

Навчальна дисципліна: Біологія і екологія

Навчальне заняття № 31, 32

Тема: *Непрямий та прямий поділ.*

План:

1. Мейоз. Фази мейозу. Кросинговер. Порушення мейозу.
2. Біологічне значення мейозу у тварин та рослин.
3. Прямий поділ - амітоз. Значення. Приклади.
4. Старіння і загибель клітин. Апоптоз, некроз.
5. Клітинні технології в біології та медицині.

Література:

Основна: Задорожний К.М., Утєвська О.М. «Біологія і екологія». Харків. «Ранок», 2018., с . 174-181.

Додаткова: Балан П.Г., Вєрвєс Ю.Г., Поліщук В.П. Біологія: 10 кл. К.: Генеза, 2010., с. 147-152.

1. Мейоз – це спосіб поділу еукаріотичних клітин, унаслідок якого з однієї материнської утворюються 4 дочірні клітини з удвічі меншим набором хромосом. Цей тип поділу включає 2 послідовних поділи, кожний з яких складається з 4 фаз: *профази, метафази, анафази і телофази*. Набір хромосом перед поділом у материнських клітинах диплоїдний, а в дочірніх клітинах – гаплоїдний. Стан спадкової інформації після поділу видозмінений завдяки процесам кон'югації і кросинговеру. Мейоз вперше описав німецький біолог О. Гертріг у 1876 році на прикладі яєць морських їжаків. Проте важливість мейозу в спадковості була описана лише в 1890 році німецьким біологом А. Вайсманом.

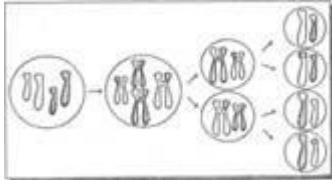
Етапи і фази мейозу

I етап – редукційний поділ, або Мейоз I:

Профаза I – фаза *спіралізації (конденсації) двохроматидних хромосом*. Вона є найтривалішою за часом у мейозі, під час неї відбувається ряд процесів.

- *Спіралізація* двохроматидних хромосом. Хромосоми вкорочуються й ущільнюються та набувають вигляду паличкоподібних структур. Після цього гомологічні хромосоми зближуються і кон'югують (тісно прилягають одна до одної по всій довжині, обвиваються, перехрещуються).

Так утворюються комплекси з 4 хроматид, сполучених між собою в певних місцях, так звані *тетради*, або *біваленти*.



- **Кон'югація** (зближення і злиття ділянок гомологічних хромосом) і **кросинговер** (обмін певними ділянками між гомологічними хромосомами). У результаті кросинговеру утворюються нові комбінації спадкового матеріалу. Таким чином, кросинговер є одним із джерел спадкової мінливості. Через певний час гомологічні хромосоми починають відходити одна від одної. При цьому стає помітним, що кожна з них складається з двох хроматид.
- Розходження центріолей до полюсів.
- Зникнення ядерця.
- Розпад ядерної оболонки на фрагменти.
- Формування веретена поділу.

Метафаза I – фаза *розташування тетрад на екваторі*:

- короткі нитки прикріплюються до центромер лише з одного боку і хромосоми розташовуються двома лініями;
- на екваторі клітини розташовуються *тетради*.

Анафаза I – фаза *розходження двохроматидних гомологічних хромосом*.

- кожна тетрада розділюється на двохроматидні хромосоми;
- нитки веретена поділу скорочуються і розтягують двохроматидні хромосоми до полюсів. Наприкінці анафази біля кожного з полюсів клітини опиняється гаплоїдний (половинний) набір хромосом. Розходження хромосом кожної пари є подією випадковою, що є ще одним джерелом спадкової мінливості.

Телофаза I – фаза *деспіралізації двохроматидних хромосом*:

- утворення двох клітин з *гаплоїдним набором двохроматидних хромосом*;
- у клітинах тварин та деяких рослин хромосоми деспіралізуються і поділяється цитоплазма материнської клітини, але в клітинах більшості видів рослин цитоплазма не ділиться.

Результатом Мейозу I є утворення з однієї материнської клітини двох дочірніх клітин з гаплоїдним набором двохроматидних хромосом.

Інтерфаза між поділами мейозу коротка або відсутня, оскільки синтез ДНК не відбувається.

II етап – мітотичний, або Мейоз II

Профаза II – фаза спіралізації двохроматидних хромосом.

Метафаза II – фаза розташування двохроматидних хромосом на екваторі.

- короткі нитки прикріплюються до центромер;
- на екваторі клітини в один ряд розташовуються двохроматидні хромосоми.

Анафаза II – фаза розходження однохроматидних хромосом до полюсів клітин:

- кожна хромосома розділюється на хроматиди;
- нитки веретена поділу скорочуються і розтягують хроматиди до полюсів.

Телофаза II – фаза деспіралізації однохроматидних хромосом:

- утворення двох клітин з гаплоїдним набором однохроматидних хромосом.

Отже, загальним результатом мейозу є утворення з однієї материнської клітини 4 дочірніх клітин з гаплоїдним набором однохроматидних хромосом.

2. Біологічне значення мейозу: 1) забезпечує видозміну спадкового матеріалу; 2) підтримує сталість каріотипу при статевому розмноженні; 3) лежить в основі статевого розмноження.

3. Крім мітозу, клітини еукаріотів можуть ділитися й іншими способами поділу.

Це амітоз й ендомітоз.

Амітоз (прямий поділ) – поділ, що відбувається без спіралізації хромосом і без утворення веретена поділу. Здійснюється перешнуровуванням ядра, утворенням перегородки тощо. Основними ознаками амітозу є такі:

- а) ядро ділиться шляхом перетяжки на дві або декілька рівних або нерівних частин;
- б) точного розподілу ДНК і хромосом між двома або декількома частинами ядра не буває;
- в) ядерце і ядерна мембрана не зникають.

Амітоз, зазвичай, спостерігається у приречених на загибель клітинах, в опромінених клітинах тощо.

Ендомітоз – поділ, що супроводжується репродукцією хромосом без утворення веретена поділу при збереженні ядерної оболонки.

Усі фази мітотичного поділу відбуваються всередині ядра. Зустрічається ендомітоз в клітинах різних тканин, які інтенсивно функціонують, і результатом такого поділу може бути:

- а) багаторазове збільшення числа хромосом у клітині (наприклад, у клітинах печінки, м'язових волокнах);
- б) збільшення плоідності клітини при збереженні в ній постійної кількості політенних (багатохроматидних) хромосом (наприклад, у клітинах амеб, інфузорій, евглен, слинних залоз двокрилих комах, зародкового мішка деяких рослин).

4. Старіння клітини – закономірний не обернений руйнівний процес вікових змін, що призводить до порушень метаболізму клітини, її пристосувальних можливостей, підвищує вірогідність її смерті. Найпоширенішими видами клітинної загибелі є апоптоз і некроз (рис. 1). Природна запрограмована смерть клітини називається **апоптозом**, на відміну від **некрозу** – пасивної загибелі клітин внаслідок інтенсивної дії шкідливих факторів навколишнього середовища (травм, нестачі кисню, високої температури тощо). Слід зазначити, що обидва процеси (апоптоз і некроз) можуть відбуватися незалежно один від одного, послідовно, і навіть одночасно.

АПОПТОЗ (грец. *apoptosis* — опадання) — генетично запрограмована загибель клітини, в якій провідну роль відіграють внутрішньоклітинні механізми, що спричиняють «ретельне» розбирання і видалення клітини. За допомогою А. здійснюється регуляція кількості клітин у тій чи іншій тканині як у процесі розвитку, так і в гомеостазі. У нормі А. спрямований на видалення надлишково утворених клітин або клітин із серйозними порушеннями структури або функції генетичного апарата. Для клітин А. виступає як ознака завершення її фізіологічної ролі або розвитку несумісних із подальшою життєдіяльністю біохімічних, морфологічних, функціональних змін. Для популяції клітин він є регулятором чисельності, способом оновлення або маркером розвитку патологічних змін у відповідному сегменті тканин чи органа.

Завдяки апоптозу здійснюються формоутворюючі процеси під час ембріонального розвитку; точно регулюється кількість клітин в тих чи інших органах і тканинах (підтримується тканинний гомеостаз); відбувається видалення старіючих клітин у зрілих тканинах, забезпечення важливих імунних реакцій, знищення генетично змінених чи потенційно небезпечних клітин (клітин пухлин, деяких лімфоцитів, пошкоджених, інфікованих бактеріями і вірусами клітин). Саме апоптоз називають запрограмованою клітинною загибеллю I типу

Несвоєчасний апоптоз, у свою чергу, також є причиною деяких патологій. Так, напр., надлишковий апоптоз нейронів мозку сприяє розвитку хвороб Альцгеймера і Паркінсона. Крім того, встановлений високий рівень А. непосмугованих м'язових клітин судин в атеросклеротичних бляшках людини. Механізми переходу А. до розряду патологічних процесів залишаються недостатньо вивченими.

5. Клітинні технології в біології та медицині.

Наукові дослідження. Клітинні культури широко застосовуються в наукових дослідженнях як модельні об'єкти. На них досліджують механізми клітинного поділу і диференціювання, взаємодію клітин із середовищем, процеси адаптації, старіння, злоякісної трансформації та ін.

Біотехнологія. У біотехнології клітинні культури використовуються для виробництва вакцин і біологічно активних речовин. Мікробіологічна промисловість сьогодні використовує тисячі штамів мікроорганізмів, що вирощуються в культурі. Вони синтезують антибіотики, інтерферон, гормони, ферменти, вітаміни, незамінні амінокислоти, кормові білки. Так, гриби і бактерії синтезують антибіотики (пеніцилін, стрептоміцин, еритроміцин тощо); сінна паличка — фермент амілазу; кишкова паличка — амінокислоти; пивні дріжджі — вітаміни групи В. Культури рослинних клітин є джерелом токсинів, гербіцидів, регуляторів росту, алкалоїдів. Клітини тварин і людини продукують гормони (наприклад, клітини гіпофіза — ліпотропін і соматотропін). Створено культури клітин тварин, які продукують моноклональні антитіла та широко застосовуються для діагностики захворювань.

Медицина. Культури клітин використовуються у діагностиці та лікуванні спадкових захворювань, регенерації та заміщенні клітин, тканин і органів (замісна клітинна терапія).

Замісна клітинна і тканинна терапія. Стовбурові клітини людини використовують як трансплантаційний матеріал. Зокрема, клітини кісткового мозку використовують для трансплантації під час терапії лейкозів і променевої хвороби. У хірургії для лікування великих опіків або хронічних виразок для трансплантації широко використовують епідерміс, вирощений поза організмом.

Генна терапія (лікування спадкових захворювань). Клітини вилучають з організму пацієнта, генетично модифікують, а потім вводять назад в організм. Цей метод особливо корисний у лікуванні захворювань крові, оскільки клітини крові можна досить легко вилучити і ввести назад.

Фармакологія. Культури клітин і тканин людини та тварин застосовують як тест-системи для вивчення властивостей нових фармакологічних препаратів, а також для прогнозування безпеки їх застосування.

Рослинництво. На основі клітинної культури можна розмножувати рослини (клональне мікорозмноження) або проводити їх селекцію в культурі.

Клітинна інженерія — це конструювання клітин нового типу на основі їх культивування, гібридизації та реконструкції.

Під час гібридизації штучно об'єднують різні клітини з утворенням гібридного геному. Гібриди широко застосовують як у наукових дослідженнях, так і в біотехнології. За допомогою гібридних клітин, отриманих від клітин людини й миші, картували гени в хромосомах людини. Гібриди між пухлинними клітинами і лімфоцитами здатні необмежено довго ділитися і, подібно до лімфоцитів, можуть виробляти антитіла.

Клітинна реконструкція пов'язана зі створенням життєздатної клітини з окремих фрагментів різних клітин (ядра, цитоплазми, хромосом тощо). Зокрема, метод пересадки ядер соматичних клітин у яйцеклітини дозволяє зробити численні генетичні копії організму — клони.

Цей же метод був використаний для створення «ембріона від трьох батьків». Дана технологія розроблена для лікування мітохондріальних захворювань. У результаті дитина отримує ядерні гени від обох батьків та мітохондріальну ДНК від третьої особи.

Перша у світовій практиці дитина з мітохондріальною ДНК третьої людини народилася в Мексиці у квітні 2016 року. Другий випадок народження дитини з генетичним матеріалом від трьох батьків відбувся в січні 2016 року в Україні.

Клітинні культури є клітинами певної тканини. Їх отримують від мікроорганізмів, рослин або тварин, що вирощуються в штучних умовах на поживному середовищі. Клітинні культури набули широкого застосування в різних галузях біології та медицини.

Механізми відтворення і загибелі клітин.

Усі нові клітини виникають у результаті поділу вже існуючих. Багатоклітинний організм починає свій розвиток найчастіше з однієї клітини. Потім шляхом неодноразового поділу утворюється багато клітин, які й становлять організм.

У багатоклітинних організмів є клітини, які не можуть ділитися через їх високу спеціалізацію. Наприклад, нервові і м'язові клітини після завершення ембріонального періоду розвитку організму припиняють поділ і функціонують протягом усього життя організму.

Багато спеціалізованих клітин не розмножуються за звичайних умов, але при ушкодженні органів і тканин, до складу яких вони входять, їх здатність ділитися відновлюється. До таких клітин належать клітини печінки, ендокринних залоз та інших органів.

Клітини епітелію тонкого кишечника, епідермісу, які у процесі виконання своєї специфічної функції гинуть, тому їх замінюють інші, утворені шляхом поділу.

У рослин постійний поділ клітин верхівкової і бічної меристем (твірні тканини рослин) забезпечує тривалий ріст пагонів і коренів у довжину і товщину.

Новоутворені клітини набувають здатності ділитися після певного періоду росту. Крім того, поділу передують подвоєння клітинних структур: хлоропластів, мітохондрій, центріолей та ін.. органел.

До механізмів загибелі клітин належить **апоптоз, некроз, автофагія** (захоплення і перетравлення клітиною власних органел, особливо в клітинах, що атрофуються), **мітотична катастрофа** (внаслідок грубих порушень мітозу), **клітинне старіння, фагоцитоз** (клітина сама «просить» себе знищити за допомогою «сигналів загибелі», до таких явищ належить фагоцитоз еритроцитів, що старіють).

Апоптоз – явище програмованої клітинної смерті, форма загибелі клітини, яка проявляється зменшенням її розмірів, конденсації і фрагментації хроматину, ущільненням зовнішньої і цитоплазматичної мембран без виходу вмісту клітини у навколишнє середовище.

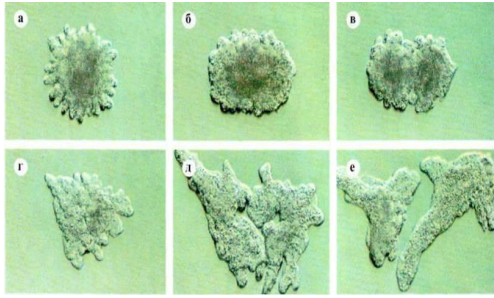
У численних експериментах вчені довели, що програмована загибель є обов'язковою і невід'ємною властивістю будь-якої клітини будь-якого багатоклітинного організму. Щодня приблизно 50% клітин організму піддаються апоптозу, а їхнє місце займають нові. Він може відбуватися від 15 хвилин до двох годин.

Некроз – незапланована загибель клітин, характеризується відмиранням клітин певної тканини (інфаркт міокарда).

Клітинне старіння визначається трьома процесами:

- 1) неможливістю поділу,
- 2) зниженням «працездатності» клітин, які не повинні ділитися, або втратили здатність до поділу,
- 3) а також старінням клітин у наслідок різних генетичних мутацій.

5. Амітоз.



Розмноження амеби:

а - 0 хв; б - 6 хв; в - 8 хв;
г - 13 хв; д - 18 хв; е - 21 хв.

Амітоз - поділ соматичних клітин, який відбувається без спіралізації хромосом і без утворення веретена поділу (відрізняється від мітозу, де відбувається прямий поділ інтерфазного ядра клітини, а згодом і цитоплазми). При амітозі ядро клітини без попередніх структурних змін ділиться на дві або більше частин. При цьому, на відміну від непрямого поділу клітини - каріокінезу, або мітозу, хромосоми з ядерної речовини не утворюються.

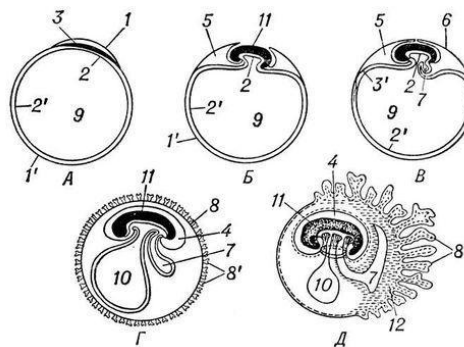
1. Даний тип поділу характерний для «ненормальних» клітин – ракових, старіючих або таких, які заздалегідь приречені на відмирання.
2. У процесі амітозу спостерігається простий розподіл клітини шляхом її перетяжки.
3. При цьому не відбувається жодного процесу, характерного для мітозу.
4. При амітозі ділиться тільки ядро.

Характерний для:

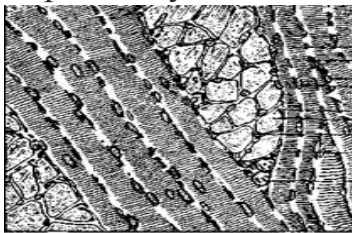
Великі ядра інфузорій



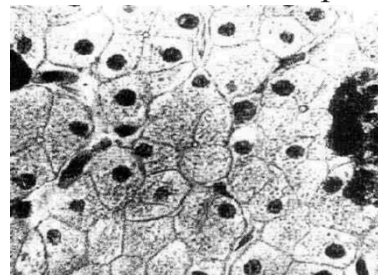
Оболонки зародків ссавців

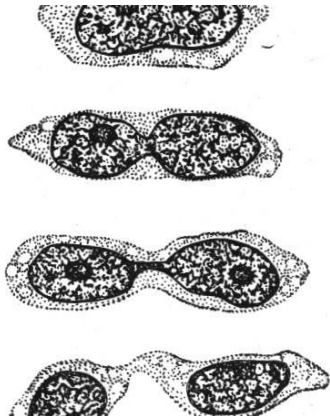


Ядра посмугованих м'язових волокон

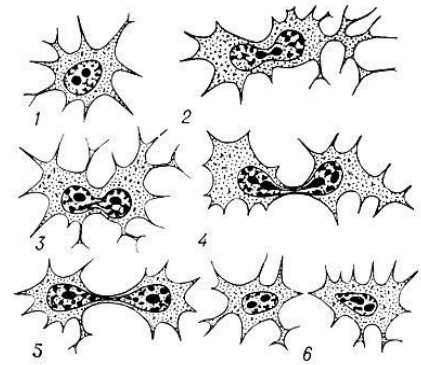


Клітини печінки та рогівки ока





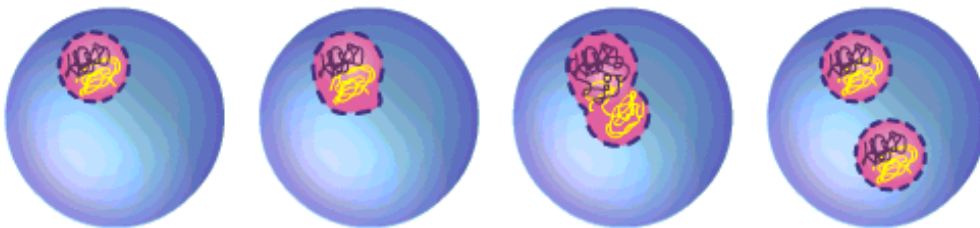
Під час амітозу ядерце видовжується і перешнуровується, а потім витягується і ядро. У деяких випадках у ядрі виникає перегородка, що ділить його на дві частини. Поділ ядра іноді супроводжується поділом цитоплазми.



Після поділу ядра починає ділитися протопласт і вся клітина на дві частини, але в тих випадках, коли спостерігається дроблення ядра на декілька частин, утворюються багатоядерні клітини. При амітозі не відбувається рівномірного розподілу речовини ядра між дочірніми ядрами, тобто не забезпечується їх біологічна рівномірність. Однак утворені клітини не втрачають своєї структурної організації і життєдіяльності.

Розрізняють кілька форм амітозу:

- 1) рівномірний, коли утворюється два рівних ядра;
- 2) нерівномірний, коли утворюються нерівні ядра;
- 3) фрагментаційний, коли ядро розпадається на багато дрібних ядер однакової або різної величини.



Довгий час в науці існувала думка, що амітоз - це патологічне явище, яке властиве лише патологічно зміненим клітинам. Проте останні дослідження не підтверджують цієї точки зору. Багатьма дослідженнями доведено, що амітоз спостерігається і в молодих нормально розвинутих клітинах.