**Практична робота 3**

**Саморегуляція біологічних систем**

**Поміркуйте**

* Яке значення має саморегуляція для живих організмів?

**Згадайте**

* Гомеостаз
* Рівні організації біологічних систем

**Поняття саморегуляції**

Будь-яка жива система починаючи від клітини й закінчуючи біогеоценозом постійно зазнає впливу ззовні різноманітних факторів. Змінюються температурні умови, вологість, закінчується їжа або посилюється міжвидова конкуренція. При цьому життєздатність будь-якої системи залежить від її вміння підтримувати свій склад на постійному рівні.

Як ви пам'ятаєте, для кожного окремого організму важливо підтримувати гомеостаз — сталість внутрішнього середовища. Для більших біосистем, наприклад біоценозів, важливо зберегти певне співвідношення між організмами, що складають трофічні рівні, інакше порушиться баланс обміну речовин і енергії.

Саме для підтримки постійного складу біосистем існують чисельні механізми саморегуляції. Саморегуляція — це властивість систем зберігати внутрішню стабільність на певному, відносно сталому рівні. Саморегуляція є однією з найважливіших властивостей живих систем.

**Саморегуляція на різних рівнях біологічних систем**

На різних рівнях організації живої матерії — від молекулярного до надорганізмового — існують конкретні механізми саморегуляції.

Прикладом саморегуляції на молекулярному рівні є ферментативні реакції, у яких кінцевий продукт впливає на активність ферментів, що каталізують ці реакції.

Приклади саморегуляції на клітинному рівні — самозбирання клітинних мембран із молекул ліпідів, регуляція етапів клітинного циклу.

На надклітинному рівні саморегуляція здійснюється як організація клітин в упорядковані асоціації — тканини.

Більшість органів здатні до внутрішньоорганної саморегуляції функцій; наприклад, серце здатне до автоматії — ритмічного скорочення без зовнішніх подразників під впливом імпульсів провідної системи серця.

На організмовому рівні ефективно взаємодіють нервові, гуморальні й гормональні механізми саморегуляції, за допомогою яких у ссавців установлюються й підтримуються на певному рівні показники внутрішнього середовища — температура, кров'яний та осмотичний тиск, рівень цукру в крові тощо.

Різноманітні прояви й механізми саморегуляції на видовому рівні добре відстежуються в популяціях. Це регуляція чисельності популяцій, співвідношення статей у них, темпи старіння й народжуваності особин.

До надвидових систем належать біоценози й екосистеми. Це великі стійкі системи, деякі з них існують без видимих змін сотні й тисячі років. Міжвидові взаємодії регулюють чисельність різних видів, що входять до складу угруповання.

**Принцип зворотного зв'язку**

Процеси, що відбуваються на кожному з рівнів організації біологічних систем, різняться масштабністю, джерелами енергії й своїми результатами, але вони є схожими за суттю. Вони ґрунтуються на однакових методах саморегуляції систем. Насамперед це механізм зворотного зв'язку.

Механізм зворотного зв'язку полягає в тому, що система отримує певний відгук на результати свого функціонування, який визначає, що системі робити далі. Наприклад, у голодної тварини виділяються травні ферменти, що подразнюють шлунок і спонукають шукати здобич; у кров виділяється адреналін, який підвищує фізичну активність і допомагає полюванню. Після їжі виділяються речовини, що викликають почуття задоволення, і ця «нагорода» знижує пошукову активність. Таким чином, зворотний зв'язок керує системою залежно від її стану.



**Мал. 20.1. Негативний зворотний зв'язок у регуляції метаболічного шляху**

Саморегульовані системи — це системи зі зворотним зв'язком, здатні реагувати на зовнішні й внутрішні зміни, зберігаючи стан динамічної рівноваги.

Зворотний зв'язок може бути позитивним і негативним. У разі негативного зворотного зв'язку результати процесу вповільнюють або зупиняють процес.

За принципом негативного зворотного зв'язку в клітинах регулюється активність ферментів. Прикладом може бути пригнічення метаболічного шляху кінцевим продуктом (мал. 20.1). За типом негативного зворотного зв'язку здійснюється нервова і гуморальна регуляція гомеостазу, завдяки якій підтримується температура тіла, постійна концентрація CO2, глюкози тощо. Наприклад, підвищення температури активує механізми терморегуляції, спрямовані на її зниження, і навпаки (мал. 20.2).

У популяціях негативні зворотні зв'язки забезпечують гомеостаз чисельності. Приміром, чим більше їжі, тим більшою стає чисельність популяції. За необмеженої кількості їжі цей ріст міг би бути нескінченним, але нестача їжі призводить до його зупинки. Цей зв'язок є негативним. Завдяки йому чисельність популяції коливається навколо відносно постійного значення.

У разі позитивного зворотного зв'язку результати процесу ще більше посилюють цей процес.

За принципом позитивного зворотного зв'язку відбувається регуляція зсідання крові. Навколо ушкодженої кровоносної судини концентруються тромбоцити. Вони вивільнюють хімічні речовини, що «приваблюють» на місце події нові тромбоцити. Процес посилюється, доки не утвориться тромб. Ще одним прикладом є дозрівання плодів. Стиглі плоди виділяють етилен — газ, який є гормоном у рослин. Під його дією інші плоди також дозрівають й у свою чергу виділяють етилен.

Іноді позитивний зворотний зв'язок грає негативну роль. Завдяки його впливу посилюється імунна відповідь під час запалення, коли активується все більше нових порцій імунних клітин. У результаті каскад реакцій може стати неконтрольованим, викликаючи руйнування в осередку запалення, поширюючись на сусідні тканини й охоплюючи весь організм.



**Мал. 20.2. Негативний зворотний зв'язок у процесах терморегуляції**

***Ключова ідея***

*Саморегуляція — властивість систем зберігати внутрішню стабільність на певному, відносно сталому рівні. Конкретні механізми саморегуляції існують на різних рівнях організації живого — від молекулярного до надорганізмового.*

***Запитання та завдання***

*1. Наведіть конкретні приклади саморегуляції на різних рівнях біологічних систем. 2. Чи існує взаємозв'язок саморегуляції на різних рівнях таких систем? Доведіть або спростуйте свою думку.*

**оміркуйте**

* Для чого клітина регулює швидкість роботи ферментів?

**Згадайте**

* Ферменти
* Метаболічні шляхи
* Каталітичний центр ферменту
* Алостерична регуляція

**Загальні шляхи регуляції активності ферментів**

Регуляція активності ферментів спрямовує всі клітинні процеси. Ферменти здатні реагувати на внутрішній стан клітини й на зовнішні фактори, що впливають на неї. Така чутливість ферментів дає змогу відреагувати на зміни навколишнього середовища, пристосуватиклітину до нових умов, дати відповідь на гормональні сигнали.

Рівень активності ферментів регулюється двома шляхами: контролем кількості ферменту й контролем його активності. Кількість ферменту визначається співвідношенням швидкостей його синтезу й розпаду. Інтенсивність синтезу ферменту регулюється на етапах експресії гена цього ферменту (докладніше див. § 22).

Контроль активності ферменту здійснюється шляхом алостеричної регуляції (взаємодії з певними речовинами, що змінюють конформацію активного центру), хімічної модифікації (приєднанням певних хімічних груп) або обмеженим протеолізом (відщепленням пептидних фрагментів).

**Доступність субстрату**

Одним із простих способів регуляції активності ферментів є зміна концентрації субстратів реакції. Як ви знаєте, швидкість, із якою речовини реагують між собою, залежить від їхньої концентрації. Чим більше молекул субстрату є в наявності, тим швидшим стає процес. При насиченні всіх молекул ферменту субстратом швидкість реакції стає максимальною. Наприклад, для циклу трикарбонових кислот таким субстратом виступає оксалоацетат. Наявність оксалоацетату «підштовхує» реакції циклу.

**Алостерична регуляція**

Алостерична регуляція ферментної активності базується на зміні третинної структури молекул ферменту. Ця зміна відбувається внаслідок приєднання до ферменту молекули іншої речовини.

Алостеричні ферменти мають два активні центри: каталітичний і алостеричний. До алостеричного центру приєднується молекула речовини-ефектора. Це змінює конформацію білка й, відповідно, його ферментну активність (мал. 21.1).

Алостерична регуляція може бути як позитивною, так і негативною. Позитивними регуляторами (активаторами) можуть бути молекули, що передають сигнал (зокрема, гормональний) з клітинних рецепторів усередину клітини (докладніше див. § 22). Негативним регулятором (інгібітором) може бути кінцевий метаболіт біохімічного процесу або продукт цієї реакції, тобто діє механізм негативного зворотного зв'язку (мал. 20.1).



**Мал. 21.1. Загальний принцип алостеричної регуляції**

**Хімічна регуляція**

На активність ферментів можна вплинути шляхом їхньої хімічної модифікації. Хімічна модифікація здійснюється приєднанням до амінокислот білка певних груп: фосфатної групи, залишку жирної кислоти, вуглеводних компонентів. Приєднання додаткових хімічних груп суттєво впливає на структуру ферменту, а отже, і на його ферментативну активність.

Найбільш поширений спосіб змінити властивості білків — це фосфорилювання й дефосфорилювання (приєднання або від'єднання залишку ортофосфатної кислоти). Наприклад, фосфорилювання інгибує фермент глікогенсинтазу (знижується синтез глікогену), але активує ліпазу (посилюється розпад ліпідів). Фосфорилювання певних білків активує скорочення м'язів.

**Обмежений протеоліз**

Обмежений (частковий) протеоліз передбачає, що синтез деяких ферментів здійснюється у вигляді більшого попередника — проферменту. Фермент активується шляхом відщеплення від нього одного або кількох пептидних фрагментів. Тоді в частині молекули, що залишилася, відбувається конформаційна перебудова й формується активний центр (мал. 21.2). Фермент стає активним.

Прикладом є активація протеолітичних ферментів шлунково-кишкового тракту (трипсиногену, пепсиногену), факторів системи зсідання крові (фібриногену), лізосомальних ферментів, пептидних гормонів (інсуліну). Наприклад, неактивний трипсиноген, синтезований у підшлунковій залозі, надходить у кишечник, де відбувається його обмежений протеоліз. У результаті утворюється активний трипсин.



**Мал. 21.2. Активація ферменту обмеженим протеолізом**

Такий механізм захищає організм від ушкоджень (наприклад, щоб слизова підшлункової залози не зруйнувалася під дією трипсину) або зберігає білок до моменту, коли знадобиться його активність (під час згортання крові).

**Метаболічні ланцюги**

Зазвичай ферментативні реакції в клітині об'єднані в метаболічні ланцюги або цикли.

У кожного метаболічного ланцюга є ключовий фермент, який визначає швидкість усього ланцюжка реакцій. Як правило, ключові ферменти є першими в ланцюжку. Найчастіше це алостеричні ферменти. Вони інгібуються кінцевими продуктами (мал. 20.1, с. 43) і можуть активуватись молекулами вторинних посередників (докладніше див. § 22). У такий спосіб регулюється швидкість усього метаболічного шляху.

Також функціонування клітини забезпечується просторовою регуляцією метаболічних шляхів. Цей тип регуляції пов'язаний із локалізацією певних ферментів у різних органелах: у ядрі містяться ферменти синтезу ДНК і РНК, у цитоплазмі — ферменти гліколізу, у мітохондріях — ферменти циклу трикарбонових кислот. Найвищий рівень просторової організації спостерігається, коли ферментні комплекси пов'язані з мембранами. У такому разі речовини, що перетворюються, послідовно пересуваються вздовж ланцюга ферментів. Приклади таких комплексів — АТФази і переносники електронів у мембранах хлоропластів і мітохондрій. Чітка просторова локалізація ферментів у клітині забезпечує їх узгоджену діяльність.

***Ключова ідея***

*Регуляція активності ферментів спрямовує всі клітинні процеси. Рівень ферментної активності регулюється двома шляхами: контролем кількості ферменту й контролем його активності.*

***Запитання та завдання***

*1. Алостеричні ферменти найчастіше мають четвертинну структуру: складаються з декількох субодиниць. Чому? 2. Як ви вважаєте, які з розглянутих способів регуляції активності ферментів є оборотними, а які — необоротними?*

**Поміркуйте**

* Яке значення має саморегуляція на клітинному рівні? Доведіть свою думку.

**Згадайте**

* Промотор
* Термінатор
* Оператор
* Оперон
* Інтрони
* Екзони
* Сплайсинг
* Мембранний потенціал
* Апоптоз
* Клітинний цикл
* Натрій-калієвий насос

**Внутрішньоклітинна сигналізація**

Внутрішньоклітинна сигналізація необхідна для передачі зовнішніх сигналів до клітинних структур. Так, наприклад, клітина сприймає сигнали гормонів або нейромедіаторів. Гормони або нейромедіатори називаються первинними посередниками. Вони взаємодіють із рецепторами на поверхні клітин. У відповідь у цитоплазмі клітин утворюються вторинні посередники — регуляторні молекули, які «підхоплюють естафету» і передають сигнал уже на клітинні структури. За участі вторинних посередників (циклічний АМФ, циклічний ГМФ, Са2+, NO та ін.) у клітині активуються різні процеси. Це зумовлює клітинну відповідь: експресію певних генів, секрецію речовин, ріст, поділ, апоптоз та інші процеси (мал. 22.1).



**Мал. 22.1. Схема внутрішньоклітинної сигналізації**

**Приклади індукції і репресії у прокаріотів**



**Регуляції експресії генів**

Як ви знаєте, у структурі гена є промотор і термінатор — ділянки початку і закінчення транскрипції.

У прокаріотів гени об'єднані в оперони — структури з декількох генів зі спільними промотором і термінатором. Продукти генів синтезуються всі разом і в однаковій кількості. У прокаріотів є також оператор — ділянка, яка регулює експресію гена. Якщо оператор заблокований, то РНК-полімераза не може рухатися вздовж гена і транскрипція не відбувається. Регуляція транскрипції в прокаріотів відбувається за механізмами індукції та репресії.

В еукаріотів регуляція експресії генів залежить від активаторів генної активності (так званих транскрипційних факторів). До регуляції транскрипції залучаються додаткові ділянки геному — енхансери і сайленсери. Енхансери після зв'язування з ними певних білків стимулюють транскрипцію, а сайленсери пригнічують її. Також транскрипція регулюється конденсацією і деконденсацією хроматину (щільно конденсований хроматин неактивний).

На етапі дозрівання мРНК альтернативний сплайсинг зумовлює синтез різних мРНК і, відповідно, синтез різних генних продуктів. Остаточна регуляція відбувається на етапі посттрансляційної модифікації білка.

**Самозбирання клітинних органел**

Самозбирання мембран. Білки й ліпіди, що входять до складу мембран, здатні до самозбирання. Більшість фосфоліпідів у водному середовищі мимовільно утворюють бішари. Ці ліпідні бішари схильні до замикання на самих себе, що зумовлює формування закритих відсіків.

Самозбирання рибосом. Спочатку рибосомні білки утворюють комплекси з молекулами рибосомальної РНК. Утворюються велика й мала субодиниці рибосом. Субодиниці зв'язуються з мРНК і між собою, утворюючи активну рибосому.

Самозбирання мікротрубочок. Мікротрубочки джгутиків, цитоплазми й веретена поділу побудовані з глобулярного білка тубуліну. У певних умовах мікротрубочка росте шляхом самозбирання тубулінових субодиниць.

**Підтримання мембранного потенціалу**

Мембранний потенціал є необхідним для важливих клітинних процесів, зокрема транспорту речовин через мембрани та проведення нервового імпульсу (детальніше див. § 4). Як же він підтримується? У мембранах клітини розташований натрій-калієвий насос — білок, який перекачує йони Na+ із клітини, а йони K+ — у клітину. Концентрація йонів K+всередині клітини стає в 30-37 разів вищою, ніж за її межами, і Калій «прагне» вийти з клітини. У результаті на зовнішній мембрані утворюється надлишок позитивно заряджених часток (йонів K+), а на внутрішній поверхні мембрани — надлишок негативно заряджених часток. Так виникає різниця потенціалів.

**Саморегуляція клітинного циклу**

Існує низка механізмів контролю клітинного циклу.

Тривалість інтерфази регулюється розміром клітини, а також визначається зовнішніми умовами й сигналами від інших клітин. Спеціальні системи регулюють перехід з одного періоду клітинного циклу в інший, запуск мітозу.

Клітина контролює також правильність процесу реплікації ДНК, цілісність хромосом і клітинних структур (формування веретена поділу, прикріплення до нього хромосом). Якщо виявляються порушення, перехід до наступних етапів клітинного циклу гальмується. Якщо пошкодження катастрофічні, клітина розпочинає процес апоптозу.

Апоптоз є запрограмованою загибеллю клітини. Однією з основних функцій апоптозу є знищення пошкоджених та старіючих клітин.

***Ключова ідея***

*До механізмів підтримання гомеостазу на клітинному рівні належать самозбирання органел, підтримання мембранного потенціалу, регуляція експресії генів і клітинного циклу.*

***Запитання та завдання***

*1. Навіщо в клітині регулюється експресія генів? 2. Що станеться в разі порушення мембранного потенціалу? 3. У яких випадках клітини підлягають апоптозу?*

**Поміркуйте**

* За яких умов клітини, що входять до складу тканин, можуть виконувати свої функції?

**Згадайте**

* Тканини
* Клітинні мембрани
* Гормони
* Нейромедіатори
* Передача нервового імпульсу

**Міжклітинна сигналізація**

Існування складних багатоклітинних організмів можливе завдяки координації біохімічних процесів, що відбуваються в їхніх клітинах. Така координація ґрунтується на міжклітинній комунікації й передачі сигналу всередину окремих клітин.

Спеціалізовані клітинні структури, що скріплюють клітини між собою і забезпечують міжклітинну комунікацію, називають міжклітинними контактами.

Сигналізація між тваринними клітинами може бути контактною (за безпосереднього контакту) і дистантною (на відстані). Контактна сигналізація відбувається через щілинні контакти (мал. 23.1), які сполучають цитоплазму двох клітин, що взаємодіють та уможливлюють обмін малими молекулами. Дистантна сигналізація відбувається за допомогою молекул, що секретуються.

**Контактна сигналізація через щілинні контакти**

Щілинний контакт — спосіб сполучення клітин у тканині за допомогою білкових каналів (мал. 23.1). Через ці канали від клітини до клітини можуть передаватися електричні сигнали (за допомогою неорганічних йонів) і малі молекули, такі як моносахариди, амінокислоти,нуклеотиди, вітаміни й молекули вторинних посередників.

Щілинні контакти наявні в більшості тваринних клітин. Вони забезпечують поширення електричного збудження, передаючи йони між клітинами. Таким чином щілинні контакти сполучають клітини серцевого м'яза, синхронізуючи їхні скорочення, а також клітини гладеньких м'язів кишечника, забезпечуючи ритмічну перистальтику. У нервовій системі щілинні контакти формують електричні синапси, через які нервовий імпульс поширюється значно швидше, ніж через хімічні синапси. Такі структури дуже корисні, коли важлива швидкість (наприклад, у рефлекторних дугах, відповідальних за втечу).



**Мал. 23.1. Щілинні контакти**

За участі щілинних контактів вирівнюється концентрація сигнальних молекул і поживних речовин. Це необхідно, скажімо, для нормального функціонування печінки й дозрівання фолікулів у яєчнику. Також щілинні контакти потрібні для нормального розвитку зародка: вони підтримують диференціацію окремих груп клітин, передаючи сигнальні молекули.

**Дистантна сигналізація за допомогою молекул, що секретуються**

Під час дистантної регуляції клітини-регулятори виділяють хімічні речовини, які є сигналами для клітин-мішеней, розташованих на деякій відстані.

Існують три типи хімічної сигналізації:

* ендокринна — сигналізація за допомогою хімічних речовин (гормонів), які діють на віддалені клітини;
* паракринна — виділення клітиною хімічних речовин, які діють лише на клітини з найближчого оточення;
* аутокринна — виділення клітиною речовин, які діють на неї саму.

Існують такі міжклітинні сигнальні речовини:

* гормони — речовини, що виділяються ендокринними клітинами й транспортуються рідинами організму до клітин-мішеней, розташованих на відстані від місця секреції;
* гістогормони — біологічно активні речовини, які виділяються клітинами в міжклітинний простір і впливають лише на сусідні клітини;
* нейромедіатори — з'єднання, що передають сигнал у синапсах нервових клітин і діють тільки на постсинаптичну клітину.

**Паракринна і аутокринна сигналізація**

Особливістю паракринної і аутокринної регуляції є місцева дія. Гістогормони не надходять у кровотік, а діють на клітину, що їх продукує, та на її найближче оточення, поширюючись по міжклітинній рідині за рахунок дифузії. До гістогормонів належать кініни, простагландини, гістамін, серотонін, тканинні фактори росту.

Цитокіни — невеликі пептиди, які стимулюють або пригнічують функції інших клітин (зокрема, ріст), беруть участь у диференціюванні клітин, розпочинають апоптоз. Наприклад, лімфокіни — це цитокіни, які виділяються лімфоцитами, інтерлейкіни — цитокіни, відповідальні за міжклітинні взаємодії між лейкоцитами.

Фактори росту — білкові молекули, що регулюють поділ, диференціювання і рухливість клітин. Наприклад, фактори росту епітеліальної, кісткової, нервової тканин.

Простагландини за хімічною природою є жирними кислотами. Вони спричинюють скорочення гладких м'язів, активують діяльність нервової системи, мають антизапальну дію, збільшують проникність кровоносних судин, знижують рівень зсідання крові.

Гістамін бере участь у регуляції різних процесів в організмі, є нейромедіатором і одним з активаторів алергічних реакцій.



**Мал. 23.2. Синаптичний контакт**

**Синаптична сигналізація**

Нервові клітини передають інформацію на великі відстані за допомогою електричних імпульсів. У нервових закінченнях ці імпульси перетворюються на хімічні сигнали. Це відбувається у спеціалізованих контактах — синапсах. Із нервового закінчення з пресинаптичної клітини вивільняються сигнальні молекули — нейромедіатори. Ці молекули вловлюються рецепторами постсинаптичної мембрани наступного нейрона й стимулюють утворення електричного сигналу (мал. 23.2). Якщо нейромедіатор не досяг мети, він вилучається зі щілини ферментами або повертається назад у нервове закінчення. Тому вплив сигналу є досить точним.

До нейромедіаторів ЦНС належать, наприклад, адреналін, серотонін, дофамін. Адреналін є збуджуючим нейромедіатором. Дофамін є частиною «системи заохочення» і виділяється у відповідь на правильну поведінку. Він викликає відчуття задоволення, чим впливає на процеси мотивування і навчання. Серотонін часто називають гормоном щастя; зниження рівня серотоніну є одним з факторів виникнення депресії. Ацетилхолін здійснює передачу сигналу з нервів на м'язи.

***Ключова ідея***

*Міжклітинна сигналізація здійснюється дистантно, з виділенням хімічних речовин, і за безпосередньої взаємодії клітин через щілинні контакти.*

***Запитання та завдання***

*1. Навіщо клітини тканин контактують одна з одною? 2. Порівняйте ефективність щілинних і синаптичних контактів для нервової тканини. 3. Зважаючи на функції щілинних контактів, зробіть припущення, які порушення можуть виникнути в разі спадкового дефекту цих структур.*

**Поміркуйте**

* Чи є гомеостаз головною умовою існування живого організму?

**Згадайте**

* Гомеостаз
* Вегетативна нервова система
* Ендокринна система
* Гормони

**Гомеостаз**

Гомеостаз — властивість живого організму зберігати сталість внутрішнього середовища, а саме хімічного складу й основних фізіологічних функцій.

Якщо зовнішні умови, у яких живе організм, значно змінюються, то показники його внутрішнього середовища — хімічний склад, концентрація солей, температура, pH — можуть коливатися тільки у вузькому діапазоні. Інакше всі життєві функції організму порушуються.

Аби забезпечити гомеостаз на рівні цілого організму, потрібна взаємодія багатьох систем органів. Злагоджена робота всіх систем підтримується шляхом нервової, гуморальної та імунної регуляції.

**Нервова регуляція**

Нервова регуляція здійснюється нервовою системою (НС). Цей вид регуляції забезпечує швидкі відповідні реакції організму на подразнення.

Нервова система поділяється на соматичну і автономну (останню також називають вегетативною). Соматична НС регулює роботу скелетних м'язів і органів чуття, а також відповідає за контрольовані рухи тіла. Автономна НС управляє гладенькими м'язами та іннервує внутрішні органи; її робота не підконтрольна свідомості.

Саме автономна нервова система виконує головну роль у підтримці гомеостазу, забезпечуючи контроль сталості внутрішнього середовища. Автономна нервова система іннервує всю гладеньку мускулатуру внутрішніх органів, гладенькі м'язи шкіри, ендокринні залози, серце, кровоносні судини. Її відділи керують обміном речовин, контролюють кровообіг, дихання, травлення, виділення, водно-сольовий обмін, відповідають за ріст і розмноження.

Автономна НС поділяється на симпатичний і парасимпатичний відділи. Як правило, дії симпатичної і парасимпатичної систем є протилежними (мал. 24.1).

Симпатична нервова система мобілізує сили організму для фізичної діяльності. Вона активується під час стресу, готує організм до втечі або боротьби. Під її впливом прискорюється обмін речовин, частішає дихання, підвищується артеріальний тиск, посилюється кровопостачання м'язів і головного мозку. Одночасно пригнічується діяльність травної та видільної систем.



**Мал. 24.1. Дія автономної нервової системи**

**Порівняння характеристик нервової і гуморальної регуляції**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Характеристики** | **Нервова регуляція** | **Гуморальна регуляція** |
| Речовини-посередники | Нейромедіатори | Гормони |
| Швидкість реакції у відповідь | Швидка | Повільна |
| Тривалість реакції | Короткочасна | Довготривала |
| Масштаб реакції | Місцева | Часто відбувається в масштабі всього організму |

Парасимпатична нервова система, навпаки, налаштовує організм на роботу в спокійних умовах. Вона зменшує силу і частоту скорочень серця, підсилює перистальтику кишечника, стимулює синтез травних ферментів тощо.

**Гуморальна регуляція**

Гуморальна регуляція — це координація фізіологічних і біохімічних процесів в організмі, що здійснюється за рахунок рідких середовищ (крові, лімфи, тканинної рідини) з допомогою біологічно активних речовин (гормонів і гістогормонів).

Одним із видів гуморальної регуляції є ендокринна регуляція, у якій беруть участь гормони, що виробляються спеціалізованими залозами внутрішньої секреції і виділяються в кров, а іноді й в інші рідини організму. Гормони за рахунок цих рідин досягають клітин-мішеней, зв'язуються з рецепторами на їх поверхні і змінюють роботу клітини-мішені. Гормони мають високу біологічну активність (діють у дуже невеликих концентраціях) і специфічність (діють на певні клітини-мішені).

За хімічною будовою гормони можуть бути білками й пептидами (інсулін, гормони передньої частки гіпофіза), похідними амінокислот (адреналін, тироксин), стероїдами (статеві гормони, гормони кори надниркових залоз).

**Взаємозв'язок нервової і гуморальної систем**

Гуморальна регуляція — це найдавніший механізм координації процесів життєдіяльності організму. У клітинах і органах під час метаболізму утворюються різні продукти обміну речовин. Деякі з них можуть сильно вплинути на функціонування організму.

Прикладом впливу простих продуктів обміну на фізіологічні функції людини є дія вуглекислого газу: висока концентрація CO2розширює кровоносні судини, стимулює роботу серця і дихального апарату.

На основі такої давньої і неспецифічної хімічної регуляції сформувалася тканинна регуляція, яка здійснюється гістогормонами. Потім з'явилася більш складна ендокринна регуляція, що відбувається за участі гормонів.

Механізм нервової регуляції є більш досконалим, швидким і точним у порівнянні з гуморальною регуляцією.

Разом із тим, гуморальна регуляція може впливати довгостроково. Наприклад, гормон росту, що виділяється протягом років, визначає зростання дитини.

У процесі життєдіяльності організму обидва типи регуляції взаємопов'язані. Хімічні речовини впливають на роботу нервової системи, а їх виділення регулюється відповідними нервовими центрами. Єдиний нейрогуморальний механізм забезпечує саморегуляцію всіх функцій і автоматичне підтримання гомеостазу.

***Ключова ідея***

*Завдяки зв'язку нервової й ендокринної систем здійснюється єдина нейрогуморальна саморегуляція організму, що забезпечує підтримання відносної сталості внутрішнього середовища організму.*

***Запитання та завдання***

*1. Як ви вважаєте, яка із систем регуляції — нервова чи гуморальна — еволюційно більш давня? 2. Як нейрогормони впливають на нашу поведінку? 3. Як здійснюється взаємозв'язок між нервовою й гуморальною типами регуляції?*