вітаміну С, кетонових тіл, сечовини, гемоглобіну, нітратів тощо) реагувати із нанесеними на індикаторну смужку реактивами та змінювати її колір. Звичайно наноситься крапля досліджуваної крові або сечі на індикаторну смужку «Глюкотесту», «Пентафану», «Меді-тесту» або інших діагностичних тестів та за 1 хв. її колір порівнюється із індикаторною шкалою даного тесту.

Одні й ті самі біохімічні методи та показники можуть використовуватися з метою вирішення різних завдань. Наприклад, визначення вмісту лактату у крові використовується задля оцінки рівня тренуваності, спрямованості й ефективності застосовуваної вправи, а також під час відбору людей для занять окремими видами спорту, оцінки впливу засобів фізичної реабілітації або оздоровчої фізичної культури.

Організація та проведення біохімічного обстеження включає час й місце, вибір досліджуваних біохімічних показників, вони мають бути надійними - повторюватися під час багаторазового контрольного обстеження та інформативними - відображати сутність досліджуваного процесу.

У кожному конкретному випадку визначаються різні біохімічні показники обміну речовин. Більшість біохімічних показників у тренуваних й нетренуваних людей у стані спокою мало різняться, тому з метою виявлення тренуваності обстеження слід проводити перед та після виконання стандартних або граничних фізичних вправ, які добираються залежно від поставленої мети дослідження.

Основні біохімічні показники крові та сечі. Показниками вуглеводного обміну є глюкоза та молочна кислота.

Глюкоза у крові підтримується на відносно постійному рівні спеціальними регуляторними механізмами у межах 3,3-5,5 ммоль·л⁻¹.

Зміна її вмісту у крові під час м'язової діяльності індивідуальна та залежить від рівня тренуваності організму, потужності та тривалості фізичних вправ. Короткочасні фізичні навантаження максимальної й субмаксимальної інтенсивності можуть підвищити вміст глюкози у крові за рахунок посиленого розщеплення глікогену печінки під впливом адреналіну. Тривалі фізичні навантаження ведуть до зниження вмісту глюкози у крові. У нетренуваних

людей дане зниження більш виражене, ніж у тренованих. Знижений її вміст свідчить про вичерпання запасів глікогену печінки або інтенсивне використання глюкози тканинами організму.

За зміною вмісту глюкози у крові судять про швидкість аеробного окиснення її у тканинах організму під час м'язової діяльності та інтенсивність мобілізації глікогену печінки. Даний показник обміну вуглеводів рідко використовується самостійно, тому що рівень глюкози у крові залежить також від емоційного стану людини, гуморальних механізмів регуляції, харчування та інших факторів.

Стійке підвищення рівня глюкози у крові вранці натщесерце свідчить про порушення обміну вуглеводів через зміну у гормональній системі регуляції та розвиток захворювань (цукровий діабет тощо).

Сеча здорової людини не містить глюкози. Вона може з'явитися за інтенсивної м'язової діяльності, емоційного напруження перед стартом та надлишкового надходження вуглеводів із їжею у результаті підвищення її рівня у крові (стан гіперглікемії). Поява глюкози у сечі під час фізичних навантажень свідчить про інтенсивну мобілізацію глікогену печінки. Постійна наявність глюкози у сечі є діагностичним тестом захворювання на цукровий діабет

Молочна кислота є продуктом гліколітичного механізму ресинтезу АТФ у скелетних м'язах, який активується за умов виконання інтенсивних фізичних вправ та гіпоксичному стані організму. Вміст молочної кислоти у крові у нормі у стані відносного спокою становить $1-1,5 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$, а під час виконання інтенсивної фізичної роботи значно зростає. Після роботи молочна кислота виходить у кров поступово, досягаючи максимуму через 3-7 хвилин після її закінчення. Тому саме у даний час її визначають. Накопичення її у крові співпадає із посиленням утворенням у м'язах й може досягати у спортсменів $30 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ за умови виснаження. Кількість молочної кислоти більша у венозній крові, ніж у артеріальній. Після виконання інтенсивної роботи вміст її у крові може зростати у нетренованої людини до 5-6 ($13 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), у тренованої - до $20 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ та вище. Під час контролю ефективності тренувального процесу доцільно визначати рівень молочної кислоти у крові після виконання стандартних фізичних навантажень на різних етапах цього процесу. Зниження вмісту молочної кислоти у крові від одного етапу тренувань до іншого свідчить про підвищення рівня тренованості, а підвищення - про його неефективність.

Якщо виявляються великі концентрації молочної кислоти у крові після виконання граничної роботи субмаксимальної потужності, що свідчить про високий рівень тренованості або збільшення метаболічної ємності гліколізу та більшу стійкість гліколітичних ферментів до закиснення середовища. Отже, зміна концентрації молочної кислоти у крові після виконання фізичних вправ залежить від стану тренованості людини. Тому за змінами її вмісту у крові визначають ступінь тренованості організму, його анаеробні гліколітичні спроможності, що важливо під час відбору спортсменів, а також максимальну потужність аеробного механізму енергоутворення та перебіг процесів відновлення організму після фізичної роботи.

Показниками ліпідного обміну є вільні жирні кислоти, кетонів тіла, фосфоліпіди, холестерин та продукти пероксидного окиснення ліпідів.

Вільні жирні кислоти утворюються під час розпаду у тканинах нейтральних жирів, структурними компонентами яких вони є. Тому рівень вільних жирних кислот у крові відображає швидкість ліполізу триглицеридів у печінці та жирових депо. У нормі їх вміст у крові становить $0,1-0,4$ ммоль·л⁻¹ та збільшується під час тривалих фізичних навантажень. За змінами вмісту вільних жирних кислот у крові контролюють ступінь підключення ліпідів до процесів енергозабезпечення м'язової діяльності, а також економічність енергетичних систем або ступінь взаємозв'язку між ліпідним й вуглеводним обміном. Високий ступінь сполучення цих механізмів енергозабезпечення під час аеробних навантажень є показником високого рівня функціональної підготовки спортсмена.

Кетонів тіла утворюються у печінці із ацетил-КоА за посиленого окиснення жирних кислот у тканинах організму. Кетонів тіла із печінки надходять у кров та доставляються до тканин, де більша частина їх використовується як енергетичний субстрат, а менша виводиться із сечею. Вміст кетонів тіл у крові у нормі відносно невеликий - 8 ммоль·л⁻¹. Під час тривалих фізичних вправ рівень кетонів тіл у крові збільшується до 20 ммоль·л⁻¹ (кетонемія). Вони можуть з'явитися у сечі, тоді як у нормі у сечі кетонів тіла майже не виявляються простими методами ($20-40$ мг за добу). Поява кетонів тіл у сечі у здорових людей спостерігається під час голодування, виключення вуглеводів із раціону харчування, виконання тривалих фізичних навантажень помірної потужності. Даний показник має також діагностичне значення щодо виявлення захворювань на цукровий діабет та тиреотоксикоз. За збільшенням вмісту кетонів тіл у крові та появи їх у сечі під час м'язової діяльності визначають перехід енергоутворення із вуглеводних джерел на ліпідні. Більш раннє підключення ліпідних джерел свідчить про більшу економічність аеробних механізмів енергозабезпечення м'язової діяльності, а отже підвищення рівня тренуваності організму.

Холестерин є представником стероїдних ліпідів, що не бере участі у процесах енергоутворення у організмі. Вміст холестерину у плазмі крові у нормі становить $3,9-6,5$ ммоль·л⁻¹ та залежить від статі, віку, дієти, рухової активності. Постійне збільшення рівня холестерину та його окремих ліпопротеїдних комплексів у плазмі крові слугує діагностичним тестом розвитку важкого захворювання - атеросклерозу, що супроводжується пошкодженням стінок кровоносних судин. Тому з метою раннього діагностування таких порушень необхідно один раз на рік проводити контроль обміну холестерину.

Вміст фосфоліпідів у крові у нормі становить $1,5-3,6$ г·л⁻¹. Підвищення їхнього рівня спостерігається під час діабету, захворюваннях нирок, гіпофункції щитовидної залози та інших порушень обміну, а зниження – під час жировій дистрофії печінки, тобто коли пошкоджуються структури печінки, у яких вони синтезуються. Під час занять спортом можливі порушення функції печінки, тому даний показник теж потрібно контролювати.

Продукти пероксидного окиснення ліпідів створюються під час процесів пероксидного окиснення ліпідів у скелетних м'язах та інших тканинах, що спостерігається не тільки під час інтенсивних фізичних навантажень, але й під час різних захворювань. Дані продукти метаболізму у тканинах викликають стомлення, пошкоджують мембрани тканин тощо. Тому під час біохімічних обстежень щодо оцінки підготовленості спортсменів або інтенсивності деструктивних процесів у тканинах визначається вміст даних продуктів у крові та активність ферментів антиоксидантного захисту, які знешкоджують їх або протидіють утворенню.

Показниками білкового обміну є гемоглобін, альбуміни й глобуліни, сечовина та наявність у сечі білків, креатиніну та креатину.

Гемоглобін є основним білком еритроцитів крові, що виконує кисневотранспортну функцію. Концентрація його у крові залежить від статі та становить у середньому 120-140 г·л⁻¹ у жінок та 140-160 г·л⁻¹ у чоловіків, а також від ступеня тренуваності, зокрема фізичної витривалості. Зі зростом рівня тренуваності спортсменів у видах, спрямованих на витривалість, концентрація гемоглобіну у крові у жінок зростає у середньому до 130-150 г·л⁻¹, у чоловіків - до 160-180 г·л⁻¹. Збільшення вмісту гемоглобіну у крові деякою мірою відображає адаптацію організму до фізичних навантажень на витривалість та умов гіпоксії. У разі інтенсивних тренувань, а також за умов нерационального харчування відбувається руйнування еритроцитів крові та зниження концентрації гемоглобіну до 90 г·л⁻¹ та нижче, що розглядається як залізодефіцитна «спортивна анемія». У такому випадку варто змінити програму тренувань, а у раціоні харчування збільшити зміст білків, заліза й вітамінів групи В, або використати фероємні препарати.

Альбуміни й глобуліни є низькомолекулярними основними білками плазми крові. Альбуміни становлять 50-60% усіх білків сироватки крові (вміст у нормі близько 30-50 г·л⁻¹), глобуліни - 35-40% (4-12 г·л⁻¹). Вони виконують різноманітні функції у організмі: у складі імунної системи захищають організм від інфекцій, беруть участь у підтриманні рН крові, транспортують різні органічні й неорганічні речовини, використовуються щодо побудови інших речовин. Підвищення їх вмісту спостерігається у разі зневоднення організму. Кількісне співвідношення їх у плазмі крові у нормі відносно постійне та відображає стан здоров'я людини. Співвідношення даних білків змінюється у разі стомлення, під час багатьох захворювань та може використовуватися як діагностичний показник стану здоров'я.

Рівень сечовини у крові характеризує інтенсивність розпаду тканинних білків та дезамінування амінокислот, у результаті цього утворюється токсичний аміак (NH₃), який у печінці перетворюється на нетоксичну сечовину. Із печінки сечовина надходить у кров й виводиться із сечею. Концентрація сечовини у крові у нормі індивідуальна - у межах 3,5-6,5 ммоль·л⁻¹. Вона може збільшуватися у разі значного надходження білків із їжею до 7-8 ммоль·л⁻¹, за умов порушення видільної функції нирок - до 16-20 ммоль·л⁻¹, а також після виконання тривалої фізичної роботи за рахунок посилення катаболізму білків - до 9 ммоль·л⁻¹ та більше. У практиці спорту даний показник широко

використовується з метою оцінки перенесення спортсменом тренувальних й змагальних фізичних навантажень, але найчастіше щодо контролю процесів відновлення організму після фізичних тренувань. З метою одержання об'єктивної інформації концентрацію сечовини визначають наступного дня після тренування ранком натщесерце, тобто через 12 годин після роботи. Якщо виконане фізичне навантаження адекватне функціональним можливостям організму й відбулося відносно швидке відновлення метаболізму, то вміст у крові вранці буде у нормі. Якщо вміст сечовини вранці залишається вище норми, що свідчить про недостатнє відновлення організму або його стомлення.

Наявність білка у сечі. У здорової людини білок у сечі не міститься. Поява його можлива під час захворювання нирок (нефрозі), пошкодження сечових шляхів, а також під час надлишкового надходження білків із їжею або після м'язової діяльності анаеробної спрямованості, що пов'язано із порушенням проникності клітинних мембран нирок через закислення середовища організму та виходу білків плазми у сечу. Водночас може спостерігатися помутніння сечі під час відстоювання. За величною концентрації білка у сечі після виконання фізичної роботи можна визначити її потужність. Так, після виконаної роботи у зоні великої потужності концентрація білка становить 0,5%, а у зоні субмаксимальної потужності може досягати 1,5%.

Креатинін утворюється у м'язах у процесі розпаду креатинфосфату. Добове виділення його із сечею відносно постійне задля кожної людини та залежить від м'язової маси тіла. У чоловіків воно становить 18-32 мг·кг⁻¹ на добу, у жінок – 10-25 мг·кг⁻¹. За вмістом креатиніну у сечі можна побічно оцінити швидкість креатинфасфокіназної реакції, а також м'язову масу тіла.

Креатин у нормі у сечі дорослих людей відсутній. Виявляється він у разі перетренування або патологічних змін у м'язах, тому наявність креатину у сечі може використовуватися як тест з метою виявлення реакції організму на фізичні навантаження.

ПРИКЛАДИ ЗАВДАНЬ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

ПРИКЛАДИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ з дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності» для комплексної контрольної роботи

Комплексна контрольна робота з дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності» - підбір формалізованих завдань, вирішення яких потребує умінь застосовувати інтегровані знання програмового матеріалу дисципліни.

Комплексна контрольна робота складається з 30 тестових завдань у кожному з варіантів, які формуються безпосередньо перед її проведенням із загальної бази тестів з дисципліни. Всі завдання мають професійне спрямування. Вони побудовані таким чином, щоб було можливо всебічно та об'єктивно перевірити засвоєні знання студентів з дисципліни «Основи біохімії м'язової діяльності». Розв'язуючи завдання, студент демонструє не лише пам'ять, а й свою творчу розумову діяльність.

Тести складені відповідно до навчальної та робочої програм курсу «Основи біохімії м'язової діяльності».

До кожної теми навчальної дисципліни підібрана необхідна кількість питань, кожне з яких оцінюється одним балом, якщо вірно і 0 балів, якщо не вірно. Загальна оцінка виставляється за наступними критеріями:

«незадовільно»	- від 1 до 14 балів;
«задовільно»	- від 15 до 20 балів;
«добре»	- від 21 до 25 балів;
«відмінно»	- від 26 до 30 балів.

Термін виконання роботи - 80 хвилин.

Таким чином, диференційовані тестові завдання зорієнтовані на самоосвіту і самовдосконалення студентів, поповнення їх теоретико-методологічних знань; формування системного професійного мислення, професійних умінь.

Курс «Основи біохімії м'язової діяльності» вивчає ...

1. ... анатомо-фізіологічні особливості людини
2. ... біомеханіку рухів людини
3. ... обмін речовин та енергії в організмі людини у процесі фізичних навантажень
4. ... стан організму людини в умовах мінливого навколишнього середовища

Методами дослідження у біохімії м'язової діяльності є:

1. лабораторні методи
2. експрес-методи
3. експериментальні методи

4. усі перелічені методи

До змісту біохімії м'язової діяльності входить вивчення ...

1. ... будови опорно-рухового апарату
2. ... біохімічні особливості адаптації до фізичних навантажень
3. ... теорії і методики фізичного виховання
4. ... основ фізичної рекреації різних груп населення

До хімічного складу організму людини входять ...

1. ... органічні речовини
2. ... неорганічні речовини
3. ... метали, неметали, оксиди, кислоти, солі
4. ... усі перелічені речовини

Рухова одиниця - це ...

1. ...система, яка складається із мотонейрону, аксону і групи м'язових волокон, що іннервуються даним мотонейроном
2. ... площа фізіологічного перерізу м'язового волокна
3. ... сукупність фізіологічних реакцій, що лежать в основі короткочасного пристосування організму до змін фізичних навантажень
4. ... вироблена у процесі еволюції здатність організму підвищувати у багато разів інтенсивність своєї діяльності у порівнянні зі станом відносного спокою

Важлива складова організму людини, що не є поживною речовиною ...

1. ... вода
2. ... білки
3. ... вуглеводи
4. ... жири

Під час фізичних навантажень вміст мінеральних речовин в організмі ...

1. ... збільшується
2. ... не змінюється
3. ... зменшується
4. ... або збільшується, або зменшується у відповідності до характеру фізичних навантажень

Водний баланс - це ...

1. ... рівновага між виділеною та спожитою водою
2. ... втрата води в організмі
3. ... екзогенна вода
4. ... ендогенна вода

Метаболіти - це ...

1. ... адаптованість організму до фізичних навантажень
2. ... речовини, що утворюються внаслідок метаболічних процесів
3. ... перетворення вуглеводів на жири
4. ... назва ферментів, що координують обмін речовин

До обміну речовин належать процеси ...

1. ... анаболізму
2. ... асиміляції
3. ... катаболізму

4. ... дисиміляції
5. ... усі перелічені процеси

Універсальним джерелом енергії у організмі людини є...

1. ... H_3PO_4
2. ... КФ
3. ... АТФ
4. ... Са

Кисотно-основний стан організму людини характеризує ...

1. ... співвідношення концентрації H^+ та OH^-
2. ... співвідношення концентрації Ca^+ та Na^+
3. ... співвідношення концентрації K^+ та OH^-
4. ... співвідношення концентрації Fe^+ та Zn^+

Кисотно-основна рівновага - це ...

1. ... механізм енергозабезпечення м'язової діяльності
2. ... кількість води в організмі
3. ... сталість кислотності та основності внутрішнього середовища

організму

4. ... вітамінний баланс

pH - це ...

1. ... показник кисню
2. ... показник водню
3. ... показник кальцію
4. ... показник водного балансу

Вкажіть групу низькомолекулярних органічних речовин, що здебільшого не утворюються у організмі, але необхідні, оскільки регулюють обмін речовин

1. Ферменти
2. Вітаміни
3. Гормони
4. Вуглеводи

Вітамін А (ретинол) належить до групи ...

1. ... водорозчинних вітамінів
2. ... вітаміноподібних речовин
3. ... жиророзчинних вітамінів
4. ... до жодної групи не належить

Амінокислоти є складовою ...

1. ... ліпідів
2. ... білків
3. ... вуглеводів
4. ... жирів

ПРИКЛАДИ СИТУАЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ

1. Терміново необхідно провести контроль рівня глюкози у крові. Як дану процедуру можна реалізувати? Назвіть фізіологічну норму даного показника.
2. Обґрунтуйте, чи буде знижуватися фізична працездатність людини за умови дегідратації організму, якщо під час активного фізичного навантаження втрачено 0,7 кг маси тіла за рахунок води (до фізичного навантаження маса тіла становила 70 кг).
3. У людини спостерігається ацидотичний стан. Обґрунтуйте, які зміни у метаболізмі та буферних системах спричинили даний стан та порекомендуйте фізичні навантаження, що будуть спрямовані на прискорене відновлення організму.
4. У двох людей після однакових фізичних навантажень показник рН сечі виявився різним (до фізичних навантажень він був практично однаковим) – у однієї людини даний показник не змінився, у іншого – зменшився. Чому реакція на виконану роботу була різною? Назвіть причини даних змін кислотно-основного середовища у обох осіб. Хто із них має кращі спортивні перспективи?
5. Обґрунтуйте, в якій фазі відновлення після фізичних навантажень та внаслідок яких метаболічних процесів можливе поліпшення фізичної працездатності?
6. Які вітаміни, ферменти або інші біологічно активні речовини можна рекомендувати фізкультурникам та спортсменам задля покращення процесів біологічного окиснення поживних речовин та активнішого виділення енергії?
7. Ви займаєтесь з групою дітей оздоровчою фізичною культурою. Обґрунтуйте особливості метаболічних процесів у дітей молодшого та середнього шкільного віку, а також вплив фізичних навантажень на процеси обміну речовин та енергії у дітей даних вікових груп.
8. У дорослої людини протягом доби витрати енергії становлять близько 3000 ккал. Скільки молекул АТФ може дати таку кількість енергії? Чи є вона у такій кількості у організмі?
9. Обґрунтуйте можливі зміни в активності ферментів у скелетних м'язах спортсмена після виконання анаеробної роботи та їх причини. У спортсменів різної кваліфікації дані зміни мають бути практично однаковими, чи різними?
10. Під час біохімічного обстеження спортсменів перед змаганнями у одного виявлено вітамін С у сечі, у іншого – ні. Хто з них виявить кращу фізичну працездатність? Дайте пояснення та розкрийте біологічну роль вітаміну С.
11. У людини наявні прояви дерматиду, втрата пам'яті та галюцинації. З яким вітаміном та станом пов'язані такі зміни? Чи можуть впливати дані зміни на фізичну працездатність?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

1. Капилевич В.Л. Біохімія людини: навч. посібник [електронний ресурс], 2017. https://stud.com.ua/76648/meditsina/biohimiya_lyudini (дата доступу 08.01.2023 р.)
2. Остапченко Л.І. та ін. Біохімія: підручник для студентів ВНЗ. Київ: Київський університет, 2016. 798 с.
3. Явоненко О.Ф., Яковенко В.В. Біохімія: підручник. Суми: Університетська книга, 2022. 380 с.

Додаткова література

4. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калинський М.І. Біохімія людини: підручник. Тернопіль: Укрмедкнига, 2013. 744 с.
5. Мелешко В.І., Самошкін В.В. Біохімія : навчальний посібник для студентів навчальних закладів вищої освіти галузі фізичної культури і спорту. Дніпро: ПДАФКіС, 2018. 327с.
6. Сибірна Н.О., Гачкова Г.Я., Бродяк І.В. та ін. Функціональна біохімія: підручник. Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка, 2018. 644 с.
7. Фабрі З. Й., Чернов В. Д. Біохімічні основи фізичної культури і спорту: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичної культури і спорту. Ужгород: Ужгородський національний університет; Вид-во СП "ПоліПрінт", 2014. 91 с. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/25223> (дата доступу 08.01.2023 р.)
8. Філіпцова К. А. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи з дисципліни «Фізіологія і біохімія фізичного виховання і спорту», модуль 2 «Біохімія фізичного виховання і спорту» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Фізична культура) і 017 Фізична культура і спорт. Одеса: Університет Ушинського, 2022. 47 с.

Навчально-методичне видання

Бутенко Галина Олександрівна

ОСНОВИ БІОХІМІЇ РОБОТИ М'ЯЗІВ:
навчально-методичний посібник
для студентів спеціальності
014 Середня освіта (Фізична культура)
ОС Бакалавр

Підписано до друку 24.02.2023
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк цифровий.
Друк. арк. 6,1. Умов. друк. арк. 5,67. Обл.-вид. арк. 6,2.
Наклад 100 прим. Зам. №1222/1

Віддруковано з оригіналів замовника.
ФОП Корзун Д.Ю.
Свідоцтво про державну реєстрацію фізичної особи-підприємця
Серія В02 № 818191 від 31.07.2002 р.

Видавець ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>