



Лекція № 7
з курсу «Фізіологічні механізми
гомеостазу»
на тему:

«Принципи, типи та
механізми регуляції функцій
організму»

Викладач курсу: доцент кафедри
фізіології, імунології і біохімії
з курсом цивільного захисту та медицини
Григорова Наталя Володимирівна

ПЛАН

1. Поняття регуляції функцій і саморегуляції.
2. Системний принцип регуляції.
 - 2.1. Структура функціональних систем і мультипараметричний принцип їх регуляції.
 - 2.2. Системогенез.
3. Типи регуляції функцій організму та їх надійність.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1.** Бєлан С. М., Карвацький І. М., Шевчук В. Г. Фізіологія : навч. посіб. Київ : Книга плюс, 2021. 172 с.
- 2.** Ганонг В. Ф. Фізіологія людини / пер. з англ.; наук. ред.: М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. Львів : БаК, 2002. 784 с.
- 3.** Голл Дж. Е., Голл М. Е. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом / пер. з англ. Київ : Медицина, 2022. 648 с.
- 4.** Клінічна фізіологія : підручник / за заг. ред. К. В. Тарасової. 2-е вид., перероб. і доп. Київ : Медицина, 2022. 776 с.
- 5.** Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом : підручник : пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
- 6.** Фізіологія : підручник / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.
- 7.** Філімонов В. І. Фізіологія людини : підручник. 4-е вид. Київ : Медицина, 2021. 488 с.
- 8.** Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І., Коритко З. І., Музика Ф. В. Фізіологія людини : навч. посіб. 2-ге вид., допов. Львів : ЛДУФК, 2013. 207 с.

1. Поняття регуляції функцій і саморегуляції

Регуляція функцій – це спрямована зміна інтенсивності роботи органів, тканин, клітин для досягнення корисного результату згідно з потребами організму в різних умовах його життєдіяльності.

Фізіологічною регуляцією зветься активне управління функціями організму і його поведінкою для забезпечення необхідного обміну речовин, гомеостазу й оптимального рівня життєдіяльності з метою пристосування до мінливих умов зовнішнього середовища.

Класифікувати регуляцію доцільно **за двома основними ознаками**: за механізмом її здійснення (три механізми: нервовий, гуморальний і міогенний) і **за часом її включення щодо моменту зміни величини регульованого показника організму** (два типи регуляції: за відхиленням і випередженням).

Регуляція здійснюється згідно декількома принципами, основними з яких є принцип саморегуляції і системний принцип. Найбільш загальним з них є **принцип саморегуляції**, який включає всі інші.

Саморегуляція полягає в тому, що організм за допомогою власних механізмів змінює інтенсивність функціонування органів і систем відповідно до своїх потреб в різних умовах життєдіяльності. Так, при бігу активується діяльність ЦНС, м'язової, дихальної та серцево-судинної систем. У спокої їх активність сильно зменшується.

Принцип саморегуляції зазвичай реалізується за допомогою зворотного зв'язку. **За рівнями** розрізняють клітинний, органний, системний і організменний рівні регуляції. Прикладом останнього є поведінкова (соматична) регуляція показників організму. Регуляторні механізми можуть локалізуватися всередині органу (**місцева саморегуляція**) і **екстраорганно**.

Вся система регуляції фізіологічних функцій організму являє собою ієрархічну структуру трьох рівнів.

Перший або нижчий рівень системи регуляції

складається з відносно автономних локальних систем, що підтримують фізіологічні константи, що задаються власними метаболічними потребами або більш високими рівнями регуляції. Так підтримується, наприклад, осмотичний тиск крові, вентиляційно-перфузійні відносини в легенях, тканинний кровообіг. Для реалізації механізмів цього рівня не обов'язкові сигнали з керуючого пристрою центральної нервової системи, вони забезпечуються місцевими реакціями і носять тому назва «***місцева саморегуляція***».

Другий рівень системи регуляції здійснює пристосувальні реакції у зв'язку зі змінами внутрішнього середовища. На цьому рівні задається величина фізіологічних параметрів, які в подальшому можуть підтримуватися системами першого рівня.

Тут підбирається оптимальний режим роботи фізіологічних систем для адаптації організму до зовнішнього середовища. Наприклад, виконання фізичної роботи або навіть підготовка до неї вимагає збільшеного постачання м'язів киснем, що забезпечується посиленням зовнішнього дихання, надходженням в кров депонованих еритроцитів і підвищенням артеріального тиску.

Третій або вищий рівень системи регуляції забезпечує вироблення критеріїв оцінки стану внутрішнього і зовнішнього середовища, налаштування режимів роботи першого і другого рівнів, що гарантують в результаті зміну вегетативних функцій і поведінки організму з метою оптимізації його життєдіяльності.

2. Системний принцип регуляції

2.1 Структура функціональних систем і мультипараметричний принцип їх регуляції

Підтримка показників внутрішнього середовища організму на постійному рівні здійснюється за допомогою регуляції діяльності різних органів і фізіологічних систем, що об'єднуються в єдину функціональну систему – **організм**. Уявлення про функціональні системи розробив П. К. Анохін. В останні роки теорія функціональних систем успішно розвивається К. В. Судаковим.

А. Структура функціональної системи.

Функціональна система – динамічна, вибірково об'єднана центрально-периферична організація, діяльність якої спрямована на досягнення корисного для організму пристосувального результату.

Функціональна система включає наступні елементи:
1) **керуючий пристрій** – нервовий центр, що являє собою об'єднання ядер різних рівнів ЦНС; 2) його **вихідні канали** (нерви і гормони);

3) **виконавчі органи** – ефектори, що забезпечують в ході фізіологічної діяльності підтримання регульованого процесу показника на деякому оптимальному рівні (корисний результат діяльності функціональної системи);

4) **рецептори результату** (сенсорні рецептори) – датчики, що сприймають інформацію про параметри відхилення регульованого процесу показника від оптимального рівня; 5) **канал зворотного зв'язку** (вхідні канали), інформують нервовий центр за допомогою імпульсацій від рецепторів результату або ж на основі змін хімічного складу тих чи інших рідин організму про достатність або недостатності ефекторних зусиль з підтримки регульованого процесу показника на оптимальному рівні. Аферентні імпульси від рецепторів результату по каналах зворотного зв'язку поступають у нервовий центр, який регулює той чи інший показник. Наприклад, при збільшенні артеріального тиску крові більшою мірою починають подразнюватися барорецептори рефлексогенних судинних зон, у результаті чого збільшується потік імпульсів у ЦНС – у центр кровообігу.

Взаємодія нейронів цього центру і зміни інтенсивності еферентної імпульсації ведуть до ослаблення діяльності серця і розширення кровоносних судин. Артеріальний тиск крові знижується. Можливі коливання величини артеріального тиску, але вони після ряду коливань повертається до нормального величиною. Якщо ж описаного механізму виявилось недостатньо і тиск залишається підвищеним, включаються додаткові регуляторні механізми: зокрема зростає перехід рідини з судинного русла в міжклітинний простір (інтерстицій), включається ендокринна система, більше води виводиться з організму.

При зміні інтенсивності роботи ефектора змінюється інтенсивність метаболізму, що також відіграє важливу роль у регуляції діяльності органів тієї чи іншої функціональної системи. Наприклад, при посиленні скорочень м'язи збільшується інтенсивність обміну речовин, в кров виділяється значно більше метаболітів. Останні діють, по-перше, безпосередньо на орган – ефектор (у даному випадку це призводить до розширення кровоносних судин і до поліпшення кровопостачання органу, що дуже важливо). По-друге, метаболіти, потрапляючи в кров, а з кров'ю – в ЦНС, діють також і на відповідні центри, зміна активності яких здійснює коригуючий вплив на органи і тканини організму.

По-третє, метаболіти діють також на рецептори робочого органа (або органів) – рецептори результату, що теж відбивається на активності рецепторів і, природно, на імпульсації в аферентних шляхах, які проводять імпульси в ЦНС за принципом зворотного зв'язку.

Архітектура різних функціональних систем принципово однакова, що називають **ізоморфізмом**. Разом з тим функціональні системи можуть відрізнятися одна від одної за ступенем розгалуженості як центральних, так і периферичних механізмів. Необхідно підкреслити, що системоутворюючим фактором, який виступає в якості інструменту включення тих чи інших органів, тканин, механізмів у функціональну систему, є корисний для життєдіяльності організму пристосувальний результат – кінцевий продукт фізіологічної активності функціональної системи. Ряд гомеостатичних функціональних систем представлений виключно внутрішніми генетично детермінованими механізмами вегетативної нервово-гормональної регуляції і не включає механізми поведінкової соматичної регуляції.

Прикладом є функціональні системи, що визначають оптимальні для обміну речовин організму кров'яний тиск, вміст іонів в крові, що не змінюють осмолярність і не викликають почуття спраги, рН внутрішнього середовища організму. Інші гомеостатичні функціональні системи включають цілеспрямовану поведінку у зовнішньому середовищі на базі домінуючих мотиваційних збуджень, що відображають зсуви різних показників метаболізму. У цьому випадку **системоутворюючим фактором** є також і мотивація. Прикладами таких функціональних систем є системи, що забезпечують підтримку оптимального рівня поживних речовин в організмі, осмотичного тиску і об'єму рідини в організмі, температури внутрішнього середовища організму. В цьому випадку опорно-руховий апарат виступає як складова частина ефектора – робочого органу. При цьому реагують і багато внутрішніх органів, що забезпечують посилення скорочувальної діяльності скелетної мускулатури – це теж складова частина ефектора. Зокрема, посилюється діяльність серця, стимулюється дихання.

Б. Мультипараметричний принцип взаємодії різних функціональних систем – принцип, який визначає узагальнену діяльність функціональних систем. Відносна стабільність показників внутрішнього середовища організму є результатом узгодженої діяльності багатьох функціональних систем. З'ясувалося, що різні константи внутрішнього середовища організму виявляються взаємопов'язаними. Це проявляється в тому, що зміна величини однієї константи може призвести до зміни параметрів інших показників. Наприклад, надмірне надходження води в організм супроводжується збільшенням об'єму циркулюючої крові, підвищенням артеріального тиску, зниженням осмотичного тиску плазми крові. У функціональній системі, яка підтримує оптимальний рівень газового складу крові, одночасно здійснюється взаємодія pH , PCO_2 і PO_2 . Зміна одного з цих параметрів негайно призводить до зміни кількісних характеристик інших параметрів.

На основі принципу мультипараметричної взаємодії всі функціональні системи гомеостатичного рівня фактично об'єднуються в **єдину функціональну систему гомеостазу**. Окремі компоненти такої системи орієнтовані на підтримку окремих показників внутрішнього середовища організму. Інші компоненти орієнтовані на досягнення деяких поведінкових результатів (**поведінкова ланка регуляції**) відповідно до глобальних потреб організму з метою підтримати всю сукупність показників внутрішнього середовища організму. Для досягнення будь-якого пристосувального результату формується відповідна функціональна система.

2.2 Системогенез

Згідно П. К. Анохіну, **системогенез** – вибіркоче дозрівання та розвиток функціональних систем в анте- і постнатальному онтогенезі. На відміну від поняття «морфогенез», запропонованого А. Н. Северцевим (розвиток органів в онтогенезі), «системогенез» відбиває розвиток в онтогенезі різних по функції і локалізації структурних утворень, які об'єднуються в повноцінну функціональну систему, що забезпечує новонародженому виживання. У даний час термін «системогенез» застосовується в більш широкому сенсі, при цьому під системогенезом розуміють процеси не тільки онтогенетичного дозрівання функціональних систем, але і формування та перетворення функціональних систем у ході життєдіяльності зрілого організму. Приклади динамічних перебудов функціональних систем можна знайти, аналізуючи активність індивідуумів при формуванні нових навичок.

Так, системні механізми досягнення корисних результатів на початковому етапі формування навичок і на етапі автоматизованих навичок відрізняються насамперед за обсягом м'язових зусиль і за рівнем їх вегетативного забезпечення.

Загальні принципи формування функціональних систем в онтогенезі по П.К. Анохіну.

1. Системоутворюючим фактором функціональної системи будь-якого рівня є корисний для життєдіяльності організму пристосувальний результат, необхідний у даний момент. Цьому правилу підкоряється процес дозрівання різних функціональних систем на різних етапах онтогенезу і діяльність функціональних систем зрілого організму. Прикладами можуть бути підтримка різних фізіологічних показників (артеріального тиску, осмотичного тиску, рН внутрішнього середовища організму, температури тіла) за допомогою регуляції функцій внутрішніх органів і поведінкових реакцій; досягнення результату соціальної діяльності – у роботі, навчанні.

У кінцевому підсумку все безліч корисних пристосувальних результатів можна об'єднати в дві групи: 1) підтримання сталості внутрішнього середовища організму; 2) досягнення результату в соціальній діяльності. У системогенезі виділяють два основних періоди - антенатальний (**внутрішньоутробний**) та постнатальний (**позаутробний**).

2. Принцип гетерохронної закладки і гетерохронного дозрівання компонентів функціональної системи. У ході антенатального онтогенезу різні структури організму закладаються в різний час і дозрівають з різними темпами. Так, нервовий центр групується і дозріває зазвичай раніше, ніж закладається і дозріває субстрат, який ним іннервується.

В онтогенезі дозрівають в першу чергу ті функціональні системи, без яких неможливий подальший розвиток організму. Наприклад, у плода розвивається функціональна система, що підтримує сталість газового складу крові за допомогою плацентарного кровообігу: кисень надходить з крові матері в кров плода, а вуглекислий газ транспортується в протилежному напрямку – з крові плоду в кров матері. У плода формується функціональна система, що забезпечує **ортотонічну позу** – зігнуті шия, тулуб і кінцівки, завдяки чому плід у матці займає найменший об'єм. Формується головне передлежання, що забезпечує найкраще проходження плода попологових шляхах. До моменту народження сформовані функціональні системи підтримки температури тіла, регуляції осмотичного тиску і ін. Найбільш зрілою, хоча і не закінчила свій розвиток до моменту народження, є функціональна система підтримки сталості газового складу в крові.

Гетерохронність закладки і гетерохронне дозрівання структур організму – засіб, за допомогою якого неоднакові за складністю компоненти системи підганяються до одночасного включення до складу консолідованої функціональної системи. У постнатальному періоді розвитку організму можна відзначити прояви гетерохронного розвитку. Наприклад, з трьох функціональних систем, пов'язаних з порожниною рота, після народження сформованою виявляється лише функціональна система смоктання, пізніше формується функціональна система жування, потім – функціональна система мови.

3. Принцип фрагментації органів в процесі антенатального онтогенезу. Системогенетичний тип розвитку передбачає, що навіть в межах одного і того ж органу окремі його фрагменти розвиваються неоднаково. Перш за все в ньому розвиваються ті фрагменти, які забезпечують до моменту народження можливість функціонування деякої цілісної функціональної системи.

Наприклад, лицевий нерв анатомічно являє собою окремий утвір. Однак його еферентні волокна дозрівають по-різному. Так, нервові волокна, що йдуть до смоктальних м'язів, демонструють більш ранню мієлінізацію і більш раннє утворення синаптичних контактів у порівнянні з нервовими волокнами, що прямують до лобових м'язів. Аналогічне співвідношення відзначаються на рівні ядра лицьового нерва. Тут різні клітинні групи дозрівають з різною швидкістю, причому з максимальною швидкістю диференціюються ті фрагменти ядра, які в майбутньому повинні забезпечити функціональну систему смоктання.

4. Принцип мінімального забезпечення. Функціональні системи дитини відрізняються від функціональних систем дорослого організму відносною незрілістю.

Це пов'язано з тим, що у дитини до складу функціональних систем, як правило, включається не весь орган (принцип фрагментації), тканину або ж структурно-функціональний механізм, а лише той компонент органу, тканини, структурно-функціонального механізму, який виявляє достатню функціональну зрілість на даному часовому етапі розвитку дитини. На основі принципу мінімального забезпечення функціональна система починає відігравати адаптивну роль задовго до того, як всі її ланки завершать своє остаточне структурне оформлення. Повне завершення розвитку функціональних систем організму спостерігається в ході постнатального онтогенезу.

5. Принцип консолідації компонентів функціональної системи – об'єднання в функціональну систему окремих фрагментів, що розвиваються в різних частинах організму. Консолідація фрагментів функціональної системи – критичний пункт розвитку її фізіологічної архітектури.

Провідну роль в цьому процесі відіграє центральна нервова система. Наприклад, серце, судини, дихальний апарат, кров об'єднуються в функціональну систему підтримки сталості газового складу внутрішнього середовища на основі вдосконалення зв'язків між різними відділами ЦНС, а також на основі розвитку іннерваційних зв'язків між ЦНС і відповідними периферійними структурами. Спинальні моторні центри м'язів нижніх кінцівок, тулуба, шиї, моторні центри стовбура мозку, мускулатура тулуба і кінцівок об'єднуються в функціональну систему збереження вертикальної пози людини на основі вдосконалення еферентних й аферентних зв'язків між ядрами проміжного, середнього, довгастого, спинного мозку, з одного боку, і м'язовим апаратом людини – з іншого боку.

6. Принцип ізоморфної організації. Всі функціональні системи різного рівня мають однакову архітектоніку (структуру) як в організмі, що розвивається, так і у зрілому.

3. Типи регуляції функцій організму та їх надійність

А. Надійність регуляторних механізмів. При відсутності патології органів і системи забезпечують такий рівень процесів і показників, який необхідний організму відповідно до його потреб у різних умовах життєдіяльності. Це досягається завдяки високій надійності функціонування регуляторних механізмів.

1. Їх декілька, і вони доповнюють один одного: **нервовий, гуморальний** (гормони, метаболіти, тканинні гормони, медіатори) і **міогенний**.

2. Кожний механізм може надавати різноспрямовані впливи на орган: наприклад, симпатичний нерв гальмує скорочення шлунка, а парасимпатичний нерв – підсилює. Безліч хімічних речовин стимулює або гальмує діяльність різних органів. Наприклад, адреналін гальмує, серотонін посилює скорочення шлунка і кишечника.

3. Кожний нерв (симпатичний і парасимпатичний) при наявності тонусу і зміні ступеня його вираженості і будь-яка речовина, що циркулює в крові, при зміні її концентрації, також можуть викликати двоякий ефект. Наприклад, симпатичний нерв і ангіотензин звужують кровоносні судини; природно, що при зменшенні їх активності судини розширюються. Блукаючий нерв гальмує роботу серця, зменшення його тонусу супроводжується почастишенням серцевих скорочень.
4. Симпатичні і парасимпатичні відділи вегетативної нервової системи взаємодіють між собою. Наприклад, ацетилхолін, який виділяється з парасимпатичних закінчень, діє не тільки на клітини-ефектори органу, а й гальмує викид норадреналіну з поруч розташованих симпатичних терміналей. Це різко збільшує ефект дії самого ацетилхоліну на орган.

5. Рівень гормонів в крові надійно регулюється. Наприклад, кортикотропін (АКТГ) стимулює вироблення гормонів кори надниркових залоз, проте надмірний їх рівень за допомогою зворотного негативного зв'язку пригнічує вироблення самого АКТГ, що викликає зниження виділення кортикоїдів.

6. Якщо продовжити ланцюжок цього аналізу до кінцевої ланки – пристосувального результату (підтримка показників організму на оптимальному рівні), то виявимо кілька шляхів їх системної регуляції. Так, наприклад, необхідний для організму рівень артеріального тиску підтримується за рахунок: 1) зміни інтенсивності роботи серця, 2) регуляції просвіту судин, 3) кількості циркулюючої рідини, що реалізується за допомогою переходу рідини з судин у тканини та назад і за допомогою зміни її обсягу, виведеного з сечею, депонування крові або виходу її з депо і циркуляції по судинах організму.

Таким чином, комбінація різних варіантів регуляторних механізмів з урахуванням того, що кожен з них забезпечується кількома або навіть кількома десятками гуморальних факторів, дає загальне число цих варіантів, що обчислюються сотнями! Це і забезпечує досить високу ступінь надійності системної регуляції процесів і показників навіть в екстремальних умовах і при патологічних процесах в організмі. І нарешті, надійність системної регуляції функцій організму висока ще й тому, що є два типи регуляції.

Б. Типи регуляції. У літературі зустрічається кілька термінів, які суперечать один одному.

1. Регулювання щодо відхилення – циклічний механізм, при якому будь-яке відхилення від оптимального рівня регульованого показника мобілізує всі апарати функціональної системи до відновлення його на колишньому рівні. Регулювання щодо відхилення передбачає наявність у складі системного комплексу каналу ***негативного зворотного зв'язку***, що забезпечує різноспрямований вплив – посилення стимулюючих механізмів управління в разі ослаблення показників процесу або послаблення стимулюючих механізмів у разі надмірного посилення показників процесу.

На відміну від негативного зворотного зв'язку **позитивний зворотний зв'язок**, який трапляється в організмі рідко, надає тільки односпрямований вплив на розвиток процесу, що знаходиться під контролем керуючого комплексу. Тому позитивний зворотний зв'язок робить систему нестійкою, нездатною забезпечити стабільність регульованого процесу в межах фізіологічного оптимуму.

Наприклад, якби артеріальний тиск регулювалося за принципом позитивного зворотного зв'язку, в разі зниження артеріального тиску дію регуляторних механізмів призвело б до ще більшого його зниження, а в разі підвищення – до ще більшого його збільшення. Прикладом позитивного зворотного зв'язку є посилення секреції травних соків у шлунку, що почалася після прийому їжі, що здійснюється за допомогою продуктів гідролізу, які всмокталися в кров.

Таким чином, функціональні системи підтримують своїми саморегуляторними механізмами основні показники внутрішнього середовища в діапазоні коливань, що не порушують оптимального ходу життєдіяльності організму. З цього випливає, що уявлення про показники внутрішнього середовища організму як про стабільні величини відносно. Разом з тим виділяють «жорсткі» показники, які підтримуються відповідними функціональними системами на порівняно фіксованому рівні і відхилення яких від цього рівня виявляється мінімальним, тому що загрожує серйозними порушеннями метаболізму.

Виділяють також **«пластичні», «м'які» показники**, відхилення яких від оптимального рівня допускається в широкому фізіологічному діапазоні. Прикладами «жорстких» показників є рівень осмотичного тиску, величина рН; «пластичних» – величини кров'яного тиску, температури, концентрація поживних речовин крові. Певний рівень показників організму забезпечує відносно незалежний (вільний) спосіб життя.

2. Регуляція по випередженню полягає в тому, що регулюючі механізми включаються до реальної зміни параметра регульованого процесу (показника) на основі інформації, що надходить в нервовий центр функціональної системи та сигналізує про можливу зміну регульованого процесу (показника) в майбутньому. Наприклад, терморецептори (детектори температури), що знаходяться всередині тіла, забезпечують контроль за температурою внутрішніх ділянок тіла. Терморецептори шкіри в основному відіграють роль детекторів температури оточуючого середовища **(збурюючий фактор)**.

Однак у нормі цього не відбувається, так як пульсація від терморецепторів шкіри, безперервно надходячи в гіпоталамічний терморегуляторний центр, дозволяє йому провести зміни роботи ефекторів системи до моменту реального зміни температури внутрішнього середовища організму. Посилення вентиляції легенів при фізичному навантаженні починається раніше збільшення споживання кисню і накопичення вугільної кислоти в крові людини. Це здійснюється завдяки аферентній імпульсації від пропріорецепторів активно працюючих м'язів до моторних центрів і взаємодії їх з дихальним центром.

Отже, імпульсація від пропріорецепторів виступає як фактор, що організує перебудову роботи функціональної системи, що підтримує оптимальний для метаболізму рівень рН внутрішнього середовища і зміст O_2 і CO_2 з випередженням. Регуляція по випередженню може реалізуватися за допомогою механізму умовного рефлексу. Показано, що у кондукторів товарних поїздів в зимовий час різко наростає виробництво тепла в міру віддалення від станції відправлення, де кондуктор знаходився в теплій кімнаті. На зворотному шляху, у міру при наближення до станції, виробництво тепла в організмі чітко знижується, хоча в обох випадках кондуктор піддається однаково інтенсивного охолодження, а всі фізичні умови віддачі тепла не змінюються (А. Д. Слонім). Завдяки динамічній організації регуляторних механізмів функціональні системи забезпечують виняткову стійкість метаболічних реакцій організму як в стані спокою, так і в стані його підвищеної активності в середовищі існування.

The background features a light green color with a pattern of diagonal rays emanating from the bottom left corner. On the left side, there are dark green decorative elements including stylized flowers and swirling vines.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!