



***Енергетичний обмін
Терморегуляція***

Проф. Весніна Л.Е.

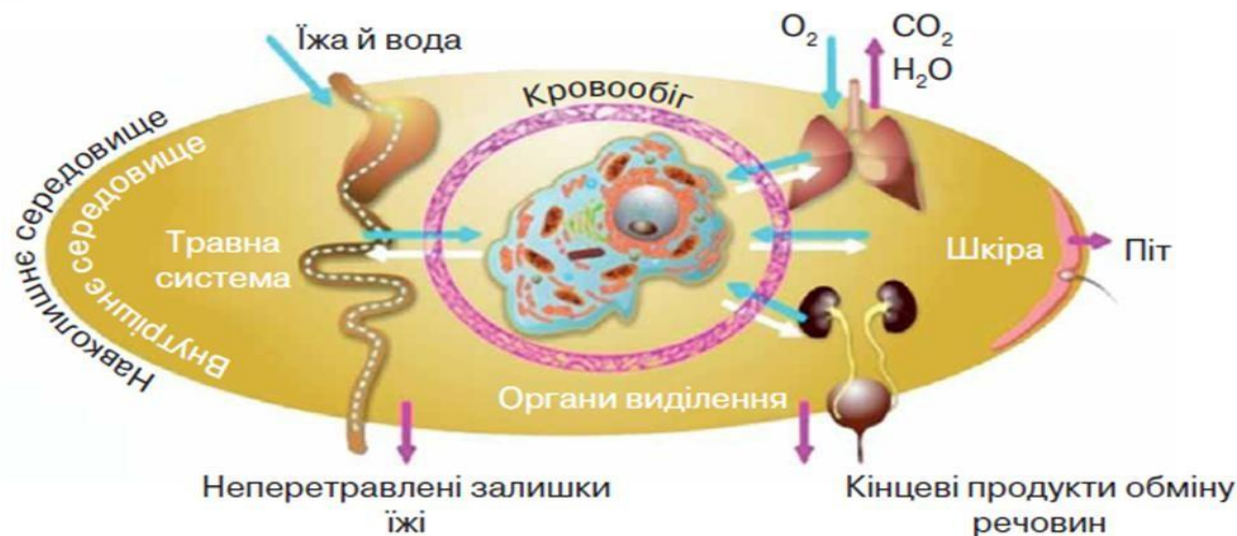
Обмін речовин і енергією - **метаболізм** - сукупність біохімічних перетворень речовин та енергії у живих організмах, а також обмін речовин та енергії з навколишнім середовищем

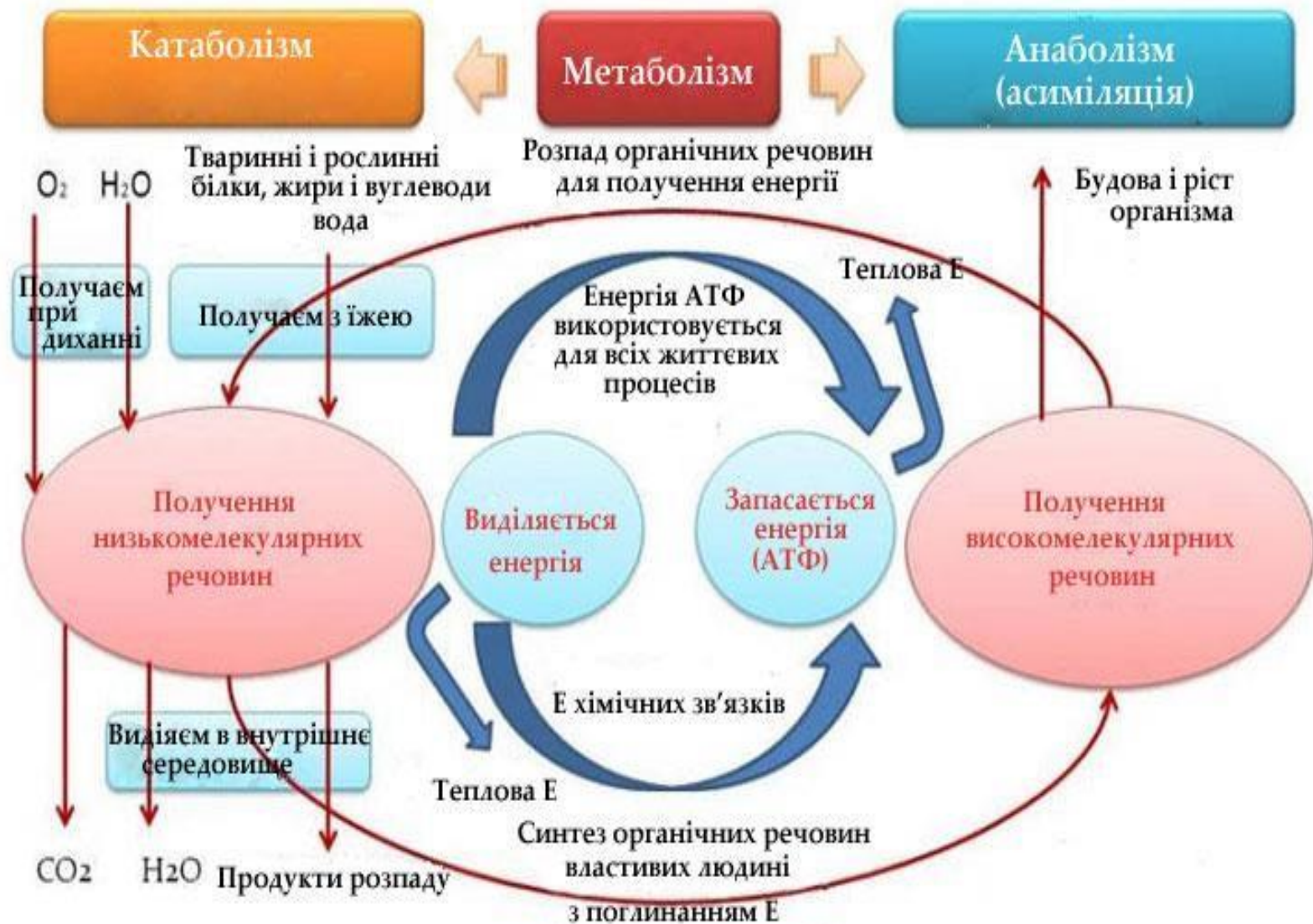
Обмін речовин і енергії здійснюється на всіх рівнях організму:

- клітинному
- тканинному і
- організменному

Потенціальна енергія складних органічних сполук, що надходять з їжею, перетворюється у:

- - теплову
- - механічну
- - електричну





● **Етапи:**

підготовчий -
в цитоплазмі
клітин

- розщеплення:
- полісахаридів
- жирів
- білків
- нуклеїнових кислот

Виділяється
невелика кількість
енергії, яке
розсіюється у
вигляді **тепла**



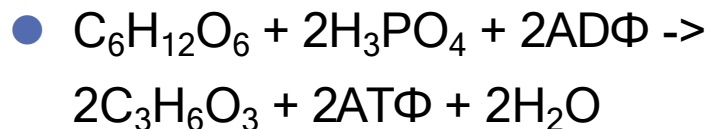
Безкисневий

(анаеробне дихання, гліколіз) - багатоступінчате розщеплення глюкози **без O_2** (бродіння)

У м'язах молекула глюкози розпадається на

- дві молекули ПВК ($C_3H_4O_3$), які відновлюються в молочну кислоту ($C_3H_6O_3$)
- беруть участь фосфорна кислота і АДФ

Суммарне рівняння:



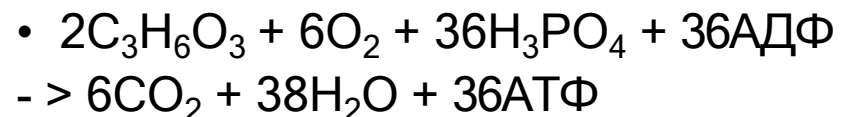
Киснєве дихання -

аеробне дихання на кристах мітохондрій

Речовини попереднього етапу розщеплюються до кінцевих - H_2O і CO_2

- з двох молекул молочної кислоти утворюються 36 молекул АТФ
- умова - цілісність мітохондріальних мембран
- киснєве дихання - основний етап в забезпеченні клітини O_2
- Він в 20 разів **ефективніший** безкисневого етапу

Суммарне рівняння:



ОСНОВНИЙ ОБМІН ЕНЕРГІЇ

Мінімальна кількість енергії, необхідна організму для підтримки життєдіяльності - **основний обмін**

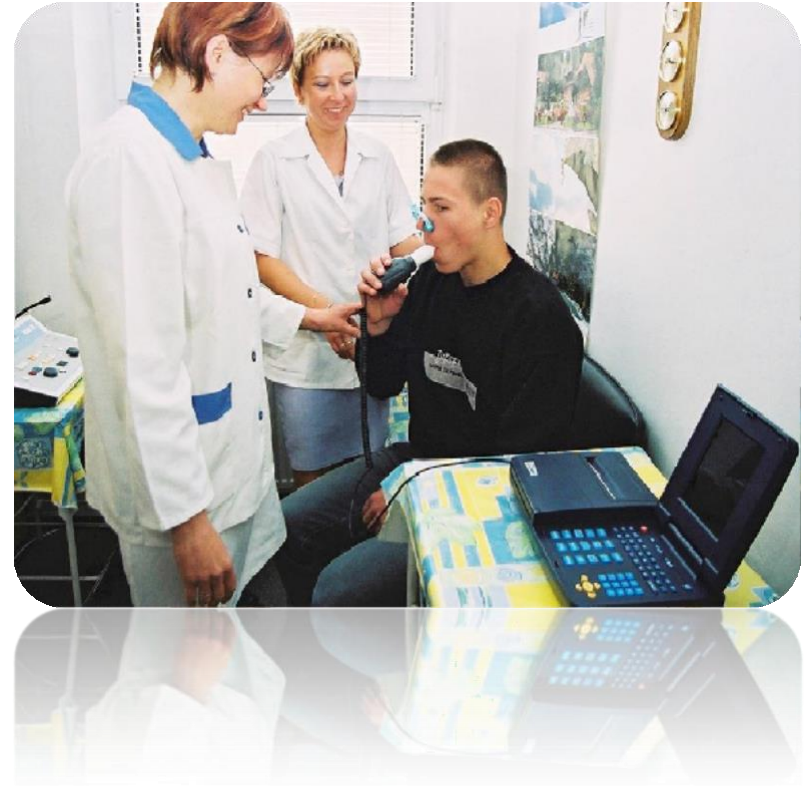
Енерговитрати в умовах основного обміну:

- - підтримання мінімально необхідного рівня окислювальних процесів
- - діяльність постійно працюючих органів і систем - *дихальної мускулатури, серця, нирок, печінки і систем регуляції (цнс, гормони)*
- - підтримання м'язового тону
- звільнення при цьому теплової енергії забезпечує теплопродукцію для підтримки температури тіла на постійному рівні



Умови визначення основного обміну:

- 1) стан спокійного розслабленого неспання (положення лежачи з розслабленою мускулатурою)
- 2) відсутність емоційних подразників
- 3) натщесерце, через 12- 16 год після прийому їжі
- 4) при температурі «комфорту» (18-20° C, 25-26° C), що не викликає відчуття холоду або спеки

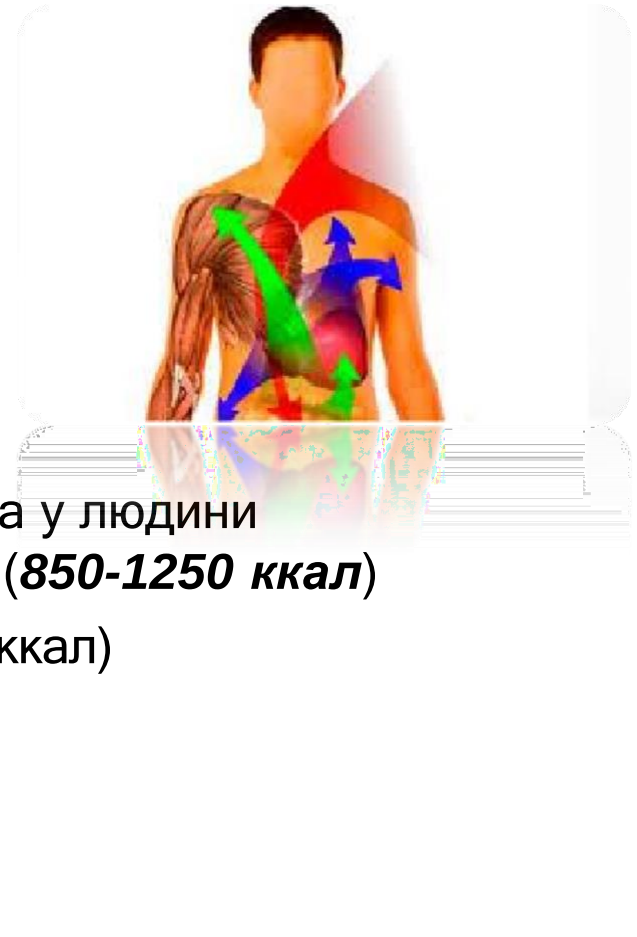


НОРМАЛЬНІ ВЕЛИЧИНИ ОСНОВНОГО ОБМІНУ

- **Величина основного обміну** - кількість тепла в ккал (кілоджоулях) на 1 кг маси тіла або на 1 м² поверхні тіла за 1 год або за одну добу
- Для чоловіка
 - середнього віку (35 років)
 - середнього зросту (165 см)
 - середньою масою тіла (70 кг)
- основний обмін дорівнює 1 ккал (4,19 кДж) на 1 кг маси тіла в годину, або
 - - **1700 ккал на добу** (7117 кДж)
 - у жінок на 10% нижче -
 - - **1500 ккал на добу**
- Інтенсивність основного обміну на **1 кг** маси тіла у дітей вище
- **максимальне значення - у віці 5-7 років**
- у віці 20-40 років основний обмін постійний
- в літньому віці основний обмін знижується
- під час сну рівень основного обміну на 8-10% нижче, ніж в стані спокою при неспанні

Правило поверхні

- Витрати енергії теплокровними тваринами пропорційні величині поверхні тіла



- Щоденна продукція тепла на 1 м² поверхні тіла у людини
3559 - 5234 кДж (**850-1250 ккал**)
- середня цифра для чоловіків - 3969 кДж (948 ккал)
Формула Дюбуа:
$$R = W^{0,425} \cdot H^{0,725} \cdot 71,84$$
де W - маса тіла в кілограмах
H - зростання в сантиметрах

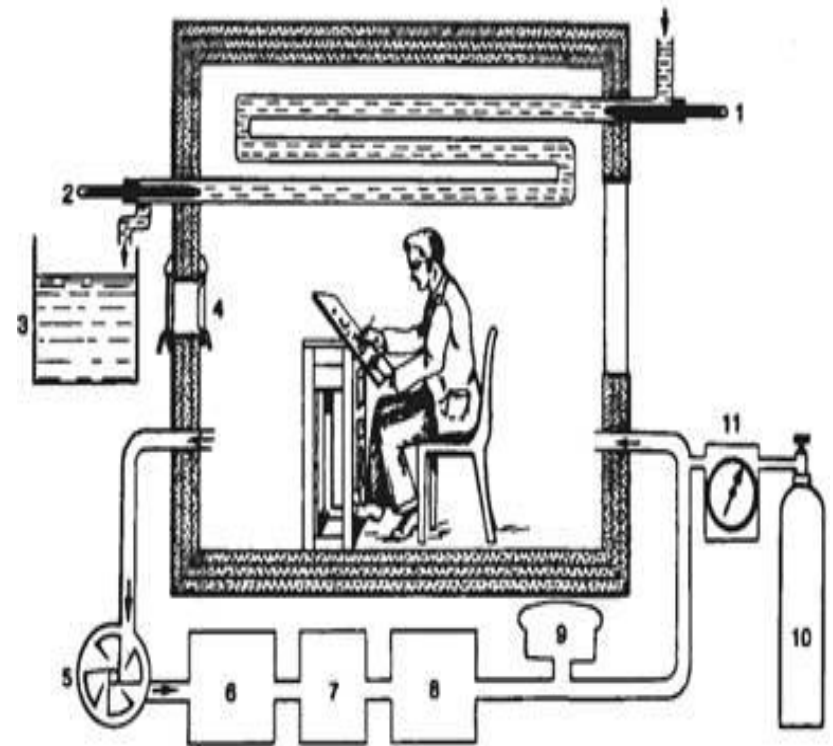
Правило поверхні відносно - не враховуються *процеси теплопродукції*, що залежить від

- біологічних особливостей виду тварин і
- стану організму, обумовлене діяльністю регуляторних систем

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООБМІНУ

Пряма калориметрія

- заснована на безпосередньому **обліку кількості тепла, виділеного організмом**
- біокалориметр **Етуотера-Бенедикта** - герметизована і теплоізована камера по трубках циркулює вода, тепло, виділяється людиною або твариною, нагріває циркулюючу воду
- за кількістю води, що протікає і зміни її температури розраховують кількість виділеного організмом тепла



Непряма калориметрія

- **Метод газообміну** -
в основі теплоутворення в організмі лежать *окисні процеси*, при яких споживається O_2 і утворюється CO_2



- можна використовувати непряме визначення теплоутворення по **газообміну** - обліку кількості *спожитого O_2 і виділеного CO_2* з подальшим розрахунком теплопродукції
- для тривалих досліджень газообміну використовують спеціальні *респіраторні камери (закриті способи непрямої калориметрії)*
- короткочасне визначення газообміну в умовах лікувальних установ і виробництва проводять *некамерними методами (відкриті способи калориметрії)*

- Спосіб **Дугласа - Холдейна** - протягом 10-15 хв збирають повітря, що видихається в мішок з повітронепроникної тканини (мішок Дугласа)
- дихання через загубник або гумову маску
- у загубнику і масці є клапани - обстежуваний вільно вдихає атмосферне повітря, а видихає в мішок Дугласа
- Коли мішок наповнений, вимірюють *обсяг видихнутого* повітря,
- в якому визначають кількість **O_2 і CO_2**

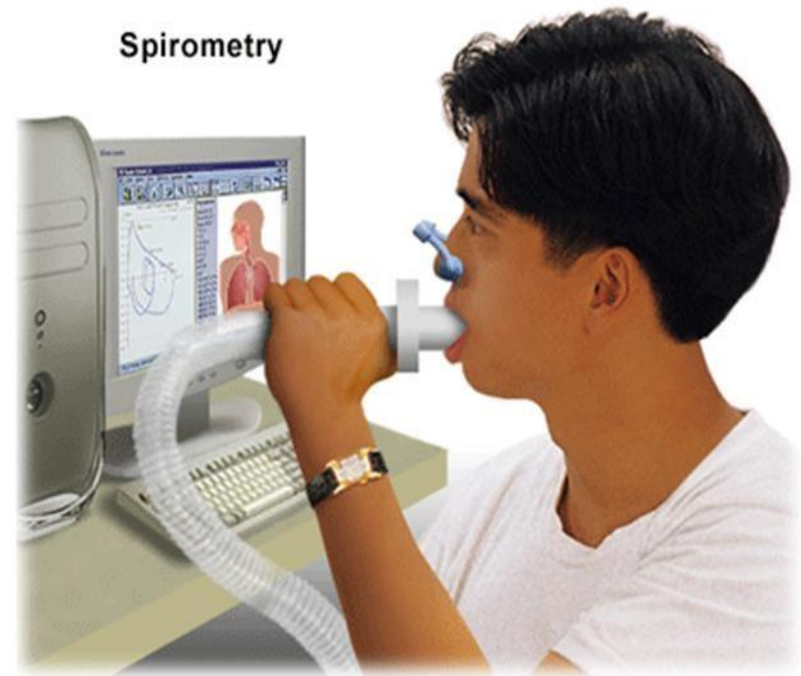


- Кисень, що поглинається організмом, використовується для окислення
 - білків
 - жирів і
 - вуглеводів

Окислювальний розпад 1 г речовин вимагає неоднакової кількості **O_2** і супроводжується звільненням різної кількості тепла

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ У ЛЮДИНИ В СПОКОЇ МЕТОДОМ ЗАКРИТОЇ СИСТЕМИ З НЕПОВНИМ ГАЗОВИМ АНАЛІЗОМ

- Відносна сталість ДК (0,85) при змішаному харчуванні дозволяє визначати енергетичний обмін в спокої по –
- *кількості спожитого кисню і*
- *його калорійному еквіваленту*
- *при дихальному коефіцієнті*
0,85
- Кількість спожитого організмом кисню визначають **спірографією**



ОБМІН ЕНЕРГІЇ ПРИ РОЗУМОВІЙ ПРАЦІ

При розумовій праці енерговитрати значно **нижче**

- математичні обчислення,
- робота з книгою та ін., якщо не супроводжуються рухом, викликають **незначне** (2-3%) підвищення витрати енергії в порівнянні з повним спокоєм
- розумова праця в поєднанні з м'язовою діяльністю і емоційним збудженням (лектор, артист, оратор) - значно **збільшує енерговитрати**
- емоційне збудження викликає підвищення обміну на 11-19% протягом кількох днів



СПЕЦИФИЧНА ДИНАМІЧНА ДІЯ ЇЖІ

Після прийому їжі інтенсивність обміну речовин і енерговитрати організму **збільшуються**

- збільшення обміну речовин і енергії починається через годину, максимум через 3 години після прийому їжі і зберігається кілька годин
- енергія витрачається на процеси травлення і всмоктування в шлунково-кишковому тракті продуктів гідролізу
- вплив прийому їжі, що підсилює обмін речовин і енерговитрати - **специфічна динамічна дія їжі**

• при білковій їжі обмін збільшується в середньому на

• **30%**

• при харчуванні жирами і вуглеводами обмін збільшується на

14-15%



РЕГУЛЯЦІЯ ОБМІНУ ЕНЕРГІЇ

Рівень енергетичного обміну залежить від:

- фізичної активності
- емоційної напруги
- характеру харчування
- ступеня напруженості терморегуляції

Доведено умовно-рефлекторну зміну споживання O_2 і енергообміну

- раніше індиферентний подразник, пов'язаний за часом з м'язовою діяльністю - сигнал до збільшення обміну речовин і енергії
- у спортсмена в передстартовому стані різко збільшується споживання O_2 і енергообмін

Якщо під гіпнозом внушити виконання важкої м'язової роботи, рівень обміну підвищується

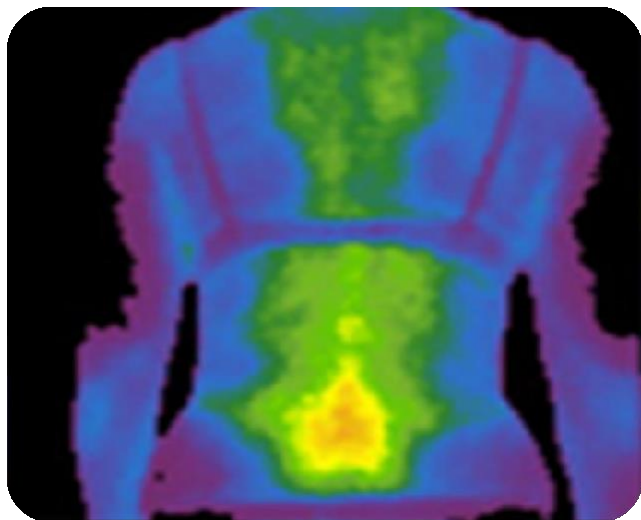
- це - роль **кори**
- особливу роль відіграє **гіпоталамус**
- тут формуються регуляторні впливи, які реалізуються вегетативними нервами або гуморальною ланкою за рахунок збільшення секреції гормонів
- особливо підсилюють обмін енергії
- гормони щитовидної залози - **тироксин і трийодтиронін**
- гормон мозкової речовини надниркових залоз -

адреналін

ТЕМПЕРАТУРА ТІЛА І ІЗОТЕРМІЯ

- Температура тіла людини і вищих тварин підтримується на **відносно сталому рівні**, незважаючи на коливання температури навколишнього середовища
- Ця сталість температури тіла - **ізотерія**
- ізотерія властива тільки **гомойотермним**, або **теплокровним** тваринам
- ізотерія відсутня у **пойкілотермних** або **холоднокровних** тварин, температура тіла яких змінна і мало відрізняється від температури навколишнього середовища





Протягом доби температура може змінюватися

- на **0,5...0,7 °C**
- вдень трохи вище, ніж уночі
- найвища температура тіла о **16-19 годині**
- найнижча температура тіла о **2-4 годині ночі**

Підшкірний жир перешкоджає віддачі тепла

- поняття «**постійна температура тіла**» є умовним
- найкраще середню температуру організму характеризує температура крові **в порожнинах серця** і в найбільш великих **судинах**,
- так як кров нагрівається в активних тканинах (тим самим охолоджуючи їх)
- і охолоджується в шкірі (одночасно зігріваючи її)



- температуру тіла зазвичай вимірюють в *пахвовій западині*
- тут температура у здорової людини дорівнює **36,5-36,9 ° C**



У грудних дітей вимірюють температуру ректально -

- **37,2-37,5 ° C**
Температура тіла коливається протягом доби в межах
0,5-0,7 ° C
- Спокій і сон знижують, м'язова діяльність підвищує температуру тіла
- максимальна температура спостерігається в 16-18 год вечора
- мінімальна - в 3-4 годин ранку
- У робітників, які тривалий час працюють в нічні зміни, коливання температури можуть бути зворотними



ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

- Сталість температури тіла у людини може зберігатися лише за умови *рівності теплоутворення* і *тепловтрати* всього організму
- це досягається за допомогою фізіологічних механізмів терморегуляції
- **терморегуляція** - взаємопов'язані процеси теплоутворення і тепловіддачі, регульовані нейроендокринними механізмами

Терморегуляція –

- **хімічна** - зміна рівня теплоутворення, посилення або ослаблення інтенсивності обміну речовин в клітинах організму
- **фізична** - здійснюється шляхом зміни інтенсивності віддачі тепла

ХІМІЧНА ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

Хімічна терморегуляція має важливе значення для підтримання сталості температури тіла в нормальних умовах і при зміні зовнішньої температури

У людини посилення теплоутворення через збільшення інтенсивності обміну речовин відзначається при зниженні зовнішньої температури нижче оптимальної - **зони комфорту**

- в легкому одязі **+18-20° C**
- для оголеного **+28° C**
- Оптимальна температура під час перебування у воді вище, ніж на повітрі, що обумовлено більш високу теплоємність і теплопровідністю води, яка охолоджує тіло в 14 разів сильніше, ніж повітря
- Процеси теплоутворення в організмі діляться на -
- **скоротливий**
- **нескоротливий термогенез**

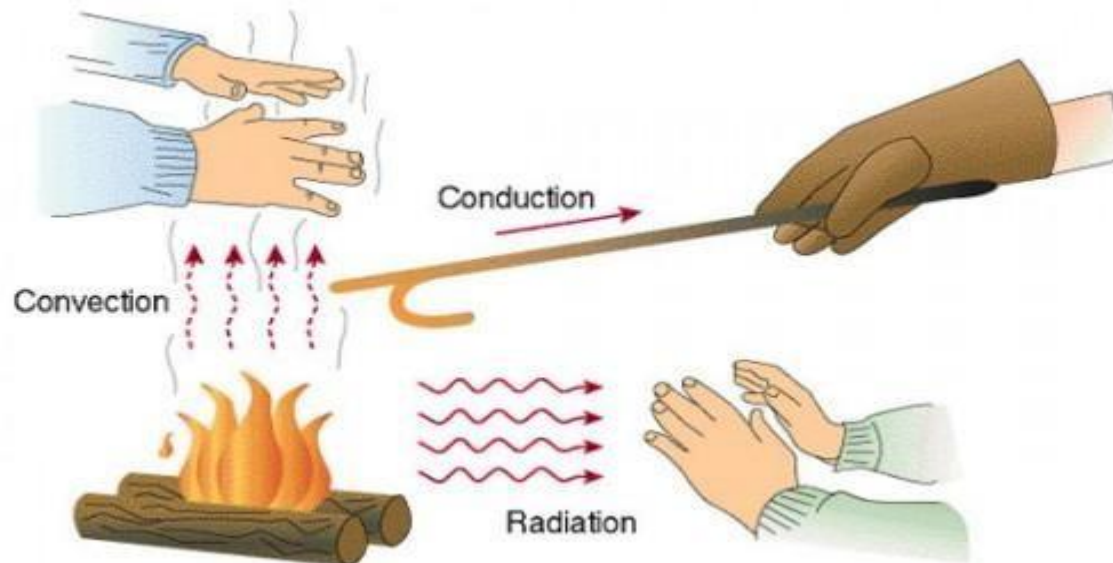
ФІЗИЧНА ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

Фізична терморегуляція забезпечується різними механізмами
тепловіддачі

Особливу роль вона грає при підвищенні зовнішньої температури

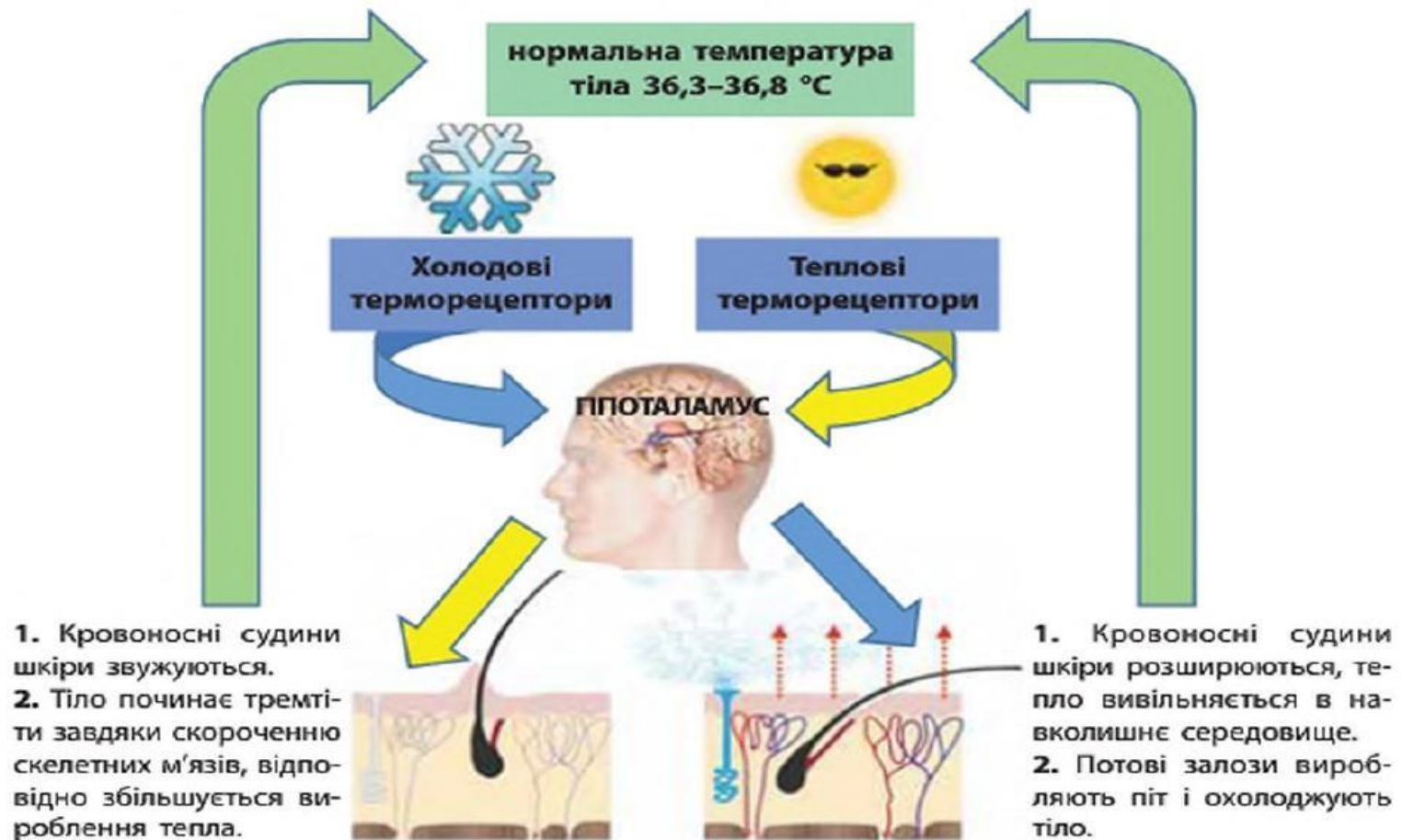
Механізми тепловіддачі:

- - тепловипромінювання (радіація)
- - конвекція (рух і пересування підігрітого повітря)
- - теплопровідність (віддача тепла речовини, що безпосередньо контактує з поверхнею тіла)
- - випаровування води з поверхні шкіри та легких



РЕГУЛЯЦІЯ ІЗОТЕРМІЇ

Постійність температури тіла підтримується рефлексорно у відповідь на температурне збудження терморецепторів шкіри, шкірних та підшкірних судин та ЦНС



- При різкому охолодженні шкіри частота імпульсації в холодових рецепторах зростає, а при швидкому зігріванні знижується
- **терморецептори ЦНС** реагують на зміну температури крові, що притікає до нервових центрів -
- передньої частини гіпоталамуса (преоптична зона)
- ретикулярної формації середнього мозку
- спинного мозку
- Участь гіпоталамуса в терморегуляції забезпечує взаємодію сприйняття сигналів про **зміну температури** навколишнього і внутрішнього середовища



Руйнування гіпоталамуса -

- втрата здатності регулювати температуру тіла
- робить тварину пойкилотермною
- видалення кори, смугастого тіла і зорових горбів помітно **не відбивається** на процесах теплоутворення і тепловіддачі
- у гіпоталамусі **ядра**, що змінюють процес теплоутворення
- **ядра**, що впливають на тепловіддачу

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КОНТАКТНИМИ ПРИБОРАМИ

До контактних методів належать

- ртутний термометр
- термістори і термопари
- термочутливі плівки, що містять рідкі холестеричні кристали





Дякую за увагу !

