

Лекція № 22 .

Тема: Репродукція як механізм забезпечення безперервності існування видів. Клітинний цикл. Ріст і розвиток клітин. Старіння та смерть клітин.

План:

1. З історії відкриттів.
2. Репродукція як ознака живого.
3. Репродукція та еволюція.
4. Клітинний цикл.
5. Типи поділу клітин.
6. Ріст та розвиток клітин.
7. Загибель клітин.

Хід лекції:

1. З історії відкриттів.

Проблеми репродукції та онкологічних захворювань людини, становлення та розвиток трансплантології неможливо було розв'язати без успіхів молекулярної біології та біології розвитку.

Розвиток молекулярної біології пов'язаний з винаходом методу визначення нуклеотидної послідовності ДНК, за який американський учений Вільям Гілберт й англієць Фредерік Сенгер у 1980 р. отримали Нобелівську премію з хімії. Це привело до нових відкриттів у галузі досліджень будови й функціонування генів. На початок ХХІ ст. було отримано дані про первинну структуру всієї ДНК людини й низки інших організмів, найбільш важливих для медицини, сільського господарства та наукових досліджень.

У 2003 році було повідомлено про майже повне розшифрування структури ДНК людини. Нерозшифрованою залишалася лише перша хромосома, найбільша з-поміж усіх. 1 травня 2006 року дослідники Інституту Сенгера – геномного дослідницького центру в Англії – разом з американськими колегами оголосили про закінчення етапу роботи з розшифрування повного геному людини.

Першу хромосому утворюють майже 250 млн пар нуклеотидів (близько 8% від геному людини). У ній записано інформацію про 2000 генів. Це майже 10 % від усього генотипу людини.

Велику кількість відкриттів було зроблено й у галузі біології розвитку. У 1898 р. професор Київського університету Св. Володимира Сергій Гаврилович Навашин відкрив подвійне запліднення в рослин. У ХХ ст. Нобелівською премією відзначено кількох видатних науковців: Ханс Шпеман розкрив механізм індукції розвитку одних частин ембріона іншими (1935 р.), Стенлі Коен та Рита Леві-Монтальчіні виявили ростові чинники – речовини, що регулюють ріст і розвиток різних частин організму (1986 р.), Едвард Льюїс, Крістіана Ньюслейн-Фольхард та Ерік Вішаус розкрили механізми генетичної регуляції ембріогенезу (1995 р.).

2. Репродукція як ознака живого.

Здатність до самовідтворення або репродукції є однією з ключових властивостей життя. Вона властива не лише живим системам, проте ці системи мають унікальні, притаманні виключно живому механізми самовідтворення.

Репродукція як ознака живого. Здатність до репродукції виявляється на всіх рівнях організації живого. На молекулярному рівні вона забезпечена механізмами реплікації нуклеїнових кислот і пов'язаним із цим синтезом білків. Ключову роль у цьому відіграє принцип комплементарності. На основі інформації, записаної в ДНК, синтезуються молекули РНК та білки. Деякі ферменти забезпечують процес подвоєння молекул ДНК – реплікацію. Інші білки беруть участь у клітинному поділі, забезпечуючи передавання молекул ДНК дочірнім клітинам, у результаті чого цикл молекулярної репродукції замикається.

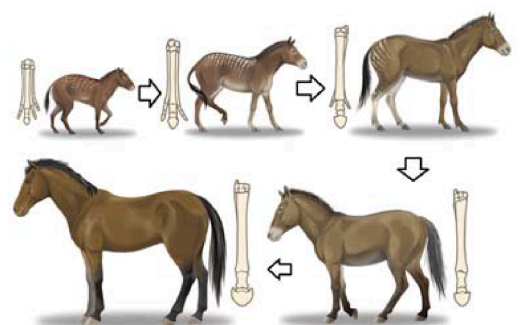
На клітинному рівні основою самовідтворення є процес поділу. Ви пам'ятаєте, що утворення нових клітин відбувається лише шляхом поділу наявних. Клітинний поділ безпосередньо пов'язаний з описаними вище молекулярними процесами, адже йому завжди передують подвоєння генетичного матеріалу. На організмовому рівні репродукція пов'язана з утворенням нових організмів у процесі розмноження. У багатьох видів розмноження відбувається статевим шляхом, тобто пов'язано з обміном між різними організмами генетичною інформацією за допомогою спеціалізованих статевих клітин. Важливим наслідком цього є формування описаної раніше комбінативної мінливості. Альтернативою є нестатеве розмноження, зокрема вегетативне (за допомогою частин організму).

У цьому випадку організми наступного покоління будуть мати генотип, ідентичний батьківському. Значення репродукції організмів полягає в підтримці чисельності популяцій, що є важливим для підтримки їхньої стійкості та існування видів загалом. Стійкість популяцій забезпечує стійкість екосистем, до складу яких вони входять. Відтак репродукція організмів є неодмінною складовою та запорукою тривалого існування життя.

3. Репродукція та еволюція.

Репродукція забезпечує відтворення та підтримку живих систем. Проте не треба розуміти цей процес лише як копіювання наявних форм. За змін умов існування живі форми також змінюються, адаптуючись під них. Механізмом цього є природний добір, матеріалом для якого є спадкова мінливість, зокрема мутаційна. Шляхом накопичення з покоління в покоління змін організми можуть стати настільки відмінними від вихідної форми, що ми починаємо розглядати їх як різні види. Такі зміни відбуваються дуже поступово, їх можна побачити лише на великих часових проміжках.

Варто наголосити, що не існує дискретних моментів, коли один вид перестає бути ним і стає іншим. Учені детально дослідили становлення багатьох груп організмів, зокрема і нашого біологічного виду – Людина розумна, що ви вивчали у минулому році. Зібравши разом наявні відомості



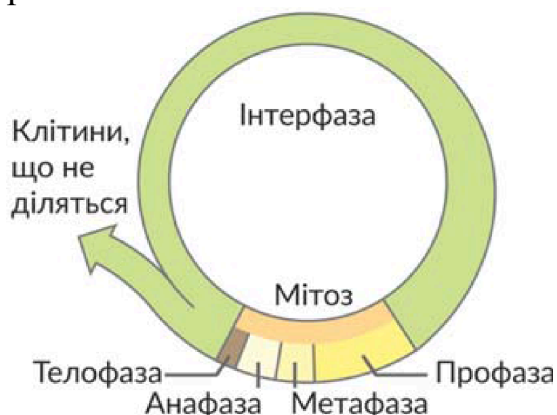
про еволюційні зміни, науковці здатні реконструювати процес поступових змін живих форм – від сучасних форм до спільних предків різних груп, ніби «прокручуючи назад» еволюційний процес, спостерігаючи процес переходу одних видів у інші в оберненому напрямку. У результаті такого аналізу сформовано уявлення про останнього універсального спільного предка сучасних організмів, який існував 3,5–3,8 млрд років тому.

4. Клітинний цикл.

Ви вже знаєте, що розмноження та ріст організмів зумовлені поділом клітин. Клітинний цикл – період існування клітини від початку одного поділу до наступного або від початку останнього поділу клітини до її смерті.

Клітинний цикл охоплює власне поділ та інтерфазу – період від утворення клітини до початку наступного поділу. В інтерфазі виокремлюють три періоди – пресинтетичний, синтетичний та постсинтетичний. Найтриваліший період – пресинтетичний, під час якого клітини ростуть, утворюють потрібні для життєдіяльності речовини, запасують енергію. У цей період збільшується кількість органел клітин.

Важливим є синтетичний період, під час якого утворюються копії молекул ДНК клітини, тобто відбувається реплікація. У постсинтетичний період тривають накопичення енергії, синтез РНК й білків. Періоди, з яких складається інтерфаза, тривають до 90 % часу всього клітинного циклу.

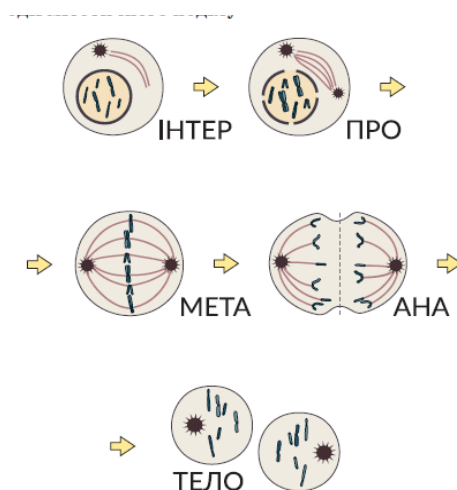


5. Типи поділу клітин.

Існують два головні типи клітинного поділу – мітоз та мейоз.

Мітоз – це спосіб поділу еукаріотичних клітин, за якого з однієї материнської клітини утворюються дві дочірні, що є її генетичними копіями. Він має чотири фази. Існує кілька варіацій цього процесу. Ми розглянемо найтипівішу для тварин.

Профаза. Починає конденсуватися хроматин, формуються Х-подібні хромосоми. Центріолі клітинного центру починають розходитися до протилежних полюсів клітини; формується веретено поділу. Ядерна оболонка розпадається на дрібні мембранні пухирці, зникають ядерця. **Метафаза.** Унаслідок формування веретена поділу кожна хромосома розташовується на однаковій відстані від клітинних центрів, тобто в серединній, «екваторіальній» площині клітини. **Анафаза.** Ця фаза є найкоротшою. Парні хроматиди, що утворюють хромосому, розділяються й починають рухатися за допомогою мікротрубочок веретена поділу до різних полюсів клітини. Оскільки хроматиди утворені однаковими молекулами ДНК, до кожного



полюса клітини прямує по одній копії кожної молекули ДНК материнської клітини. Телофаза. У заключній фазі дочірні хромосоми, що складаються з однієї хроматиди, досягають двох полюсів клітини. Навколо них формується ядерна оболонка. Далі відбувається поділ цитоплазми та формування двох нових клітин.

Біологічне значення мітозу полягає в точному передаванні спадкової інформації від материнської клітини дочірнім. Це основний спосіб збільшення кількості клітин у багатоклітинних організмах.

Мейоз – тип клітинного поділу, за якого вдвічі зменшується число хромосом (кількість молекул ДНК). Унаслідок мейозу з диплоїдної клітини утворюються гаплоїдні клітини. На відміну від мітозу, мейоз передбачає не один, а два послідовні поділи клітини. В інтерфазі, що передує початку мейозу, як і у випадку мітозу, відбувається реплікація, тобто клітина вступає в мейоз із удвічі збільшеним набором ДНК. Кожен поділ мейозу має чотири фази, які є подібними до мітотичних, але мають низку відмінностей.

Перший поділ мейозу. Профаза I. Конденсується хроматин, формуються X-подібні хромосоми, формується веретено поділу, руйнується ядерна оболонка. Важливою відмінністю профазы I є процес, який називають **кросинговером**.

Гомологічні хромосоми наближаються одна до одної, після чого відбувається обмін подібними ділянками. Після кросинговеру гомологічні хромосоми з'єднані попарно. Метафаза I. В екваторіальній площині клітини розташовуються утворені в профазі I пари гомологічних хромосом. Анафаза I. На відміну від мітозу, до полюсів поділу розходяться не хроматиди, а цілі хромосоми. Телофаза I. Хромосоми досягають двох полюсів клітини, навколо них, як у мітозі, формується ядерна оболонка. Відбувається поділ цитоплазми й формуються дві нові клітини.

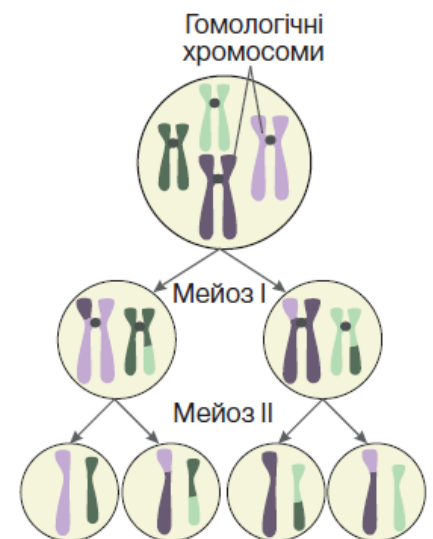
Другий поділ мейозу. Після завершення першого поділу дочірні клітини перебувають у короткому періоді спокою, після якого починається другий поділ. Важливим є те, що в цей час молекули ДНК не подвоюються. Другий поділ відбувається аналогічно мітозу. У результаті описаних процесів формуються чотири клітини з одинарним гаплоїдним набором хромосом.

Біологічне значення мейозу полягає в зменшенні числа хромосом клітини, що необхідно для утворення статевих клітин. Рекомбінація ДНК під час кросинговеру урізноманітнює комбінації генів, що є одним з механізмів формування комбінативної мінливості.

6. Ріст та розвиток клітин.

В одноклітинних організмів термін існування окремого організму збігається з клітинним циклом. У багатоклітинних організмів ситуація складніша. Кожен організм починає своє існування зі стадії однієї клітини – зиготи, що утворюється в результаті запліднення. Нащадки цієї клітини утворюють різноманіття клітин різного

Рис. 211. Основні події мейозу



типу, що можуть входити до складу організмів. Наприклад, організм дорослої людини складається з $3,0-3,7 \times 10^{13}$ клітин, які залежно від особливостей будови та функціонування поділяються на більш ніж 200 типів. Формування клітин того чи іншого клітинного типу називають **диференціацією**.

Цей процес має генетичне підґрунтя: він пов'язаний з вибірковою активацією одних генів та інактивацією інших. Регуляція диференціації відбувається за допомогою різноманітних регуляторних сполук – факторів росту, гормонів тощо. Вони ж впливають на інтенсивність росту та поділу клітин.

У багатоклітинному організмі не всі клітини здатні до поділу, частина з них зупиняється на стадії G1 і в цьому стані виконує свої функції. Оскільки клітини під час функціонування можуть накопичувати помилки та пошкодження, їхнє функціонування обмежено в часі. Деякі клітини оновлюються часто, наприклад, термін існування клітини епітелію кишечника людини становить 2–3 дні. Деякі ж існують до смерті організму, наприклад, більшість нейронів.

7. Загибель клітин.

Іноді для розвитку організмів необхідна загибель певних клітин, зокрема, у такий спосіб у людини під час ембріонального розвитку формуються проміжки між пальцями кінцівок, а в пуголовків руйнується хвіст. Таку програмовану смерть клітин називають **апоптозом** (від гр. *απόπτωσης* – опадання, листопад). Деякі старі клітини також руйнуються шляхом апоптозу. Імунні клітини можуть запускати апоптоз інших клітин у разі, якщо ідентифікують наявність у них мутацій. В середньому в організмі дорослої людини щодня від 50 до 70 млрд. клітин гине шляхом апоптозу. У разі порушення цього процесу клітини, які мали загинути, можуть давати початок раковим пухлинам.

Цікаво, що онкогенна трансформація клітин може супроводжуватися втратою їхньої здатності до старіння та загибелі. Наприклад, лінія клітин HeLa, що їх часто використовують у лабораторних дослідженнях, отримана з ракової пухлини 1951 року. Усі клітини цієї лінії, використовувані в лабораторіях усього світу, є потомками вихідної клітинної колонії.

Контрольні запитання:

1. Дайте означення поняття репродукція.
2. Поясніть механізми, які уможливають репродукцію на різних рівнях живого.
3. Поясніть взаємозв'язок репродукції з еволюційними процесами.
4. Запропонуйте аргументи на підтвердження думки щодо репродукції як механізму забезпечення безперервності існування виду.
5. Дайте означення понять клітинний цикл, мітоз, мейоз.
6. Порівняйте способи поділу клітин.
7. Поясніть біологічне значення мітозу та мейозу.
8. У яких випадках загибель клітин є нормальною, а в яких ні?

Література:

1. Андерсон О. А. та ін. Біологія і екологія: підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти: рівень стандарту/О.А. Андерсон, М. А. Вихренко, А. О. Чернінський. – К. : Школяр, 2018. – 180-186 стор.