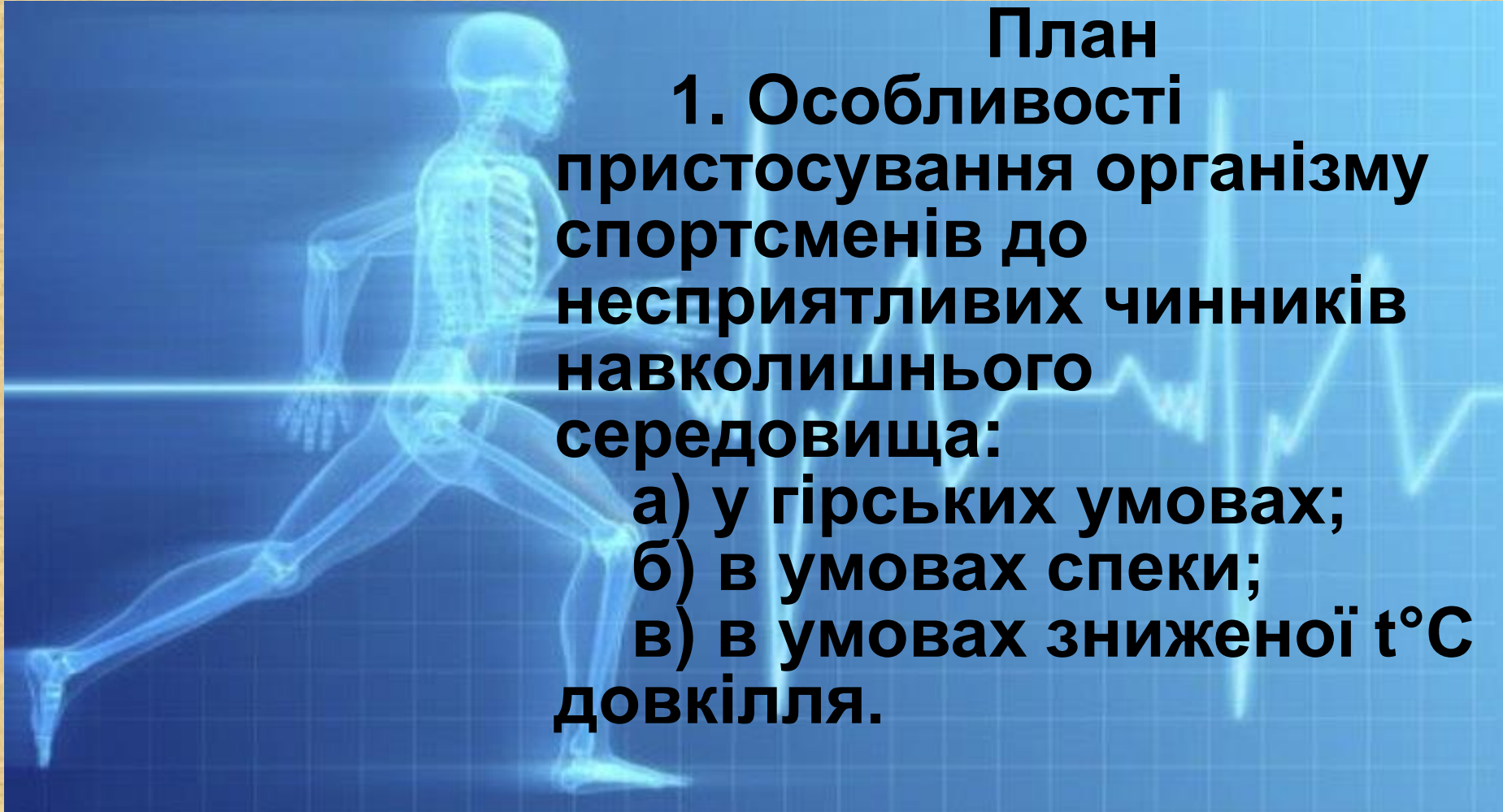


Особливості функціонального стану організму спортсменів при дії екстремальних чинників зовнішнього середовища

План

1. Особливості пристосування організму спортсменів до несприятливих чинників навколишнього середовища:

- а) у гірських умовах;
- б) в умовах спеки;
- в) в умовах зниженої $t^{\circ}\text{C}$ довкілля.



На стресори організм відповідає **стрес-реакцією**, тобто адаптивним процесом, спрямованим на відновлення гомеостазу й збереження нормальної життєдіяльності.

Стрес-система — складний регуляторний комплекс, який допомагає координувати гомеостаз у звичайних умовах і відіграє ключову роль в активації й координації усіх змін в організмі, що становлять **адаптивну реакцію на стресори**.

Центральна ланка міститься в головному мозку у гіпоталамусі й інших відділах стовбура мозку. **Гіпоталамус** — «дозорець» ЦНС, відповідальний за нервову регуляцію ендокринних функцій, який одержує інформацію про появу стресора й **«запускає» роботу стрес-системи**.

У цілому **стрес-система одержує інформацію** від навколишнього середовища й організму через різноманітні сенсорні системи й кровотік, від «думаючого» мозку — **через мигдалеподібні ядра й морський коник** і від «емоційного» мозку — через **лімбічну систему**.

Основним **результатом активації стрес-системи** є збільшений **«викид»** глюкокортикоїдів і катехоламінів — **головних стрес-гормонів**, які сприяють мобілізації функції органів і тканин, відповідальних за адаптацію, і забезпечують збільшення їх енергозабезпечення



Характеристика гірського клімату

Фактор	Зміни
Атмосферний тиск	↓ на 1 мм.рт.ст. кожні 10,5 м висоти (на висоті 1000 м на 12%, 2000 м – 22%, 3000 м - 31% і на висоті 5000 м - на 50%)
Температура	↓ на 1° С на кожні 150 м
Вологість повітря	↓ вміст водяних парів (на висоті 2000 м він у 2 рази нижче, ніж на рівні моря)
Сонячна радіація	↑ у середньому на 10% на кожні 1000 м, а УФ-радіація на 35% (на 3-4 % кожні 100 м)
Іонізація (стан електрики)	↓ негативна іонізація, ↑ позитивна іонізація
Парціальний тиск кисню (PaO ₂)	↓ з висотою (зі 159 до 110 мм.рт.ст. у вдихуваному повітрі на висоті 3000 м, у альвеолярному - зі 105 до 62 мм.рт.ст.)

PaO₂ в альвеолярному повітрі ↓ → у артеріальній крові PaO₂ ↓ (гіпоксемія) (з 94 до 60 мм рт.ст.) при незмінному PaO₂ тканин (20 мм рт.ст.) → зниження дифузного градієнта → постачання м'язів O₂ погіршуються.

Барометричний тиск і парціальний тиск кисню на різних висотах

Висота, м	Барометричний тиск, мм рт. ст.	Парціальний тиск O₂, мм рт. ст.
0 (рівень моря)	760	159
1 000	674	141
2 000	596	125
3 000	526	110
4 000	462	97
5 000	231	48

Класифікація гірських умов (М.М. Булатова, В.М. Платонов):

Низькогір'я – 800-1000 м над рівнем моря.

На цій висоті в умовах спокою і при помірних навантаженнях ще не проявляється істотний вплив нестачі O_2 на фізіологічні функції. Тільки при дуже великих навантаженнях відзначаються виражені функціональні зміни.

Середньогір'я – від 800-1000 до 2500 м над рівнем моря.

Характерно виникнення функціональних змін уже при помірних навантаженнях, хоча у стані спокою людина, як правило, не відчуває негативного впливу нестачі O_2 .

Високогір'я – > 2500 м над рівнем моря.

У цій зоні вже у стані спокою виявляються функціональні зміни в організмі, свідчать про кисневу недостатність.



Фізіологічні реакції на умови гіпобаричної гіпоксії

****Реакції дихальної системи**

- Легенева вентиляція** \uparrow (гіпервентиляція) \rightarrow кількість діоксиду вуглецю в альвеолах $\downarrow \rightarrow \uparrow$ рН крові (дихальний алкалоз) $\rightarrow \downarrow$ буферна здатність крові.
- Дифузійна здатність легень, транспорт O_2 та газообмін у м'язах**
Ра O_2 в альвеолярному повітрі $\downarrow \rightarrow$ в артеріальній крові Ра O_2 \downarrow (гіпоксемія) (з 94 до 60 мм рт.ст.) при незмінному Ра O_2 тканин (20 мм рт.ст.) $\rightarrow \downarrow$ дифузного градієнта \rightarrow постачання м'язів O_2 погіршуються.
- Максимальне споживання кисню** зменшується (починаючи з 1600 м, МСК \downarrow на 11% кожні 1000м)

**Реакція серцево-судинної системи

- Об'єм крові. Об'єм плазми починає поступово ↓ → ↑ кількість еритроцитів на одиницю крові (поліцитемія) → ↑ гематокриту (співвідношення окремих елементів крові (еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів) до її рідкої частини (плазми) та меншого об'єму крові, ніж на < висотах. SaO_2 (сатурація, ступінь насичення O_2 гемоглобіну артеріальної крові) ↓ з 98 до 90%.
- Серцевий викид. Унаслідок зменшеного об'єму плазми → ↓ систолічного об'єму крові → ↑ ЧСС.
- Легенева гіпертензія. Гіпоксичне звуження кровоносних судин → деякі структурні зміни у легневих артеріях → ↑ тиск крові у легневих артеріях при виконанні роботи.

****Зміни метаболічних процесів**

- **обмежується ресинтез АТФ у мітохондріях → депресія функцій головного мозку (порушення інтелектуальної і рухової активності)**
- **↑ анаеробний метаболізм під час м'язової діяльності**

Через гіпобаричну гіпоксію:

↓ P_{aO_2} у крові;

↓ насичення гемоглобіну O_2 ;

↓ градієнт тиску O_2 між капілярною кров'ю і тканинами;

погіршується перехід O_2 у тканини;

↑ в'язкість крові.

Відразу після переміщення у гори в організмі помітні зміни у діяльності систем організму уже починаючи з висоти 1000-1200 м над рівнем моря (на висоті 1000 м $VO_2\text{max}$ складає 96-98 % від рівня, зареєстрованого на рівнині).

Із \uparrow висоти $VO_2\text{max}$ планомірно знижується на 0,7-1,0 % через кожні 100 м \rightarrow на висоті 2500 м потужність аеробних механізмів \downarrow на 10-12%, 3500 м – на 18-20 % від рівня, що реєструється на рівнині, на вершині Евересту рівень $VO_2\text{max}$ - всього 7-10 % від max на рівнині.

У людей, не адаптованих до гірських умов, ЧСС у спокої, і особливо при виконанні стандартних навантажень, може \uparrow вже на висоті 800-1000 м над рівнем моря.

Виконання стандартних навантажень на висоті 1500 м \rightarrow до \uparrow лактату на 30 % у порівнянні з даними, отриманими на рівнині, на висоті 3000-3500 м - 170-240 %.

Інтенсивні фізичні навантаження, витримані у горах, призводять не тільки до істотних змін у крові, але і роблять ці зміни більш стійкими, і довгостроково зберігаються в нормальних умовах!

3 стадії адаптації до висотної гіпоксії:

Перша стадія (гостра адаптація)

гіпервентиляція легень
за рахунок ↑ глибини і
частоти дихання;

↑ серцевого викиду;

↑ об'єму циркулюючої
крові через
рефлекторний викид із
депо і перерозподіл
крові;

посилена діяльність
кісткового мозку →
ретикулоцитоз (↑
кількості недозрілих
еритроцитів у
циркулюючій крові);

розпад еритроцитів, що вийшли із
кров'яного депо у циркулюючу кров
із утворенням *еритропоетину*
(гормон, який стимулює утворення
гемоглобіну і виробництво
еритроцитів);

↑ анаеробний
метаболізм (гліколіз)
під час м'язової
діяльності → ↑ у крові і
м'язовій тканині рівня
лактату;

розвивається активація
адренергічної і
гіпофізарно-адреналової
систем → різко
виражений катаболічний
ефект (негативний баланс
N, втрата маси тіла).

Друга стадія (перехідної адаптації) -

формування стійких структурних і функціональних змін в організмі:

розвивається адапційна поліцитемія і ↑ киснева ємність крові;

↑ дихальна поверхня легень;

↑ потужність адренергічної регуляції серця;

↑ концентрація міоглобіну;

↑ пропускна здатність коронарного русла.

3 стадія (стійка адаптація) - ↑ потужності і економічності функцій апарату зовнішнього дихання і кровообігу:

ріст дихальної поверхні легень і потужності дихальної мускулатури;

↑ активності дихальних ферментів у тканинах;

↑ маса серця і ємність коронарного русла;

↑ васкуляризації тканин;

↑ щільності капілярів і мітохондрій у скелетних м'язах;

поліцитемія (↑ числа еритроцитів в одиниці об'єму крові) і відповідного ↑ кисневої ємності крові;

↑ концентрація міоглобіну і кількість мітохондрій у міокарді;

↑ потужність системи енергозабезпечення (↑ синтезу АТФ);

↑ коефіцієнта утилізації кисню з повітря, що вдихається.

Основні адаптаційні механізми до висотної гіпоксії:

1) механізми, які забезпечують потрапляння O_2 в організм, не звертаючи уваги на його дефіцит у повітрі (гіпервентиляція, гіперфункція серця, що забезпечує рух від легень до тканин збільшеної кількості крові);

2) поліцитемія і відповідне збільшення кисневої ємності крові (\uparrow вмісту Hg, \uparrow в еритроцитах 2,3-дифосфогліцерату (ДФГ), що сприяє виведенню O_2 з Hg);

3) механізми, які забезпечують доступ O_2 до мозку, серця і ін. важливих органів, не звертаючи уваги на гіпоксемію (розширення артерій, капілярів мозку та серця);

4) \downarrow відстані для O_2 між капілярною стінкою і мітохондріями клітин за рахунок утворення нових капілярів;

5) \uparrow здібності клітин і тканин утилізувати O_2 із крові і утворювати АТФ, не звертаючи уваги на нестачу O_2 (збільшення розміру та кількості мітохондрій, \uparrow кількості окисних ферментів);

6) \uparrow анаеробного ресинтезу АТФ за рахунок активізації гліколізу.

Фактори, від яких залежить швидкість досягнення стійкої адаптації до висотної гіпоксії:

1. Адаптація настає швидше у людей, які регулярно знаходяться в умовах штучної або природної гіпоксії.

2. Спортсмени, які адаптовані до навантажень на витривалість, пристосовуються до умов середньогір'я і високогір'я швидше, ніж ті, хто не займається спортом, або спортсмени швидкісно-силових видів спорту.

3. ↑ висоти (у певних межах) стимулює адаптаційні реакції і прискорює процес адаптації.

4. Адаптаційні процеси протікають швидше у людей, які використовують інтенсивні фізичні навантаження, у порівнянні з людьми, що ведуть звичайний спосіб життя.

Людина постійно перебуває у процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Підтримання температури тіла людини – одна із умов для підтримання нормальних фізіологічних процесів.

Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або до переохолодження організму людини і, зрештою, до втрати працездатності, втрати свідомості та до теплової смерті.

Забезпечення температурного балансу здійснюється механізмами теплотворення (**хімічною терморегуляцією**, та **фізичною терморегуляцією**).

Терморегуляція – сукупність фізіологічних процесів, які спрямовані на підтримку на певному рівні відносно постійної температури тіла людини.

У процесі еволюції людина набула здатність жити в досить широких межах коливань зовнішньої температури, зберігаючи сталість температури ядра.

Виділяють механізми, що забезпечують короточасну і довгострокову адаптацію до мінливої зовнішньої температури.

Короточасна адаптація

забезпечує пристосування до швидкої зміни температури. Вона містить низку механізмів, які "включаються" поетапно. Спочатку застосовуються менш енергоємні механізми, але якщо їх недостатньо для збереження постійної температури ядра, підключаються більш складні.

Схема терморегуляції



Центр терморегуляції



Центр терморегуляції

Центр тепловіддачі (фізичної терморегуляції)

Локалізується в передньому гіпоталамусі

Регулюють процеси віддачі тепла організмом через зміну

Тонусу судин шкіри \wedge
кровооток в шкірі \wedge
температури шкіри \wedge
зміна віддачі тепла
шляхом радіації,
конвекції, проведення

Діяльності
потових залоз \wedge
вологість шкіри
 \wedge зміна
випаровування

Зміна тепловіддачі

Забезпечення ізотермії

Центр теплопродукції (хімічної терморегуляції)

Локалізується в задньому гіпоталамусі

Регулюють процеси утворення тепла організмом через зміну

Скоротливого
термогенезу

Нескоротливого
термогенезу

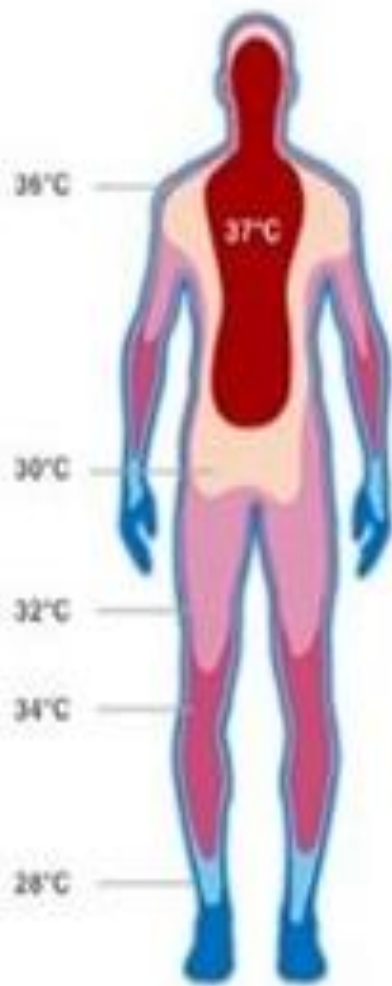
Терморегуля-
торний тонус

М'язеве тремтіння

Довільні рухи

Роз'єднання
процесів
окиснення та
фосфорилування

Зміна теплопродукції



Температура кінцівок
близька до температури ядра
Потовиділення
Судини периферії розширені

Комфортна температура

Судини периферії звужені
Кінцівки холодні
М'язи скорочуються
Тремтіння



У нормальних атмосферних умовах **збереження теплового балансу** відбувається наступним чином: збиткове тепло, яке з'являється за рахунок метаболізму, розсіюється у результаті:

проведення (від одного об'єкта до іншого унаслідок прямого молекулярного контакту)

конвекції (через рухомий потік або рідину через рухомий потік повітря або рідину) - 20-30%;

випромінювання (за допомогою радіації у формі ІЧ-проміння) - 50-60%

випаровування (за допомогою втрати рідини зі слизових при дихання, при потовиділенні зі шкіри внаслідок переходу у газоподібний стан) - 20-25%.

РЕГУЛЯЦІЯ ТЕПЛООБМІНУ

Терморецептори (центральні та периферичні)
→ гіпоталамус, кора → 4 ефектори:

1) потові залози;

2) гладенькі м'язи, що оточують артеріоли;

3) скелетні м'язи;

4) деякі залози внутрішньої секреції
(наднирники (*адреналін та норадреналін*),
щитоподібна (*тироксін*))

Функціональна система, яка відповідає за адаптацію спортсмена **до умов гіпертермії** включає:

1) **аферентну ланку** (терморецептори шкіри і верхніх дихальних шляхів, аферентні шляхи);

2) **центральну ланку** – гіпоталамус (центр терморегуляції);

3) **еферентну ланку** – органи кровообігу і апарат охолодження випаруванням.

ФІЗІОЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ НА ВИКОНАННЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ $t^{\circ}\text{C}$ ДОВКІЛЛЯ

*Реакції ССС

фізичне навантаження + тепловий стрес \rightarrow серцевий викид поділяється між шкірою та працюючими м'язами \rightarrow перерозподіл крові \downarrow об'єм циркулюючої крові, котра вертається до серця, \rightarrow \downarrow діастолічний об'єм \rightarrow \downarrow систолічний об'єм \rightarrow \uparrow ЧСС.

*Водний баланс: потовиділення

При $\uparrow t^{\circ}\text{C}$ крові гіпоталамус надсилає імпульси по нервових волокнах симпатичної НС потовим залозам \rightarrow фільтрація плазми \rightarrow \downarrow реабсорбція Na та Cl \rightarrow \uparrow альдостерон та антидіуретичний гормон (АДГ)

**Посилене (більше
5 л на добу)**
потовиділення
протягом декількох
днів на основі
кумулятивного
ефекту викликає
серйозні
порушення водно-
сольового обміну.

При інтенсивному потовиділенні →
зневоднення (дегідратація) тканин
організму → потреба у ↑ прийому
води → до посилення вимивання
солей (хлористий натрій, солі калію і
кальцію) → порушується регуляція
роботи м'язів тіла (зміна тонусу,
виникнення судом) → → негативний
водний баланс, ↑ в'язкість крові,
зростає розпад білка тканин,
посилюється легенева вентиляція, ↑
навантаження на ССС (↑ ЧСС до 180
уд/хв, ↑ АТ до 200 мм рт.ст) ↓ СОК і
ХОК; ↓ об'єм міжклітинної і
внутрішньоклітинної рідини

Пристосувальні зміни до умов спеки відбуваються у 4 напрямках:

1) розвиток механізмів тепловіддачі;

2) економізація теплоутворення;

3) підвищена стійкість до гіпертермії;

4) поведінкова адаптація.

Стійка довготривала адаптація до умов спеки характеризується:

підвищенням порогу чутливості теплових рецепторів;

скороченням періоду включення тепловіддачі випаровуванням;

значним розширенням можливостей потовиділення.



Фактори, які сприяють швидкості адаптації організму спортсменів до умов спеки:

1. **Будова тіла, співвідношення м'язової і жирової тканини.**

2. **Вік і стать спортсменів.**

3. **Колір очей** (люди з чорними і карими очима).

4. **Комплексний вплив високих температур і тривалих фізичних навантажень.**

5. **Поповнення рідини** (для інтенсивного потовиділення під час роботи, економних реакцій системи кровообігу на високі температури).

6. **Специфіка фізичних вправ (виду спорту)** (умови тренування).



7. **Кваліфікація.**



Суттєвим екологічним чинником довкілля, який може суттєво впливати на стан здоров'я людини, є **холодне атмосферне повітря**, яке може призвести до виникнення екологічно обумовлених патологічних станів так і захворювань (загальне переохолодження організму, бронхіти, риніти, гіперчутливість дихальних шляхів до дії холодного атмосферного повітря, тощо).

Достатньо **висока чутливість людини** сучасного типу **до негативної дії низьких t°** довкілля може бути обумовлена її еволюційним походженням. → система його терморегуляції спочатку розрахована (на відміну від вимерлого неандертальця, який мешкав на холодних територіях Євразії льодовикового періоду) на спекотний клімат саван Східної Африки.

У загальнобіологічному аспекті система терморегуляції ссавців як теплокровних видів, у тому числі, людини, в умовах постійного проживання в спекотному кліматі зорієнтована **не так на вироблення теплової енергії, як на її «скидання» в довкілля для уникнення перегріву** (теплового удару). Насамперед, за рахунок роботи м'язової системи, вироблення теплової енергії в організмі при значних фізичних навантаженнях може \uparrow у 3-5 разів у порівнянні зі станом спокою. Однак при цьому різко \uparrow тепловіддача у навколишнє середовище.

Антропометричні параметри людини сучасного типу (що істотно впливає на терморегуляцію організму) за масо-ростовим індексом Тура складають від 400 до 500 г/см, то у неандертальця цей показник за деякими розрахунками досягав 700 г/см. + подібна до діжки форма грудної клітини (для \downarrow тепловіддачі довкіллю) і значні за шириною та площею носові ходи (це теоретично надавало можливість до значного посилення можливостей носового (назального) дихання) і гайморові пазухи (як «системи нагрівання» холодного атмосферного повітря).

Основні фізіологічні способи запобігання надмірного переохолодження:

тремтіння (неконтрольовані скорочення м'язів);

нескоротливий термогенез (стимуляція метаболізму симпатичної НС → ↑ адреналін і норадреналін та тироксін → ↑ кількості і маси мітохондрій на одиницю маси тіла → ↑ метаболічного утворення тепла);

звуження периферичних судин у результаті стимулювання симпатичною НС гладкого м'яза стінок артеріол шкіри.



Тепловий баланс в умовах низьких t° залежить:

розміри тіла
(S поверхні тіла);

склад тіла
(співвідношення жирового та м'язового компоненту);

чинники довколишнього середовища
(вологість, вітер).

	Маса тіла, кг (m)	Зріст, см	Площа(S) поверхні тіла, см	Відношення поверхні тіла до його маси S/m
Дорослий	85	183	210	2,47
Дитина	25	100	79	3,16

Більша площа поверхні тіла дітей (стосовно маси тіла) створює умови як для інтенсивнішого охолодження, так і перегрівання дитини.

У дітей значно тонший, ніж у дорослих, теплоізолювальний шар підшкірної жирової клітковини.