

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

С. М. Півень

**ФІЗІОЛОГІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ.
ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ**

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2020

УДК 612(075.8)
ПЗ2

Рецензенти:

М. Д. Камбур – доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри анатомії, нормальної та патологічної фізіології тварин Сумського національного аграрного університету;
В. Ю. Гарбузова – доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології і патофізіології з курсом медичної біології Сумського державного університету

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 10 від 19 березня 2020 року)*

Півень С. М.

ПЗ2 **Фізіологія обміну речовин і енергії. Терморегуляція :**
навчальний посібник / С. М. Півень. – Суми : Сумський
державний університет, 2020. – 85 с.
ISBN 978-966-657-811-5

Навчальний посібник підготовлено відповідно до навчальної програми з фізіології для студентів закладів вищої медичної освіти III–IV рівнів акредитації. Може використовуватися студентами біологічних і природничих факультетів для вивчення базових питань фізіології людини. У посібнику викладені: сучасна теоретична інформація та основні фізіологічні терміни з розділу «Фізіологія обміну речовин і енергії. Терморегуляція», практичні роботи, завдання для самоконтролю студентів.

УДК 612(075.8)

ISBN 978-966-657-811-5 © Півень С. М., 2020
© Сумський державний університет, 2020

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
Навчальні цілі.....	7
1. Фізіологічне значення білків, жирів і вуглеводів. Поняття про азотистий баланс.....	8
2. Перетворення енергії в організмі. Методи визначення енергетичного обміну: пряма й непряма калориметрія.....	15
3. Калорійний еквівалент кисню та дихальний коефіцієнт, їх значення в дослідженнях обміну речовин.....	20
4. Поняття про основний обмін. Фактори, що впливають на його величину. Енергетичні витрати організму під час фізичної та розумової діяльності. Специфічно-динамічна дія.....	25
5. Фізіологічні основи раціонального харчування. Калорійні коефіцієнти поживних речовин.....	29
6. Поняття про ядро та оболонку як про температурні зони організму.....	35
7. Періодичні коливання температури тіла, зміни температури тіла за фізіологічних умов.....	39
8. Механізми теплоутворення. Поняття про скоротливий та нескоротливий термогенез.....	43
9. Механізми тепловіддачі. Фактори зовнішнього середовища, що впливають на тепловіддачу.....	45
10. Центр терморегуляції, його будова та основні принципи функціонування.....	50
11. Регуляція температури тіла. Аферентна та еферентна ланки терморегуляції.....	52
Тестові питання до ліцензійного іспиту «КРОК-1» із розділу «Фізіологія обміну речовин та енергії. Терморегуляція».....	59

Практичні роботи	65
Короткий список термінів із розділу «Фізіологія обміну речовин та енергії. Терморегуляція».....	74
Список використаної літератури.....	79
Еталони відповідей на тестові завдання.....	80
Еталони відповідей до тестових питань ліцензійного іспиту «КРОК-1».....	82
Додаток А.....	83
Додаток Б.....	84

ВСТУП

Обмін речовин та енергії – сукупність фізичних, хімічних, фізіологічних процесів перетворення поживних речовин та енергії в організмі, з одного боку, та обмін цими речовинами й енергією між організмом і довкіллям, з іншого. Цей безперервний обмін є основною ознакою життя. Отже, обмін речовин та енергії є властивістю кожної живої клітини.

Необхідні поживні речовини хімічно перетворюються та використовуються організмом як пластичний і енергетичний матеріал, а кінцеві продукти обміну виділяються з нього. У процесі метаболізму виділяють два взаємозв'язані, але протилежні процеси: анаболізм і катаболізм. Основу цих процесів становлять реакції асиміляції та дисиміляції. Переважання анаболічних процесів спостерігається в період росту і розвитку організму в дитячому віці й призводить до збільшення ваги та ожиріння в дорослому віці. Під час переважання катаболічних процесів відбуваються часткове руйнування структур і виділення енергії. Вік, стан здоров'я, обсяг фізичного й емоційного навантаження – фактори, що впливають на обмін речовин та енергії.

Для нормального функціонування й підтримання життєдіяльності організму людина споживає з їжею харчові продукти, що забезпечують надходження необхідної кількості жирів, білків, вуглеводів, вітамінів і мікроелементів. Розраховувати кількість поживних речовин, що повинна надходити до організму, необхідно індивідуально, враховуючи вік, зріст, вагу й діяльність людини. Задоволення пластичних та енергетичних потреб організму є критерієм формування норм харчування. Харчування повинне бути раціональним і збалансованим.

Життєдіяльність організму також залежить від проходження хімічних реакцій із перетворенням усіх видів енергії на теплову. Швидкість хімічних реакцій та енергообміну теж залежить від температури тканин організму. Температуру тканин визначають за допомогою співвідношення швидкості метаболічної теплопродукції клітинних структур до швидкості розсіювання утвореної теплоти в довкілля. Отже, теплообмін між організмом і довкіллям – невід’ємна умова життя. Для підтримання нормальної температури тіла людини існує система регуляції теплообміну.

Вивчення розділу «Фізіологія обміну речовин та енергії. Терморегуляція» важливе для студентів усіх медичних спеціальностей, необхідне для розуміння механізмів фізіологічних процесів і формування фундаментальних знань із дисципліни «Фізіологія».

НАВЧАЛЬНІ ЦІЛІ

1. Трактувати поняття основного та енергетичного обмінів, механізми хімічної й фізичної терморегуляції.
2. Трактувати фізіологічне значення білків, жирів, вуглеводів для організму.
3. Пояснювати періодичні коливання температури тіла, зміни температури тіла за фізіологічних умов.
4. Робити висновок про стан обміну речовин на основі таких показників: калоричного еквівалента кисню та дихального коефіцієнта.
5. Пояснювати фізіологічні основи методів дослідження основного обміну: прямої та непрямой калориметрії.
6. Визначати основний обмін на основі даних організму: віку, статі, маси тіла.
7. Скласти збалансований харчовий раціон на підставі визначеного основного обміну.

1. Фізіологічне значення білків, жирів і вуглеводів. Поняття про азотистий баланс

Білки. Особливе значення в раціональному харчуванні людини відіграють білки. Білки складаються з амінокислот, що є джерелом синтезу структурних білків, ферментів, гормонів білково-пептидної природи та джерелом енергії для живого організму.

Характеристика білків, що входять до складу раціону, містить *енергетичну цінність і спектр амінокислот*. Це важливі показники, оскільки, з одного боку, білки використовуються організмом для забезпечення енергетичних потреб, а з іншого – для оновлення біологічних структур упродовж життя. Усі білкові структури побудовані з неповторних комбінацій лише 20 амінокислот. Частина цих амінокислот організм синтезує з інших амінокислот, але деякі не можуть синтезуватися, а повинні обов'язково надходити до організму з їжею. Ці речовини називаються **незамінними амінокислотами** (табл. 1).

В організмі вищих тварин і людини амінокислоти можуть синтезуватися й відповідно є замінними або напівзамінними.

Тобто **замінні амінокислоти** – це речовини, що синтезуються в організмі з незамінних, а також із продуктів обміну вуглеводів і ліпідів. **Напівзамінні амінокислоти** – речовини, що синтезуються в організмі людини в недостатній кількості, тому повинні надходити з їжею. Білки, що складаються з повного набору незамінних амінокислот, називаються **біологічно повноцінними білками**.

Білки містяться в продуктах тваринного й рослинного походження, отже, їх поділяють на тваринні та рослинні.

Таблиця 1 – Класифікація амінокислот за значенням для організму

Амінокислоти		
Незамінні	Напівзамінні	Замінні
Фенілаланін	Аргінін	Гліцин
Триптофан	Тирозин	Аланін
Лейцин	Гістидин	Серин
Ізолейцин		Цистеїн
Валін		Глютамін
Лізин		Аспарагін
Метіонін		Пролін
Треонін		Аспарагінова кислота
		Глютамінова кислота

Тваринні білки виконують пластичну функцію, повністю перетворюючись на білкові структури організму. Утворення тваринного білка з рослинного відбувається менш ефективно, з коефіцієнтом перетворення 0,6–0,7. Причиною цього є диспропорція у складі білків між замінними й незамінними амінокислотами. У раціоні людини основними джерелами тваринних білків є м'ясо, риба, молоко, молочні продукти, яйця (табл. 2).

Рослинні білки містяться в усіх овочах і фруктах, але їх найвищий вміст виявлено в хлібі та картоплі.

За 1 добу в організм дорослої людини повинно надходити 80–100 г білка, з розрахунку 1 г на 1 кг маси тіла. Ця величина називається **білковий оптимум**. Для забезпечення азотистої рівноваги організму 30 г білка, що надходять, обов'язково повинні бути тваринного походження. Ця величина називається **фізіологічним мінімумом білка**.

Білки їжі не депонуються, але в умовах білкового голодування за допомогою тканинних протеїназ

активується процес деградації білка. Джерелом вільних амінокислот є білки плазми крові, печінки, слизової оболонки кишечника та м'язів, що дозволяють достатній час підтримувати оновлення білків мозку та серця.

Таблиця 2 – Вміст води та поживних речовин у деяких харчових продуктах

Харчові продукти	кДж/100 г	Вода %	Білки %	Жири %	Вуглеводи %
Фрукти	250	80	0,7	0,3	15
Овочі	170	85	2,5	0,3	8
Картопля	290	80	2,1	0,1	18
Горіхи	2 650	4,5	15	60	18
М'ясо	750	70	18	10	0,1
Хліб	1 050	35	8	1	50
Масло	3 000	17	0,6	81	0,7
Сир	1 400	45	23	27	3
Молоко (3,5 % жирності)	270	89	3,2	3,5	4,6
Фруктові соки	170	85	0,3	0,1	12
Пиво (3,6 % алкоголю)	200	90	0,5	0	4,8

Надмірна білкова дієта в людини та вищих тварин не приводить до позитивного азотистого балансу, оскільки надлишок амінокислот використовується для забезпечення енергетичних потреб організму, а синтез вуглеводів і ліпідів здійснюється після попереднього дезамінування та виділення азоту з організму. Однак після довгого білкового голодування, упродовж вагітності, коли відбувається активний ріст плода, можна спостерігати позитивний білковий баланс.

Кількість білка, що руйнується в організмі, можна підрахувати за кількістю азоту, який виводиться з організму, оскільки азот входить до складу білків та амінокислот.

Отже, стан, за якого кількість азоту, що надходить в

організм із їжею дорівнює його кількості, яка виводиться з організму називається **азотистою рівновагою**. Стан, за якого кількість уведеного з їжею азоту менша, ніж його кількість, виведена з організму, називається **негативним азотистим балансом**. Тобто деградація білка домінує над його синтезом. Існує поняття коефіцієнта зношування Рубнера, який свідчить, що втрата білка становить 0,028–0,065 г азоту на 1 кг маси тіла дорослої людини в умовах спокою упродовж однієї доби. Доросла людина вагою 70 кг втрачає приблизно 23 г білка за одну добу. Але вживання його в такій кількості не є мінімально достатнім у добовому раціоні. Це пов'язано зі специфічно-динамічною дією їжі, тобто підвищенням енергообміну організму після приймання білкових продуктів харчування.

Ліпіди. Важливу роль у життєдіяльності організму відіграють жири. З одного боку, вони виконують **структурну функцію**. Наприклад, фосфоліпіди становлять основний компонент клітинних мембран, холестерол є джерелом синтезу стероїдних гормонів. З іншого боку, ліпіди виконують **енергетичну функцію**. Нейтральний жир, що депонується в жировій тканині, мобілізується для забезпечення енергетичних потреб організму методом гідролізу триацилгліцеролів та утворенням вільних жирних кислот. Вільні жирні кислоти використовуються в енергообміні за допомогою бета-окиснення Кноопа. В енергетичному відношенні окиснення жирних кислот удвічі ефективніше, ніж окиснення амінокислот і моносахаридів.

Разом із ліпідами до організму людини надходять поліненасичені жирні кислоти. Найбільше значення відіграють лінолева, ліноленова, арахідонова жирні кислоти. Вони в організмі не утворюються (лінолева, ліноленова) або синтезуються в невеликій кількості (арахідонова) й називаються **есенціальними**

(незамінними) жирними кислотами. Незамінні жирні кислоти мають високу біологічну активність і в разі їх нестачі спостерігаються порушення росту та розвитку, надмірне злущення епітелію й випадання шерсті у вищих тварин. Ці поліненасичені кислоти об'єднали в групу під загальною назвою **вітамін F**.

Доросла людина повинна споживати 70–80 г жиру за 1 добу. Ліпіди обов'язково входять до складу всіх харчових продуктів тваринного походження. Вони містяться в достатній кількості в джерелі білка – м'ясі, рибі, молоці, молочних продуктах, а також горіхах (табл. 2). Рослинні жири відрізняються від більшості тваринних жирів високим умістом ненасичених жирних кислот.

Вуглеводи. Основними вуглеводними молекулами є моносахариди. Сполуки з двох чи більше моносахаридів називаються ди-, оліго- або полісахариди. Основним вуглеводом у раціоні людини вважають рослинний крохмаль (полісахарид). В організмі, а саме м'язах і печінці, вуглеводи депонуються у вигляді глікогену (тваринного крохмалю).

Вуглеводи – основне джерело енергії для життєдіяльності клітин. Енергетичні потреби головного мозку забезпечуються за рахунок глюкози, а поперечносмугасті м'язи в умовах недостатньої кількості глюкози можуть розщеплювати жирні кислоти. Глюкоза, крім енергетичної, виконує пластичну функцію, беручи участь у синтезі речовин.

Мінімальні потреби організму людини у вуглеводах становлять 100–150 г за 1 добу. Оптимальна добова доза вуглеводів для людини становить приблизно 500 г. Але ця величина залежить від енергетичних потреб організму, тому постійно коливається.

Необхідно враховувати, що в організмі процеси

обміну вуглеводів, ліпідів і білків взаємозв'язані. Можливе їх взаємоперетворення в певних межах. У процесі проміжного обміну вуглеводів, білків, ліпідів утворюються загальні проміжні сполуки, що забезпечують взаємозв'язок між цими обмінами. Основною проміжною сполукою є нуклеотид ацетилкоензим А, що поєднує обміни речовин у циклі трикарбонових кислот. У результаті вивільнюється 2/3 усієї енергії перетворень. А кінцеві продукти обміну речовин виводяться з організму: азот – у вигляді азотовмісних сполук (сечовини, аміаку), вуглевод – вуглекислого газу, водень – води.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка кількість білків тваринного походження повинна надходити до організму дорослої людини кожного дня:
 - A. 30 г.
 - B. 15 г.
 - C. 48 г.
 - D. 100 г.
 - E. 5 г?
2. Назвіть незамінні амінокислоти, що входять до складу білків:
 - A. Лізин.
 - B. Треонін.
 - C. Цистеїн.
 - D. Гліцин.
 - E. Аланін.
3. Дайте визначення біологічно повноцінним білкам:
 - A. Білки, що обов'язково утворюються в організмі людини.
 - B. Білки, що містять повний набір незамінних амінокислот.
 - C. Білки, що містять повний набір замісних

- амінокислот.
- D. Правильної відповіді немає.
4. Яка речовина є основою для визначення кількості білків, що руйнуються в організмі:
- A. Амінокислота.
 - B. Водень.
 - C. Азот.
 - D. Жирна кислота.
 - E. Протеїн?
5. Назвіть процеси характерні для негативного азотистого балансу:
- A. Деградація білків перевищує синтез вуглеводів.
 - B. Синтез білків перевищує синтез вуглеводів.
 - C. Деградація білків більша за їх синтез.
 - D. Синтез білків більший за деградацію.
6. Окиснення яких речовин найбільше забезпечує організм енергією:
- A. Жирних кислот.
 - B. Амінокислот.
 - C. Білків.
 - D. Вуглеводів.
 - E. Вітамінів?
7. Назвіть співвідношення білків, жирів, вуглеводів у збалансованому раціоні:
- A. 2:1:4.
 - B. 1:1:4.
 - C. 4:1:2.
 - D. 1:2:3.
 - E. 3:1:2.
8. Назвіть енергетичну цінність білків і жирів:
- A. 4,1 та 9,3 ккал/г.
 - B. 9,3 та 4,1 ккал/г.
 - C. 4,1 та 5,5 ккал/г.
 - D. Правильної відповіді немає.

9. Коли в людини може визначатися позитивний азотистий баланс:
- A. Після фізичного навантаження.
 - B. Період вагітності.
 - C. Період гарячки.
 - D. Період голодування?
10. Назвіть сполуку, з якою виводиться азот з організму:
- A. Вуглекислий газ.
 - B. Вода.
 - C. Аміак.
 - D. Не виводиться з організму взагалі.
 - E. У вигляді всіх вищеперелічених сполук.

2. Перетворення енергії в організмі. Методи визначення енергетичного обміну: пряма й непрямка калориметрія

Енергетичний обмін як фізіологічний процес характерний для всіх живих клітин. **Енергетичний обмін** – це процес використання й хімічного перетворення організмом високоенергетичних поживних речовин та виділення з клітини кінцевих продуктів обміну з низьким рівнем енергії.

У результаті перетворень вивільнюється енергія, що використовується для таких цілей: підтримання цілісності клітинних структур і забезпечення фізіологічного функціонування, забезпечення різної клітинної активності залежно від виду клітин (наприклад, скорочення м'язових клітин, проведення імпульсів нервовими клітинами).

Залежно від перетворень речовин в організмі обмінні процеси поділяють на катаболізм та анаболізм. **Катаболізм** – метаболічний процес, під час якого розпадаються структурні елементи організму або поживні речовини, що надійшли до організму із їжею.

Анаболізм – обмінний процес, упродовж якого специфічні елементи організму синтезуються з поживних речовин, що надійшли в організм із їжею.

Також розрізняють *структурний і функціональний метаболізм*. Під поняттям *структурного метаболізму* розуміють обмін білків, спрямований на відновлення структурних компонентів організму. Обмін жирів і вуглеводів забезпечує енергетично всі фізіологічні функції організму та називається *функціональним метаболізмом*.

Традиційно одиницею вимірювання енергії є калорія. **Калорія** – це кількість енергії, потрібної для підвищення температури 1 г води на 1 °С. У процесі вивчення енергетичного обміну людини використовують більшу одиницю – кілокалорію (1 ккал = 1 000 кал), однак у Міжнародній системі одиниць основною одиницею енергії прийнято вважати джоуль (Дж, а 1 ккал = 4,19 Дж).

Організми одержують енергію з довкілля у вигляді енергії хімічних зв'язків різних молекул речовин. Складні органічні молекули окислюються та під час порушення хімічних зв'язків виділяють певну кількість енергії. Далі вони включаються в цикл Кребса та окислюються до CO₂ і H₂O. Усі процеси, що генерують енергію та використовують молекулярний кисень, утворюють *систему аеробного обміну*. Відповідно, генерація енергії без участі кисню називається *анаеробним обміном* (наприклад гліколіз).

Накопичується енергія у фосфатних зв'язках *аденозинтрифосфату (АТФ)* і дифундує з молекулами в місця, де вона потрібна.

У зв'язку з важливим значенням обмінних процесів для функціонування організму розрізняють три рівні метаболічної активності:

- 1) рівень активності;
- 2) рівень готовності;

3) рівень підтримання цілісності.

Рівень активності характеризує інтенсивність обмінних процесів активної клітини, що змінюється відповідно до ступеня активності в будь-який момент часу.

Рівень готовності – це інтенсивність обмінних процесів, що неактивна на певний момент клітина повинна підтримувати, щоб зберегти здатність негайно та необмежено виконувати функції. Наприклад, процеси, що підтримують у клітині певний рівень іонів Na^+ і K^+ .

Рівень підтримання цілісності – мінімальна інтенсивність енергетичного обміну, необхідна для збереження клітинної структури. Якщо інтенсивність енергетичного обміну менша за мінімальну, в клітині відбуваються незворотні процеси й настає її загибель.

Класифікацію рівнів інтенсивності обмінних процесів необхідно враховувати в медичній практиці для оцінювання впливу порушення енергетичного обміну на окрему клітину, орган або організм у цілому. Порушення обмінних процесів спричинені різними факторами, наприклад, зменшенням доставки кисню, швидкості кровотоку, отруєнням та іншим.

Енергія, що витрачає людина в стані спокою, швидко переходить у теплоту, тому загальну теплопродукцію на практиці прийнято вважати витраченою енергією. Отже, підраховану теплопродукцію можна прирівняти до використаної енергії. Методи, за якими вимірюють інтенсивність обмінних процесів, поділяють на дві групи: вимірювання прямим і непрямим методом, тобто пряма й непряма калориметрія.

Уперше метод прямої калориметрії був використаний у 1788 році французькими вченими А. Лавуазьє та П. Лапласом. Експеримент підтвердив додержання закону збереження енергії живими організмами. Калориметр для визначення витрат теплоти в людини складний, тому ним

користуються лише в окремих дослідженнях (рис. 1).

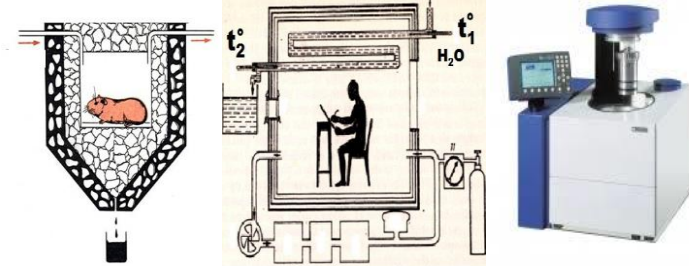


Рисунок 1 – Історичний розвиток калориметрів

Для визначення теплопродукції організму в системах прямої калориметрії використовують такі дані: теплоємність рідини, її загальний об'єм, різницю температур рідини, що надходить до камери й витікає з неї. Отже, *пряма калориметрія* – метод безпосереднього вимірювання кількості тепла, виділеного організмом за певний час.

Непряма калориметрія – метод визначення кількості тепла за кількістю спожитого кисню та виділеного вуглекислого газу. Відомий факт, що здатність організму накопичувати вуглекислий газ набагато більша, ніж здатність накопичувати кисень. Тому спожитий кисень є гарною мірою кількості O_2 , використаної тканинами організму.

Для визначення інтенсивності обміну речовин непрямыми методами необхідно виміряти спожитий кисень за одиницю часу.

Для методу непрямої калориметрії використовують принципи закритої та відкритої респіраторних систем.

Принцип *закритої респіраторної системи (метод Крога)* ґрунтується на тому, що досліджуваний вдихає кисень зі спірометра. Видихувана газова суміш проходить через камеру, в якій поглинається, і залишок її назад повертається в прилад. Отже, кругообіг газової суміші є

замкнутим, а система відповідно – закритою. Записана спірограма має зростаючий нахил, що відповідає кількості спожитого кисню за одиницю часу (рис. 2).

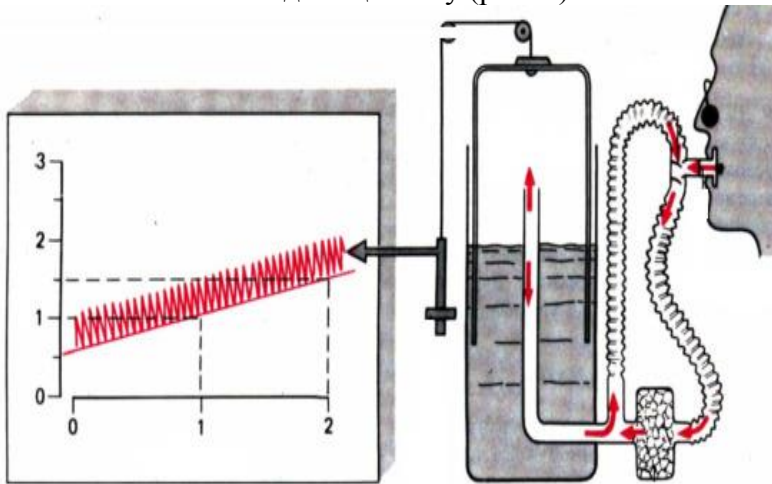


Рисунок 2 – Закрита респіраторна система для визначення спожитого кисню

Принцип *відкритої респіраторної системи* ґрунтується на тому, що повітря, яке вдихає та видихає людина, проходить різними шляхами. Вдихається звичайне атмосферне повітря, а на шляху видихуваного повітря ставиться прилад для вимірювання його об'єму та концентрації кисню й вуглекислого газу.

Оскільки відома концентрація O_2 і CO_2 атмосферного повітря, легко можна дізнатися різницю між цими показниками та зробити висновок, наскільки зменшився вміст кисню і збільшився вміст вуглекислого газу в повітрі, що видихається. Відомим методом такої відкритої системи є метод Дугласа. Досліджуваний вдихає повітря через клапан. Видихуване повітря збирають у газонепроникну камеру, час її наповнення обов'язково реєструють. Умови визначення спожитого кисню бувають

різними, але результати необхідно приводити у відповідність зі стандартними умовами (0 °С, 760 мм рт. ст., сухе повітря).

3. Калорійний еквівалент кисню та дихальний коефіцієнт, їх значення в дослідженнях обміну речовин

Дихальний коефіцієнт (співвідношення легеневого газообміну) – це співвідношення об’єму вуглекислого газу, що виділяється з видихуванім повітрям до об’єму кисню, який надходить із повітрям в організм. Цей показник характеризує тип харчових продуктів, використовуваний в обміні речовин.

Його розраховують за формулою: $ДК = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}$, де ДК – дихальний коефіцієнт; V_{CO_2} – об’єм вуглекислого газу, що виділяється; V_{O_2} – об’єм спожитого кисню.

Якщо розглянути процес окиснення глюкози, ДК = 1 тому, що рівні між собою кількості спожитого кисню й виділеного вуглекислого газу.

Отже, показником окиснення вуглеводів є дихальний коефіцієнт, що дорівнює одиниці (табл. 3).

Значення ДК у разі окиснення жирів дорівнює 0,7 і є зрозумілим, тому що в жирних кислотах на один атом вуглецю припадає менше атомів кисню, ніж у вуглеводах.

Таблиця 3 – Значення дихальних коефіцієнтів залежно від окиснення різних речовин

Поживна речовина	Дихальний коефіцієнт	Енергетичний еквівалент	
		кДж/л O ₂	ккал/л O ₂
Вуглеводи	1,0	21,1	5,05
Жири	0,7	19,6	4,69
Білки	0,81	18,8	4,48

Під час окиснення продуктів лише білкової природи дихальний коефіцієнт дорівнює 0,81 тоді як у разі змішаного раціону – 0,83–0,9.

Певному дихальному коефіцієнту відповідає калоричний (енергетичний) еквівалент кисню. *Калоричний еквівалент кисню* (КЕК) – це показник кількості тепла, що виділяється після споживання організмом одного літра кисню (табл. 4).

Таблиця 4 – Значення калоричного еквівалента кисню залежно від дихального коефіцієнта

Дихальний коефіцієнт	Калоричний еквівалент кисню	
	кДж	ккал
0,707	19,62	4,686
0,75	19,84	4,739
0,80	20,10	4,801
0,85	20,36	4,862
0,90	20,62	4,924
0,95	20,87	4,985
1,00	21,13	5,047

Співвідношення між кількістю вуглекислого газу, що виділяється та кількістю спожитого кисню залежить певних факторів:

- 1) типу речовин, що окиснюються;
- 2) перетворення одних поживних речовин на інші;
- 3) гіпервентиляції.

Додаткова кількість CO₂, що видихається в разі гіпервентиляції, надходить із запасів вуглекислого газу в тканинах і крові, тому ДК зростає до величини 1,4. Процес гіпервентиляції не впливає на об'єм спожитого кисню, оскільки клітини не можуть депонувати додаткову кількість O₂. Причини, що призводять до гіпервентиляції,

різноманітні: довільна активність, психологічний стрес, штучно здійснюване дихання.

Якщо раціон насичений великою кількістю вуглеводів, то вони можуть перетворюватися на жири. Оскільки до складу жирів входить менше молекул кисню, цей процес супроводжується виділенням кисню та відповідно підвищенням ДК.

Під час підсиленого харчування у тварин значення ДК рееструють у межах 1,38–1,58. А в період голоду й при цукровому діабеті величина дихального коефіцієнта знижується до 0,6.

Якщо під час визначення інтенсивності обміну речовин немає повної інформації щодо раціону харчування пацієнта, співвідношення між ДК і катаболізмом, необхідно здійснювати розрахунки за середнім значенням калоричного еквівалента кисню, а саме – 20,2 кДж/л O₂. Відповідно середнє значення дихального коефіцієнта становитиме 0,82.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть одиниці вимірювання енергетичного обміну в Міжнародній системі одиниць:

- А. Джоуль.
- В. Калорія.
- С. Кілокалорія.
- Д. Правильної відповіді немає.

2. Процес обміну білків, спрямований на відновлення структурних компонентів організму називається:

- А. Катаболізмом.
- В. Енергетичним обміном.
- С. Дисиміляцією.
- Д. Функціональним метаболізмом.
- Е. Структурним метаболізмом.

3. Охарактеризуйте рівень підтримання цілісності метаболічної активності:

- A. Максимальна інтенсивність енергетичного обміну, необхідна для збереження клітинних структур.
- B. Мінімальна інтенсивність енергетичного обміну, необхідна для збереження клітинних структур.
- C. Інтенсивність обмінних процесів активної клітини, що змінюється відповідно до ступеня активності.
- D. Інтенсивність обмінних процесів неактивної клітини, що повинні підтримуватися.

4. Які показники використовують для визначення теплопродукції організму в системах прямої калориметрії:

- A. Загальний об'єм рідини.
- B. Об'єм повітря.
- C. Теплоємність повітря.
- D. Теплоємність рідини.
- E. Різницю температур рідини?

5. Метод непрямой калориметрії ґрунтується на визначенні таких показників:

- A. Теплоємності рідини.
- B. Спожитого кисню.
- C. Виділеного кисню.
- D. Виділеного вуглекислого газу.
- E. Спожитого вуглекислого газу.

6. Як називається кількість тепла, що виділяється після споживання організмом одного літра кисню:

- A. Дихальний коефіцієнт.
- B. Киснева ємність крові.
- C. Калоричний еквівалент кисню.
- D. Спожитий кисень.
- E. Анаеробний коефіцієнт?

7. Дихальний коефіцієнт під час окиснення білків становить:

- A. 0,81.

- В. 0,85.
- С. 1,0.
- Д. 0,7.
- Е. 0,91.

8. Дихальний коефіцієнт залежить від таких факторів:

- А. Типу речовин, що окиснюються.
- В. Гіпервентиляції.
- С. Температури повітря, що вдихається.
- Д. Температури повітря, що видихається.
- Е. Часу доби.

9. Найбільша кількість кисню споживається під час окиснення:

- А. Білків.
- В. Вуглеводів.
- С. Амінокислот.
- Д. Вітамінів.
- Е. Жирів.

10. До системи аеробного обміну належать:

- А. Процеси гліколізу.
- В. Процеси, що використовують молекулярний кисень.
- С. Процеси, що не використовують молекулярний кисень.
- Д. Процеси, що використовують кисень зовнішнього середовища.

4. Поняття про основний обмін. Фактори, що впливають на його величину. Енергетичні витрати організму під час фізичної та розумової діяльності. Специфічно-динамічна дія їжі

Основний обмін (ОО) – це мінімальний рівень енерговитрат, необхідний для підтримання життєдіяльності організму людини в умовах відносного фізичного та психологічного спокою.

Відносний спокій – стан, під час якого енергія витрачається на роботу нервової системи, метаболізм, роботу білків-насосів, підтримання температури тіла, роботу гладких м'язів, нирок і серця.

Методи визначення ОО:

- прямої та непрямой калориметрії;
- розрахунковий за рівнянням (табл. 5).

Таблиця 5 – Рівняння розрахунку основного обміну

<i>Стать</i>	<i>Вік, роки</i>	<i>Рівняння підрахунку ОО, ккал/добу</i>
Ч	10–18	$16,6 \text{ мт} + 77\text{Р} + 572$
Ж		$7,4 \text{ мт} + 482\text{Р} + 217$
Ч	18–30	$15,4 \text{ мт} - 27\text{Р} + 717$
Ж		$13,3 \text{ мт} + 334\text{Р} + 35$
Ч	30–60	$11,3 \text{ мт} + 16\text{Р} + 901$
Ж		$8,7 \text{ мт} - 25\text{Р} + 865$
Ч	60	$8,8 \text{ мт} + 1128\text{Р} - 1071$
Ж		$9,2 \text{ мт} + 637\text{Р} - 302$

Примітка: мт – маса тіла; Р – ріст, виміряний у метрах

Фактори, що впливають на величину основного обміну:

- стать;
- вік;

- зріст;
- маса тіла.

Значення основного обміну залежить від співвідношення процесів анаболізму та катаболізму. У дітей значення ОО значно перевищує ОО у дорослих і становить 1,8 ккал/кг/год і 1,3 ккал/кг/год відповідно в 7- та 12-річному віці. Це легко пояснити тому, що в дитинстві процеси анаболізму більш інтенсивніші, ніж процеси катаболізму.

У кожній віковій групі людей прийняті стандартні значення основного обміну. Це дає можливість порівняти знайдену величину з відомим значенням і визначити відхилення основного обміну.

Відхилення ОО від стандартного значення в межах норми повинне становити $\pm 10\%$. Більші величини відхилення можуть бути спричинені порушенням функцій щитоподібної залози, інтоксикацією, шоком, одужанням після важкого перебігу хвороби.

Розрахувати величину ОО можна використовуючи таблиці Гарріса – Бенедикта. Для цього необхідно знайти число А (згідно з масою тіла) і число В (згідно з ростом і віком). Далі розрахувати основний обмін як суму чисел А та В.

Енергетичні витрати організму зростають під час зниження температури тіла, прийому їжі, психічного напруження, упродовж виконання фізичної та розумової роботи. Щоб виключити вплив вищеперелічених факторів на величину ОО, проводити його визначення необхідно в стандартних умовах, а саме: зранку, натщесерце, лежачи з розслабленими м'язами, в активному стані в умовах температурного комфорту. Одержані результати характеризують вихідний рівень енерговитрат організму.

Середнє значення ОО в дорослої людини становить 1 ккал/кг/год. Відомо, що інтенсивність процесів ОО

пов'язана з розмірами поверхні тіла. Німецький фізіолог М. Рубнер сформулював закон поверхні тіла, згідно з яким енергетичні витрати теплокровного організму пропорційні величині поверхні тіла.

Інтенсивність обмінних процесів значно зростає в умовах фізичного навантаження. Існує пряма залежність між енерговитратами та важкістю навантаження, що дозволяє використовувати рівень енерговитрат як показник виконання роботи. Ще одним критерієм визначення інтенсивності фізичної роботи є швидкість споживання кисню. Але швидкість споживання кисню не відображає точних енерговитрат під час важкого фізичного навантаження, оскільки частину енергії організм одержує за рахунок анаеробних процесів гліколізу. Різниця між величинами енерговитрат організму на виконання різних видів робіт та енерговитрат на ОО становить *робочий прибуток*.

В умовах виконання розумової роботи інтенсивність обміну речовин також збільшується, хоча мозок майже не збільшує використання поживних речовин. Участь мозку в будь-якій розумовій діяльності зводиться до зміни сфери максимальної активності. Наприклад, під час сну в тканинах мозку не реєструють змін інтенсивності метаболічних процесів. Причиною збільшення обміну речовин під час розумового навантаження вважають збільшення м'язового тону.

Специфічно-динамічна дія їжі – підсилення інтенсивності обміну речовин і підвищення енерговитрат під впливом приймання їжі.

Специфічно-динамічна дія їжі обумовлена витратами енергії під час таких процесів:

- перетравлення їжі;
- всмоктування поживних речовин із шлунково-кишкового тракту в кров і лімфу;

- ресинтезу білків, складних ліпідів, інших молекул;
- впливу на метаболізм БАР, що надходять із продуктами харчування та утворюються в організмі.

Збільшення енерговитрат організму вище від рівня проявляється через одну годину після приймання їжі й досягає максимуму через три години, тому що в цей час найвища інтенсивність процесів травлення, всмоктування й ресинтезу поживних речовин в організмі. Специфічно-динамічна дія їжі продовжується до 12–18 годин.

Якщо вживати білковий раціон, то специфічно-динамічна дія їжі найбільш виражена та інтенсивність обміну речовин збільшується до 30 %. Якщо раціон харчування змішаний, інтенсивність обміну речовин підвищується до 6–15 %.

Рівень основного обміну та загальних енерговитрат залежить від віку: добові витрати у дітей від 6 місяців до 1 року становлять 800 ккал і зростають до 2 850 ккал у віці 11–14 років. Приріст енерговитрат спостерігають у підлітків 14–17 років, основний обмін становить 3 150 ккал. Після 40 років енерговитрати знижуються і у 80 років становлять 2 000–2 200 ккал/ на добу. У цілому рівень енерговитрат дорослої людини залежить від багатьох чинників, особливо виду роботи, загальної рухової активності, соціальних умов життя.

5. Фізіологічні основи раціонального харчування. Калорійні коефіцієнти поживних речовин

Раціональне харчування – це достатнє в кількісному та повноцінне в якісному відношенні харчування. Основа харчування – це збалансованість, тобто оптимальне співвідношення компонентів їжі: стеринів, жирів, органічних кислот, амінокислот, поліненасичених жирних кислот та ін. Значення раціонального харчування полягає в тому, що воно забезпечує надходження пластичних, енергетичних і регуляторних речовин, необхідних для життєдіяльності організму.

Порушення обміну речовин – це одноманітне, незбалансоване харчування, що призводить до виключення певних компонентів із харчового раціону.

На практиці велике значення має складання збалансованого раціону. Існують основні фізіологічні принципи складання харчових раціонів:

1. Калорійність добового раціону людини повинна відповідати її енергетичним витратам.

2. Уміст білків, жирів, вуглеводів у раціоні повинен відповідати мінімальним потребам організму.

3. Уміст вітамінів, солей, мікроелементів також повинен відповідати мінімальним потребам організму.

4. Уміст вітамінів, солей, мікроелементів повинен бути нижчим від токсичного рівня.

Якщо калорійність харчового раціону людини не відповідає її енергетичним витратам, спостерігається втрата ваги або навпаки її збільшення. Німецький фізіолог Фойт запропонував показник «diet mesure» для оцінювання раціону. Тому на початку ХХ століття збалансували раціон: білки – 84 г, жири – 65 г, вуглеводи – 453 г, у вагових відсотках – 14:11:75. Саме з цих даних розрахували відоме співвідношення білків, жирів і

вуглеводів у збалансованому раціоні – 1:0,8:4,2, у вагових одиницях 15:30:55 %.

Сучасний раціон дорослої людини повинен бути таким:

1. Білки – 0,9 г/кг і повинні містити мінімум 30 г білків тваринного походження.

2. Жири – 25–35 % від загальної кількості калорій, із вмістом насичених жирних кислот не менше ніж 15 %.

3. Вуглеводи – остання частина від загальної кількості калорій.

Необхідно враховувати калоричні коефіцієнти поживних речовин, які становлять для білків і вуглеводів – 4,1 ккал, жирів – 9,3 ккал.

У разі невеликих відхилень поживних речовин від рекомендованих співвідношень серйозних порушень у функціонуванні організму не спостерігається. При недостатньому споживанні вуглеводів, глюкоза утворюється за допомогою глюконеогенезу.

Ознакою зниження рівня цукру в крові є сильне відчуття голоду, зниження фізичної та розумової працездатності. Якщо рівень вуглеводів в організмі високий, вони перетворюються на жири й депонуються.

При зниженні споживання жирів порушується всмоктування жиророзчинних вітамінів, що також призводить до гіповітамінозу, недостатності незамінних жирних кислот. Якщо вміст жирів у раціоні високий, збільшується депонування ліпідів, що призводить до ожиріння та гіперхолестеринемії – фактора ризику ряду захворювань.

Недостатнє споживання білків спричинює порушення фізичної та розумової працездатності, зниження захисних можливостей організму, голодних набряків та атрофії м'язів. Надмірне споживання білків стимулює обмін речовин і процеси теплопродукції, це обумовлюється

специфічно-динамічною дією їжі. З іншого боку, можуть спостерігатися розлади травлення за рахунок процесів гниття в товстому кишечнику.

Отже, особливе значення для збалансування раціону має природа харчових продуктів. Незамінні амінокислоти, жирні кислоти містяться лише в продуктах тваринної природи, а водорозчинні вітаміни, солі, мікроелементи – у продуктах рослинної природи.

Тобто в разі додержання людиною вегетаріанської дієти, в неї можуть виникнути ознаки білкової недостатності. Також певне співвідношення їжі тваринної та рослинної природи значно впливає на кислотно-основну рівновагу організму, оскільки продукти тваринного походження є джерелом H^+ .

Збалансовуючи раціон харчування, необхідно звертати увагу на приготування їжі. У разі її неправильного термічного оброблення руйнуються вітаміни та деякі поживні речовини.

Окрему увагу необхідно звертати на режим харчування, тобто пристосування характеру харчування, частоти й періодичності прийомів їжі до добового ритму праці та відпочинку. Інтервал між прийомами їжі повинен становити 4–5 годин. За рахунок цього досягається рівномірне функціональне навантаження на шлунково-кишкову систему, що забезпечує, зі свого боку, оптимальні умови повного оброблення та перетравлення їжі. Увечері рекомендується вживати їжу не пізніше ніж за 3 години до сну.

Загальну калорійність добового харчового раціону доцільно розділяти так: 30 % калорій – на сніданок, 45–50 % – на обід, 20–25 % – на вечерю.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте визначення основного обміну:
 - А. Мінімальний рівень енерговитрат, необхідний для підтримання життєдіяльності організму людини в умовах відносного фізичного та психологічного спокою.
 - В. Рівень енерговитрат, витрачених організмом упродовж дня.
 - С. Мінімальний рівень енерговитрат для виконання фізичної роботи.
 - Д. Максимальна кількість поживних речовин, яку людина споживає й використовує в умовах фізичного та психологічного спокою.
 - Е. Правильної відповіді немає.
2. Назвіть методи, що використовують для визначення основного обміну:
 - А. Динамометрія.
 - В. Розрахунковий за рівнянням.
 - С. Електрокардіографія.
 - Д. Пряма калориметрія.
 - Е. Непряма калориметрія.
3. Виключення вуглеводних компонентів із харчового раціону призводить до:
 - А. Порушення обміну речовин.
 - В. Цукрового діабету.
 - С. Підвищення споживання білків.
 - Д. Нецукрового діабету.
 - Е. Правильної відповіді немає.
4. Назвіть фактори, що впливають на інтенсивність основного обміну:
 - А. Місце проживання.
 - В. Вік.
 - С. Зріст.

- D. Вид виконуваної роботи.
 - E. Маса тіла.
5. Енергетичні витрати теплокровного організму пропорційні величині поверхні тіла – це:
- A. Закон поверхні тіла.
 - B. Збереження енергії.
 - C. Закон енерговитрат.
 - D. Правильної відповіді немає.
6. Причиною підвищення інтенсивності обміну речовин під час розумової роботи є:
- A. Специфічно-динамічна дія їжі.
 - B. Споживання енергії мозком.
 - C. Збільшення м'язового тону.
 - D. Підвищення процесів катаболізму.
 - E. Підвищення процесів анаболізму.
7. Через який проміжок часу після вживання їжі відбувається максимальне збільшення енерговитрат організму:
- A. 1 годину.
 - B. 2 години.
 - C. 18 годин.
 - D. 4 години.
 - E. 3 години.
8. Якщо людина почне вживати білковий раціон, на скільки відсотків збільшиться інтенсивність її обміну речовин:
- A. 5.
 - B. 70.
 - C. 30.
 - D. 10.
 - E. 90?
9. Назвіть фактори, що підвищують енерговитрати організму:
- A. Зниження температури тіла.

- В. Підвищення температури тіла.
 - С. Виконання розумової роботи.
 - Д. Зниження вологості повітря.
 - Е. Підвищення вологості повітря.
10. Якщо енергетичні витрати людини більші за калорійність харчового раціону, спостерігається:
- А. Збільшення ваги.
 - В. Зменшення ваги.
 - С. Накопичення енергії.
 - Д. Правильної відповіді немає.
11. Назвіть основні принципи складання збалансованого раціону:
- А. Калорійність добового раціону переважає над добовими енергетичними витратами.
 - В. Уміст білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів відповідає мінімальним потребам організму.
 - С. Калорійність добового раціону відповідає добовим енергетичним витратам.
 - Д. Уміст вітамінів і мікроелементів не враховується під час складання раціону.
 - Е. Уміст вітамінів і мікроелементів максимальний.
12. Назвіть калоричний коефіцієнт жирів:
- А. 5 ккал.
 - В. 4,5 ккал.
 - С. 4,1 ккал.
 - Д. 9,3 ккал.
 - Е. 10,0 ккал.
13. Який процес відбувається в організмі у разі високого вмісту вуглеводів у раціоні:
- А. Активне депонування вуглеводів.
 - В. Активне депонування жирів.
 - С. Перетворення вуглеводів на ліпіди.
 - Д. Перетворення білків на ліпіди.

Е. Перетворення ліпідів на вуглеводи?

14. Ознаки білкової недостатності можуть виникнути в людини, яка не вживає в їжу:

- А. М'ясо.
- В. Картоплю.
- С. Яйця.
- Д. Свіжу зелень.
- Е. Каші.

15. Для здорового раціонального харчування необхідно:

- А. Уранці вживати в їжу вуглеводи, в обід – жири.
- В. Додержуватися режиму харчування.
- С. Не вживати термічно оброблених продуктів.
- Д. Додержуватися вегетаріанської дієти.

6. Поняття про ядро та оболонку як про температурні зони організму

Усі хімічні реакції в організмі, зокрема обмін речовин, залежать від температури. Кількісну залежність швидкості хімічних реакцій від температури розраховують за правилом Вант-Гоффа, згідно з яким, під час підвищення або зниження температури тканини на 10°C виникає відповідно підвищення – зниження швидкості хімічних реакцій удвічі – утричі.

Відповідно до другого закону термодинаміки тепло здатне переходити з ділянки високої температури в ділянку з більш низькою температурою. Тому потік теплової енергії від людини в доквілля не може зупинитися, доки температура тіла людини вища, ніж температура доквілля. Температуру тканин організму визначають за співвідношенням швидкості метаболічної теплопродукції клітинних структур і швидкістю розсіювання утвореного тепла в доквілля. Отже, теплообмін між організмом людини і вищих тварин та доквілля є невід'ємною умовою

життя на Землі. Постійна зміна температури довкілля еволюційно закріпила механізми, за допомогою яких організми стійкі до більш низьких і високих температур. Пристосування живих організмів до температурних умов відзначається на всіх рівнях розвитку. Повне підкорення організмів зміні температурного середовища називається *температурною конформацією*, а організми відповідно – *конформерами*. Однак більшість живих організмів, що протидіє повному підкоренню температурі довкілля механізмами гомеостатування, називають *організмами – регуляторами*.

На основі механізмів гомеостатування організми – регулятори поділяють на:

- пойкилотермні;
- гомойотермні.

Пойкілотермні – це організми, що не можуть підтримувати температуру тіла на сталому рівні. **Гомойотермні** – організми, які підтримують температуру тіла на відносно сталому рівні з добовими й сезонними коливаннями не більше ніж 2 °С. Розподілення організмів на гомойотермних і пойкилотермних (теплокровних і холоднокровних) вважають умовним.

До цієї класифікації можна додати **гетеротермних організмів**, сезонні та добові коливання температури яких перевищують межі гомойотермних організмів. До гетеротермних відносять деяких ссавців і птахів у період раннього онтогенезу, зміну добової температури в летючих мишей та деяких птахів і стан зимової сплячки під час переходу від сну до активності й навпаки. Існує безліч класифікацій організмів, але жодна з них не може охопити всю складність процесу терморегуляції.

Відомо три механізми, за допомогою яких пойкилотермні організми можуть у певних межах протидіяти змінам температури довкілля.

Перший механізм називається **температурною компенсацією** – це здатність стабілізувати обмінні процеси під час зміни температури тканин. Температурна компенсація є процесом адаптації, що еволюційно формувався в різних тканинах і привів до виділення у нервовій системі спеціальних структур, що відповідають за температурну чутливість.

Другий механізм – **поведінкова терморегуляція** – це сукупність рухових актів, спрямованих на зміну теплообміну організму. Прикладом терморегуляційної поведінки є уникнення екстремально низьких і високих температур, риття нір, облизування шерсті в умовах перегрівання у тварин та свідома діяльність людини, спрямована на створення й використання речей для регуляції температури.

Третій механізм називається **температурний гістерезис** – це здатність хребетних організмів в одних температурних межах нагріватися швидше, ніж охолоджуватися. Це пов'язано зі здатністю судин шкіри розширюватися під час нагрівання та звужуватися – під час охолодження.

До гомойотермних організмів відносять плацентарних ссавців і птахів, оскільки вони здатні підтримувати незмінною температуру тіла в широких межах коливань температури навколишнього середовища. Основа гомойотермії – формування реакції організму на холод. Для підтримання постійності температури тіла гомойотермні організми використовують процеси фізичної та хімічної регуляції.

Фізична терморегуляція здійснюється зміною теплопровідності покривних тканин тіла, та в результаті змінюється величина тепловіддачі. Хімічна терморегуляція – це реактивне підвищення теплопродукції організму у відповідь на дію низьких температур

середовища.

Поняття «гомойотермія» передбачає збереження температури лише в глибоко розміщених органах і тканинах, а температура поверхневих тканин організму коливається. Тому в гомойотермному організмі фізіологічно виділяють «ядро» – внутрішні структури з постійною температурою (мозок, внутрішні органи) та «оболонку» – термоізолювальні тканини, що оточують «ядро».

У процесі нагрівання організму може виникати тепловий стан, коли всі органи та тканини, окрім шкіри, відносять до поняття «ядра». З іншого боку, різке й тривале охолодження тіла здатне викликати тепловий стан, коли до поняття «ядра» можна віднести лише мозок і внутрішні органи. Тому поділ організму на «оболонку» та «ядро» вважають умовним.

Температурою «ядра» вважають температуру в нижній третині стравоходу, біля серця. В експериментах внутрішню температуру вимірюють у прямій кишці, ротовій порожнині, тканинах гіпоталамуса.

У медичній практиці використовують метод вимірювання температури в пахвовій западині упродовж 10 хвилин. Ураховують, що ця температура на $0,5-1^{\circ}\text{C}$ нижча за внутрішню температуру тіла. Оральна температура є на $0,2-0,5^{\circ}\text{C}$ нижчою від ректальної, тому що на неї впливають їжа та повітря. У головному мозку теж існує температурний градієнт більш ніж у 1°C від центральної частини до кори. Температура глибоких тканин тіла за рахунок теплоперенесення кров'ю розподілена більш рівномірно й становить $36,7-37^{\circ}\text{C}$.

7. Періодичні коливання температури тіла, зміни температури тіла за фізіологічних умов

У гомойотермних організмів із денним способом життя температура тіла мінімальна в ранкові години й максимальна – упродовж дня. У тварин із нічним способом життя відома зворотна динаміка температурних коливань.

У людини температура тіла може коливатися упродовж дня в межах $0,5-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і підвищуватися до 18-ї години, а знижуватися – до 4-ї години ранку. Вважалося, що причиною цих коливань є фізична активність у денний час. Але коливання температури тіла упродовж доби являє собою циркадний ритм. Навіть коли вимкнені усі зовнішні орієнтовні сигнали (світло, час прийому їжі тощо) та під час сну, температура тіла продовжує коливатися. Отже, добові коливання температури пов'язані з ендогенним ритмом, тобто «біологічним годинником», адаптованим до умов зовнішнього середовища. Коли людина подорожує, необхідно 1–2 тижні для адаптації температурного режиму до нового місцевого часу.

Температура тіла жіночого організму коливається залежно від фази менструального циклу. В медичній практиці цей факт використовують із метою діагностики овуляції, вимірюють ректальну температуру. У перший день циклу температура становить $36,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. За кілька днів до овуляції вона дорівнює $36,2-36,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Збільшення температури тіла до $37,0-37,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ свідчить, що відбувається процес овуляції. Якщо температура підвищується після овуляції, можна припустити, що жінка вагітна.

Після фізичного навантаження внутрішня температура може підвищуватися на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ або більше залежно від інтенсивності навантаження, ділянки вимірювання температури, але не залежить від температури довкілля. Середня температура шкіри

знижується за рахунок виділення поту, а ректальна температура може підвищуватися до 41 °С.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. За яких умов зміну температури тіла можна вважати фізіологічною:

- A. Запалення.
- B. Гарячки.
- C. Овуляції.
- D. Підвищення температури доквілля на 5 °С.
- E. Правильної відповіді немає?

2. У який час доби температура тіла гомойотерних організмів мінімальна:

- A. О 6-й годині ранку.
- B. О 6-й годині вечора.
- C. О 12-й годині ночі.
- D. О 2-й годині дня.
- E. Правильної відповіді немає?

3. Назвіть межі коливання нормальної температури тіла в людини упродовж дня:

- A. 0,2 °С.
- B. 0,1–0,5 °С.
- C. 1–2 °С.
- D. 0,5–1 °С.
- E. 1,5–2 °С.

4. Назвіть причину коливання температури тіла упродовж доби:

- A. Наявність вітамінів у крові.
- B. Зміна активності впродовж дня.
- C. Дія зовнішніх подразників.
- D. Наявність циркадного ритму.
- E. Правильної відповіді немає.

5. Після фізичного навантаження внутрішня температура

тіла може підвищуватися залежно від:

- A. Інтенсивності навантаження.
- B. Температури навколишнього середовища.
- C. Вологості повітря.
- D. Ділянки тіла, на якій вимірюють температуру.

6. Залежність швидкості хімічних реакцій в організмі від температури тіла виражає правило:

- A. Фіка.
- B. Франка-Старлігна.
- C. Хюфнера.
- D. Салі.
- E. Вант-Гоффа.

7. Як можна розрахувати температуру тканин організму:

- A. Відношенням швидкості метаболічної теплопродукції клітинних структур до швидкості розсіювання утвореного тепла в довкілля.
- B. Відношенням спожитого кисню до виділеного вуглекислого газу.
- C. Відношенням швидкості теплопродукції клітинних структур до площі розсіювання утвореного тепла в довкілля.
- D. Відношенням спожитого кисню до швидкості метаболічної активності клітинних структур?

8. Організми, які повністю змінюються за зміни температури довкілля, називаються:

- A. Організмами-регуляторами.
- B. Пойкілотермними організмами.
- C. Конформерами.
- D. Гетеротермними організмами.
- E. Правильної відповіді немає.

9. Здатність стабілізувати обмінні процеси під час зміни температури тканин – це:

- A. Температурна компенсація.
- B. Поведінкова терморегуляція.

- C. Термогенез.
 - D. Температурний гістерезис.
10. Назвіть механізми, за допомогою яких пойкилотермні організми протидіють змінам температури довкілля:
- A. Температурний гістерезис.
 - B. Хімічна терморегуляція.
 - C. Потовиділення.
 - D. Поведінкова терморегуляція.
 - E. Скоротливий термогенез.
11. До поняття «ядра» гомойотермного організму відносять:
- A. Шкіру.
 - B. Кров.
 - C. Лише мозок.
 - D. Лише внутрішні органи та шкіру.
 - E. Внутрішні структури з постійною температурою.
12. Місцем визначення температури ядра є:
- A. Верхня третина стравоходу.
 - B. Нижня третина стравоходу біля серця.
 - C. Гіпоталамус.
 - D. Ротова порожнина.
 - E. Пряма кишка.
13. Назвіть нормальну температуру глибоких тканин тіла:
- A. 37,0–37,5 °C.
 - B. 38,0–38,5 °C.
 - C. 36,7–37,0 °C.
 - D. 34,5–37,0 °C.
 - E. 36,0–36,5 °C.
14. Назвіть властивості гомойотермних організмів:
- A. Висока інтенсивність теплопродукції.
 - B. Низька інтенсивність теплопродукції.
 - C. Температура тіла вища від температури довкілля.
 - D. Температура тіла нижча від температури довкілля.
15. Визначте характерні риси температури тіла, виміряної у

пахвовій западині:

- A. Вимірюють у паховій западині впродовж двох хвилин.
- B. Вимірюють у паховій западині впродовж десяти хвилин.
- C. На 0,5–1 °С вища від внутрішньої температури тіла.
- D. На 0,5–1 °С нижча від внутрішньої температури тіла.
- E. Дорівнює внутрішній температурі тіла.

8. Механізми теплоутворення.

Поняття про скоротливий та нескоротливий термогенез

Тепло в організмі утворюється в результаті метаболічних реакцій.

Фактори, що впливають на швидкість метаболізму:

- 1) інтенсивність основного обміну;
- 2) високий рівень метаболізму, обумовлений м'язовою активністю;
- 3) висока концентрація певних гормонів (тироксин, тестостерон, соматотропін, адреналін, норадреналін);
- 4) підвищення хімічних реакцій при високій температурі тіла;
- 5) високий рівень метаболізму, обумовлений специфічно-динамічною дією їжі.

Підвищення теплоутворення досягається за рахунок хімічної терморегуляції.

Види хімічної терморегуляції:

- ✓ скоротливий термогенез;
- ✓ нескоротливий термогенез.

Скоротливий термогенез – процес утворення тепла за рахунок активності м'язів. Поняття скоротливого

термогенезу передбачає *терморегуляційний тонус* і *тремтіння*.

Терморегуляційний тонус – це пізній м'язовий тонус, що проходить на рівні окремих рухових одиниць за типом зубчастого тетанусу. Частота скорочень у людини й вищих тварин знаходиться в межах 1–16 скорочень за 1 секунду. Оскільки, рухові одиниці м'яза скорочуються асинхронно, створюється враження тонічного напруження м'яза.

Терморегуляційний тонус виникає лише в м'язах шиї, тулуба та згиначів кінцівок. Тому поза, що зменшує поверхню тепловіддачі, – згортання в клубок.

Холодове тремтіння – процес періодичної активності високопорогових рухових одиниць на фоні терморегуляційного тонусу. Причиною виникнення є різке переохолодження та зниження внутрішньої температури тіла.

Під час скоротливого термогенезу використовується енергія на кожне окреме скорочення, що забезпечує вивільнення більшої кількості тепла. У великих тварин процес скоротливого термогенезу є основним джерелом активного теплоутворення в умовах холоду.

Нескоротливий термогенез – процес утворення тепла за рахунок активації його джерел. Спеціалізована тканина (бурий жир) є джерелом нескоротливого термогенезу. Він відкладається в міжлопатковій ділянці та навколо шиї в людей і становить 5 % щодо маси тіла. Його колір зумовлений наявністю великої кількості мітохондрій, в яких міститься пігмент цитохром. Під час окиснення жиру в таких мітохондріях не утворюється АТФ, а вся потенційна енергія міжатомних хімічних зв'язків молекули жиру перетворюється на тепло. Швидкість окиснення жирних кислот у 20 разів перевищує її в білому жирі. Отже, бурий жир існує для вироблення тепла, зменшення

втрат білого жиру, що становить основну масу жирової тканини.

Розвиток бурої жирової тканини у ссавців має відмінності. Щури порівняно з морськими свинками характеризуються пізнім розвитком адіпоцитів. У вівці максимальна маса жирової тканини визначена на 115-й день розвитку, а властивість термогенезу до народження в неї відсутня.

Повне завершення формування адіпоцитів відбувається після народження. Депонування тригліцеролів у цих клітинах відбувається за рахунок їх синтезу із жирних кислот, утворених *de novo*.

У складі ліпідів після народження організму спостерігається тенденція до збільшення концентрації насичених жирних кислот і відповідно зниження ненасичених. Відбуваються процеси перетворення адіпоцитів бурої жирової тканини на білу жирову тканину. Якщо організм знаходиться в умовах низької температури процес перетворення витримується. У деяких ссавців, наприклад кролів, бура жирова тканина з віком взагалі зникає.

9. Механізми тепловіддачі. Фактори зовнішнього середовища, що впливають на тепловіддачу

В організмі людини тепло циркулює двома способами: від внутрішніх ділянок тіла до поверхні (внутрішній потік тепла) та від поверхні тіла у довкілля (зовнішній потік тепла).

Внутрішній потік тепла. Менше половини тепла, що утворилося всередині організму поширюється до поверхні тіла за рахунок *проведення* через тканини та за допомогою конвекції в кров. Кров є гарним переносником тепла й підтримує тепловий баланс в організмі, оскільки

має високу теплоємність. Швидкість внутрішнього потоку тепла можна розрахувати за формулою

$$H_{\text{вн}} = C (T_{\text{вн}} - T_{\text{шк}}) A,$$

де A – це площа поверхні тіла,

$T_{\text{вн}} - T_{\text{шк}}$ – різниця між внутрішньою та середньою температурою шкіри;

C – теплопровідність.

Теплопровідність залежить від швидкості кровотоку в шкірі та кінцівках, товщини поверхневого шару тіла, наявності підшкірного жирового прошарку. Величина, обернена до теплоємності називається тепловою ізоляцією.

Зовнішній потік тепла. Для підрахунку та оцінювання зовнішнього потоку тепла необхідно знати всі його механізми:

- проведення тепла;
- конвекцію;
- випромінювання;
- випаровування.

Проведення тепла (теплопровідність) проходить в умовах, коли тіло контактує зі щільною речовиною. Величина потоку тепла визначається температурою і теплопровідністю цієї речовини. З інших частин тіла, що контактують із повітрям, перенесення тепла здійснюється методом конвекції, випромінювання та випаровування.

Конвекцію поділяють на:

- природну;
- форсовану.

Природна конвекція – процес перенесення тепла ламінарним потоком повітря біля поверхні шкіри. Рушійною силою процесу є різниця температур: якщо шкіра тепліша за навколишнє повітря, прилеглий до неї шар повітря нагрівається й заміщується холодним. Форсована конвекція значно підсилює інтенсивність тепловіддачі. Величину перенесення тепла методом

конвекції розраховують за формулою

$$H_k = h_k (T_{\text{шк}} - T_c) A,$$

де A – ефективна площа поверхні;

$T_{\text{шк}} - T_c$ – різниця між середньою температурою шкіри й температурою довкілля;

h_k – коефіцієнт конвекційного перенесення тепла.

Перенесення тепла методом випромінювання – це спосіб віддачі тепла в довкілля з поверхні тіла людини у вигляді довгих інфрачервоних хвиль. Кількість тепла, що розсіюється в довкілля механізмом випромінювання пропорційне площі поверхні тіла й різниці середніх значень температури шкіри та довкілля. За допомогою випромінювання віддається 40–50 % тепла, якщо температура довкілля становить 20 °С та відносна вологість 40–60 %.

Тепловіддача методом випромінювання збільшується під час зниження температури довкілля, зменшується – під час її підвищення і стає неможливою, якщо температура тіла та довкілля вирівнюються.

Випаровування – це механізм розсіювання тепла організмом у довкілля за допомогою виведення поту, вологи з поверхні шкіри та слизових оболонок дихальних шляхів.

У людини виділення поту та зволоження слизових дихальних шляхів здійснюються постійно. Якщо температура зовнішнього середовища 20 °С, організм дорослої людини віддає 20 % усього тепла за допомогою випаровування, це становить 36 г/год.

Отже, фактори, що підвищують процес випаровування:

- виконання фізичної роботи;
- підвищення температури зовнішнього середовища;
- теплоізолювальний одяг.

Тепловіддача за допомогою потовиділення

неефективна за умов високої вологості й невеликої швидкості руху повітря, коли краплі поту не встигають випаровуватися, а стікають із поверхні тіла.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які з перелічених нижче гормонів збільшують інтенсивність метаболізму:
 - A. Інсулін.
 - B. Пролактин.
 - C. Тироксин.
 - D. Адреналін.
 - E. Вазопресин?
2. Назвіть механізми хімічної терморегуляції:
 - A. Випаровування.
 - B. Конвекція.
 - C. Скоротливий термогенез.
 - D. Фотосинтез.
 - E. Нескоротливий термогенез.
3. Який механізм активного теплоутворення в умовах холоду у ссавців:
 - A. Тремтіння.
 - B. Нескоротливий термогенез.
 - C. Випромінювання.
 - D. Конвекція.
 - E. Потовиділення?
4. Місце відкладання бурого жиру в людини:
 - A. Шия.
 - B. Живіт.
 - C. Стегно.
 - D. Міжлопаткова ділянка.
 - E. Голова.
5. Охарактеризуйте процес терморегуляційного тонусу:
 - A. Відбувається в окремих рухових одиницях.

- В. Охоплює всі рухові одиниці.
 - С. Здійснюється за типом гладкого тетанусу.
 - Д. Здійснюється за типом зубчастого тетанусу.
 - Е. Виникає у м'язах шиї, тулуба й кінцівок.
6. Назвіть механізми, характерні для зовнішнього потоку тепла:
- А. Випаровування.
 - В. Скоротливий термогенез.
 - С. Конвекція.
 - Д. Випромінювання.
 - Е. Нескоротливий термогенез.
7. Які фактори підвищують процес випаровування:
- А. Виконання фізичної роботи.
 - В. Зниження температури зовнішнього середовища.
 - С. Теплоізоляційний одяг.
 - Д. Висока вологість?
8. Які умови вважаються оптимальними для механізму тепловіддачі за допомогою випромінювання:
- А. Відносна вологість 70–80 %.
 - В. Відносна вологість 40–60 %.
 - С. Температура довкілля 30 °С.
 - Д. Температура довкілля 20 °С.
 - Е. Температура довкілля дорівнює температурі тіла людини.
9. Процес віддачі тепла в довкілля з поверхні тіла людини у вигляді інфрачервоних хвиль називається:
- А. Випромінюванням.
 - В. Випаровуванням.
 - С. Потовиділенням.
 - Д. Конвекцією.
 - Е. Термогенезом.
10. Процес перенесення тепла ламінарним потоком повітря біля поверхні тіла називається:
- А. Випромінюванням.

- В. Випаровуванням.
- С. Конвекцією.
- Д. Потовиділенням.
- Е. Термогенезом.

10. Центр терморегуляції, його будова та основні принципи функціонування

Центр терморегуляції локалізований у структурах гіпоталамуса, що експериментально доведено в дослідах із тваринами. Якщо зруйнувати гіпоталамус або порушити нервовий зв'язок за допомогою перерізування на рівні середнього мозку, організм втрачає контроль за температурою тіла. Вважають, що центр тепловіддачі розміщений у передній частині гіпоталамуса, а центр теплопродукції – у задній його частині. Але наукові дослідження не підтвердили наявності реципрокних взаємозв'язків між цими структурами.

Терморегуляція здійснюється розподільною системою, основа якої – гіпоталамічний терморегуляційний механізм. Від периферичних терморецепторів через висхідні шляхи спинного мозку імпульси надходять до головного мозку.

Основними провідниками температурної чутливості є спіноталамічний і спіноретикулярний тракти. Спіноталамічний тракт складається з неоспіноталамічного і палеоспіноталамічного трактів.

Неоспіноталамічний тракт відноситься до категорії лемніскових систем і забезпечує перехід інформації через таламічні перемикальні ядра в кору головного мозку. Палеоспіноталамічний і спіноретикулярний тракти відносяться до категорії екстралемніскових шляхів.

Температурна інформація цими давніми способами через ретикулярну формацію та неспецифічні ядра

таламуса надходить в асоціативні зони кори головного мозку та структури гіпоталамуса. Від периферичних терморецепторів імпульси спрямовуються в передній гіпоталамус, аналізуються й порівнюються з рівнем активності центральних термосенсорів. Після порівняння центральної та периферичної температури тіла структури заднього мозку активують процеси хімічної та фізичної терморегуляції.

У терморегуляційному центрі розміщені різні за функціями 4 групи нервових клітин:

1) термочутливі нейрони або температурні аференти, що беруть початок від терморецепторів шкіри та внутрішніх рецепторів. До цієї групи належать нейрони «термостата», які встановлюють середню температуру ядра тіла;

2) інтернейрони або вставні нейрони всередині гіпоталамуса. Клітини, що створюють установлювальну точку (set point) температурного рівня в організмі. Інформація від нейронів «термостата» переходить до set point, де порівнюється наявна температура зі встановленим рівнем;

3) еферентні нейрони, аксони яких активують периферичні елементи контролю. Тобто, нейрони, що знаходяться в задньому гіпоталамусі й керують процесами теплоутворення (центр теплоутворення);

4) центр тепловіддачі, що міститься в передньому гіпоталамусі. Під час активації його нейронів збільшується виділення теплоти організмом.

Поняття «установна точка» розглядають як сумарну температуру тіла людини, що перебуває в постійному стані з вимкненими механізмами теплоутворення й тепловіддачі.

Термочутливі нервові клітини «вимірюють» температуру артеріальної крові, що циркулює через мозок. Ці клітини високочутливі й визначають різницю

температур у $0,011\text{ }^{\circ}\text{C}$. Аферентна інформація від терморецепторів шкіри, термочутливих нервових клітин внутрішніх органів, спинного мозку та інших частин тіла надходить у гіпоталамус. Отже, на основі аналізу температури крові, периферичних тканин у гіпоталамусі постійно визначається *середнє значення температури тіла*.

Центр терморегуляції підтримує рівновагу між процесами теплопродукції й тепловіддачі, що дозволяє підтримувати температуру тіла людини в певних межах.

11. Регуляція температури тіла.

Аферентна та еферентна ланки терморегуляції

Терморегуляція, як і будь-яка система, потребує наявності всіх компонентів регуляторної системи: подразника, аферентної рецепторної ланки, провідного ланцюга, центральної аналітичної частини та ефекторного виконавчого апарату.

Подразником є зміна температури довкілля. Доведено, що всі клітини мають температурну чутливість, але сенсорні нервові клітини та їх відростки характеризуються особливо високою чутливістю до зміни температури.

Отже, *терморецептори* – це закінчення тонких чутливих волокон типу C та A δ і спеціальні клітини, що змінюють свою активність відповідно до зміни температури.

Терморецептори розміщуються в шкірі, м'язах, судинах, внутрішніх органах, дихальних шляхах, різних відділах нервової системи. Розрізняють **холодові й теплові рецептори**, що сприймають температурні подразники й формують відчуття. Найбільша кількість холодкових рецепторів знаходиться на поверхні тіла, а

теплочутливих терморекцепторів – у гіпоталамусі.

Теплові рецептори реагують на зміну температури за допомогою підвищення імпульсації під час нагрівання та зниження – у разі охолодження. Холодові рецептори реагують на подразнення навпаки: підвищують частоту імпульсації під час охолодження та знижують – під час нагрівання.

Від периферичних терморекцепторів аферентна інформація надходить до вставних нейронів задніх рогів спинного мозку, потім через спіноталамічний тракт надходить у передні ядра таламуса й сомато-сенсорну кору великих півкуль. Отже, з'являються температурні відчуття типу «жарко», «холодно», «прохолодно» або «дискомфортно», на основі яких виникають *терморегуляторні реакції*. Частина аферентної інформації від рецепторів шкіри та внутрішніх органів через спіноталамічний і спіноретиккулярний тракти надходить у ретикулярну формацію, неспецифічні ядра таламуса, асоціативні зони кори головного мозку й гіпоталамус. У медіальній преоптичній ділянці переднього й заднього гіпоталамуса міститься центр терморегуляції, що регулює процеси теплообміну.

У термонейтральних умовах зовнішнього середовища процес терморегуляції здійснюється за допомогою судинорухових реакцій. Терморегуляція кровообігу відрізняється залежно від частини тіла, що бере участь у процесі.

Отже, виділяють три функціональні ділянки:

- 1) акральні ділянки – пальці, кисті рук, вушні раковини, губи, ніс;
- 2) тулуб, проксимальні частини кінцівок;
- 3) голова, лоб.

Якщо в гіпоталамусі величини середньої температури тіла і set point не збігаються, змінюються кровообіг у

судинах поверхні тіла та напрям тепловіддачі в необхідний бік.

Якщо спостерігається невелике відхилення середньої температури тіла від set point, різниця компенсується за рахунок віддачі тепла без зміни теплопродукції. Цей механізм здійснюється за рахунок впливу симпатичної нервової системи на судини поверхні тіла та зміни кількості тепла, що переноситься кров'ю від «ядра» до «оболонки». За умов високої температури, коли вище описаний механізм не спрацьовує, різко підсилюється потовиділення. Реакція потовиділення контролюється симпатичною нервовою системою через виділення нервовими закінченнями ацетилхоліну. Отже, випаровування вологи з поверхні тіла та поведінкові реакції відіграють ключове значення в процесах підвищення тепловіддачі.

Якщо температура навколишнього середовища низька і звуження поверхневих судин та потовиділення не нормалізують середню температуру тіла, вона продовжує знижуватися та вмикаються процеси теплопродукції. Спочатку зростає *терморегуляційна м'язова активність*. Вона проявляється такими процесами без видимих скорочень м'язів:

1) зростанням амплітуди та електроміографічної активності;

2) збільшенням тонічного напруження.

Отже, розглянемо рефлекторну дугу:

а) від холодних рецепторів до гіпоталамуса надходить велика кількість аферентних нервових імпульсів;

б) від нейронів дорсомедіальної ділянки гіпоталамуса еферентні імпульси надходять спочатку в середній і довгастий мозок, а потім – до мотонейронів спинного мозку;

с) імпульси надходять до м'язів і стимулюють терморегуляційну м'язову активність. До цього процесу послідовно залучаються м'язи підборіддя, шиї, верхнього плечового пояса, тулуба, згиначі кінцівок.

Якщо охолодження організму продовжується і починає знижуватися внутрішня температура тіла, виникає *холодове тремтіння* (мимовільні, періодичні скорочення скелетних м'язів). Виконується незначна механічна робота і вся метаболічна енергія виділяється у вигляді тепла. Швидкість теплоутворення під час тремтіння зростає майже в 5 разів порівняно зі станом спокою. З іншого боку активується обмін речовин за рахунок виділення адреналіну та норадреналіну. Під дією гормонів стимулюються процеси ліполізу в жировій тканині. У результаті вільні жирні кислоти надходять у кров та окиснюються з утворенням великої кількості тепла. Норадреналін та адреналін викликають швидке, але нетривале підвищення теплопродукції. Більш тривала активація метаболізму здійснюється за рахунок тироксину та трийодтироніну.

Залежно від температури зовнішнього середовища, процесів теплоутворення, тепловиділення виникають гіпер- і гіпотермія.

Гіпотермія – це стан організму, що характеризується зниженням температури тіла за рахунок переваги процесів тепловіддачі над теплопродукцією. Протилежний стан організму – це **гіпертермія**. Виникає, коли теплопродукція перевищує тепловіддачу в навколишнє середовище. Гіпертермія швидко розвивається за умов дії на організм температури навколишнього середовища вище від 37 °С, відносної вологості повітря 100 %, коли процес потовиділення неможливий.

Тепловий удар розвивається у випадку довготривалої гіпертермії та характеризується почервонінням шкіри,

розширенням периферичних судин, відсутністю потовиділення, ознаками розладу функцій центральної нервової системи. Отже, гіпертермія та гіпотермія спостерігаються в результаті порушення балансу між теплопродукцією та тепловіддачею.

Форми терморегуляційної поведінки: вмикання кондиціонера, користування віялом, одягання теплого або, навпаки, легкого одягу належать до категорії ефекторних реакцій організму.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Місце локалізації центру терморегуляції:

- A. Кора великих півкуль.
- B. Гіпоталамус.
- C. Спинний мозок.
- D. Мозочок.
- E. Ретикулярна формація.

2. Охарактеризуйте термочутливі нейрони терморегуляційного центру:

- A. Регулюють процес тепловіддачі.
- B. Беруть початок від терморецепторів шкіри та внутрішніх рецепторів.
- C. Клітини, що створюють set point температурного рівня організму.
- D. Клітини, що створюють середнє значення температури тіла.

3. Центр тепловіддачі розміщений у _____ гіпоталамусі та збуджується в разі подразнення _____ рецепторів:

- A. Передньому, холодних.
- B. Задньому, теплових.
- C. Передньому, теплових.
- D. Задньому, холодних.

4. Яке значення симпатичної нервової системи в процесі терморегуляції:

- A. Стимулює розширення судин шкіри.
- B. Стимулює звуження судин шкіри.
- C. Стимулює ліпонеогенез?

5. Назвіть місце в організмі людини, де теплових терморецепторів найбільша кількість:

- A. Шкіра.
- B. Внутрішні органи.
- C. Гіпоталамус.
- D. Серце.
- E. М'язи.

6. Охарактеризуйте холодкові терморецептори:

- A. Закінчення тонких чутливих волокон типу C і A δ .
- B. Сприймають низькі діапазони температур.
- C. Сприймають високі діапазони температур.
- D. Закінчення тонких чутливих волокон типу A α .
- E. Закінчення тонких чутливих волокон типу A β .

7. Як реагують на зміну температури тіла теплові рецептори гіпоталамуса:

- A. Підвищують частоту імпульсації під час охолодження.
- B. Знижують частоту імпульсації під час нагрівання.
- C. Підвищують частоту імпульсації під час нагрівання.
- D. Знижують частоту імпульсації під час охолодження?

8. Який процес розвивається в організмі, якщо температура зовнішнього середовища 39 °C, а відносна вологість – 100 %:

- A. Теплове тремтіння.
- B. Гіпотермія.
- C. Гіпертермія.
- D. Активне потовиділення.

Е. Випромінювання?

9. Яким чином адреналін і норадреналін підвищують теплопродукцію:

А. Стимулюють процес ліполізу в жировій тканині.

В. Стимулюють процес ліпонеогенезу в жировій тканині.

С. Стимулюють глюконеогенез.

Д. Стимулюють надходження жирних кислот у кров і їх окиснення?

10. Стимулюють процес утворення незамінних жирних кислот Які процеси відбуваються в організмі під час теплового удару:

А. Почервоніння шкіри.

В. Звуження периферичних судин.

С. Розширення периферичних судин.

Д. Активне потовиділення.

Е. Відсутність потовиділення?

**Тестові питання до ліцензійного іспиту «КРОК-1» із
розділу «Фізіологія обміну речовин та енергії.
Терморегуляція»**

1. Енергетичні витрати чоловіка 40 років, який працює шахтарем становлять більше ніж 5 000 ккал/добу. Який компонент у харчовому раціоні найбільш доцільно збільшити для відновлення таких витрат енергії:

- A. Жири.
- B. Рідина.
- C. Білки .
- D. Вуглеводи.
- E. Вітаміни?

2. Який механізм тепловіддачі найбільш ефективно спрацьовує в разі перебування людини в умовах 80 % вологості повітря та температурі довкілля +35 °С:

- A. Теплопровідність.
- B. Радіація.
- C. Потовиділення.
- D. Конвекція?

3. У жінки 35 років під час обстеження виявили підвищення основного обміну. Надлишок якого з нижчезазначених гормонів імовірніше за все зумовив цей стан:

- A. Кортизолу.
- B. Соматотропіну.
- C. Інсуліну.
- D. Трийодтироніну.
- E. Глюкагону?

4. Методом непрямой калориметрії встановлено, що основний обмін досліджуваного на 40 % нижчий від належного. Порушення діяльності якої ендокринної залози є причиною:

- A. Щитоподібної залози.

- В. Тимусу.
 - С. Підшлункової залози.
 - Д. Епіфізу.
 - Е. Надниркових залоз?
5. У дитини 14 років був виявлений позитивний азотистий баланс. Що з наведеного може бути причиною цього:
- А. Зниження вмісту білка в їжі.
 - В. Голодування.
 - С. Емоційне напруження.
 - Д. Значні фізичні навантаження.
 - Е. Ріст організму?
6. У людини визначили величину енерговитрат. У якому стані знаходилася людина, якщо її енерговитрати виявилися меншими за основний обмін:
- А. Нервового напруження.
 - В. Відпочинку.
 - С. Легкої роботи.
 - Д. Сну.
 - Е. Спокою?
7. У людини вимірюють енерговитрати натщесерце, лежачи, в умовах фізичного та психічного спокою, за комфортної температури. У який час енерговитрати будуть найбільшими:
- А. О 10–12-й годині дня.
 - В. О 7–8-й годині ранку.
 - С. О 17–18-й годині вечора.
 - Д. О 14–16-й годині дня.
 - Е. О 3–4-й годині ранку?
8. Під час визначення енерговитрат організму людини методом непрямой калориметрії встановлено, що за одну хвилину споживається 1 000 мл кисню й виділяється 800 мл вуглекислого газу. Яким є дихальний коефіцієнт у досліджуваної людини:
- А. 1,25.

- В. 0,8.
- С. 0,9.
- Д. 0,84.
- Е. 1,0?

9. У людей, адаптованих до дії високої зовнішньої температури, посилене потовиділення не супроводжується втратою з потом великої кількості хлориду натрію. Дія якого гормону на потові залози спричиняє цей результат:

- А. Вазопресину.
- В. Альдостерону.
- С. Кортизолу.
- Д. Тироксину.
- Е. Натрійуретичного?

10. У холодну вітряну погоду люди змерзають швидше, ніж за відсутності вітру. Причиною цього є те, що вітер збільшує насамперед віддачу тепла методом:

- А. Конвекції.
- В. Радіації.
- С. Теплопроведення.
- Д. Випаровування.

11. Студентка 18 років має масу тіла 50 кг. Робочий (загальний) обмін студентки становить 11 000 кДж/д. Якою повинна бути калорійність харчового раціону студентки, якщо вона хоче збільшити масу тіла:

- А. 8 000–9 000 кДж/д.
- В. 10 500–11 500 кДж/д.
- С. 10 000–11 000 кДж/д.
- Д. 9 000–10 000 кДж/д.
- Е. 12 000–13 000 кДж/д?

12. Людина вийшла з кондиціонованого приміщення на вулицю, де температура повітря дорівнює +40 С, вологість повітря – 60 %. Віддача тепла з організму на вулиці буде здійснюватися за рахунок:

- А. Радіації.

- В. Конвекції.
 - С. Випаровування поту.
 - Д. Проведення.
13. У хворого спостерігаються симптоми теплового удару внаслідок тривалої роботи в гумовому комбінезоні. Яка функція шкіри була порушена:
- А. Захисна.
 - В. Теплообмінна.
 - С. Газообмінна.
 - Д. Екскреторна.
 - Е. Рецепторна?
14. Під час визначення основного обміну з'ясовано, що його величина в досліджуваного перевищує належну на 8 %. Це означає, що процеси енергетичного метаболізму:
- А. Відбуваються нормально.
 - В. Помірно підвищені.
 - С. Помірно пригнічені.
 - Д. Істотно пригнічені.
 - Е. Істотно підвищені.
15. Тривале перебування людини в Арктиці призвело до різкого зниження захисних функцій організму. Який фактор докільля був причиною цього стану:
- А. Рух повітря.
 - В. Температурний режим географічної зони.
 - С. Вологість повітря.
 - Д. Тривалість дня та ночі.
 - Е. Недостатність кисню в повітрі?
16. Дихальний коефіцієнт у хворого становить 0,7. Про що це свідчить:
- А. Зневоднення організму.
 - В. Їжа хворого багата на вуглеводи.
 - С. Їжа хворого багата на білки.
 - Д. Їжа хворого багата на жири.
 - Е. 24-годинне голодування?

17. Які зміни обміну речовин виникають під час вагітності:
- A. Підвищення основного обміну за рахунок зростання синтезу тиреоїдних гормонів.
 - B. Зниження основного обміну за рахунок зменшення синтезу тиреоїдних гормонів.
 - C. Зниження чутливості інсуліну внаслідок зростання рівню кортизолу.
 - D. Зростання всмоктування кальцію.
 - E. Підвищення рівня тригліцеридів за рахунок зростання кількості гормонів росту?
18. Під час проведення термометрії встановлено, що температура відкритих ділянок шкіри на 1–1,5 °C нижче за температуру поруч розташованих ділянок, закритих одягом із натуральних тканин. Причиною цього є те, що одяг насамперед зменшує:
- A. Випаровування.
 - B. Радіацію.
 - C. Проведення.
 - D. Конвекцію.
19. Студент, який пропустив частину занять через хворобу, готувався до сесії. Він намагався максимально використати час навіть рано вранці й пізнього вечора. Але значна втома заважала працювати. Які поради могли б покращити ефективність роботи:
- A. Короткі перерви з виконанням фізичних прав на свіжому повітрі.
 - B. Переказувати комусь прочитаний матеріал.
 - C. Збільшити тривалість добового сну.
 - D. Пропустити частину матеріалу.
 - E. Виписувати інформацію, яка погано запам'ятовується?
20. Перебування людини в гарячому середовищі призвело до втоми, сонливості, апатії. Що було причиною цього явища:

- A. Зниження сили м'язів.
- B. Підвищення температури тіла.
- C. Зниження температури тіла.
- D. Порушення співвідношення об'ємів плазми та екстрацелюлярної рідини через посилене потовиділення.
- E. Порушення сенсорних функцій?

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Робота 1. Дослідження адаптації терморецепторів шкіри до дії різних температур

Виділяють два види терморецепторів шкіри: теплові й холодкові. Вони розміщені субепітеліально в шкірі та внутрішніх органах. Функція терморецепторів – визначення температури предметів і регуляція постійної температури тіла.

Холодові рецептори – це вільні нервові закінчення (можливо колби Краузе), що передають інформацію нервовими волокнами типу А δ за температури шкіри в межах 38–10 °С.

Теплові рецептори – це вільні нервові закінчення, що передають інформацію нервовими волокнами типу С за температури шкіри в межах 30–45 °С. Кількість теплових рецепторів значно менша, ніж холодкових.

Значення температури та швидкість її зміни впливають на частоту імпульсації в аферентних нервах. Механізм активації рецепторів полягає в зміні швидкості метаболічних реакцій у них під дією холоду або тепла.

Адаптація терморецепторів – це пристосування рецепторів до дії високих або низьких температур. Адаптація полягає в зниженні чутливості вільних нервових закінчень до дії тривалих подразників або в підвищенні чутливості до дії слабких. Різні рецептори мають різну швидкість адаптації. Наприклад, дотикові рецептори адаптуються швидко, а больові – погано. Терморецептори адаптуються в перші секунди, а потім адаптація сповільнюється. Не виникає адаптація терморецепторів за температури шкіри до 20 °С та понад 40 °С.

У результаті тривалої дії подразника розвивається калісва гіперполяризація або натрієва інактивація та відбувається зниження генерації потенціалу дії аферентними нейронами і відповідно процес адаптації до дії подразника.

У разі постійної дії температурного подразника виникають короткотривалі відчуття тепла чи холоду й відбувається адаптація до нової температури. Відчуття, що

формуються під час місцевої зміни температури шкіри, залежать від вихідної температури, швидкості зміни температури, площі шкіри, на яку діє подразник.

Мета роботи – визначити час адаптації терморецепторів шкіри до холоду й тепла.

Обладнання: ємності з водою різної температури (10, 25 і 40 °С), термометр, секундомір, об'єкт дослідження – людина.

Хід роботи

1. Три ємності наповнити водою різної температури: 10, 25 і 40 °С.

2. Досліджуваний повинен занурити праву руку (кисть) у ємність із водою температурою 10 °С і ліву руку – в ємність із водою температурою 40 °С одночасно.

3. Увімкнути секундомір і визначити час адаптації терморецепторів, упродовж якого відчуття тепла чи холоду слабшає.

4. Одночасно вийняти руки й занурити їх у ємність із водою температурою 25 °С.

5. Про відчуття, що виникли в лівій і правій руці, досліджуваний повинен розповісти експериментатору.

Рекомендації щодо оформлення результатів роботи. Записати час адаптації температурних рецепторів до різних температур. Описати відчуття людини під час перенесення рук у ємність із водою температурою 25 °С.

У висновках відповісти на запитання:

Який механізм адаптації терморецепторів до зміни температури?

Робота 2. Визначення основного обміну в людині за таблицями Харріса – Бенедикта

Основний обмін – це мінімальні енерговитрати, що витрачаються лише на підтримання життя. Основний обмін визначають методами прямої й непрямой калориметрії та розрахунковим методом. Виділяють ряд факторів, що впливають на рівень *ОО*: вік, стать, зріст, масу тіла. Також основний обмін змінюється під впливом фізичної активності й називається робочим обміном. Основний обмін порівнюють зі стандартним обміном, що визначають за таблицями з урахуванням факторів, що впливають на інтенсивність метаболізму. Якщо *ОО* дорівнює стандартному (допустиме відхилення 10 %), це свідчить про нормальну інтенсивність метаболізму.

Мета роботи – визначити основний обмін людини, використовуючи розрахунковий метод, і оцінити його величину.

Обладнання: медичні ваги, ростомір, тонометр, фонендоскоп, таблиці Харріса – Бенедикта (додатки А і В), об'єкт дослідження – людина.

Хід роботи

1. Виміряти зріст і масу тіла досліджуваного.
2. Знайти його основний обмін за таблицями Харріса – Бенедикта. Для цього визначити:
 - число А (відповідно до ваги);
 - число В (відповідно до зросту та віку);
 - основний обмін як суму значень А і В.
3. Виміряти артеріальний тиск досліджуваного методом Короткова, визначити пульсовий тиск ($АТ_{\text{пульс}} = АТ_{\text{сист}} - АТ_{\text{діаст}}$).
4. Підрахувати частоту пульсу.
5. Обчислити процентне відхилення основного обміну від норми, використовуючи формулу Ріда: $\% = 0,75 \times$

$\times (\text{ЧП} + \text{АТ пульс.} \times 0,74) - 72.$

Нормальним вважають відхилення від норми до $\pm 10\%$.

6. Визначити відхилення основного обміну з урахуванням поправки Ріда (скласти пропорцію, де 100% – це основний обмін у ккал, а $\text{ПР}\%$ – це x ккал).

7. Знайти основний обмін з урахуванням поправки Ріда, для цього до величини ОО , знайденого у п. 2, додати величину відхилення ОО з урахуванням $\text{ПР}(\%)$, визначену в п. 6.

$(\text{ОО} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ккал}).$

Рекомендації щодо оформлення результатів роботи. Записати процентне відхилення основного обміну у відсотках і кілокалоріях та основний обмін з урахуванням поправки Ріда.

У висновках відповісти на такі запитання:

- Яка величина поправки Ріда в досліджуваного?
- Яка величина основного обміну з урахуванням поправки Ріда в досліджуваного?

Робота 3. Визначення добових енерговитрат у людини методом неповного газового аналізу

Мета роботи – визначити основний обмін людини, використовуючи метод неповного газового аналізу й оцінити його величину.

Обладнання: спірограф, таблиці Харріса – Бенедикта (додатки А і В), об'єкт дослідження – людина.

Хід роботи

1. Спірограму пацієнта записати впродовж 5 хвилин при спокійному диханні.

2. Розрахувати хвилинне поглинання кисню. Його визначають за зміщенням кривої вгору.

3. Розрахувати основний обмін за формулою

$$OO_{\text{доб.}} = V_{O_2} \times \text{КЕК} \times 1\,440,$$

де КЕК – калоричний еквівалент кисню.

4. Визначити належний основний обмін за таблицями Харріса – Бенедикта.

Рекомендації щодо оформлення результатів роботи. Записати одержані дані основного обміну за спірограмою й таблицями. Порівняти результати.

У висновках відповісти на такі запитання:

- Чи в нормі величина основного обміну досліджуваного?
Про що це свідчить?
- Яка величина відхилення ОО?

Робота 4. Визначення енерговитрат людини за добу під час різних видів діяльності

Енергетичні витрати організму залежать насамперед від режиму дня та виду виконуваної роботи. У наведеній нижче практичній роботі запропоновано виконувати розрахунки відповідно до такого розпорядку дня: сон – 8 годин, аудиторні заняття – 6 годин, позааудиторні заняття – 4 години, вільний час – 6 годин.

Необхідно враховувати коефіцієнти витрат енергії під час різного навантаження: під час сну – 0,9; аудиторних занять – 1,45; позааудиторних занять – 1,6; вільного часу – 2,2.

Мета роботи – визначити енергетичні витрати організму людини упродовж доби з урахуванням різної фізичної та емоційної діяльності.

Обладнання: таблиці Харріса – Бенедикта (додатки А і В), об'єкт дослідження – людина.

Хід роботи

1. Основний обмін досліджуваного за добу розрахувати, використовуючи таблиці Харріса – Бенедикта з поправкою Ріда (у роботі 1 ці дані були розраховані, їх можна використати).

2. Розрахувати ОО за 1 годину за формулою
 $ОО \text{ год} = ОО_{\text{доб}} : 24.$

3. Ураховуючи розпорядок дня досліджуваного, розрахувати добові енергетичні витрати, використовуючи коефіцієнти витрат енергії та робочі надбавки під час різних видів діяльності.

Рекомендації щодо оформлення результатів роботи. Записати розраховані величини: основний обмін з урахуванням поправки Ріда, ОО за 1 годину, енергетичні витрати під час сну, вільного часу, аудиторних і позааудиторних занять.

У висновках відповідати на запитання:

– Чи відповідають добові енергетичні витрати досліджуваного його основному обміну?

– Про що це свідчить?

Робота 5. Складання харчового раціону

Харчові продукти, що споживає людина в їжу забезпечують організм необхідними речовинами для енергообміну, речовинами для побудови клітинних структур, антиоксидантами, вітамінами, неорганічними іонами та водою.

Раціональне харчування – це харчування достатнє в кількісному та повноцінне в якісному розумінні. Основою раціонального харчування є збалансованість, тобто відповідне співвідношення поживних речовин у продуктах харчування.

У практичній роботі для розрахування добової кількості білків, жирів і вуглеводів, яка б задовольняла енергетичні витрати організму, потрібно визначити коефіцієнт пропорційності – x (обов'язково враховують співвідношення поживних речовин – 1:0,8:4,2, та калоричні еквіваленти – 4,1, 9,3, 4,1).

Формула для розрахування

$$1x \times t(\text{кг}) \times 4,1 + 0,8x \times t(\text{кг}) \times 9,3 + 4,2x \times t(\text{кг}) \times 4,1 = E_1$$
де E_1 – енергетичні витрати упродовж доби.

Також необхідно розрахувати кількість білків, жирів і вуглеводів, які людина повинна споживати за добу й величину кілокалорій, що утворюються за рахунок цих речовин.

Використовують такі формули:

- кількість білків = $1 \times x \times t(\text{кг})$;
- кількість жирів = $0,8 \times x \times t(\text{кг})$;
- кількість вуглеводів = $4,2 \times x \times t(\text{кг})$.

Для розрахування кілокалорій, одержаних за рахунок спожитих поживних речовин, необхідно кількість білків, жирів і вуглеводів помножити на відповідний калоричний коефіцієнт. Сума цих кілокалорій становитиме загальну калорійність раціону й повинна дорівнювати добовим енерговитратам.

Мета роботи – навчитися збалансовувати та складати харчовий раціон з урахуванням добових енергетичних витрат людини.

Обладнання: таблиці Харріса – Бенедикта (додатки А і В), таблиці калорійності харчових продуктів, об'єкт дослідження – людина.

Хід роботи

1. Розрахувати добові енергетичні витрати (в роботі 4 ці дані були розраховані, їх можна використати).

2. Енерговитрати за добу розділити на три прийоми їжі. Відповідно до норм енерговитрати повинні становити:

- сніданок – 30 %;
- обід – 50 %;
- вечеря – 20 % від загальної кількості.

3. Скласти та збалансувати харчовий раціон, урахувавши, що:

1) калорійність харчового раціону дорівнює добовим енерговитратам;

2) кількість білків, жирів і вуглеводів, спожитих за добу, потрібно розраховувати так:

1:0,8:4,2 на 1 кг маси тіла досліджуваного;

3) калоричні коефіцієнти поживних речовин для:

- білків – 4,1 ккал;
- вуглеводів – 4,1 ккал;
- жирів – 9,3 ккал;

4) кількість білків тваринного походження повинна становити 50 %, а жирів – 70 %.

Рекомендації щодо оформлення результатів роботи. Записати добові енергетичні витрати досліджуваного, розрахувати його добовий раціон.

У висновках відповісти на запитання:

Чи калорійність добового раціону відповідає енергетичним витратам досліджуваного?

Короткий список термінів із розділу «Фізіологія обміну речовин та енергії. Терморегуляція»

Азотиста рівновага – стан, за якого кількість азоту, що надходить до організму з їжею, дорівнює його кількості, яка виводиться з організму із сечею.

Анаболізм – обмінний процес, упродовж якого специфічні елементи організму синтезуються з поживних речовин, що надійшли до організму з їжею.

Анаеробний обмін – усі процеси в організмі, що генерують енергію без участі кисню.

Білковий оптимум – кількість білка, що повинна надходити до організму здорової дорослої людини з розрахунку 1 г на 1 кг маси тіла.

Біологічно повноцінні білки – білки, що складаються з повного набору незамінних амінокислот.

Випаровування – це механізм розсіювання тепла організмом у довкілля за допомогою виведення поту, вологи з поверхні шкіри та слизових оболонок дихальних шляхів.

Випромінювання – це спосіб віддачі тепла в довкілля поверхнею тіла людини у вигляді довгих інфрачервоних хвиль.

Відносний спокій організму – стан, під час якого енергія витрачається на роботу нервової системи, метаболізм, роботу білків-насосів, підтримання температури тіла, роботу гладких м'язів, нирок і серця.

Гетеротермні організми – організми, сезонні та добові коливання температури яких перевищують межі гоміотермних організмів.

Гіпертермія – це стан організму, що характеризується підвищенням температури тіла за рахунок переваги процесів теплопродукції над

тепловіддачею.

Гіпотермія – це стан організму, що характеризується зниженням температури тіла за рахунок переваги процесів тепловіддачі над теплопродукцією.

Гомойотермні організми – організми, які підтримують температуру тіла порівняно на сталому рівні з добовими й сезонними коливаннями не більше ніж 2 °С.

Дихальний коефіцієнт (співвідношення легеневого газообміну) – це відношення об'єму вуглекислого газу, що виділяється з видихуванним повітрям до об'єму кисню, який надходить із повітрям в організм.

Енергетичний обмін – це процес використання й хімічного перетворення організмом високоенергетичних поживних речовин та виділення з клітини кінцевих продуктів обміну із низьким рівнем енергії.

Есенційні (незамінні) жирні кислоти – жирні кислоти, що не утворюються в організмі й повинні надходити з продуктами харчування.

Замінні амінокислоти – це речовини, що синтезуються в організмі з незамінних, а також із продуктів обміну вуглеводів і ліпідів.

Калоричний еквівалент кисню (КЕК) – це показник кількості тепла, що виділяється після споживання організмом одного літра кисню.

Катаболізм – метаболічний процес, під час якого розпадаються структурні елементи організму або поживні речовини, що надійшли до організму з їжею.

Конвекція – процес перенесення нагрітого шкірою повітря в довкілля.

Незамінні амінокислоти – амінокислоти, що не можуть синтезуватися, а повинні обов'язково надходити до організму з їжею.

Непряма калориметрія – метод визначення кількості теплоти за кількістю спожитого кисню та виділеного вуглекислого газу.

Нескоротливий термогенез – процес утворення тепла за рахунок активації його джерел.

Організми-конформери – живі організми, які повністю зазнають змін температурного середовища.

Організми-регулятори – живі організми, які протидіють повному впливу температури докільця механізмами гомеостатування.

Основний обмін – це мінімальний рівень енерговитрат, необхідний для підтримання життєдіяльності організму людини в умовах відносного фізичного та психологічного спокою.

Поведінкова терморегуляція – це сукупність рухових актів, спрямованих на зміну теплообміну організму.

Пойкілотермні організми – це організми, що не можуть підтримувати температуру тіла на сталому рівні.

Порушення обміну речовин – одноманітне, незбалансоване харчування, до якого призводить виключення певних компонентів із харчового раціону.

Правило Вант-Гоффа – під час підвищення або зниження температури тканини на 10°C виникає відповідно підвищення – зниження швидкості хімічних реакцій удвічі – утричі.

Пряма калориметрія – метод безпосереднього вимірювання кількості теплоти, виділеної організмом за певний час.

Раціональне харчування – достатнє в кількісному та повноцінне в якісному відношенні харчування.

Робочий прибуток організму – різниця між величинами енерговитрат організму на виконання різних видів робіт та енерговитрат на ОО.

Система аеробного обміну – усі процеси, що генерують енергію та використовують молекулярний кисень.

Скоротливий термогенез – процес утворення тепла за рахунок активності м'язів.

Специфічно-динамічна дія їжі – підсилення інтенсивності обміну речовин і підвищення енерговитрат під впливом приймання їжі.

Температурна компенсація – це здатність стабілізувати обмінні процеси під час зміни температури тканин.

Температурна конформація – пристосування живих організмів до температурних умов, коли спостерігається повне підкорення організмів зміні температурного середовища.

Температурний гістерезис – це здатність хребетних організмів в одних температурних межах нагріватися швидше, ніж охолоджуватися.

Теплопроведення – процес тепловіддачі, що здійснюється під час прямого контакту тіла чи його частин із будь-яким предметом.

Терморегуляційний тонус – це пізній м'язовий тонус, що проходить на рівні окремих рухових одиниць за типом зубчастого тетанусу.

Терморцептори – це закінчення тонких чутливих волокон типу C і A δ та спеціальні клітини, що змінюють свою активність відповідно до зміни температури.

Фізична терморегуляція – зміна теплопровідності покривних тканин тіла, в результаті якої змінюється величина тепловіддачі.

Фізіологічний мінімум білка – кількість білка тваринного походження, яка обов'язково повинна надходити до організму для забезпечення азотистої рівноваги.

Хімічна терморегуляція – це реактивне підвищення теплопродукції організму у відповідь на дію низьких температур середовища.

Холодове тремтіння – процес періодичної активності високопорогових рухових одиниць на фоні терморегуляційного тону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Guyton A. C. Textbook of Medical Physiology / A. C. Guyton, J. E. Hall. – 10th ed. – Saunders, 2005. – 1064 p.
2. Атаман О. В. Патологічна фізіологія в запитаннях і відповідях : навчальний посібник для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / О. В. Атаман. – 2-ге вид. – Вінниця : Нова книга, 2007. – 512 с.
3. Атаман О. В. Патофізіологія : у 2 т. Т. 1. Загальна патологія : підручник для студ. вищ. мед. навч. закл. / О. В. Атаман. – Вінниця : Нова книга, 2012. – 592 с.
4. Фізіологія людини / М. Р. Гжегоцький, В. І. Філімонов, Ю. С. Петришин, О. Г. Мисаковець. – Київ : Книга плюс, 2005. – 496 с.
5. Губський Ю. І. Біологічна хімія : підручник / Ю. І. Губський. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2000. – 508 с.
6. Физиология терморегуляции : руководство по физиологии. – Ленинград : Наука, 1984. – 470 с.
7. Физиология человека / Р. Шмидт, Г. Тевс, Г. Ульмер, К. Брюк и др. ; под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – Москва : Мир, 1986. – 312 с.
8. Філімонов В. І. Фізіологія людини : підручник / В. І. Філімонов. – Київ : ВСВ «Медицина», 2010. – 776 с.
9. Фізіологія : підручник для студ. вищ. мед. навч. закл. / В. Г. Шевчук, В. М. Мороз, С. М. Белан та ін. ; за ред. В. Г. Шевчука. – Вінниця : Нова книга, 2012. – 448 с.

ЕТАЛОНИ ВІДПОВІДЕЙ НА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Тема 1. Фізіологічне значення білків, жирів і вуглеводів.
Поняття про азотистий баланс

1 А	4 С	7 В	10 С
2 А, В	5 С	8 А	
3 В	6 А	9 В	

Тема 2. Перетворення енергії в організмі.
Методи визначення енергетичного обміну:
пряма й непряма калориметрія

Тема 3. Калорійний еквівалент кисню та дихальний
коефіцієнт, їх значення в дослідженнях обміну речовин

1 А	4 А, D, E	7 А	10 В
2 Е	5 В, D	8 А, В	
3 В	6 С	9 Е	

Тема 4. Поняття про основний обмін. Фактори,
що впливають на його величину. Енергетичні витрати
організму під час фізичної та розумової діяльності.
Специфічно-динамічна дія їжі

Тема 5. Фізіологічні основи раціонального
харчування. Калорійні коефіцієнти поживних речовин

1 А	5 А	9 А, С	13 В, С
2 В, D, Е	6 С	10 В	14 А, С
3 А	7 Е	11 В, С	15 В
4 В, С, Е	8 С	12 D	

Тема 6. Поняття про ядро та оболонку
як про температурні зони організму

Тема 7. Періодичні коливання температури тіла,
зміни температури тіла за фізіологічних умов

1 С	5 А, D	9 А	13 С
2 А	6 Е	10 А, D	14 А, С
3 D	7 А	11 Е	15 В, С
4 D	8 С	12 В	

Тема 8. Механізми теплоутворення.

Поняття про скоротливий та нескоротливий термогенез

Тема 9. Механізми тепловіддачі. Фактори
зовнішнього середовища, що впливають на тепловіддачу

1 С, D	4 А, D	7 А, С	10 С
2 С, Е	5 А, D, Е	8 В, D	
3 А	6 А, С, D	9 А	

Тема 10. Центр терморегуляції, його будова
та основні принципи функціонування

Тема 11. Регуляція температури тіла.
Аферентна та еферентна ланки терморегуляції

1 В	4 В	7 С, D	10 А, С, Е
2 В	5 С	8 С	
3 С	6 А, В	9 А, D	

ЕТАЛОНИ ВІДПОВІДЕЙ ДО ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ
ЛІЦЕНЗІЙНОГО ІСПИТУ «КРОК-1»

1 А	6 D	11 E	16 D
2 C	7 C	12 C	17 B
3 D	8 B	13 B	18 D
4 A	9 B	14 A	19 A
5 E	10 A	15 B	20 D

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Належний основний обмін у юнаків та чоловіків. Кількість кілокалорій відповідно до маси (число А) за Харрісом – Бенедиктом

Маса	Кілокалорій	Маса	Кілокалорій	Маса	Кілокалорій	Маса	Кілокалорій	Маса	Кілокалорій
50	754	62	918	74	1 084	86	1 249	98	1 414
51	768	63	933	75	1 098	87	1 263	99	1 428
52	782	64	947	76	1 112	88	1 277	100	1 442
53	795	65	960	77	1 125	89	1 290	101	1 455
54	809	66	975	78	1 139	90	1 304	102	1 469
55	823	67	988	79	1 153	91	1 318	103	1 483
56	837	68	1 002	80	1 167	92	1 332	104	1 497
57	850	69	1 015	81	1 180	93	1 345	105	1 510
58	864	70	1 029	82	1 194	94	1 459	106	1 524
59	878	71	1 043	83	1 208	95	1 373	107	1 538
60	892	72	1 057	84	1 222	96	1 387	108	1 552
61	905	73	1 070	85	1 235	97	1 400	109	1 565

Таблиця А.2 – Належний основний обмін у юнаків та чоловіків. Кількість кілокалорій відповідно до зросту й віку для чоловіків 16–28 років (число В)

Зріст, см	ВІК (РОКИ)												
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
156	725	713	698	678	661	639	633	625	618	612	605	598	591
160	761	743	726	708	690	659	652	645	638	632	625	618	611
164	794	773	775	738	721	679	672	665	658	652	645	638	631
168	820	803	785	768	745	699	692	685	678	672	665	658	651
172	840	828	806	788	760	719	712	705	698	692	685	678	671
176	860	843	825	808	788	739	732	725	718	712	705	698	691
180	880	863	845	828	808	759	752	745	739	732	725	718	711
184	903	883	865	848	830	779	772	765	758	752	745	738	731
188	920	903	885	868	850	799	792	785	779	772	765	758	751
192	940	923	906	888	871	819	812	805	799	792	785	778	771

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Належний основний обмін у дівчат і жінок. Кількість кілокалорій відповідно до маси (число А) за Харрісом – Бенедиктом

Маса	Кіло-калорій	Маса	Кіло-калорій	Маса	Кіло-калорій	Маса	Кіло-калорій
50	1 133	60	1 229	70	1 325	80	1 420
51	1 143	61	1 238	71	1 331	81	1 430
52	1 152	62	1 248	72	1 344	83	1 439
53	1 162	63	1 258	73	1 353	83	1 449
54	1 172	64	1 267	74	1 363	84	1 458
55	1 181	65	1 277	75	1 372	85	1 468
56	1 191	66	1 286	76	1 382	86	1 478
57	1 200	67	1 296	77	1 391	87	1 487
58	1 210	68	1 305	78	1 401	88	1 497
59	1 219	69	1 315	79	1 411	89	1 506

Таблиця Б.2 – Належний основний обмін у дівчат і жінок. Кількість кілокалорій відповідно до зросту й віку для жінок 16–28 років (число В)

Зріст, см	ВІК (РОКИ)												
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
148	206	201	197	192	188	178	170	167	161	156	152	147	142
152	221	215	210	206	298	283	178	174	169	164	160	155	150
156	235	229	224	220	209	190	186	181	176	172	167	162	158
160	250	243	239	234	219	198	193	188	184	179	174	170	165
164	163	255	250	246	229	205	200	196	191	186	182	177	172
168	276	267	263	258	239	213	208	203	199	194	189	184	180
172	289	279	274	270	249	220	215	211	206	201	197	192	187
176	302	291	287	282	259	227	223	218	213	209	204	199	195
180	315	303	298	294	268	235	230	225	221	216	211	207	202
184	318	313	309	304	277	242	237	233	228	223	219	214	209

Навчальне видання

Півень Світлана Миколаївна

**ФІЗІОЛОГІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ.
ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ**

Навчальний посібник

Художнє оформлення обкладинки С. М. Півень
Редактор О. Ф. Дубровіна
Комп'ютерне верстання С. М. Півень

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 5,12. Обл.-вид. арк. 4,67. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.