

ТЕМА 3 БУДОВА ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ КЛІТИН

План

- 3.1 Загальний план будови клітин.
- 3.2 Клітинні мембрани: хімічний склад, будова і функції.
- 3.3 Будова і функції ядра клітин.
- 3.4 Цитоплазма, її компоненти.
- 3.5 Двомембранні органели: мітохондрії та пластиди.
- 3.6 Рибосоми. Органели руху. Клітинний центр.
- 3.7 Клітинний цикл. Мітоз.
- 3.8 Мейоз.

Клітина як основна структурно-функціональна одиниця живої природи

Клітина — елементарна одиниця живого. З відомих живих організмів тільки віруси є неклітинними формами життя. Усі інші біологічні об'єкти побудовані з клітин — однієї (бактерії, найпростіші) або великої кількості (багатоклітинні тварини, рослини, гриби). Клітини різних організмів відрізняються розмірами, формою, функціями, тривалістю життя. Незважаючи на це, клітини мають загальні властивості: здатність до самовідтворення і передачі генетичної інформації, обміну речовин, росту, розвитку, мінливості, подразливості. Основні положення клітинної теорії:

- 1) клітина — елементарна структурно-функціональна одиниця організму;
- 2) нові клітини утворюються в результаті поділу або злиття тих, що раніше існували;
- 3) для всіх клітин характерна єдність хімічного складу і метаболічних процесів;
- 4) організм може складатися з однієї або безлічі клітин;
- 5) багатоклітинні організми являють собою систему клітин, які утворюють тканини й органи, пов'язаних між собою гуморальними та нервовими типами регуляції.

Будова клітини

Клітини всіх живих організмів за структурно-функціональними особливостями можна поділити на дві великі групи: еукаріотичні та прокаріотичні. Структурними компонентами еукаріотичних клітин є плазматична мембрана, цитоплазма, клітинні органели, ядро. Прокаріотичні клітини не мають ядра і деяких органел (мітохондрій, ендоплазматичного ретикулуму, апарату Гольджі).

Плазматична мембрана (плазмалема) оточує клітину, визначає її розміри, форму та виконує такі функції: бар'єрна (захисна) — забезпечує асиметричний розподіл речовин між внутрішньоклітинним і позаклітинним середовищами; транспортна — визначає вибіркове надходження молекул до клітини і з клітини; рецепторна — уловлює і підсилює сигнали, заковані в хімічній структурі гормонів, медіаторів; комунікативна — здійснює контакт сусідніх клітин між собою і з позаклітинною речовиною.

Усі біологічні мембрани являють собою комплекс ліпідних і білкових молекул, які з'єднуються разом за допомогою нековалентних взаємодій. Молекули

фосфоліпідів утворюють безперервний подвійний шар завтовшки 4—5 нм. Полярні голівки фосфоліпідів у ліпідному бішарі орієнтовані назовні й контактують з молекулами води, а неполярні (гідрофобні) хвости жирних кислот спрямовані один до одного. У ліпідну матрицю занурені численні білкові молекули. Білки, які наскрізь проймають бішар, називають інтегральними (трансмембранними), а мембрани, що знаходяться на зовнішній або внутрішній поверхні, — периферичними.

Цитоплазма — частина клітини, поміщена між плазматичною мембраною і ядром. У цитоплазму занурені клітинні органели та різні непостійні структури — включення. Частина цитоплазми, яка міститься між органелами і є складною колоїдною системою, часто називають цитозолем. У цитозолі знаходяться вуглеводи, ліпіди, РНК, АТФ, органічні кислоти, численні білкові молекули. Деякі білки утворюють тривимірну сітку — цитоскелет, зв'язаний з плазмалемою, ядром і органелами. Основні функції цитоплазми: комунікативна — забезпечує зв'язок різних частин клітини (компаратментів) між собою; гомеостатична — підтримує сталість хімічного складу та фізичних властивостей усередині клітини; транспортна — забезпечує перенесення біомолекул між органелами. Клітинні включення — компоненти цитоплазми, які являють собою відкладення речовин, тимчасово виведених з метаболізму, або кінцевих продуктів метаболізму. Найпоширеніші включення — ліпідні краплі, що складаються з нерозчинних у воді молекул жирів, і гранули глікогену, кожна з яких є єдиною дуже розгалуженою молекулою. У рослинних клітинах часто зустрічаються крохмальні зерна та кристали Кальцій оксалату. Ендоплазматичний ретикулум (ендоплазматична сітка) (ЕПР) — система дрібних вакуолей і каналців, сполучених одне з одним і відмежованих від цитозолу однією мембраною. Мембрана ЕПР має численні складки, вигини і створює одну безперервну поверхню, яка оточує єдину замкнену порожнину — порожнину ЕПР. Мембрана ЕПР переходить у зовнішню ядерну мембрану, складаючи з нею одне ціле. Розрізняють шорсткий (гранулярний) і гладкий (агранулярний) види ЕПР.

Шорсткий ЕПР вкритий рибосомами, розташованими на повернутому до цитоплазми боці мембрани. Його основна функція — участь у синтезі білка. Окрім цього, шорсткий ЕПР необхідний для транспорту макромолекул у різні ділянки клітини (лізосоми, апарат Гольджі), посттрансляційних модифікацій білків, синтезу структурних компонентів клітинних мембран. Гладкий ЕПР можна розглядати як вільну від рибосом ділянку шорсткого ЕПР. Він бере участь у завершальних етапах синтезу ліпідів і деяких внутрішньоклітинних полісахаридів.

Апарат (комплекс) Гольджі (АГ) — це група мембранних мішечків — цистерн, зв'язаних з системою пухирців (пухирців Гольджі), локалізованих біля клітинного ядра.

Основна функція АГ — транспорт речовин і хімічні перетворення клітинних полімерів. Із ЕПР в АГ транспортуються речовини, призначені для секреції. Тут вони модифікуються і виводяться з пухирцями Гольджі шляхом екзоцитозу. Іноді АГ бере участь у транспорті ліпідів. Під час травлення ліпіди

розщеплюються на гліцерин і жирні кислоти, які всмоктуються в тонкому кишечнику. Після цього в гладкому ЕПР ліпиди ресинтезуються з їхніх попередників. Далі вони вкриваються білковою оболонкою і через АГ залишають клітину. АГ також виконує такі функції: синтез глікопротеїнів; депонування речовин і їх перерозподіл між різними ділянками клітини; формування лізосом, у яких неактивні травні ферменти перетворюються на активні.

Лізосоми — округлі одномембранні мішечки, наповнені травними ферментами, які здійснюють розщеплення білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, ліпідів на амінокислоти, моносахариди, нуклеотиди, гліцерин і жирні кислоти. Лізосомальні ферменти синтезуються на шорсткому ЕПР і транспортуються його каналами до АГ. Пізніше від АГ відгалужуються пухирці, які перетворюються на лізосоми. Такі вихідні лізосоми зливаються з вакуолями, які утворилися у процесі ендоцитозу. При цьому формується вторинна лізосома. Лізосомальні ферменти переварюють уміст вакуолі, а неперетравлені залишки виводяться шляхом екзоцитозу. У багатоклітинних організмів неутилізовані відходи можуть не виводитися з клітини, а збиратися в залишкових тільцях — особливому виді клітинних включень.

Рибосоми — органели, що забезпечують синтез білка. Рибосоми складаються з двох субодиниць: великої і малої.

Кожна субодиниця являє собою складний комплекс з багатьох білків і молекул рибосомальної РНК (рРНК). При взаємодії субодиниць з молекулою іРНК відбувається їх збирання з утворенням функціональної рибосоми. Після цього починається синтез білка — трансляція. У цитоплазмі клітини рибосоми можуть розташовуватися вільно або бути прикріплені до зовнішньої поверхні мембрани шорсткого ЕПР. Вони можуть об'єднуватися в комплекси — полірибосоми (полісоми). Окрім цитоплазми, рибосоми містяться також у хлоропластах і мітохондріях.

Мітохондрії — органели, основна функція яких полягає в забезпеченні клітин енергією. Форма та розміри мітохондрій дуже різноманітні, вони визначаються типом метаболізму і функціональними особливостями клітини. Кількість мітохондрій у клітині варіює від однієї до десятків тисяч.

Мітохондрія складається із зовнішньої і внутрішньої мембран, між якими є міжмембранний простір, і внутрішнього вмісту — мітохондріального матриксу. Зовнішня мембрана мітохондрій гладка. Вона має високу проникність для багатьох молекул, що знаходяться в цитозолі (зокрема для невеликих білків), тому за хімічним складом міжмембранний простір не відрізняється від цитоплазматичного. Внутрішня мембрана мітохондрій утворює численні складки, або заглиблення — кристи, що значно збільшують площу її поверхні. Мембрана практично непроникна для білків, полісахаридів і багатьох іонів. У внутрішню мембрану вбудовані ферменти дихального ланцюга, що забезпечують синтез АТФ. Тут також знаходяться білки, які відповідають за транспорт у матрикс молекул піровиноградної кислоти, іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} . Матрикс являє собою колоїдну систему, в якій містяться кільцеві молекули ДНК та ферментні системи, що забезпечують їх реплікацію і транскрипцію; різні види РНК (тРНК, іРНК); рибосоми, відмінні від рибосом цитоплазми;

метаболічні

ферменти.

Більшість білків, що забезпечують функцію мітохондрій, кодується ядерною ДНК і доправляються в матрикс з цитоплазми. У мітохондріальному матриксі містяться ферменти, що забезпечують проходження численних біохімічних процесів.

Клітинний центр (центросома) визначає орієнтацію веретена поділу і розходження хромосом до полюсів клітини під час мітозу або мейозу. Крім того, він бере участь у формуванні органоїдів руху — джгутиків і війок.

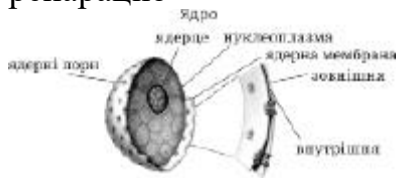
Звичайно клітинний центр знаходиться поблизу ядра тваринних клітин. Він складається з двох розташованих під прямим кутом один до одного центріолей. Кожна центріоль — це циліндр завдовжки 0,3 мкм і діаметром 0,1 мкм, стінка якого утворена дев'ятьма групами білкових мікротрубочок. Центріолі оточені аморфним простором (хмарою) з білків, вуглеводів і невеликої кількості ліпідів, що відіграє важливу роль у прикріпленні ниточок веретена поділу. Важливою особливістю центріолей є їх здатність до автономного розмноження, яке не залежить від поділу клітини. Більшість клітин рослин не містять центріолей, і трубочки веретена поділу кріпляться до мембран ЕПР. Псевдоподії (несправжні ніжки) утворюються шляхом вигину плазматичної мембрани. Серед вільноживучих одноклітинних організмів псевдоподії має амеба. Вони є також у лейкоцитів ссавців. Джгутики (у рослин і тварин) і **війки** (у тварин) мають схожу будову — декілька (частіше 11) мікротрубочок, здатних скорочуватись, і відрізняються одні від одних тільки довжиною.



Зовні мікротрубочки вкриті мембраною — продовженням плазмалемми. Головна функція цих органел полягає в пересуванні клітин або в просуванні уздовж клітин рідини, яка оточує їх, і частинок. Ядро — органела всіх еукаріотичних клітин, що несе спадкову інформацію, закладену в молекулі ДНК. Відтворення і зчитування цієї інформації здійснюється за допомогою специфічних ядерних ферментів. Рідкий уміст ядра — «ядерний сік» (або нуклеоплазма) відокремлений від цитозолу ядерною оболонкою. Ядерна оболонка утворена двома мембранами — зовнішньою та внутрішньою, і пронизана ядерними порами. Зовнішня мембрана з одного боку переходить у мембрани ЕПР, а з іншого (по краях ядерних пор) — у внутрішню мембрану. Через ядерну мембрану відбувається обмін різними органічними молекулами (білки, іРНК) і надмолекулярними комплексами (суб-одиниці рибосом) між нуклеоплазмою та цитозолем. У нуклеоплазмі містяться: **хроматин** — молекули ДНК, зв'язані з білками (гістонами); **одне або декілька ядер** — округлих структур, у яких відбувається синтез рРНК, її упаковка і початкові етапи збирання рибосомальних субодиниць; **ферментні системи**, що забезпечують реплікацію, транскрипцію і

репарацію

ДНК.



До органел, типових для рослинної клітини, належать вакуолі і пластиди. Вакуоля може займати до 90 % об'єму клітини, її основними функціями є: підтримка тургору — внутрішнього тиску клітини, і складування продуктів життєдіяльності клітини. Клітинний сік, що наповнює її, — це водний розчин, який має слабокислу або нейтральну реакцію. Найважливішими для життєдіяльності клітини пластидами є хлоропласти, що містять зелений фотосинтезуючий пігмент хлорофіл. Вони зустрічаються, як правило, у всіх освітлених частинах рослини.



Хлоропласти належать до двомембранних органел, внутрішня речовина хлоропласту називається строма. Їх внутрішня мембрана утворює впорядковану систему порожнин дископодібної форми, які називають тилакоїдами, тилакоїди зібрані в стопки — грані.



Лейкопласти являють собою безбарвні пластиди, розташовані, як правило, у прихованих від сонячного світла частинах рослини. Внутрішня структура лейкопласту розвинена слабо, основною функцією є запасання поживних речовин, крохмалю, жирів, білків. Хромопласти — пластиди, які містять різні барвникові пігменти, що належать до групи каротиноїдів. Розташовуються в забарвлених частинах рослини, позбавлені хлорофілу, внутрішня мембранна система не розвинена. Характерною особливістю пластид є їхня здатність перетворюватися одна на одну.

Репродукція клітин

Клітина, як структурно-функціональна одиниця живого, здатна до самовідтворення, яке здійснюється шляхом поділу. В еукаріотичних клітин існують два способи поділу — мітоз і мейоз.

Мітоз

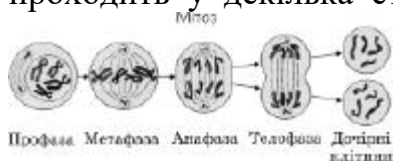
Мітоз — спосіб клітинного поділу, за якого клітини, що утворюються, ідентичні між собою за генотипом і є точною копією материнської клітини. Період життя

клітини від поділу до поділу називається клітинним (мітотичним) циклом. Клітинний цикл складається з інтерфази і власне мітотичного поділу (мітозу). Інтерфаза складається з трьох періодів: передсинтетичного G_1 , синтетичного S і постсинтетичного G_2 .

Передсинтетичний період характеризується інтенсивним ростом клітини, активним синтезом білків, збільшенням об'єму цитоплазми й площі клітинних мембран. Він є найтривалішим і складає основну частину життя переважної більшості клітин.

Під час синтетичного періоду відбувається реплікація ДНК і формування X-подібних хромосом. Кожна хромосома складається тепер з двох сестринських хроматид, ідентичних одна одній. У певній ділянці — центромері — обидві хроматиди залишаються сполученими одна з одною. Центромера утворюється в місці, де повного подвоєння ДНК не відбулося, і складається з щільно упакованого хроматину. Подвоєння ДНК під час синтетичного періоду призводить до того, що у клітини тимчасово збільшується кратність набору хромосом.

У постсинтетичному періоді синтезуються білки веретена поділу й достатня кількість АТФ (процес поділу клітини надзвичайно складний і енергоємний). Після завершення інтерфази починається мітотичний поділ (мітоз), який проходить у декілька стадій (фаз), які безперервно переходять одна в одну.



Профаза. У цей період центріолі клітинного центру розходяться до протилежних полюсів клітини. Оболонка ядра поступово розпадається на маленькі мембранні пухирці; аналогічні зміни відбуваються з апаратом Гольджі й ендоплазматичним ретикуломом. У хромосомах відбувається конденсація хроматину (багатократне збільшення щільності упаковки). Процеси транскрипції повністю припиняються, утворення необхідних клітині білків може здійснюватися тільки за рахунок раніше синтезованих молекул іРНК.

Метафаза. У метафазі конденсація хроматину максимальна. Утворюються так звані метафазні хромосоми. Кожна хромосома складається: з двох сестринських хроматид, які утворюють плечі хромосоми; центромери; кінцевих ділянок — теломерів. Під час метафази хромосоми вибудовуються на екваторі клітини. Формується веретено поділу — білкові нитки (мікротрубочки), що тягнуться від центріолей до центромер хромосом. При цьому до кожної центромери може прикріплюватися декілька ниточок. У клітинах рослин центріолі відсутні і їхню функцію виконують скупчення мембран ендоплазматичного ретикулуму на полюсах клітини. З ними зв'язуються мікротрубочки, формуючи веретено поділу.

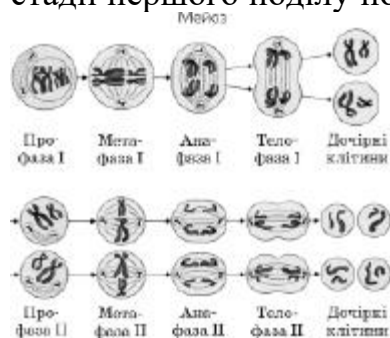
Анафаза. Подвійні хромосоми розриваються веретеном поділу і сестринські хроматиди відходять до протилежних полюсів клітини. При цьому вони орієнтовані центромерами до відповідного полюса, а теломерами — до екватора клітини.

Телофаза. Навколо хромосом починає формуватися ядерна оболонка, з'являються ядерні пори, відновлюється парність центріолей, цитоплазма і

органели більш-менш рівномірно розподіляються між полюсами клітини. Хромосоми поступово деспіралізуються, починають формуватися ядра. Далі йде процес розділу цитоплазми з утворенням двох дочірніх клітин — цитокінез. У результаті цитоплазма повністю розділяється з утворенням двох дочірніх клітин, у кожній з яких міститься диплоїдний набір хромосом і приблизно однакова кількість органел. Біологічне значення мітозу полягає в підтримуванні сталості кількості хромосом у клітинних поколіннях — дочірні клітини одержують таку ж генетичну інформацію, яка міститься в ядрі материнської клітини. У багатьох еукаріотичних організмів виявлено так званий прямий поділ, або амітоз, за якого відбувається подвоєння ДНК, формування нових ядер, проте утворення дочірніх клітин не відбувається. У результаті амітозу з'являються багатоядерні клітини, характерні для деяких тканин тварин, грибів і рослин.

Мейоз

Мейоз — спосіб поділу клітин, за якого відбувається зменшення (редукція) кількості хромосом і перехід клітин з диплоїдного стану в гаплоїдний. Мейоз включає два поділи — редукційний (перший) і екваційний (другий). Кожний з них поділяється на ряд стадій (фаз): профазу, метафазу, анафазу і телофазу. Ці стадії першого поділу позначаються римською цифрою I, другого — цифрою II.



Процеси, що відбуваються в інтерфазі I мейозу, ідентичні таким під час мітозу: відбувається інтенсивний синтез білків, збільшення поверхні клітинних мембран, подвоєння ДНК.

Профаза I. Спостерігається попарне зближення подвоєних і спіралізованих гомологічних хромосом (утворення бівалентів). Відбувається кросинговер — злиття і обмін гомологічними ділянками. Руйнується ядерна оболонка, розходяться центріолі.

Метафаза I. Біваленти гомологічних хромосом розташовуються на екваторі клітини, нитки веретена поділу прикріплюються до центромер.

Анафаза I. До полюсів клітини розходяться подвоєні хромосоми (не сестринські хроматиди, як у мітозі) — по одній хромосомі з кожного біваленту. Відбувається подвійне зменшення (редукція) кількості хромосом і їх випадковий перерозподіл у майбутніх гаметах.

Телофаза I. Відбувається утворення дочірніх клітин уже з гаплоїдним набором хромосом. Кожна з хромосом складається з двох сестринських хроматид, ідентичних одна одній.

Після першого редукційного поділу мейозу клітини вступають у коротку інтерфазу II, яка не супроводжується подвоєнням ДНК. Потім починається другий поділ. В анафазі II дочірні хроматиди розходяться до протилежних

полюсів клітини, а в телофазі II з двох клітин, що виникли під час редукційного поділу, утворюються чотири клітини, які несуть гаплоїдний набір хромосом. Мейоз здійснюється при утворенні статевих клітин у тварин і спор у рослин (нестатеве розмноження).