

Навчальна дисципліна: Біологія і екологія

Навчальне заняття № 47-50

Тема: *Подразливість.*

План:

1. Подразливість як здатність біологічних об'єктів (клітини, тканини, організму) реагувати на екзогенні та ендогенні подразники.
2. Подразливість на клітинному рівні: будова та значення клітинних рецепторів; механізми трансмембранної передачі сигналу.
3. Подразливість в одноклітинних організмів (реакції на зміну харчових ресурсів, температури, освітленості тощо. Міжорганізмova передача сигналів у прокаріотів, грибів.
4. Фізіологічні основи подразливості у рослин. Реакції рослин на світло, гравітаційне поле, зміну температури, вологості. Особливості реакцій комахoїдних рослин.
5. Збудливі тканини тварин. Мембранний потенціал і потенціал дії.
6. Види рецепторів. Сприйняття сигналів, поріг збудливості.

Література: Біологія і екологія (профільний рівень): підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти / К. М. Задорожний, О. М. Утєвська, Д. В. Леонтєв. - Харків: Вид-во «Ранок», 2019., с. 4-13.

1. Подразливість як реакція на подразнення

Одноєю з базових властивостей живих організмів є подразливість. Подразливістю називають здатність організмів переходити в діяльний стан зі стану фізіологічного спокою у відповідь на дію певних факторів (подразників). Сам процес дії подразника на організм називають подразненням.

Здатність відповідати на вплив факторів властива не лише живим організмам. Так, рН буферних розчинів у відповідь на додавання невеликих кількостей кислот або лугів відновлюється самостійно. Але для живих організмів здатність до подразливості є обов'язковою для виживання. Без цієї властивості організми не спроможні підтримувати свій гомеостаз. Подразливість має місце на всіх рівнях організації живого.

Види подразників

Подразники, які здатні діяти на живі організми, можна розділити на такі групи: за природою, за силою та за біологічним значенням.

За природою подразники поділяють на фізичні, хімічні та змішані. Фізичні подразники діють на організми за допомогою фізичних факторів і, відповідно, бувають механічними, тепловими, світловими та електричними. Такими подразниками, наприклад, є тиск води на мешканців водойм, світло сонця, низька чи висока температура середовища та ін.

Деякі речовини — кислоти, луги, гормони, вітаміни, продукти обміну речовин тощо — є хімічними подразниками для живих організмів. Ці речовини перебувають в організмах у вигляді молекул або окремих йонів і діють на клітинному рівні.

А змішані подразники здійснюють на організми комбінований вплив, який складається і з фізичних, і з хімічних компонентів. До таких подразників належать, скажімо, осмотичний тиск і рН середовища.

За силою подразники бувають пороговими, підпороговими і надпороговими. Порогові подразники мають силу, мінімально необхідну для виникнення відповідної реакції організму. У підпорогових подразників сила впливу на організм менша за порогову і не може викликати реакцію організму. У надпорогових така сила, відповідно, є більшою за порогову. Для різних організмів величина порогового показника може бути різною. Так, сова здатна бачити предмети за умови рівня освітлення, що набагато менший, ніж той, за якого ці ж предмети буде бачити людина.

За біологічним значенням подразники поділяють на адекватні й неадекватні. Адекватними є подразники, для сприйняття яких в організмі пристосовані певні збудливі структури. Наприклад, рецептори сітківки сприймають світло. А неадекватними є подразники, до дії яких відповідні структури організму не пристосовані. Ті ж рецептори сітківки не призначені для сприйняття механічних подразнень. Але в разі натискання на них можуть виробляти сигнали і передавати їх у мозок.

2. Подразливість на клітинному рівні. Клітинні рецептори

На рівні клітин подразливість здійснюється за допомогою спеціальних молекулярних структур і різноманітних біохімічних механізмів. Основою для сприйняття дії подразників є клітинні рецептори.

Рецептори клітин є білковими молекулами, які розташовані на цитоплазматичній мембрані або всередині клітини і здатні реагувати шляхом зміни своєї конформації на дію певного фізичного фактора (світла, тепла тощо) або молекули певної речовини. Внутрішньоклітинні рецептори можуть розміщуватися на поверхні клітинних органел або в цитоплазмі.

Молекули певних речовин, що спроможні оборотно зв'язуватися з рецепторами нековалентними зв'язками, називають лігандами. Після зміни своєї конформації рецептори активізують ланцюжок сигналів, і запускається механізм відповіді клітини на подразнення (мал. 1.1).

Для взаємодії з лігандами рецептори мають специфічні ділянки (сайти зв'язування), до яких ліганди приєднуються. Крім сайтів зв'язування, рецептори можуть мати й інші ділянки, до яких здатні приєднуватися речовини-модулятори. Ці речовини посилюють або послаблюють реакцію рецептора на дію ліганда. Така будова рецепторних молекул дозволяє ефективно регулювати їхню роботу.

Трансмембранна передача сигналу

Поширеними механізмами дії рецепторів мембран є:

- 1) зміна потенціалу мембран;
- 2) запуск каскаду метаболічних реакцій та ін.

Рецепторами, що змінюють потенціал мембран, є йонні канали. Через приєднання до них лігандів проникність каналу для йонів змінюється, як і, відповідно, мембранний потенціал. Такі рецептори забезпечують зв'язок між нейронами та клітинами, які отримують сигнали від нейронів.



Мал. 1.1. Механізм роботи рецептора

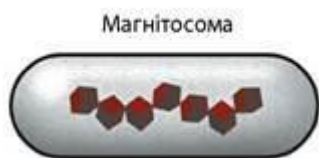
Рецептори, що запускають каскад метаболічних реакцій, після взаємодії з лігандами змінюють метаболічні процеси в клітині, стимулюючи дію вторинних посередників (сигнальних молекул або йонів). А вже ці посередники впливають на білки, що прямо задіяні в певних метаболічних процесах.

Рецептори, які запускають каскад метаболічних реакцій, поділяються на дві великі групи. Перша з них — це рецептори, що пов'язані з G-білками. Ці рецептори складаються із семи доменів, а їхній кінчик, який розташований у цитоплазмі, зв'язується зі спеціальним G-білком. G-білок має специфічну ферментну активність і може запускати каскад реакцій вторинних посередників для передачі сигналу. Такими рецепторами, наприклад, є рецептори, які взаємодіють із вазопресином.

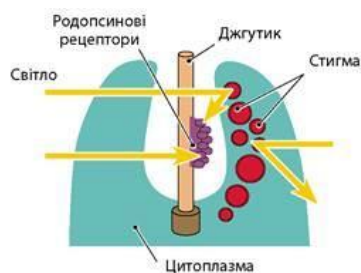
Друга група — це рецептори, пов'язані безпосередньо з ферментами. Такі рецептори складаються з одного домену, внутрішньоклітинна частина якого сама діє на певний фермент без участі посередників. Така дія також запускає каскад реакцій вторинних посередників. До рецепторів цього типу належать рецептори, які взаємодіють з інсуліном.

3. Подразливість у прокаріотів, протистів і грибів

Як і в будь-яких живих організмів, життєдіяльність одноклітинних про- та еукаріотів залежить від наявності харчових ресурсів, температури, кислотності, солоності, освітленості середовища тощо. Рецептори, відповідальні за сприйняття певних сигналів із навколишнього середовища, містяться на цитоплазматичній мембрані або всередині клітини одноклітинних організмів. Як правило, рецептори є окремими білковими молекулами. Таким чином, наприклад, влаштовані рецептори до цукрів у кишкової палички. Але іноді в одноклітинних розвиваються цілі органели, пов'язані з рецепторною функцією. Так, у деяких протеобактерій у цитоплазмі є магнітосома (мал. 2.1) — довгий ланцюжок, утворений кристалами Fe_3O_4 або Fe_3S_4 . Цей ланцюжок виконує функцію магнітної стрілки компаса, дозволяючи бактерії орієнтуватись у магнітному полі.



Мал. 2.1. За допомогою магнітосоми протеобактерії орієнтуються в магнітному полі



Мал. 2.2. Принцип роботи стигми в евглени

Важливу роль у житті організмів відіграє чутливість до світла. У цитоплазматичних мембранах бактерій містяться фоторецептори — фітохроми та криптохроми (докладніше див. § 3). Археї та еукаріоти використовують для світлочутливості білок родопсин, до складу якого входить терпеноїдна сполука ретиналь (провітамін А). У багатьох одноклітинних та колоніальних еукаріотів у клітині є спеціальна органела — стигма, або світлочутливе вічко. Назва цієї структури може ввести в

оману: сама стигма світла не відчуває. Натомість вона є скупченням гранул пігменту каротину. Залежно від положення джерела світла стигма або відбиває його проміні на родопсинові рецептори, або відкидає на них тінь (мал. 2.2). Це допомагає клітині визначитись із напрямком руху до світла.

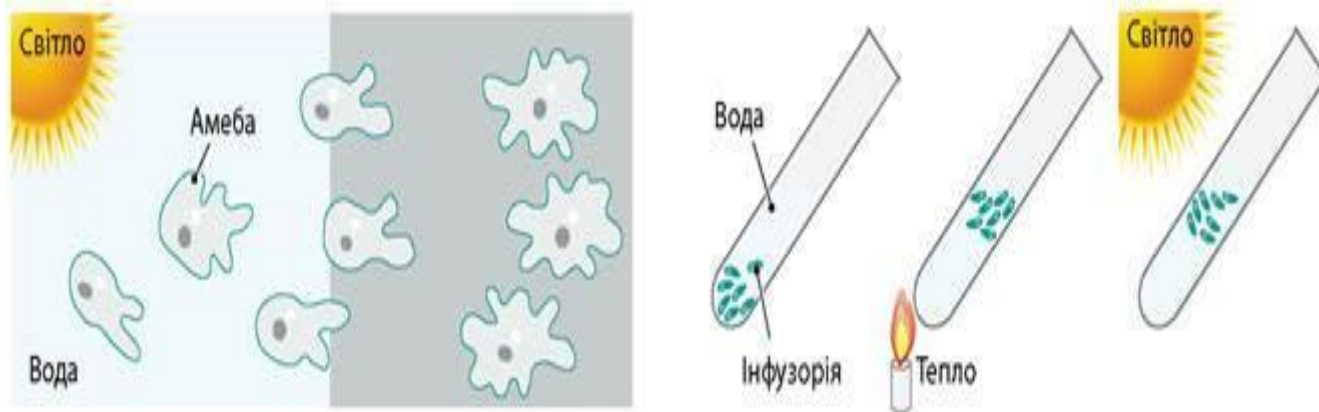
Особливо складна будова характерна для світлочутливих органел деяких динофітових водоростей, наприклад варновії. У цього одноклітинного організму стигма має власну «роговицю», утворену видозміненою мітохондрією, «кришталік», утворений із цистерн ЕПС, та «сітківку», що є видозміненим хлоропластом (див. мал. 33.2 а, с. 69).

Рухові реакції клітин у відповідь на подразник, що діє з одного боку, називають таксисами. До таксисів здатні всі рухливі одноклітинні (бактерії, археї, протисти), а також вільні клітини багатоклітинних організмів: сперматозоїди, фібробласти, лейкоцити (мал. 2.3) тощо. Пересування клітин під час таксису забезпечується органелами руху (докладніше див. § 14).

Залежно від напрямку руху, до джерела подразнення чи від нього, виокремлюють, відповідно, позитивні і негативні таксиси.

Види таксисів за джерелом подразнення

Назва таксису	Напрямок руху
Фототаксис	У бік світла (водорості, гамети грибів) або від нього (молоді плазмодії слизовиків)
Термотаксис	До ділянки з оптимальною температурою (інфузорії, джгутиконосці)
Хемотаксис	У напрямку збільшення або зменшення концентрації певної речовини — глюкози, Натрій хлориду, сигнальної молекули (властивий усім рухливим одноклітинним)
Гідротаксис	У напрямку збільшення вологості (грунтові амеби)
Аеротаксис	У бік збільшення концентрації кисню (аеробні організми) або її зменшення (анаеробні організми)
Магнітотаксис	У магнітному полі (протеобактерії, інфузорії)
Геотаксис (гравітаксис)	Перпендикулярно до напрямку дії сили тяжіння (донні мікроорганізми)
Тигмотаксис	Зумовлений механічним контактом із подразником, наприклад хижак



Мал. 2.3. Рух одноклітинних організмів забезпечує їх переміщення в більш сприятливі умови середовища

Міжорганізмova передача сигналів у прокаріотів, протистів і грибів

Прокаріоти та нижчі еукаріоти здатні здійснювати міжклітинну комунікацію — обмін інформацією між окремими клітинами. Цей механізм дозволяє їм: 1) консолідовано реагувати на дію зовнішніх умов, наприклад присутність поживних речовин або антибіотиків (бактерії); 2) обмінюватися генетичною інформацією (бактерії, гриби); 3) утворювати скупчення — біоплівки, псевдоплазмодії, плодові тіла (міксобактерії, деякі слизовики; мал. 2.4.).

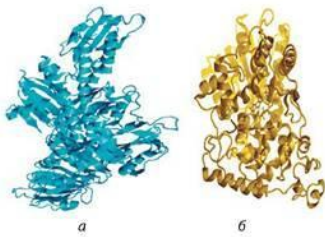


Мал. 2.4. Плодове тіло заввишки 1 мм, яке утворили міксобактерії, що зібрались разом завдяки міжклітинній комунікації

4. Фізіологічні основи подразливості в рослин

Життєдіяльність вищих рослин залежить насамперед від наявності світла, води і мінеральних речовин. Здатність реагувати на дію цих чинників забезпечується білковими рецепторами, що зосереджені на мембранах та в цитоплазмі рослинних клітин.

Унаслідок збудження рецептора відбувається виділення сигнальних сполук або електричне збудження клітин. Коли хімічний або електричний сигнал досягає своєї мішені, рослина здійснює пристосувальну реакцію, спрямовану на досягнення оптимальних умов існування. Вона накопичує або виділяє певні речовини, відкриває або закриває продихи, переходить до наступної стадії розвитку або у стан спокою, змінює напрямок росту. До особливо виразних реакцій рослин на зовнішній вплив належать швидкі рухи, помітні неозброєним оком (докладніше див. § 16).



Мал. 3.1. Молекули фітохром (а) та криптохром (б)

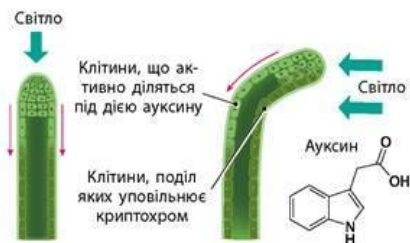
На відміну від багатьох тварин, рослини не мають специфічних органів чуття, але їхні рецепторні білки можуть бути зосереджені у складі спеціалізованих клітин та навіть тканин.

Реакція рослин на світло, гравітаційне поле, зміну температури і вологості

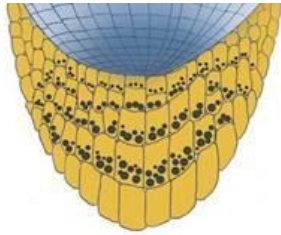
Рослини, за деякими винятками, критично залежать від світла, тож не викликає сумнівів, що вони здатні його розпізнавати. Однак, як не дивно, фоторецепція рослин ніяк не пов'язана з хлорофілом. Цю функцію забезпечують інші речовини, а саме фітохром та криптохром (мал. 3.1), присутні в цитоплазматичній мембрані та цитоплазмі.

Фітохром — рецепторні білки, до складу яких входять жовчні пігменти (біліни). Фітохром має синьо-зелене забарвлення і реагує на червоне світло — саме цей тип світла поглинається хлорофілом, тож є найважливішим для рослин. Під впливом фітохрому рослини проростають із насіння, утворюють листки та починають квітнути. Саме завдяки фітохрому хлорофіл синтезується лише на світлі. Нещодавно було доведено, що фітохром відіграє також роль основних терморецепторів рослинного організму.

Криптохром — рецепторні білки, до складу яких входить флавоноїдний пігмент птерин. Вони мають жовте забарвлення і поглинають синє та ультрафіолетове світло. Криптохром відіграє важливу роль у відкриванні продихів, диференціюванні пластид у дозрілі хлоропласти, розкритті сім'ядолі і розпрямленні верхівки молодого пагона. З дією цих пігментів пов'язане і вигинання стебла в бік джерела світла. Клітини верхівки молодого пагона виробляють фітогормон ауксин. Ця речовина збільшує приток поживних речовин у верхівку і сприяє прискоренню її зростання. Під дією криптохромів, збуджених світлом, вироблення ауксину зменшується. Тож частина рослини, яка освітлена гірше, починає рости швидше. У результаті пагін вигинається в бік джерела світла (мал. 3.2).

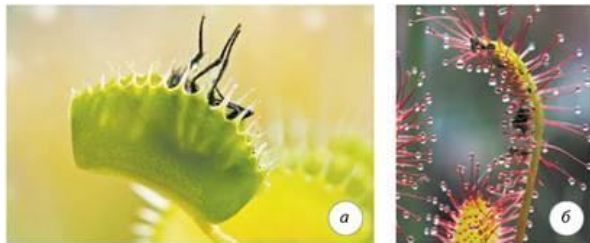


Мал. 3.2. Вигинання пагона в напрямку джерела світла



Мал. 3.3. Статоліти в рецепторних клітинах кореневого чохла

Орієнтація у просторі дозволяє корням рослин досягати ґрунту й одержувати звідти воду та поживні речовини. Здатність відчувати силу тяжіння (гравітаційне поле Землі) надають кореню статоліти — чутливі клітини, розташовані при основі кореневого чохла. У статолітах присутні статоліти (мал. 3.3) — лейкопласти з великими крохмальними зернами. Відхилення від оптимального напрямку росту спонукає статоліти до зміни положення. Це у свою чергу реєструється механорецепторами, пов'язаними з актиновими мікрофіламентами. Дія цих рецепторів спричинює перерозподіл ауксину, в результаті чого корінь змінює напрямок росту.



Мал. 3.4. Закриття листка в хижих рослин: венериної мухоловки (а) та росички (б)

У клітинах рослин є й багато інших типів рецепторів. Так, спеціалізовані хеморецептори, розташовані в цитоплазматичній мембрані, здатні реєструвати присутність важливих для рослини речовин, таких як вода, мінеральні йони, сигнали міжклітинної комунікації тощо.

Особливості подразливості в комахоїдних рослин

Рослини, що розвиваються в умовах нестачі Нітрогену (на болотяних ґрунтах, у водоймах, на стовбурах інших рослин), компенсують дефіцит цього елемента, полюючи на комах та інших дрібних тварин. Деякі комахоїдні рослини використовують пасивне полювання: їхні листки утворюють пастку, з якої комахи просто не можуть вибратися назовні. Більш досконалий, активний спосіб використовують венерина мухоловка та росичка (мал. 3.4). Розташовані на поверхні ловчого листка цих рослин клітини містять куполоподібні виступи, що реагують на дотик. Це стимулює проникнення йонів Кальцію в цитоплазму, наслідком чого стає виникнення електричного імпульсу. Імпульс поширюється по клітинах листка і викликає майже миттєве закриття пастки.

5. Подразливість у тварин

Подразливість у тварин відбувається на основі внутрішньоклітинної та міжклітинної регуляції. Подразники можуть діяти як на рецептори на поверхні клітин, так і на внутрішньоклітинні структури (мембрани клітин, мітохондрії) або процеси (транскрипцію, трансляцію тощо).

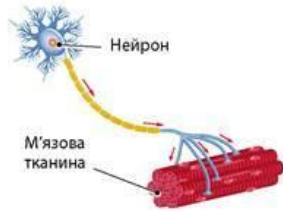
Тварини мають специфічні сенсорні системи, до складу яких входять різноманітні органи чуття. У них є багато типів рецепторів, які різняться між собою за характером подразнень, що сприймаються (фоторецептори, хеморецептори, механорецептори тощо).

Більша частина подразників у тварин викликає зміну електричного потенціалу на клітинній мембрані, що запускає певний механізм їхньої відповіді. Прийняття сигналів від подразників та відповіді на них у тварин забезпечують спеціальні збудливі тканини.

Збудливі тканини

До збудливих тканин у тварин відносять нервову, м'язову та секреторну (залозистий епітелій деяких залоз) (мал. 4.1). Клітини цих тканин здатні збуджуватися, тобто певним чином реагувати на дію подразника — у них виникає процес збудження. Збудження може виникати тільки за умови певної сили дії подразника. Сила дії подразника, яка може викликати цей процес, визначає поріг збудження. На процес збудження впливають також швидкість виникнення подразнення та його тривалість.

Характерною особливістю нервової тканини є здатність до проведення збудження і його передачі на інші збудливі тканини.



Мал. 4.1. Збудливі тканини організму людини

Так, сигнали від головного мозку передаються за допомогою клітини нервової тканини до м'язів, викликаючи відповідну реакцію.

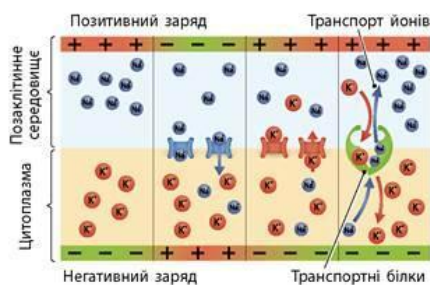
Мембранний потенціал

У всіх незбуджених клітинах збудливих тканин тварин існує різниця потенціалів між внутрішньою і зовнішньою боками мембрани. Цю різницю називають мембранним потенціалом спокою. Він виникає на поверхні будь-яких клітин, як тих, що входять до складу збудливих тканин, так і тих, що належать до незбудливих.

Під час формування мембранного потенціалу спокою внутрішньоклітинний бік мембрани заряджається більш негативно, ніж зовнішній. Значення різниці потенціалів у більшості випадків перебуває в межах від -200 до -50 мВ. Мембранний потенціал потрібен для здійснення процесу збудження у збудливих тканинах. Крім того, він відіграє важливу роль у деяких процесах транспорту речовин крізь клітинну мембрану.

Утворення мембранного потенціалу спокою в клітинах можливе завдяки тому, що клітинна мембрана є напівпроникною (крізь неї можуть проникати не всі йони) і концентрація певних йонів по різні боки мембрани є різною (мал. 4.2).

Різниця в концентрації йонів створюється завдяки роботі спеціальних транспортних білків мембрани (так званих йонних насосів). Витрачаючи енергію АТФ, вони переміщують одні йони назовні клітини, а інші — всередину. Найбільшу роль у формуванні мембранного потенціалу спокою відіграють йони Калію, Натрію і Хлору.



Мал. 4.2. Утворення мембранного потенціалу

Потенціал дії

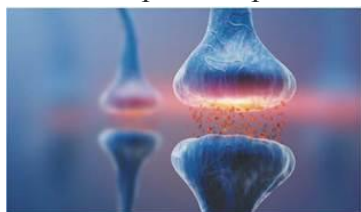
Мембранний потенціал спокою формується у клітинах, які не перебувають у стані збудження. Під час збудження клітин у них виникає потенціал дії. Потенціалом дії називають короточасні амплітудні зміни мембранного потенціалу спокою, які виникають у процесі збудження клітини.

Потенціал дії є електричним розрядом, який складає основу нервових імпульсів. У результаті виникнення потенціалу дії невелика ділянка зовнішнього боку мембрани тимчасово стає негативно зарядженою відносно сусідніх ділянок. Отже, і внутрішній бік мембрани змінює свій заряд на протилежний (у цьому випадку він стає позитивним) щодо своїх сусідніх ділянок.

Виникнення потенціалу дії пов'язано з різким збільшенням проникності мембрани для йонів Натрію і Калію і розвитку деполяризації мембрани. Йони Натрію починають дуже швидко надходити в клітину, а йони Калію — виходити з неї. Наслідком цього і є зміна полярності ділянки мембрани на протилежну.

Потенціал дії виникає тільки за умови перевищення певного рівня швидкості процесу деполяризації. Цей рівень є різним для різних клітин. Якщо рівень сигналу, який викликає цей

процес, є нижчим за цей певний рівень, то потенціал дії не виникає, а якщо є вищим, то потенціал дії виникне обов'язково. Такий принцип роботи називають принципом «усе або нічого».



Мал. 4.3. Синапс нервової клітини

Зміна полярності мембрани триває дуже короткий час. Потім відбувається процес реполяризації, і мембранний потенціал спокою відновлюється. На певний час після завершення реполяризації ділянка мембрани клітини втрачає можливість відповідати на дію подразника. Цей проміжок часу називається рефрактерним періодом.

Після свого виникнення потенціал дії переміщується поверхнею клітини на нові ділянки мембрани, які зазнають деполаризації. Саме в такій формі нервові імпульси передаються по аксонах нервових клітин.

Для передачі потенціалу дії між різними клітинами у збудливих тканинах тварин використовуються спеціальні структури — синапси.

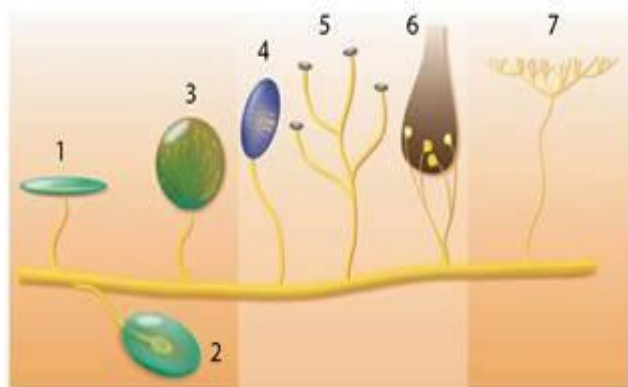
Синапси бувають двох типів — електричні й хімічні. В електричних синапсах мембрани сусідніх клітин розташовані дуже близько одна до одної і потенціал дії просто переміщується з однієї на іншу так, як переміщується між сусідніми ділянками мембрани однієї клітини. У хімічних синапсах потенціал дії викликає викид спеціальних речовин — нейромедіаторів — у широку синаптичну щілину (мал. 4.3).

6. Різноманіття рецепторів

Як ви вже знаєте, тварини сприймають різноманітні подразнення за допомогою рецепторів, які у відповідь на подразнення створюють потенціал дії та передають його нейронам нервової системи.

Рецептори тварин дуже різноманітні. Тому існує кілька варіантів класифікації рецепторів тварин. Так, за розташуванням в організмі рецептори поділяють на екстерорецептори (сприймають зовнішні подразнення) та інтерорецептори (сприймають внутрішні подразнення). Різняться вони і за кількістю типів подразнень, які можуть сприймати.

Більшість рецепторів, як, наприклад, рецептори сітківки, сприймають тільки один тип подразника. Але є рецептори, наприклад больові, які здатні сприймати кілька різних типів подразнень. Больові рецептори — це спеціалізовані клітини, які сприймають дію факторів, що пошкоджують організм (механічних, термічних, хімічних).



Мал. 5.1.

- 1 — тепла і розтягнення (тільце Руффіні);**
- 2 — розтягнення, тиску, а також хеморецептор (тільце Пачіні);**
- 3 — холоду (колба Краузе);**
- 4 — дотику (тільце Мейснера);**
- 5 — дотику (тільце Меркеля);**
- 6 — механорецептори кореня волосини;**
- 7 — температури, дотику і болю (вільні нервові закінчення)**

У багатьох випадках рецептори певного типу зосереджені в одному органі, як, приміром, фоторецептори ока. Але існують органи, які містять велику кількість різних рецепторів. Прикладом таких органів є шкіра ссавців (у тому числі й людини) (мал. 5.1). У шкірі є рецептори дотику, тиску, температури, болю.

Види рецепторів

Вид рецепторів	Які подразнення сприймає	Приклади
Фоторецептори	Світло	Рецептори сітківки

Хеморецептори	Молекули певних речовин	Нюхові та смакові рецептори
Механорецептори	Механічні стимули (тиск, коливання, дотик тощо)	Рецептори дотику, барорецептори
Терморецептори	Температура	Холодові та теплові рецептори шкіри
Осморецептори	Осмотичний тиск	Рецептори внутрішніх органів, які контролюють стан внутрішнього середовища організму
Електрорецептори	Електричне поле	Рецептори електричних органів риб
Магніторецептори	Магнітне поле	Рецептори перелітних птахів, які дозволяють їм орієнтуватися за допомогою магнітного поля
Больові рецептори	Комплекс факторів	Рецептори болю у ссавців

Фоторецептори забезпечують тваринам зір. Вони можуть бути розподілені по всьому тілу або зосереджуватися в очах тварини. Існують різні типи фоторецепторів. Так, у ссавців у сітківці є рецептори — колбочки, які сприймають тільки певну частину спектра, вони забезпечують кольоровий зір. В очах тварин може бути кілька типів колбочок. Крім того, в очах ссавців є рецептори — палички, які сприймають увесь спектр видимого світла й забезпечують сутінковий зір.

Інші групи тварин можуть мати інші типи фоторецепторів. Так, у бджіл є рецептори, які сприймають поляризоване світло.

Хеморецептори є найдавнішими з рецепторів тварин. Вони сформувалися ще в одноклітинних еукаріотів, від яких походять багатоклітинні тварини. Хеморецептори забезпечують такі відчуття, як нюх і смак. Принцип роботи цих рецепторів полягає у їх взаємодії з певними молекулами на поверхні клітин. У більшості тварин ці рецептори зосереджені у спеціальних органах (носі ссавців, вусиках комах і ракоподібних тощо). Хоча трапляються й інші варіанти. Наприклад, у мух рецептори смаку розташовані на ногах.

Механорецептори тварин сприймають механічні подразнення і забезпечують такі відчуття, як дотик, слух, рівновага тощо. Вони можуть розташовуватися як на поверхні тіла (дотикові рецептори), так і у внутрішніх органах (пропріорецептори або рецептори м'язового відчуття, слухові рецептори).

Рецептори, які розташовані на поверхні тіла, можуть сприймати подразнення безпосередньо, а можуть використовувати для цього якісь структури. Так, механорецептори у ссавців приєднуються до основи чутливих волосків — вібрисів, які виконують роль органа дотику.

Теплові рецептори, як і механорецептори, можуть розташовуватися і на поверхні тіла, і у внутрішніх органах. Рецептори внутрішніх органів, які контролюють температуру, є дуже важливими для гомойотермних тварин, наприклад птахів або ссавців. З їхньою допомогою вони можуть підтримувати потрібний рівень температури тіла.

Рецептори на поверхні тіла «відстежують» температуру зовнішнього середовища. У ссавців таких рецепторів два типи: холодкові визначають температуру, яка є нижчою за температуру тіла, а теплові — температуру, яка є вищою за температуру тіла. У деяких тварин, скажімо ямкоголових змій, терморецептори використовуються для полювання на теплокровну здобич.

7. Сприйняття сигналів та поріг збудливості

Сприйняття сигналів рецепторами у тварин може відбуватися за рахунок сигнальних структур на поверхні мембрани або спеціальних рецепторних білків. Такими білками є, наприклад, опсини, які знаходяться в колбочках сітківки. Кожен тип колбочок містить свій власний опсин (у людей їх три), який сприймає властиву тільки йому частину спектра видимого світла.

Після сприйняття подразнення сигнал від рецептора передається до нервової системи і потім надходить у мозок, де й аналізується. Слід відзначити, що для кожного виду рецепторів існує власний поріг подразнення — найменша величина сили подразника, на яку реагує рецептор, виробляючи потенціал дії. Для одного типу рецепторів у різних видів тварин ця величина може суттєво різнитися.