

Лекція №4. Клітина як цілісна система

1. Ділення прокариотичних клітин.
2. Ядро. Будова і функції ядра клітин еукаріотів.
3. Клітинний цикл еукаріотичних клітин. Механізми відтворення і загибелі клітин.
4. Мітоз. Мейоз.
5. Клітина – елементарна цілісна жива система. Стовбурові клітини. Взаємодія клітин.
6. Поняття про одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми. Регуляція життєвих функцій організмів.

1. Ділення прокариотичних клітин.

Здатність до розмноження, тобто до утворення нових поколінь особин того ж виду, – одна з основних особливостей живих організмів. У процесі розмноження відбувається передача генетичного матеріалу від одного покоління до наступного, що забезпечує виживання даного виду протягом тривалих періодів часу, незважаючи на загибель окремих представників. Існує два основних типи розмноження – безстатеве і статеве.

Безстатеве розмноження відбувається без утворення гамет, у ньому бере участь лише один організм. При безстатевому розмноженні утворюються генетично ідентичні нащадки, а єдиним джерелом генетичної мінливості є випадкові мутації. При статевому розмноженні відбувається злиття двох гамет з утворенням зиготи, з якої розвивається новий організм. Статеве розмноження веде до генетичної мінливості. Підвищення мінливості може бути досягнуто шляхом змішування генів двох різних особин – генетичної рекомбінації, яка є складовою і важливою особливістю статевого розмноження.

Життєвий цикл клітини прокариотів представлений у вигляді всього двох фаз, що не мають чітких меж і послідовно змінюють одна одну — фаза «росту» і фаза «поділу». Після ж досягнення певних (критичних) розмірів клітина піддається поділу. Поділ прокариотичної клітини складається з двох взаємопов'язаних етапів:

- подвоєння і поділу спадкового матеріалу;
- поділ цитоплазми.

Поділ прокариотичних клітин є простішим і відбувається набагато швидше, ніж поділ еукаріотичних клітин. Під час цього процесу не відбувається ущільнення хромосом. Кільцева молекула ДНК нуклеоїда перед поділом подвоюється. Потім обидві молекули ДНК прикріплюються до протилежних сторін клітинної мембрани. Далі відбувається процес цитокінезу (поділу цитоплазми) шляхом формування нової мембрани і клітинної стінки. Для переважної більшості прокариот характерний бінарний поділ, при якому вихідна батьківська клітина дає початок двом однаковим дочірнім клітинам і сама таким чином зникає.

Іншим варіантом поділу клітин є брунькування, що представляє собою нерівнозначний бінарний поділ. При цьому батьківська клітина дає початок дочірній

клітині, клітинна стінка якої цілком утворюється заново. В результаті між двома подібними клітинами (старою батьківською і новою дочірньою) виявляються як фізіологічні, так і морфологічні відмінності. Зокрема, дочірні клітини краще пристосовуються до мінливих умов, а у батьківських можна спостерігати процес старіння.

Під час кон'югації дві клітини обмінюються спадковою інформацією (у вигляді фрагментів молекули ДНК) через цитоплазматичний місток, що на певний час утворюється між ними. Біологічне значення кон'югації полягає в обміні спадковим матеріалом між особинами, що сприяє комбінативній мінливості.

2. Ядро. Будова і функції ядра клітин еукаріотів.

Ядро — неодмінний компонент еукаріотичних клітин. Лише деякі з них втрачають ядро під час свого розвитку (еритроцити більшості ссавців, ситоподібні трубки рослин). Більшість клітин має тільки одне ядро (*однойдерні*), але є й такі, що мають два (інфузорії) — *генеративне* (забезпечує зберігання й передавання спадкової інформації) та *вегетативне* — або багато ядер (багатовядерні) — форамініфери, деякі водорості та гриби, клітини печінки й мозку людини. Кожному типу клітин властиве постійне співвідношення між об'ємом ядра й цитоплазми (*ядерно-цитоплазматичне співвідношення*), тобто ядро певного розміру може забезпечувати спадковою інформацією відповідний об'єм цитоплазми, завдяки чому відбувається біосинтез білків.

Форма ядра залежить переважно від форми й розмірів клітини. Здебільшого воно має кулясту або еліпсоподібну форму, рідше — неправильну (наприклад, наявність у лейкоцитів відростків, лопатей тощо). Форма ядра може змінюватися з віком клітини й залежить від її функціонального стану. Звичайно ядро займає близько 1/3 клітини. Розміри його можуть варіювати від 1 мкм (в одноклітинних) до 1 мм (у яйцеклітинах риб і земноводних).

Ядро складається з ядерної оболонки, хроматину, ядерця та каріоплазми. Ядра всіх еукаріотичних клітин оточені оболонкою — *нуклеоломою*. Вона складається з 2 біологічних мембран — зовнішньої і внутрішньої, відокремлених *перинуклеарним простором* шириною 20-60 нм. Ядерна оболонка не є суцільною. Її характерними структурами є специфічні отвори — *ядерні пори*. Пори утворюються за рахунок злиття двох ядерних мембран і є округлими наскрізними перфораціями діаметром 80-90 нм. Їх заповнюють складноорганізовані глобулярні та фібрилярні структури, які разом з мембранною перфорацією утворюють т.зв. *поросому*.

Хроматин — це основна структура інтерфазного ядра, яка обумовлює специфічний для кожного типу клітин хроматиновий малюнок ядра. Цей малюнок є ніби власною печаткою клітини, яка дає змогу розпізнавати різні види клітин. Хроматин є структурним аналогом хромосом, які можна побачити лише при перебігу мітозу. Хімічний склад хроматину такий же, як і у хромосом: основою є молекула ДНК, що оточує білки-гістони. Крім того, в хроматині виявлено невелику кількість РНК.

Розрізняють два види хроматину: *гетерохроматин* і *еухроматин*. Гетерохроматин відповідає конденсованим ділянкам хромосом у інтерфазі, він є функціонально неактивним. Такий хроматин добре забарвлюється і його можна побачити на гістологічному препараті. Еухроматин відповідає деконденсованим в інтерфазі ділянкам хромосом. Це робочий, функціонально активний хроматин, який не забарвлюється, його не видно на гістологічному препараті. Під час мітозу увесь хроматин конденсується і включається до складу хромосом.

Ядерце – це найщільніша структура ядра. Форма – сферична, розмір 1-5 мкм. У ньому наявна велика кількість РНК, концентрація якої тут у 2-8 разів вища, ніж у ядрі, і в 2-3 рази перевищує концентрацію у цитоплазмі. Ядерце – це не самостійна структура, а похідне хромосом, що містять так звані ядерцеві організатори, розташовані у зонах вторинних перетяжок. Ядерце – це місце утворення рибосомних РНК і субодиниць рибосом. ДНК ядерцевого організатора складається із множинних копій генів рРНК: на кожному з них синтезується попередник рРНК, який у зоні ядерця зв'язується з білком; так утворюються субодиниці рибосом. Субмікроскопічна будова ядерця характеризується наявністю двох основних структур: гранул діаметром 15-20 нм і фібрил товщиною 6-8 нм.

Каріоплазма — внутрішній вміст ядра, в якому розміщені всі інші його компоненти: ядерця, хроматин, різноманітні гранули. За властивостями і будовою каріоплазма нагадує цитоплазму. У ній є білкові фібрили 2—3 нм завтовшки, які формують внутрішній скелет ядра, що сполучає ядерця, нитки хроматину, ядерні пори тощо.

Ядро є центром керування життєвими процесами клітини — обміном речовин, рухом, розмноженням. В ядрі зосереджена основна маса ДНК, яка є носієм спадкової (генетичної) інформації. При поділі клітини ядро здійснює передавання інформації дочірнім клітинам. Тривалість життя клітин без ядра (наприклад, еритроцитів людини) порівняно коротка, вони не здатні до подальшого поділу та відновлення своєї цілісності у разі пошкодження.

Найважливіша роль у поділі клітини належить хромосомам.

Хромосоми – це щільні тільця, які мають форму паличок або ниток, діаметром 0,2-2 мкм і довжиною у людини 1,5-10 мкм, які добре забарвлюються основними барвниками і видимі в ядрі клітини під час мітотичного поділу. Хромосоми не зникають після завершення мітозу, а існують в ядрі і під час інтерфазу, але завдяки деконденсації набувають іншого вигляду і невидимі як окремі тільця. В основі як інтерфазних, так і мітотичних хромосом лежать молекули дезоксирибонуклеопротейнів – ДНП.

Морфологію мітотичних хромосом найзручніше вивчати в метафазі і на початку анафази, коли вони найбільш конденсовані. Кожна хромосома складається з двох хроматид. У кожній хромосомі можна помітити звужену ділянку – *первинну перетяжку* або *центромеру*, яка поділяє хромосому на два плеча. Хромосоми, які мають плечі рівної довжини наз. *метацентричними*. Якщо одне плече коротше, хромосома має назву *субметацентричної*. Третій різновид хромосом має центромеру

розташовану майже на кінці. Вона відокремлює коротке, часто малопомітне плече – це так звані *акроцентричні* хромосоми.

Деякі хромосоми мають також вторинні перетяжки, які локалізовані поблизу одного з кінців хромосом і відокремлюють так званий *супутник хромосоми*. Вторинні перетяжки ще називають *ядерцевими організаторами*, оскільки саме на цих ділянках на початку інтерфази утворюється ядро. Ділянки хромосом, розташовані поблизу первинної перетяжки, мають назву *прицентромерних*. Вони є зонами активної рекомбінації генів. Кінцеві ділянки хромосом називають *теломерами*. Вони містять послідовності нуклеотидів, що повторюються. Теломери запобігають розпаду хромосом або їх злиттю з іншими хромосомами. Після кожного поділу клітини довжина теломерних ділянок зменшується. Тому теломери є важливими регуляторами тривалості життя клітини і організму в цілому.

Кожний вид рослинних і тваринних організмів має специфічну кількість, розміри і будову хромосом. Сукупність цих ознак хромосомного набору наз. *каріотипом*. Каріотип людини характеризується наявністю 23 пар хромосом, серед яких 22 пари аутосом і одна пара статевих хромосом. Серед статевих хромосом (гоносом) розрізняють X та Y-хромосоми. Число хромосомних наборів в клітині позначають терміном *плоїдність* і буквою *n*. Соматичні клітини містять подвійний або *диплоїдний* набір хромосом ($2n$), статеві клітини – одинарний або *гаплоїдний* набір хромосом (n). Якщо клітина має $3n$ -набір хромосом, то вона триплоїдна, якщо $4n$ – тетраплоїдна тощо. Велике число хромосомних наборів позначають терміном *поліплоїдія*.

3. Клітинний цикл еукаріотичних клітин. Механізми відтворення і загибелі клітин.

Онтогенез – процес індивідуального розвитку особини від моменту утворення зиготи до кінця життя організму.

Клітинний цикл – це період життя клітини від одного поділу до іншого. Клітинний цикл складається з інтерфази і процесу поділу клітини.

Фази клітинного циклу

Фаза	Події, що відбуваються в клітині
G ₁	Інтенсивні процеси синтезу в клітині. Утворення клітинних органел. Інтенсивний клітинний метаболізм. Ріст клітини. Утворення речовин, що пригнічують чи стимулюють початок наступної фази
S	Реплікація ДНК. Синтезуються білкові молекули гістони, що покривають кожний ланцюг ДНК. Кожна хромосома перетворюється на дві хроматиди. На цій стадії клітина містить чотири копії кожної молекули ДНК, по дві у кожній з гомологічних хромосом ($4n$)
G ₂	Інтенсивні процеси синтезу в клітині. Поділ мітохондрій і хлоропластів. Збільшення запасів енергії. Починається утворення веретена поділу.
M	Поділ ядра, що складається з чотирьох стадій
C	Рівномірний поділ органел і цитоплазми між дочірніми клітинами

У період інтерфази відбувається біосинтез білка, нуклеїнових кислот, ліпідів тощо; подвоюються всі найважливіші структури клітини, подвоюється ДНК (процес займає не всю інтерфазу, а тільки s-період), росте ядро та цитоплазма. Тривалість інтерфази неоднакова. У середньому у рослин, тварини вона дорівнює 10 – 20 годин, але є клітини, які не діляться, інтерфаза в них – кілька років (нервові клітини).

Пресинтетичний період (G_1) починається підготовка клітини до синтезу ДНК. Синтезуються ферменти, необхідні для утворення попередників ДНК, метаболізму РНК і білка. Найдовший період, який триває 10 і більше годин.

Синтетичний період (S). Подвоюється кількість ДНК і, відповідно, число хромосом. Є вузловим у клітинному циклі. Тільки та клітина, яка пройшла цей період, може вступати у мітоз. Тривалість періоду – 6-10 годин.

Постсинтетичний період (G_2). Відбувається синтез РНК і ядерних білків (тубуліни). Тривалість періоду – 3-4 години.

Мітоз або каріокінез. Відбувається ділення ядра.

У випадку, коли клітина взагалі не вступає у поділ, фазу G_1 називають *G_0 -фазою*.

4. Мітоз. Мейоз.

Мітоз (від грецьк. *mitos* – нитка) – основний спосіб поділу еукаріотичних клітин. У результаті кожна з дочірніх клітин отримує такий набір хромосом, який був у материнській клітині. Фази мітозу такі: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

У профазі стають помітні центріолі (у вищих рослин немає). Вони відходять до полюсів клітини, утворюються нитки веретена поділу. В кінці профазі відбувається руйнування ядерної оболонки, зникнення ядерця, спіралізація хромосом (стає помітним, що кожна з них складається з двох хроматид).

У метафазі хромосоми розміщені по центру екваторіальної пластинки; стають помітні центромери хромосом, до яких прикріплюються нитки веретена поділу.

У анафазі центромери хромосом поділяються, і хроматиди (дочірні хромосоми) за допомогою ниток веретена поділу розходяться до полюсів клітини.

Телофаза починається після того, як дочірні хромосоми досягають полюсів клітини. Хромосоми знов деспіралізуються і набувають вигляду довгих тонких ниток.

Навколо хромосом виникає ядерна оболонка, формується ядерце, в якому синтезуються рибосоми. Відбувається поділ цитоплазми, під час якого всі органоїди більш-менш рівномірно розподіляються між дочірніми клітинами.

Значення мітозу

Генетична стабільність. У результаті мітозу виникають два ядра, кожне з яких містить стільки ж хромосом, скільки їх було в батьківському ядрі. Оскільки хромосоми походять від батьківських хромосом точною реплікацією ДНК, їхні гени містять однакову генетичну інформацію. Дочірні клітини ідентичні батьківській клітині, так що ніяких змін у генетичну інформацію мітоз внести не може. Тому популяції клітин (клони), що походять від тих самих батьківських клітин, генетично стабільні.

Тривалість мітозу. Весь процес мітозу в тваринних клітинах займає від 0,5 до 2 годин залежно від типу клітин, у тому числі профаза продовжується 20–60 хв.,

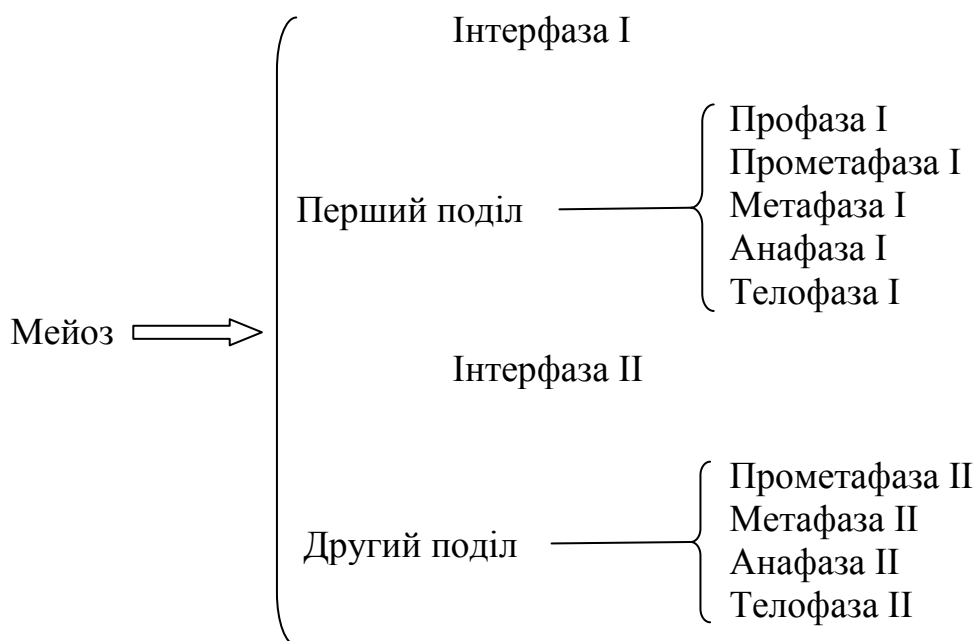
метафаза — 2–15 хв., анафаза — 2–14 хв., телофаза — 9–35 хв. У холонокровних тварин і рослин тривалість фаз мітозу дещо більша.

Мейоз (від грецьк. *meiosis* — зменшення) — форма поділу ядра, що супроводжується зменшенням кількості хромосом від диплоїдного ($2n$) до гаплоїдного (n), тому мейоз називається ще редукційним поділом.

Як і при мітозі, під час інтерфази відбувається реплікація ДНК у батьківській клітині, однак за цим відбуваються два цикли поділу ядра і поділу клітин, відомі як перший поділ мейозу (мейоз I) і другий поділ мейозу (мейоз II). Отже, одна диплоїдна клітина дає початок чотирьом гаплоїдним клітинам.

Мейоз відбувається при утворенні спермій і яйцеклітин (гаметогенез) у тварин і при утворенні спор у рослин та деяких мікроорганізмів. Подібно до мітозу, мейоз — безупинний процес, але його теж можна заради зручності поділити на профазу, метафазу, анафазу і телофазу. Ці стадії відбуваються у процесі першого поділу мейозу і ще раз повторюються у другому.

У результаті мейозу з однієї батьківської клітини утворюються чотири дочірні клітини, кожна з яких містить половину кількості хромосом батьківської клітини. Звичайно батьківська клітина буває диплоїдною, а тому дочірні клітини гаплоїдні.



Біологічне значення мейозу

Забезпечується сталість числа хромосом, яке є специфічним для кожного виду.

Утворюються численні нові комбінації негомологічних хромосом. В диплоїдному наборі вони походять з двох джерел: одна — від батька, друга — від матері. В ході мейозу, в гаметах вони утворюють нові сполучення, число яких дорівнює 2^n , так у дрозофіли 4 пари хромосом, що дає

$$2^4 = 16 \text{ нових сполучень, а у людини — } 2^{23} = 8\,388\,608 \text{ нових сполучень.}$$

В ході кросинговеру також відбувається рекомбінація генетичного матеріалу, коли хромосоми мають такі ділянки, які переходять з материнських до батьківських

хромосом. Отже, досягається ще значніша перекомбінація спадкового матеріалу. Тобто, це ще одна з причин мінливості, яка створює матеріал для добору.

5. Клітина – елементарна цілісна жива система. Стовбурові клітини. Взаємодія клітин.

Клітина складається з великої кількості чітко упорядкованих різноманітних молекул. Молекулярні комплекси утворюють органели, які є складовою частиною клітинної системи. Внутрішній простір клітини поділено мембранами на відсіки (компарменти), де відбуваються тільки специфічні для цього простору реакції. Таким чином, клітина є складною системою макромолекул кількох рівнів організації. Це цілісна неподільна система, в якій можна виділити ряд підсистем, відповідальних за специфічні функції: мембрани, цитозоль, ядро, мітохондрії тощо. Клітинні органели структурно і функціонально зв'язані між собою. Життєдіяльність клітин може здійснюватися тільки за умов скоординованого зв'язку між ними.

Клітина є відкритою системою, тому що вона не ізольована від зовнішнього середовища. Для життя та функціонування клітинам необхідно постійно взаємодіяти з навколишнім середовищем. Зокрема, між середовищем і клітинами постійно відбувається обмін речовиною, енергією й інформацією. Ці процеси забезпечують упорядкований у часі та просторі, координований перебіг усіх метаболічних і фізіологічних процесів.

Обмін речовиною. Між середовищем і клітинами (як відкритими системами) відбувається обмін молекулами. Клітина вибірково поглинає необхідні і виводить непотрібні їй речовини. Потік речовин зв'язаний насамперед із метаболізмом клітин, що являє собою єдність асиміляції і дисиміляції.

Обмін енергією. У клітину разом з органічними речовинами надходить енергія, акумульована в хімічних зв'язках між молекулами й атомами, яка потім звільняється і перетворюється в АТФ. Енергія необхідна для підтримки стабільності клітинної системи: забезпечення структури, гомеостазу, метаболізму і функцій. Обмін енергією в групах організмів забезпечується різними процесами: гліколізом, фотосинтезом, хемосинтезом, диханням. Для тварин основним є процес дихання. Як відомо, енергетичним матеріалом у клітині є молекула АТФ. Вона накопичує енергію, вільно переміщується в клітині й віддає енергію для здійснення ендотермічних процесів. АТФ утворюється в результаті приєднання до АДФ третьої фосфатної групи. Процеси утворення АТФ відбуваються на внутрішній мембрані мітохондрій, яка містить спеціальні ферменти – АТФ-синтетази.

Обмін інформацією.

1. Клітина сприймає зміни в навколишньому середовищі (сигнали) і здатна на них адекватно реагувати. Завдяки цьому клітина може пристосовуватися до мінливих умов існування. Це забезпечується утворенням нових, потрібних у даних умовах ферментів та інших макромолекул.

2. Спадкова інформація зберігається в молекулах ДНК у вигляді генетичного коду – послідовності триплетів нуклеотидів. Інформація переписується з ДНК на молекули

РНК, що забезпечують синтез необхідних структурних білків і ферментів. Утворені білки причетні до появи певних властивостей клітини. Іншими словами, потік інформації в клітині спрямований від ДНК до ознаки:

ДНК => РНК => білок => ознака

3. Ще один інформаційний потік направлений від ДНК однієї клітини до ДНК дочірньої клітини. Цей потік пов'язаний із процесом розмноження. Він реалізується реплікацією молекул ДНК материнської клітини, утворенням хромосом, процесом рівномірного розподілу спадкового матеріалу між дочірніми клітинами (мітозом):

**ДНК => 2 дочірні ДНК =>
=> дві дочірні клітини**

Цей потік інформації забезпечує відтворення і тривале існування популяцій клітин. Таким чином, життя клітин підтримується завдяки постійним потокам речовин, енергії й інформації.

Стовбурові клітини – неспеціалізовані клітини, здатні до необмеженого поділу, що дають початок новим клітинам при формуванні тканин і в процесі їхнього відновлення. У 1999 р. журнал «Science» визнав відкриття стовбурових клітин третьою за значимістю подією в біології після розшифровки подвійної спіралі ДНК і програми «Геном людини». Стовбурові клітини посідають центральне місце в клітинному гомеостазі організму насамперед тому, що їхньою основною функцією є заповнення природної втрати клітин, що виконують спеціалізовані функції. Відповідно до найбільш прийнятої характеристики, стовбурові клітини — це особлива група недиференційованих клітин, що мають дві фундаментальні властивості: здатність до самовідновлення і до диференціювання в спеціалізовані тканини. Крім того, до основних властивостей клітин можна віднести значний проліферативний потенціал, що дозволяє їм багаторазово ділитися і зберігатися як популяція протягом, як правило, усього життя організму. Однією з важливих властивостей є те, що вони не мають ніяких тканинспецифічних структур, що дозволили б їм виконувати спеціалізовані функції. Стовбура клітина не може як, напр. клітина серцевого м'яза, взаємодіяти з іншими клітинами, щоб доставляти кров до судин, не може переносити молекули кисню, як еритроцити; вона не здатна проводити електрохімічні сигнали подібно нейронам та ін.

Все наше життя стовбурові клітини є ніби «резервуаром» будівельного матеріалу для будь-якого органа нашого організму. Таким чином, залежно від етапу індивідуального розвитку організму виділяють ембріональні і дорослого організму (регіональні або соматичні).

На сьогодні проведено багато експериментів, які вказують на доцільність застосування стовбурових клітин у медицині та фармації, зокрема для корекції багатьох патологічних станів організму людини. Лікування за допомогою стовбурових клітин і тканин, а також біологічно активних речовин, що ними виділяються, називається *клітинною терапією*.

За допомогою клітинної терапії піддаються лікуванню або корекції такі захворювання, як цукровий діабет, атеросклероз, ішемічна хвороба серця, хронічні захворювання суглобів, застарілі травми, гепатити та цирози печінки, аутоімунні захворювання, хвороби Альцгеймера і Паркінсона, синдром хронічної втоми та ін. Завдяки стовбуровим клітинам ефективно загоюються опіки, рани, виразки та рубці шкіри, відбувається реабілітація після інсультів і черепно-мозкових травм, проводиться комплексна програма регенерації і мезотерапія різних частин тіла. У косметології можуть застосовуватися для корекції вікових змін шкіри обличчя, лікування шкірних захворювань, для усунення рубців на шкірі, при випадінні волосся. Однак існують серйозні перешкоди, які пов'язані з вирішенням багатьох етичних і наукових проблем. По-перше, є багато труднощів при одержанні та вирощуванні стовбурових клітин, що підходять конкретному хворому організму. По-друге, деякі експерименти проведено на тваринах, а який ефект подібної дії буде спостерігатися в організмі людини, поки що не визначено. По-третє, до кінця ще не встановлені негативні побічні ефекти і реакція організму людини через тривалий час після клітинної терапії. Крім того, потрібно вирішити ще багато етичних та юридичних проблеми щодо застосування стовбурових клітин в медицині, фармації та косметології, в тому числі й в Україні.

6. Поняття про одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми. Регуляція життєвих функцій організмів.

Організм — де жива система, яка самостійно взаємодіє з навколишнім природним середовищем. Розрізняють одно-, багатоклітинні та колоніальні організми.

Одноклітинні організми бувають прокаріотичні й еукаріотичні. Способи життя у них різні. В обох групах є автотрофні й гетеротрофні, вільноживучі та паразитичні, одиничні й колоніальні організми. За загальним планом будови і набором органел одноклітинні еукаріоти подібні до клітин багатоклітинних організмів, але функціонально поєднують властивості і клітини, і самостійного організму. Тому клітини одноклітинних організмів (водорості, гриби і тварини) мають більші розміри і велику кількість органел, які іноді характеризуються певними особливостями будови. Серед одноклітинних-є організми з відносно простою (хлорела, амеба) і складною (ацетабулярії, інфузорії) будовою.

До *багатоклітинних* належать більшість рослин, тварин і деякі види грибів. Клітини в тілі цих організмів, спеціалізуючись на виконанні певних функцій, групуються, утворюючи тканини. Робота клітин у тканинах скоординована, вони становлять єдину функціональну структуру. Поява спеціалізованих тканин, органів і систем органів — характерна ознака багатоклітинних.

Тканина — стійкий, тобто закономірно повторюваний, комплекс клітин і неклітинних елементів (міжклітинної речовини), які подібні за походженням, будовою і пристосовані до виконання однієї або кількох функцій. Клітини, з яких складається тканина, характеризуються: морфологічною однорідністю, тобто дуже подібні за будовою; подібністю виконуваної роботи (функції); спільністю походження;

визначеною топографією. У людини і тварин виділяють нервову, сполучну, м'язову і покривну тканини, у рослинних організмів — твірні, епітеліальні (покривні) основні, механічні, провідні та видільні. На відміну від тваринних тканин, у тканин рослин неклітинних елементів майже немає в усіх тканинах, але в рослин між оболонками сусідніх клітин тканини часто є міжклітинники.

У тваринних організмах різні типи тканин диференціюються під час розвитку зародка із різних зародкових листків, у вищих рослин усі тканини беруть початок від твірної (меристеми). Для виконання певних функцій тканини об'єднуються в органи, а органи — в системи органів.

Орган — це частина багатоклітинного організму, яка виконує конкретну функцію або групу тісно пов'язаних функцій, має певну будову і складається із закономірно складеного комплексу тканин. Проте в кожному органі переважає якийсь один тип тканини. Наприклад, серце містить усі види тканин (епітеліальну, м'язову, сполучну, нервову), але в ньому переважає м'язова тканина, у мозку — нервова, у шкірі — епітеліальна. Орган може виконувати одну функцію чи кілька функцій самостійно або в складі системи органів (система).

У процесі розвитку в організмі людини й вищих тварин багато органів функціонально доповнюють один одного, формуючи *фізіологічні системи* органів, діяльність яких спрямована на виконання спільної функції. Органи, що утворюють ту чи іншу систему, розвиваються зі спільного зародка, виконують одну функцію й топографічно поєднані між собою. В організмі людини і багатьох тварин розрізняють такі системи органів: апарат руху (кісткова, м'язова системи, система з'єднання кісток), травну, нервову, ендокринну (залози внутрішньої секреції), дихання, серцево-судинну (кровоносна й лімфатична), сечову, статеву та систему органів чуття.

Органи й системи органів в організмі взаємопов'язані і працюють спільно, тобто корисний для організму результат досягається тимчасовим поєднанням їх. Таке тимчасове поєднання органів і систем називають *функціональною системою*. Скажімо, швидкий біг забезпечується функціональною системою, до якої входить багато різних органів та їх систем: нервова система, органи руху, дихання, кровообігу, потовиділення та ін.

Отже, багатоклітинний організм має дуже складну будову: він складається із систем органів, кожна система органів — із різних органів, кожний орган — із кількох тканин, тканина — з багатьох подібних клітин і міжклітинної речовини.

Колоніальними є організми, в яких особини дочірніх поколінь за безстатевого розмноження (брунькування) залишаються поєднаними з материнським організмом, утворюючи більш-менш складне поєднання — *колонію*. Трапляються переважно серед одноклітинних водоростей, губок, кишковопорожнинних.

Регуляція життєвих функцій організмів. Нервова і гуморальна регуляції у тварин та їх взаємозв'язок. У процесі життєдіяльності в організмі одночасно відбуваються численні фізіологічні процеси, які забезпечують виконання життєво важливих функцій та пристосування до мінливих умов середовища. Всі ці процеси чітко скоординовані між собою. Така досконала координація функцій є наслідком саморегуляції.

Саморегуляція функцій організмів здійснюється за принципом зворотного зв'язку за участю нервової, ендокринної та імунної систем, які діють одночасно і взаємозалежно. У складному організмі не може бути єдиного центру, який би переробляв усю необхідну для узгодженої дії його частин інформацію. Натомість розвиваються кілька керуючих систем, кожна з яких виконує певні завдання. Взаємодія цих систем і забезпечує злагоджену роботу організму. Наприклад, у ссавців гіпоталамус керує роботою гіпофіза, який, у свою чергу, регулює активність усіх ендокринних залоз, а через тимус (вилочкову залозу) — керує також імунною системою. Гормони, що продукуються ендокринною системою, і регулятори, що виробляються імунною системою, впливають на гіпоталамус. Внаслідок таких взаємодій нервова, ендокринна та імунна системи працюють як єдине ціле.

Гуморальний механізм регуляції функцій є еволюційно найдавнішим і здійснюється за рахунок хімічних речовин, які переносяться кров'ю, лімфою, тканинною рідиною. Хімічними регуляторами можуть бути також речовини, що потрапляють в організм разом із продуктами харчування, під час дихання, крізь шкіру; неспецифічні продукти обміну речовин (наприклад, вуглекислий газ, який збуджує дихальний центр); деякі специфічні продукти обміну речовин у клітинах (медіатори адреналін, ацетилхолін), гормони та ін. Останні взагалі можна назвати найважливішими спеціалізованими хімічними реалізаторами впливу різних факторів на обмін речовин, органогенез та «запуск» і коригування діяльності багатьох функціональних систем.

Нервовий механізм регуляції еволюційно молодший. Він відрізняється від гуморального тим, що його сигнали поширюються по нервових шляхах з досить великою швидкістю (від 0,5 до 120 м/с) до конкретних органів і частин організму. Нервово-гуморальні механізми регуляції працюють за принципом саморегуляції, основою якого є негативний зворотний зв'язок. Рефлекторні реакції зазвичай супроводжуються гуморальними зрушеннями, і навпаки, гуморальні зрушення часто викликають зміни рефлекторної регуляції.