



Енергетичний обмін

Терморегуляція

Проф. Весніна Л.Е.

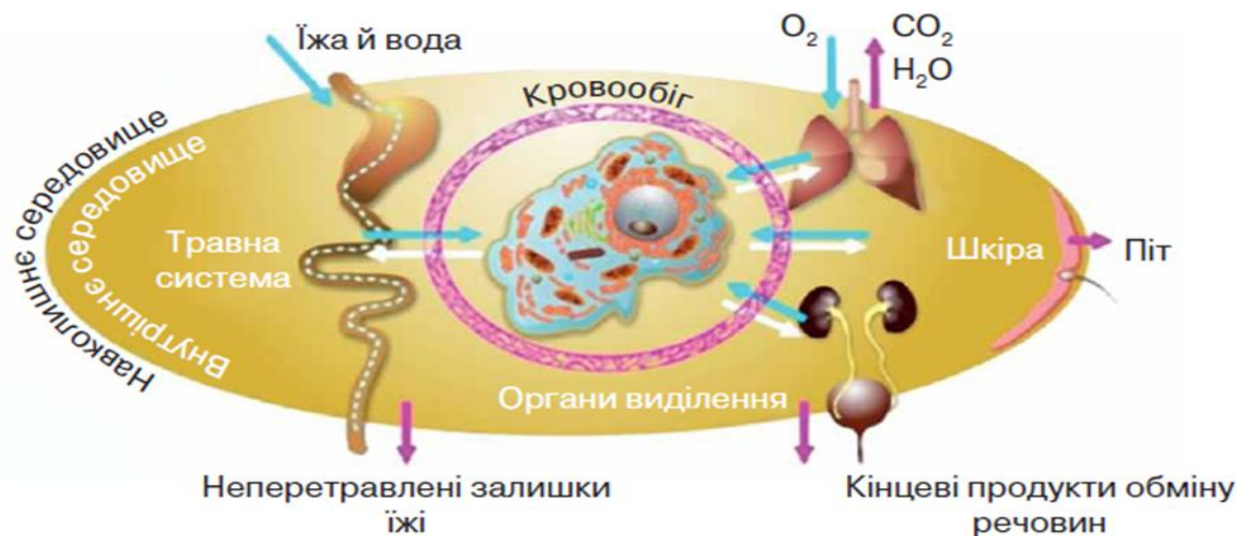
Обмін речовин і енергією – **метаболізм** – сукупність біохімічних перетворень речовин та енергії у живих організмах, а також обмін речовин та енергії з навколишнім середовищем

Обмін речовин і енергії здійснюється на всіх рівнях організму:

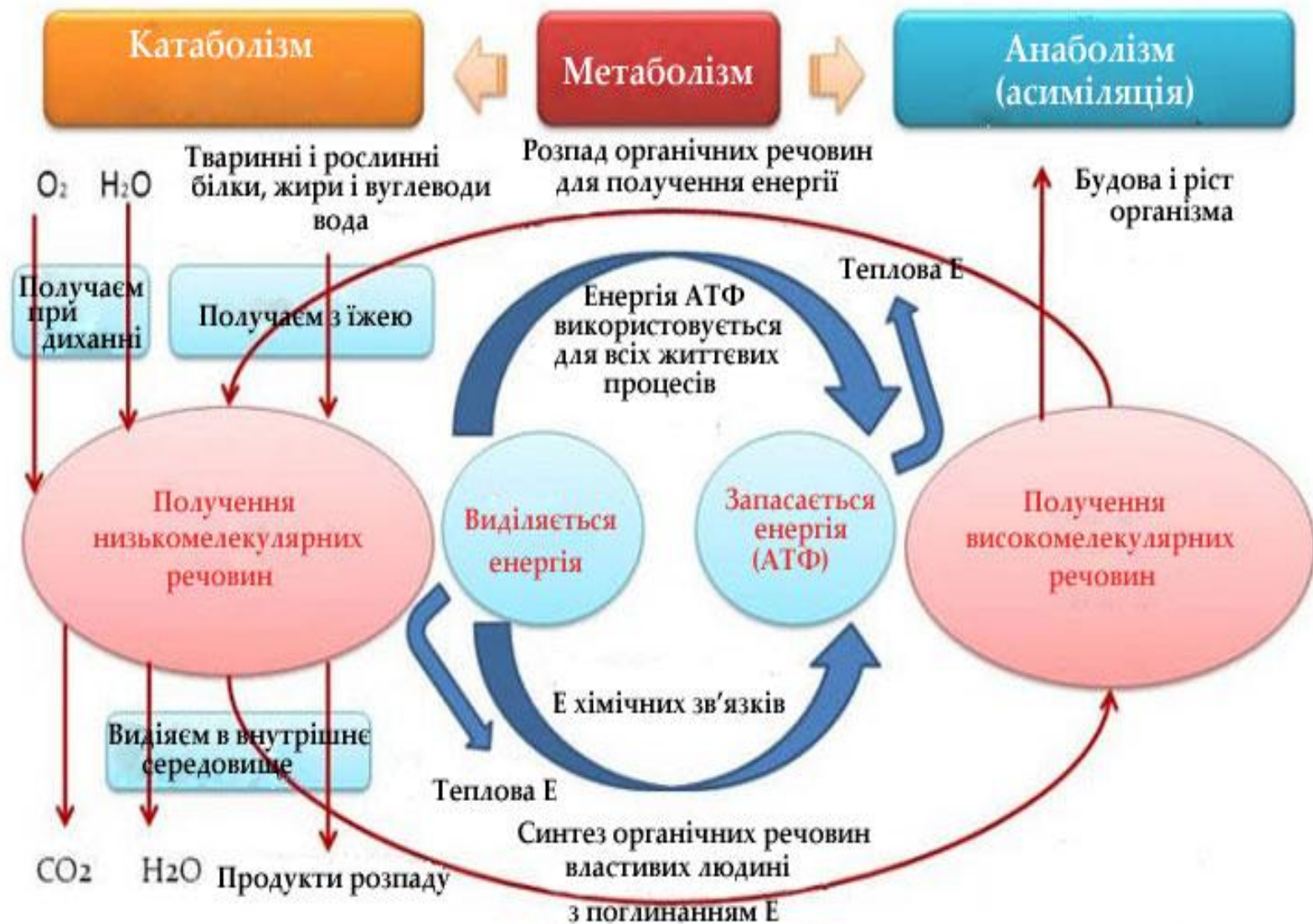
- клітинному
- тканинному і
- організменному

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

- - теплову
- - механічну
- - електричну







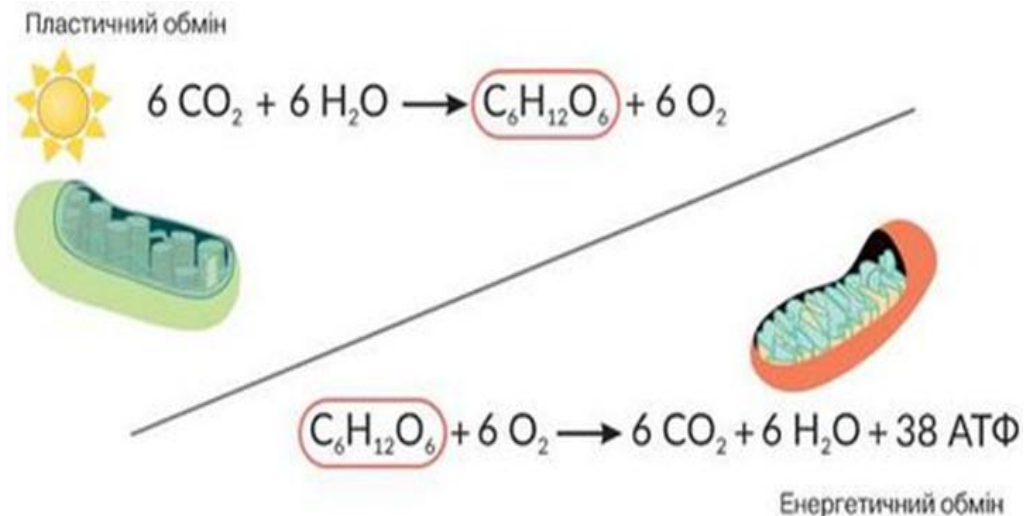
Пластичний обмін –

- реакції **біосинтезу**
 - білків з амінокислот
 - жирів з гліцерину і жирних кислот
 - вуглеводів з моносахаридів
 - нуклеотиди з азотистих основ і цукрів
- Ці реакції йдуть з **витратами енергії**
- Використовувана енергія звільняється в ході **енергетичного обміну**

Енергетичний обмін -

реакції розщеплення складних органічних сполук до простих молекул

- Частина енергії, що вивільняється йде на синтез молекул АТФ
- Розщеплення органічних речовин здійснюється в
- **цитоплазмі і**
- **мітохондріях** за участю O_2





- **Етапи:**

підготовчий -
в цитоплазмі
клітин

розщеплення:

- полісахаридів
- жирів
- білків
- нуклеїнових кислот

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

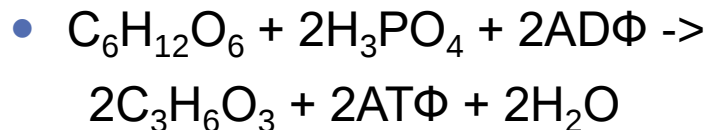
Безкисневий

(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:



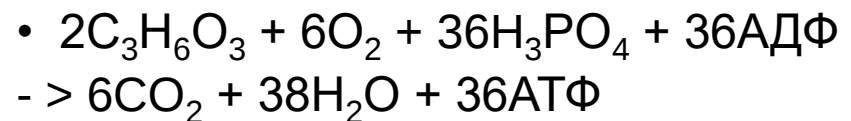
Киснєве дихання -

аеробне дихання на крістах 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:



БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ :

- При переважанні **катаболізму** - звільняється енергія різних речовин для забезпечення функціональних потреб організму
- порушення катаболізму спостерігаються при:
 - а) порушенні обміну макроергів (АТФ)
 - б) порушенні надходження пластичних речовин, що забезпечують **анаболізм**
- При переважанні **анаболізму**
 - посилене утворення відоспецифічних
- вуглеводів,
- жирів, білків,
- структурних елементів клітин
- для зростання, розмноження і збереження морфологічної цілісності організму
- При порушенні анаболізму:
 - порушення синтезу** ферментів, гормонів, необхідних для катаболізму

ОСНОВНИЙ ОБМІН ЕНЕРГІЇ

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

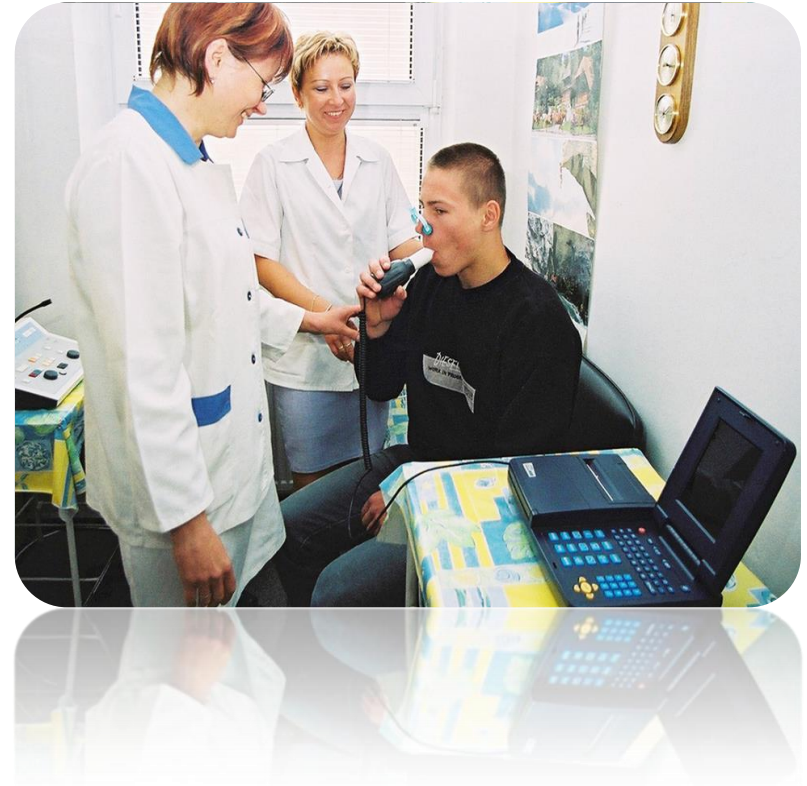
Енерговитрати в умовах основного обміну:

- - 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



На величину основного обміну впливають:

I. Внутрішні чинники

- - стать
- - вік
- - маса тіла
- - зріст
- - умови і характер харчування
- - м'язова робота
- - стан ендокринних залоз, центральної нервової системи
- - стан печінки, нирок, шлунково-кишкового тракту

II. Зовнішні фактори

- - температура
- - барометричний тиск
- - вологість повітря і його склад
- - вплив променевої енергії



ЗМІНИ ОСНОВНОГО ОБМІНУ

- ***Зниження основного обміну:***

- - голодування
- - підвищення температури навколишнього середовища
- - гальмування кори великих півкуль: сон, наркоз
- - руйнування і атрофія гіпофіза
- - гіпофункція щитовидної залози
- - видалення надниркових залоз, статевих залоз
- - надлишок інсуліну
- - колапс

- ***Підвищення основного обміну:***

- - приймання їжі
- - зниження температури навколишнього середовища
- - лихоманка (1°C - підвищення основного обміну на 5-10%)
- - різке збудження ЦНС
- - пухлини гіпофіза
- - гіперфункція щитовидної залози
- - введення тироксину, адреналіну, СТГ
- - посилення серцевої діяльності і дихання

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

**ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ *ДОВЖНОГО ОСНОВНОГО ОБМІНУ*
ВИКОРИСТОВУЮТЬ ТАБЛИЦІ, У ЯКИХ ВРАХОВУЄТЬСЯ
СТАТЬ, ВІК, МАСА ТІЛА І ЗРІСТ
(ТАБЛИЦІ ГАРРИСА-БЕНЕДИКТА)**

Фактор возраста и роста (В)

Таблица 5

Рост, см	Мужчины						Женщины					
	21	23	25	27	29	31	21	23	25	27	29	31
151	614	600	587	573	560	547	181	171	162	153	144	134
153	624	611	597	584	570	557	185	175	166	156	148	136
155	634	621	607	594	580	567	189	179	170	160	151	141
157	644	631	617	604	590	577	193	183	174	165	155	145
159	654	641	627	614	600	587	196	187	177	167	156	148
161	664	651	637	624	610	597	200	191	181	171	162	152
163	674	661	647	634	620	607	203	195	185	175	166	156
165	684	671	657	644	630	617	207	199	189	180	170	160
167	694	681	667	654	640	627	211	203	192	183	173	164
169	704	691	677	664	650	637	215	206	196	186	177	167
171	714	701	687	674	660	647	218	210	199	190	181	171
173	724	711	697	684	670	657	222	213	203	194	185	176
175	734	721	707	694	680	667	225	217	207	197	188	179
177	744	731	717	704	690	677	229	221	211	201	192	182
179	754	741	727	714	700	687	233	223	214	204	195	186
181	764	751	737	724	710	697	237	227	218	208	199	190
183	774	761	747	734	720	707	240	231	222	212	203	193
185	784	771	757	744	730	717	244	235	226	216	207	197
187	794	781	767	754	740	727	248	238	229	219	210	201
189	804	791	777	764	750	737	-	-	-	-	-	-
191	814	801	787	774	760	747	-	-	-	-	-	-
193	824	811	797	784	770	758	-	-	-	-	-	-
195	834	821	807	794	780	768	-	-	-	-	-	-
197	844	831	817	804	790	778	-	-	-	-	-	-
199	854	841	827	814	800	788	-	-	-	-	-	-

Кг	Кал	Кг	Кал	Кг	Кал	Кг	Кал
Мужчины							
45	685	65	960	85	1235	105	1510
46	699	66	974	86	1240	106	1524
47	713	67	988	87	1263	107	1538
48	727	68	1002	88	1277	108	1552
49	740	69	1015	89	1290	109	1565
50	754	70	1029	90	1304	110	1579
51	768	71	1043	91	1320	111	1593
52	782	72	1057	92	1332	112	1607
53	795	73	1070	93	1345	113	1620
54	809	74	1084	94	1359	114	1634
55	823	75	1098	95	1373	115	1648
56	837	76	1112	96	1387	116	1662
57	851	77	1125	97	1400	117	1675
58	864	78	1140	98	1414	118	1688
59	878	79	1153	99	1428	119	1703
60	892	80	1157	100	1442	120	1717
61	905	81	1180	101	1455	121	1730
62	918	82	119	102	1467	122	1741
63	933	83	1208	103	1483	123	1758
64	947	84	1222	104	1497	124	1772

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

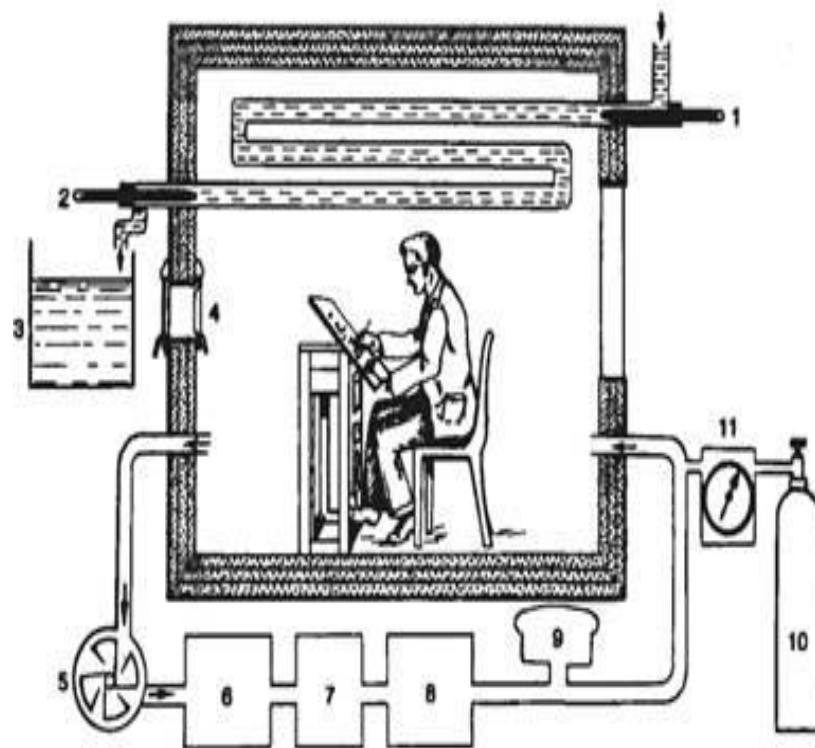
Правило поверхні відносно - не враховуються *процеси теплопродукції*, що залежить від

- 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)*
- короточасне 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

- Кількість тепла, що звільняється після споживання організмом 1 л
- O_2 - *калорійний еквівалент кисню*

Знаючи об'єм поглиненого O_2 можна обчислити енергетичні витрати, якщо відомо, які речовини - білки, жири або вуглеводи окислялись

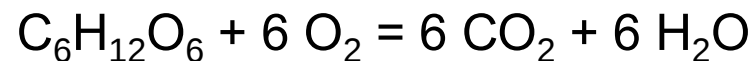
показник - *дихальний коефіцієнт* (ДК) - відношення обсягу виділеного CO_2 до обсягу поглиненого O_2

$$ДК = V_{CO_2} / V_{O_2}$$

- ***Дихальні коефіцієнти:***

для **глюкози** окислення

1 молекули



- кількість CO_2 , що утворився дорівнює поглиненому O_2

Рівна кількість молекул газу при однаковій температурі і тиску займає один і той же обсяг (закон Авогадро- Жерара)

- Отже, дихальний коефіцієнт (відношення CO_2 , / O_2 ,) при окисленні глюкози і інших вуглеводів - 1

- При окисленні жирів дихальний коефіцієнт **0,7**
На прикладі окислення трипальмітину:
$$2\text{C}_3\text{H}_5(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_3 + 145\text{O}_2 = 102\text{CO}_2 + 98\text{H}_2\text{O}$$
- Відношення між обсягами вуглекислого газу і кисню становить
$$102\text{CO}_2 / 45\text{O}_2 = 0,703$$
- При окисленні білка дихальний коефіцієнт **0,8**
При змішаній їжі **дихальний коефіцієнт 0,85-0,89**
Певному дихальному коефіцієнту відповідає **калорійний еквівалент кисню**, який розраховується за таблицями

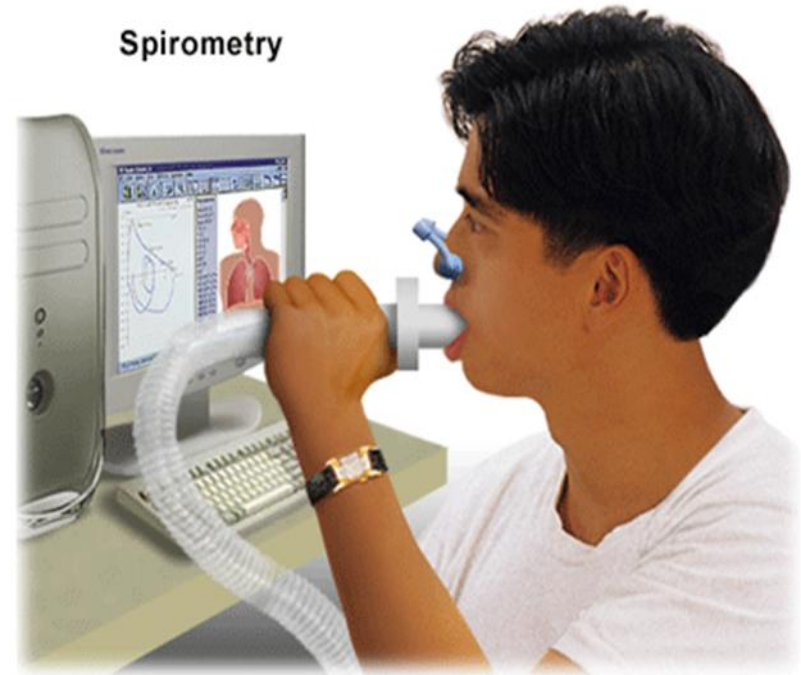


ДИХАЛЬНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ПІД ЧАС РОБОТИ

- Під час інтенсивної м'язової роботи дихальний коефіцієнт підвищується до 1
 - Це пояснюється тим, що головним джерелом енергії під час напруженої м'язової діяльності є окислення вуглеводів
 - Після завершення роботи дихальний коефіцієнт протягом перших кількох хвилин періоду відновлення різко знижується до величин менших, ніж вихідні і через 30-50 хв нормалізується
 - Зміни дихального коефіцієнта після закінчення роботи не відображають справжнього ставлення між використанням в даний момент киснем і виділеної CO₂
- Дихальний коефіцієнт на початку відновного періоду підвищується тому в м'язах під час роботи накопичується молочна кислота, на окислення якої під час роботи не вистачало O₂ (кисневий борг)
 - молочна кислота надходить в кров і витісняє CO₂ з гідрокарбонатів, приєднуючи основи
 - завдяки цьому кількість виділеного CO₂ більше кількості CO₂, що утворився в даний момент в тканинах
 - зворотна картина спостерігається, коли молочна кислота поступово зникає з крові
 - одна частина її окислюється, інша ресинтезується в глікоген, а третя виділяється з сечею і потом
 - при зменшенні молочної кислоти звільняються основи з гідрокарбонатів
 - луги знову пов'язують CO₂ і утворюють гідрокарбонати, через деякий час після роботи дихальний коефіцієнт різко падає внаслідок затримки в крові CO₂, що надходить з тканин

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**



- 1) Визначаємо кількість поглиненого кисню
- 2) використовуємо дихальний коефіцієнт 0,85
- 3) по таблиці знаходимо калорійний еквівалент 1 л кисню при даному дихальному коефіцієнті -
4,862 ккал
- Помноживши обсяг поглиненого кисню на калорійний еквівалент і на кількість хвилин в добі отримуємо величину **фактичного основного обміну**
- **$ФОО = V O_2 \times 4,862 \text{ ккал} \times 1440$**

Сумарна кількість енергії, яку людина витрачає на добу - **загальний обмін енергії** - сума

- основного обміну
- робочої прибавки
- специфічної динамічної дії їжі

Добові енерговитрати здорової людини при русі і фізичній роботі значно перевищують величину основного обміну за рахунок м'язової діяльності

Це робоча прибавка, яка залежить від інтенсивності роботи м'язів



ОБМІН ЕНЕРГІЇ ПРИ ФІЗИЧНІЙ РОБОТІ

- При м'язовій роботі звільняється *теплова і механічна енергія*
- відношення механічної енергії до всієї енергії, витраченої на роботу, виражене у відсотках - **коефіцієнт корисної дії**
- при фізичній роботі ККД
16-25%
- в середньому **20%**



Ступінь енергетичних витрат при фізичній роботі визначається **коефіцієнтом фізичної активності** (КФА):

- відношення загальних
- енерговитрат на всі види
- діяльності за добу до величини
- основного обміну

Чоловіче населення розділене на 5 груп:

- відмінності енергетичної потреби в групах залежать від
- статі (у чоловіків більше)
- віку (знижуються після 40 років)
- ступеня активності відпочинку
- рівня комунального обслуговування

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



Ізотермія в процесі онтогенезу розвивається **поступово**

- у новонародженої дитини може наступати охолодження (**гіпотермія**) або перегрівання (**гіпертермія**) при температурах навколишнього середовища, які не впливають на дорослу людину
- температура органів і тканин, як і всього організму в цілому, залежить від **інтенсивності утворення тепла і величини тепловтрат**
- теплоутворення відбувається внаслідок постійних **екзотермічних** реакцій

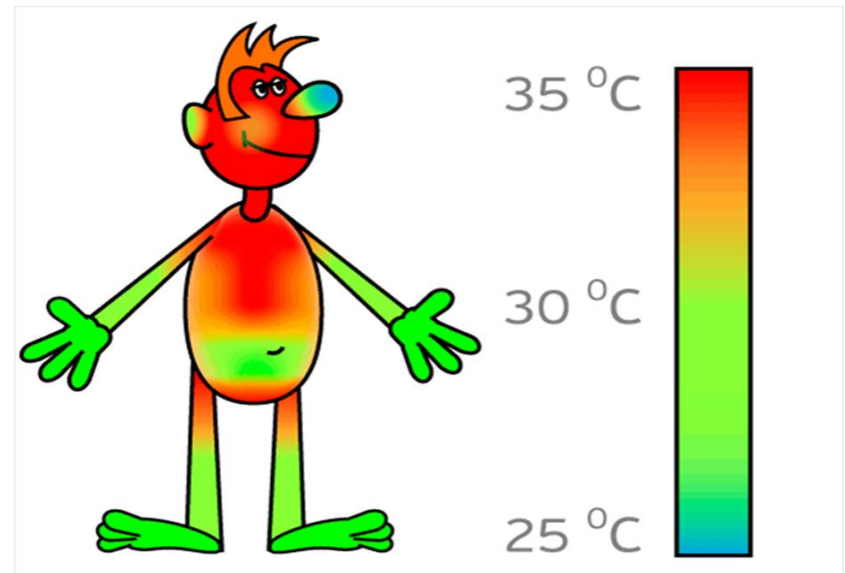
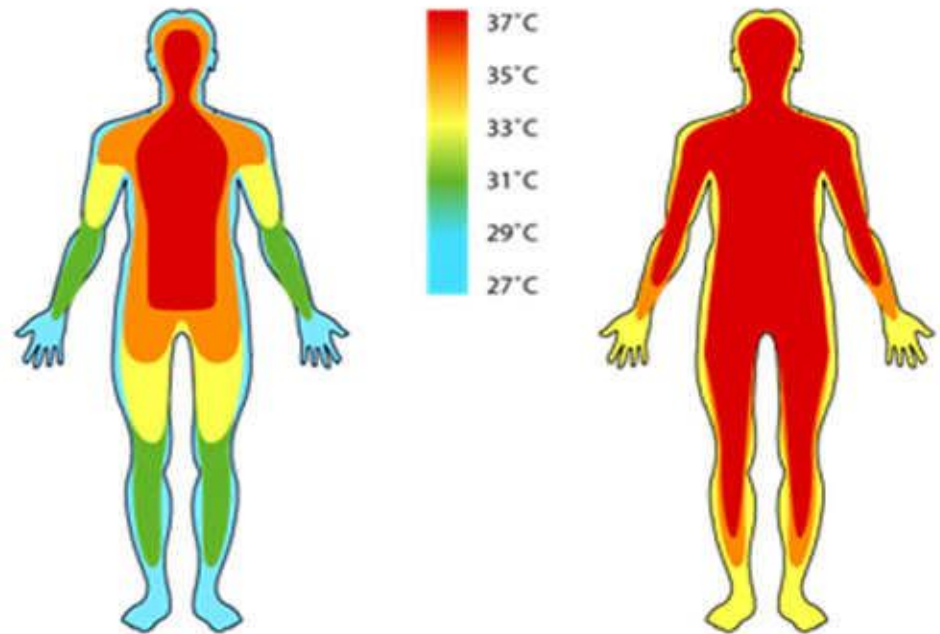


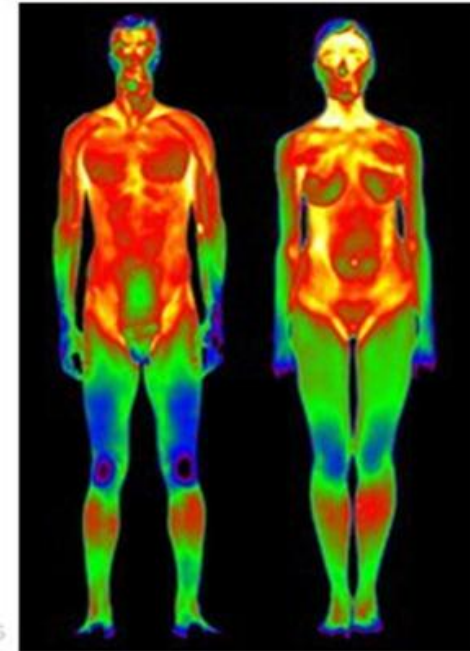
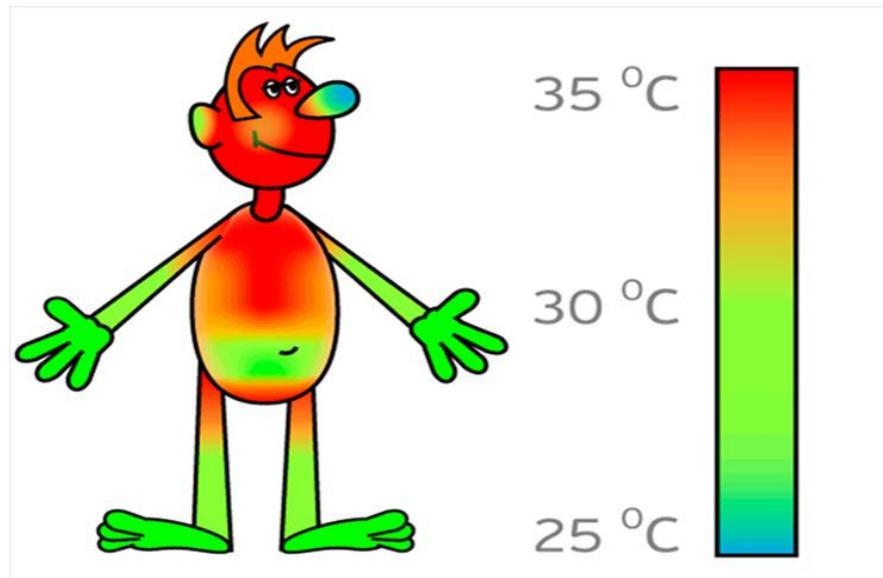
У тканинах і органах, що проводять активну роботу –

- в м'язовій тканині, печінці, нирках виділяється **більша кількість** тепла,
- в менш активних - сполучній тканині, кістках, хрящах - **менша**

Втрата тепла залежить у великій мірі від **розташування:**

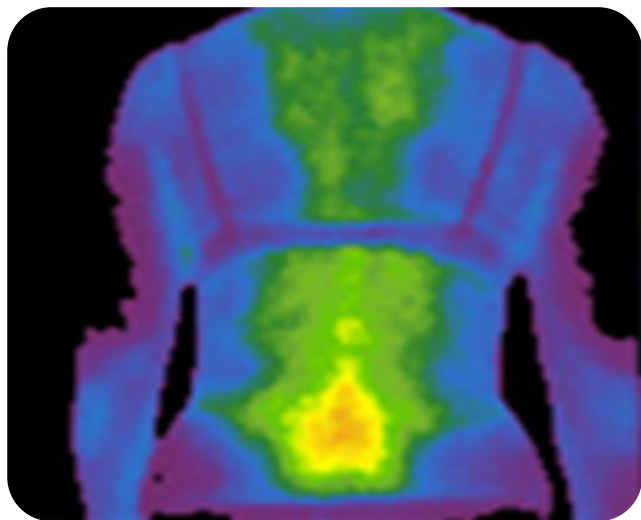
- поверхнево розташовані органи - шкіра, скелетні м'язи віддають більше тепла і охолоджуються сильніше, ніж внутрішні органи
- **«ядро»** - температура зберігається досить постійною
- **«оболонка»** - температура змінюється в залежності від температури зовнішнього середовища





«ядро» -

- зменшується при низькій зовнішній температурі
- збільшується при підвищенні температури навколишнього середовища
- *Ізотермія* - у внутрішніх органах і головному мозку
- температура поверхні тіла і кінцівок змінюється залежно від температури навколишнього середовища - *пойкілотермія*
- температура сухої шкіри –
- відносно вище температура шкіри тіла і голови (33-34° C)
- температура кінцівок нижче, найнижча в дистальних відділах



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° С**
- для оголеного **+28° С**
- 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***

I. Скорочувальний термогенез –

- збільшення теплоутворення, пов'язане з довільної і мимовільної (тремтіння) м'язової активністю
- Найбільш інтенсивне теплоутворення відбувається в м'язах –
- напруження мускулатури лежачи збільшує інтенсивність окислювальних процесів і теплоутворення ***на 10%***
- невелика рухова активність збільшує теплоутворення ***на 50 - 80%***
- важка м'язова робота ***на 400 - 500%***



- В умовах холоду теплоутворення в м'язах збільшується, навіть якщо людина знаходиться в нерухомому стані
- це обумовлено подразненням **рецепторів холоду** з формуванням рефлексорних неупорядкованих мимовільних скорочень м'язів –
- **тремтіння** (озноб)
- в результаті –
- обмінні процеси посилюються
- збільшується споживання кисню і вуглеводів м'язами
- підвищується теплопродукція
- довільна імітація тремтіння підвищує теплоутворення
- **на 200%**



II. Нескорочувальний термогенез - збільшення теплоутворення, **не**

пов'язане з роботою м'язів

- значну роль відіграють органи з високим рівнем метаболізму –
- печінка
- нирки
- легені
- температура крові печінкової вени вище температури крові печінкової артерії, що вказує на інтенсивне теплоутворення
- при охолодженні тіла теплопродукція в печінці **зростає**

У новонароджених процеси теплопродукції здійснюються завдяки наявності **бурого жиру**, який знаходиться –

- між лопатками
- в пахвових западинах
- в області шиї

Бурий відтінок жиру - більш значне число закінчень симпатичних нервових волокон і багато мітохондрій

- за рахунок високої швидкості окислення жирних кислот процес теплоутворення йде набагато швидше практично без синтезу макроергів - **механізм термінового теплотворення**



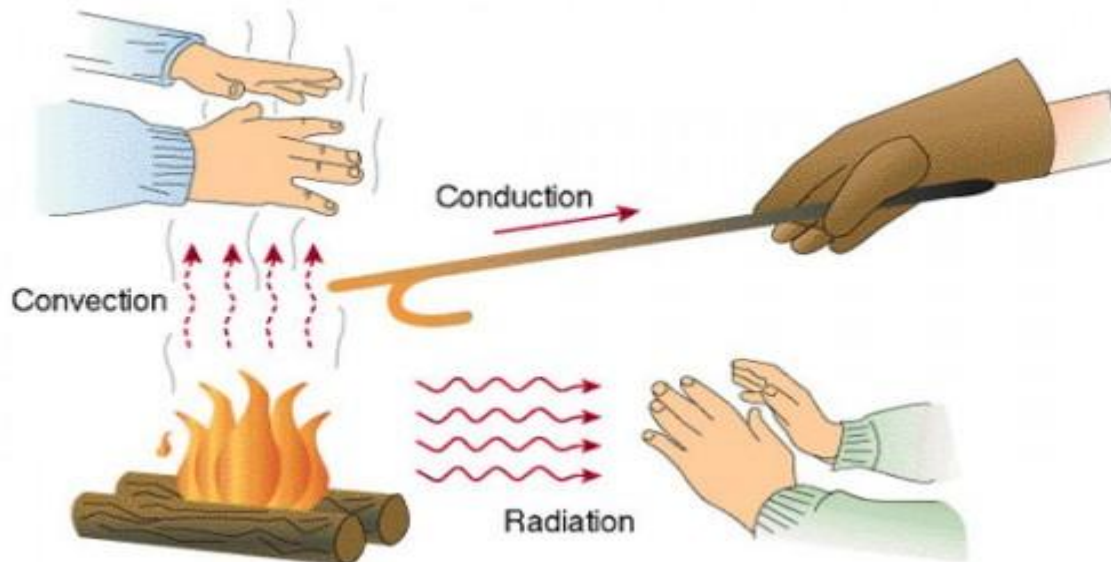
ФІЗИЧНА ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

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

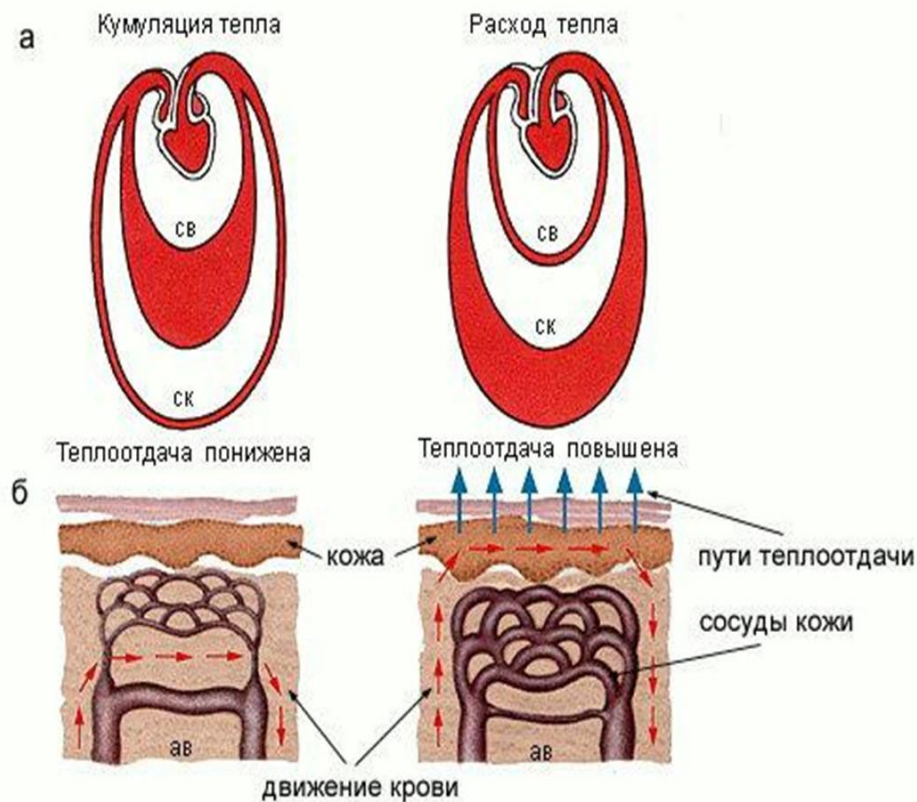


- **тепловіддача** при фізичному контакті;
 - **конвекція** – віддача тепла через повітря;
 - **тепловипромінювання** – випромінює тепло у вигляді інфрачервоних променів, причому що більше крові надходить до шкіри, то більше тепла віддається (у тепловізорі більш розігріті ділянки червоні, менш - зелені);
 - **випаровування** – тепловтрати з поверхні тіла в процесі перетворення води поту в пару.
- Шкіра
- **нагрівання** видихуваного повітря (додатково пара видаляється під час частого дихання у спекотну погоду)
 - **випаровування** води з поверхні альвеол
- легені
- **утворення** та виділення нагрітої сечі
- нирки

- **теплопровідність** - зазвичай має невелику цінність, повітря і одяг погано проводять тепло
- **радіація, випаровування та конвекція** - інтенсивність залежить від температури навколишнього середовища
- В стані спокою при температурі повітря **+ 20° C** і сумарній тепловіддачі 100 ккал в час:
 - за допомогою радіації втрачається **66%**,
 - випаровування води - **19%**,
 - конвекції - **15%** від загальної втрати тепла
- При температурі повітря **+ 35° C** тепловіддача з допомогою радіації та конвекції неможлива, ізотермія підтримується виключно за допомогою **випаровування** з поверхні шкіри та альвеол легких

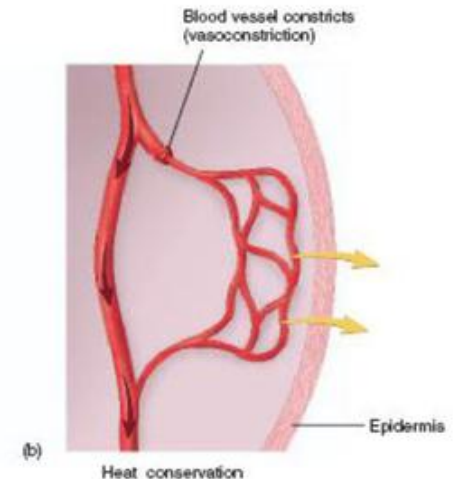
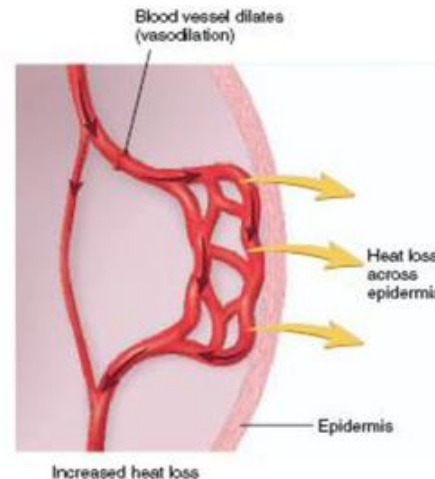
- На тепловіддачу впливають:
- інтенсивність обміну речовин
- м'язова робота
(випаровування)
- одяг (втрату тепла не допускає шар нерухомого повітря між одягом і шкірою, повітря - поганий провідник тепла)
- температура повітря під одягом сягає **+30° C**
- шар підшкірної жирової клітковини внаслідок малої теплопровідності жиру **перешкоджає** віддачі тепла

Температура шкіри та інтенсивність тепловипромінювання та теплопровідності змінюються при **перерозподілі** крові та **зміні ОЦК**



- На холоді кровоносні судини шкіри (артеріоли) **звужуються**: більша кількість крові поступає в судини черевної порожнини, обмежуючи тепловіддачу
- при сильному охолодженні шкіри відкриваються **артеріовенозні анастомози**, зменшується кількість крові, що надходить в капіляри перешкоджаючи тепловіддачі
- перерозподіл крові на холоді сприяє **збереженню тепла** у внутрішніх органах

- Це підтверджує, що регульований параметр - це температура **ядра** - внутрішніх органів, підтримується **постійною**
- При підвищенні температури навколишнього середовища судини шкіри розширюються, збільшується циркуляція крові
- **зростає ОЦК** у всьому організмі через перехід води з тканин в судини і виходу крові з депо (селезінка)
- збільшення кількості крові, що циркулює через судини поверхні тіла, сприяє тепловідачі з допомогою **радіації** та **конвекції**

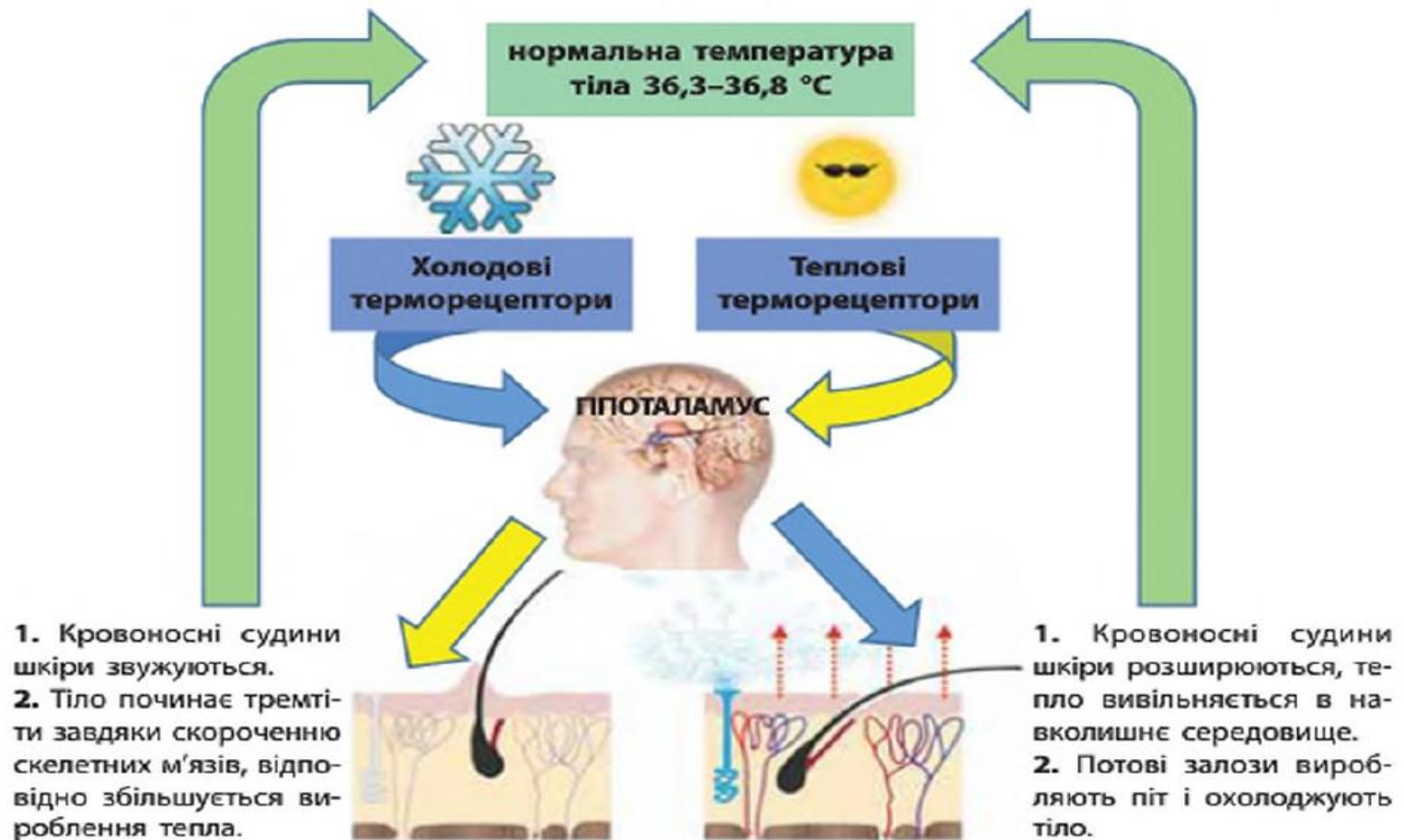


- Якщо температура зовнішнього середовища **рівна** або **перевищує** температуру тіла, то єдиним способом віддачі тепла залишається **випаровування**
- в середньому для підтримки ізотермії в таких умовах необхідне випаровування **4,5 л води**
- максимальне потовиділення відбувається при високій температурі навколишнього середовища під час **м'язової роботи**
- виділення поту у робочих гарячих цехів може скласти 12 л за день
- випаровування залежить від відносної вологості повітря
- в насиченому водяними парами повітрі вода випаровуватись **не може** при високій вологості повітря висока температура переноситься важче,
- піт виділяється у великій кількості, але **не випаровується і стікає з шкіри**
- тільки **частина поту, яка випаровується з поверхні шкіри, має значення для тепловіддачі - ця частина поту складає ефективне потовиділення**



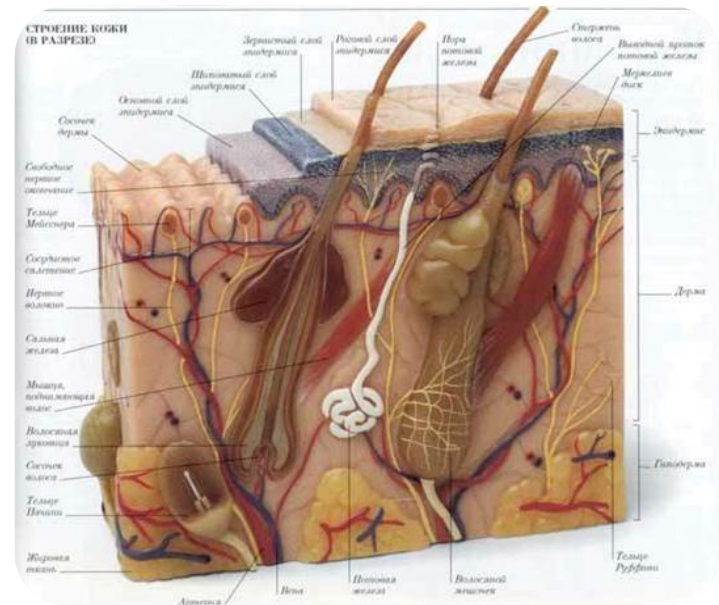
РЕГУЛЯЦІЯ ІЗОТЕРМІЇ

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



Інформація про зміну зовнішньої температури надходить в гіпоталамус від

- **150 000** холодкових рецепторів шкіри (*колбочки Краузе*)
- **16 000** теплових рецепторів (*тільця Руффіні*)
- холодові рецептори розташовані на глибині
- **200-400 мкм**
- теплові - **400-600 мкм**
- що забезпечує здатність реагувати на
- температуру
- тепловий потік
- його напрямок



- При відносно постійній температурі зовнішнього середовища від терморецепторів в ЦНС надходять ритмічні імпульси, що відображають їх **тонічну активність**
- частота цих імпульсів максимальна для
- холодкових рецепторів шкіри і шкірних судин при **+ 20-30° C**
- теплових рецепторів шкіри
- при **+ 38-43° C**

- 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

- Хімічна терморегуляція контролюється **хвостовою частиною гіпоталамуса**
- фізична - **передньою частиною**
- значення **спинного мозку** в терморегуляції - проведення сигналів від периферичних рецепторів до головного мозку і впливів від головного мозку до м'язів, судин і потових залоз
- наявністю центрів терморегуляторних рефлексів з обмеженим регуляторним значенням
- **кора великих півкуль** забезпечує можливість умовно-рефлекторних змін теплопродукції і тепловіддачі
- Гіпоталамічна регуляція - участь залоз внутрішньої секреції - **щитовидна залоза і наднирники**
- **щитовидна залоза** сприяє підвищенню обміну речовин і утворення тепла
- **надниркові залози** в терморегуляції - виділення **адреналіну** –
- посилення окислювальних процесів в тканинах, зокрема в м'язах - підвищення теплотворення
- звуження шкірних судин
- зменшення тепловіддачі
- адреналін здатний викликати підвищення температури тіла (**адреналінова гіпертермія**)

- До проявів фізичної терморегуляції відноситься –
- зміна положення тіла – **згортання в клубок** зі зменшенням поверхні тепловіддачі
- **реакція шкірних м'язів**
- «гусяча шкіра», у тварин
- змінює пористість вовняного покриву і покращує теплоізоляційну роль вовни
- сталість температури тіла підтримується механізмами, регулюючими інтенсивність обміну речовин і теплоутворення (хімічна регуляція тепла) і механізмами, регулюючими тепловіддачу (фізична регуляція тепла)



ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КОНТАКТНИМИ ПРИБОРАМИ

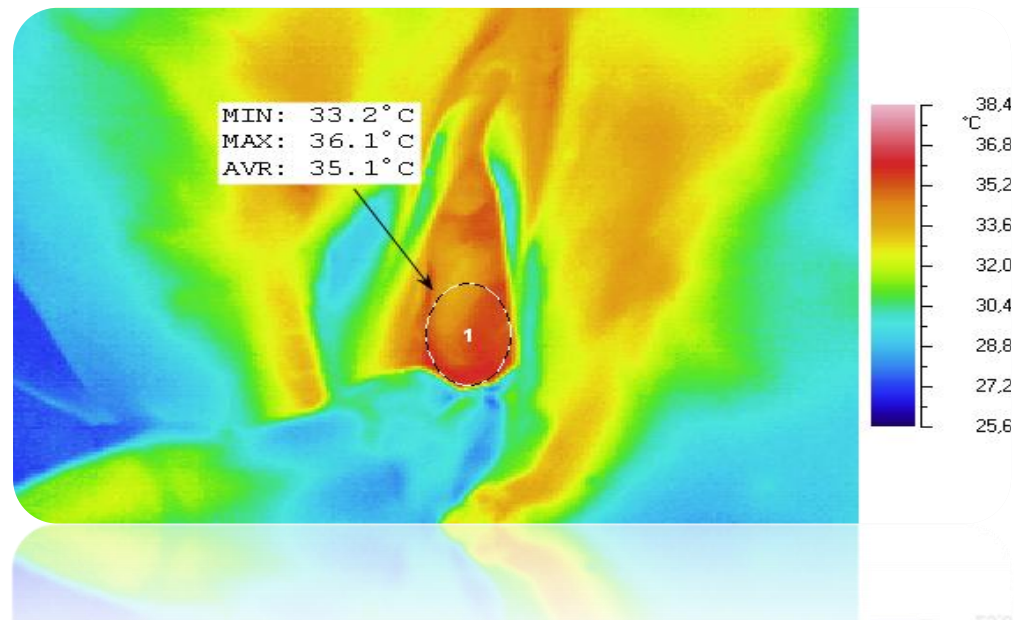
До контактних методів належать

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



ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДИСТАНТНИМИ ПРИБАДАМИ

- Вимір теплової випромінювальної здатності тіла людини –
- реєстрація теплового випромінювання, що йде з поверхні шкіри від нашого тіла - **радіояркiсна температура**
- людина як біологічне тіло, що має температуру в інтервалі
- **31 - 42° C** є джерелом переважно **інфрачервоного теплового випромінювання**, на який припадає близько 85% теплової енергії, що продукується тілом



- Залежно від підвищення або зниження місцевої температури на тлі звичних обрисів органу або кінцівки посилюється чи слабшає світіння тканин в області патології
- **тепlobачення** дає одночасно інформацію про анатомо-топографічні і функціональні зміни в ураженій зоні.
- на моніторі створюється теплової портрет об'єкта, за відмінностями яскравості або забарвлення елементів зображення відзначається різниця температур його ділянок
- для оцінки глибинної температури необхідно використовувати інші спеціальні прилади - **медичні СВЧ радіотермометри**

