

Навчальне заняття № 43, 44, 46

Тема: Постембріональний розвиток організмів. Ріст та регенерація.

План:

1. Типи постембріонального розвитку у тварин. Прямий розвиток. Поняття ембріонізації. Розвиток з повним та неповним перетворенням. Біологічне значення метаморфозу. Регуляція постембріонального розвитку.
2. Етапи постембріонального розвитку насінних рослин (догенеративний, генеративний, постгенеративний).
3. Вікові періоди індивідуального розвитку людини. Статеве дозрівання. Профілактика захворювань, що передаються статевим шляхом.
4. Старість як етап онтогенезу. Теорії старіння на молекулярному, клітинному та організмовому рівнях.
5. Життєві цикли та чергування поколінь. Прості та складні життєві цикли рослин та тварин.
6. Біологічні основи процесів росту та регенерації. Поняття про проліферацію та диференціацію клітин.
7. Типи, швидкість, тривалість росту різних груп організмів. Регуляція росту у тварин та рослин.
8. Вплив на ріст організму людини екзогенних та ендогенних чинників (поживних речовин, мікроелементів, вітамінів, гормонів). Роль незбалансованого харчування, вживання алкоголю та тютюну на ріст людини.
9. Типи регенерації. Рівні регенерації: репарація ДНК, регенерація на субклітинному, клітинному, тканинному, органному рівнях. Здатність до регенерації у різних тварин. Стимуляція регенераційних процесів.
10. Трансплантація органів. Використання 3 D друку у відтворенні тканин та органів.

Література: Основна: Задорожний К.М., Утєвська О.М. «Біологія і екологія».

Харків. «Ранок», 2018., с . 216-228. Додаткова: Балан П.Г., Вервес Ю.Г. Біологія: 11 кл. К.: Генеза, 2011., с. 135- 143.

1. Постембріональний розвиток тварин

Постембріональний розвиток — період онтогенезу після народження або виходу із зародкових оболонок до настання статевої зрілості. У цей період відбуваються ріст і розвиток організму, диференціювання тканин і органів. Регуляція постембріонального розвитку здійснюється за допомогою гормонів. Суттєво впливати на розвиток можуть умови існування (температура середовища, наявність поживних речовин тощо).

Постембріональний розвиток тварин може бути прямим або супроводжуватися перетворенням — **метаморфозом** (мал. 104.1). За умови прямого розвитку новонароджені тварини мають усі основні риси організації дорослої особини й відрізняються меншими розмірами і недостатньо розвиненими статевими залозами. У цьому випадку постембріональний розвиток зводиться до росту й досягнення статевої зрілості.

У випадку розвитку з перетворенням з яйця виходить личинка, зазвичай влаштована набагато простіше за дорослий організм. Але вона має спеціальні личинкові органи, які відсутні в дорослому стані.

У багатьох комах личинка схожа на дорослу комаху; зміни в організації супроводжуються в основному поступовим розвитком крил. У цьому випадку говорять про розвиток з неповним перетворенням (мал. 104.2).

В інших комах личинка червоподібна і не схожа на імаго ні зовнішнім виглядом, ні внутрішньою будовою, ані способом живлення. Тому перехід від личинкової стадії до імаго здійснюється через стадію лялечки. У цьому випадку говорять про розвиток з повним перетворенням (мал. 104.3).

Життєвий цикл

Життєвий цикл — це період між однаковими фазами розвитку двох або більшої кількості послідовних поколінь. У багатоклітинних організмів індивідуальний розвиток завершується природною смертю. Безперервність життєвого циклу організмів забезпечують гамети (статеві клітини), які передають спадкову інформацію організмам дочірнього покоління.

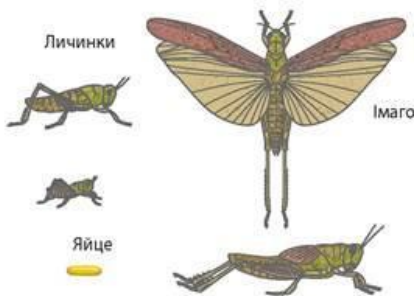
Тривалість життєвого циклу в різних організмів може бути різною. Наприклад, у бактерій або дріжджів проміжок між двома поділами клітини часто не перевищує 30 хвилин, тоді як у багатьох вищих рослин і хребетних тварин він триває багато років. Так, сосна звичайна починає розмножуватися лише на 30—40-му, риба білуга — на 12—18-му роках життя.

Тривалі життєві цикли спостерігаються і в деяких безхребетних тварин. Наприклад, личинки одного з видів південноамериканських цикад розвиваються протягом 17 років.

Тривалість життєвого циклу залежить від кількості поколінь, які послідовно змінюють одне одного протягом одного року, або кількості років, протягом яких розвивається одне покоління.



Мал. 104.1. Розвиток амфібій зазвичай відбувається з метаморфозом



Мал. 104.2. Розвиток комах з неповним перетворенням

Прості й складні життєві цикли

Розрізняють прості й складні життєві цикли.

Простий життєвий цикл — це цикл, у якому всі покоління не відрізняються одне від одного. Прості життєві цикли характерні для гідри, річкового рака, павука-хрестовика, плазунів, птахів, ссавців.

Складні життєві цикли супроводжуються закономірним чергуванням різних поколінь або складними перетвореннями організму під час розвитку. Так, у деяких водоростей (бурих, червоних) чергується статеве покоління, переважно гаплоїдне, з нестатевим, переважно диплоїдним. Серед вищих рослин лише у мохоподібних переважає статеве покоління, тимчасом як в інших (папоротеподібні, хвощеподібні, плауноподібні, голонасінні, покритонасінні) — нестатеве.

У тварин складні життєві цикли теж не є рідкісними. Так, у життєвому циклі багатьох найпростіших (форамініфери, споровики) і кишковопорожнинних відбувається закономірне чергування поколінь, які розмножуються статевим і нестатевим способами.

Наприклад, нестатеве покоління медузи аурелії — поліпи — розмножується брунькуванням, утворюючи нові поліпи. За допомогою поперечного поділу поліпи дають початок особинам статевого покоління — медузам. Чоловічі й жіночі особини медуз розмножуються статевим способом. Із заплідненої яйцеклітини розвивається личинка, яка деякий час плаває за допомогою війок, а згодом осідає на дно і перетворюється на поліп.

В інших тварин (наприклад, у плоских червів — сисунів, у деяких членистоногих — попелиць, дафній) у життєвому циклі чергуються покоління, які розмножуються статевим способом і партеногенетично.

Чергування поколінь, які розмножуються статевим способом і партеногенетично, має важливе біологічне значення для тих організмів, які мешкають у мінливих умовах середовища і не можуть переживати несприятливі періоди в активному стані. Статеве розмноження забезпечує безперервність існування виду, а партеногенез дає змогу повною мірою використовувати сприятливі періоди для швидкого зростання чисельності виду.

Чергування поколінь, які розмножуються різними способами (статевим і нестатевим, статевим і партеногенетично), збільшує мінливість, яка забезпечує здатність виду жити в різних умовах середовища й швидко реагувати на їхні зміни.



Мал. 104.3. Розвиток комах з повним перетворенням

Ключова ідея

Постембріональний розвиток живих організмів може бути прямим або проходити з метаморфозом. Він є складовою життєвого циклу організму. Залежно від особливостей будови представників різних поколінь життєві цикли можуть бути складними й простими.

2. Етапи постембріонального розвитку рослин

Розвиток рослин – це якісні зміни, що відбуваються в рослинному організмі протягом його життя.

Етапи постембріонального розвитку рослин

Усі перетворення, що відбуваються в рослині від моменту зародження до природної смерті, називають індивідуальним розвитком організму (онтогенезом).

У онтогенезі виділяють зародковий (ембріональний) та післязародковий (постембріональний) періоди.

Зародковий період бере початок від зиготи і триває до моменту проростання насінини, після чого починається післязародковий період, який поділяється на кілька етапів.

Етапи післязародкового розвитку насінних рослин

1. Догенеративний: від проростання насіння до першого цвітіння; включає етапи проростка, ювінільний та віргінільний.

Етап проростка. Триває від моменту проростання до формування перших справжніх листків. Рослина живиться запасними поживними речовинами насінини. Ювенільний. Рослина повністю перейшла до самостійного живлення, але її вегетативні органи відрізняються від органів дорослих рослин. Віргінільний. Рослина має всі типові ознаки дорослих особин, але ще не здатна до генеративного розмноження.

2. Генеративний: від початку цвітіння до втрати рослиною здатності розмножуватися за допомогою насіння.

3. Постгенеративний (сенільний): характеризується втратою здатності рослини до розмноження і триває до відмирання організму.

3. Індивідуальний розвиток людини

Індивідуальний розвиток людини поділяється на ембріональний і постембріональний періоди. Ембріональний період було розглянуто в попередніх параграфах.

Постембріональний період — це період життя людини після народження (мал. 105.1). Його можна розділити на кілька етапів, тривалість яких відрізняється у чоловіків та жінок.

У житті людини виділяють такі вікові періоди:

Період немовляти (перші 10 днів): відбувається перебудова організму, що зумовлена адаптацією до життя поза організмом матері. Руйнуються структури, пов'язані з обміном речовин через плаценту.

Грудний період (10 днів — 1 рік) характеризується найвищими в постембріональному періоді темпами росту й розвитку всіх систем органів, а також зміцненням опорно-рухового апарату, формуванням великої кількості умовних рефлексів.

Раннє дитинство (1—3 роки): спостерігаються високі темпи росту й розвитку всіх систем органів; початок самостійних активних рухів; перехід на харчування дорослою їжею; розвиток молочних зубів; початок використання мовлення. У кінці періоду темпи росту вповільнюються.

Перше дитинство (4—7 років): уповільнюються темпи росту; відбувається активне накопичення інформації про навколишній світ; формуються вміння та навички, необхідні для самостійної життєдіяльності; розвиваються постійні зуби.

Друге дитинство (8—12 років у хлопчиків, 8—11 років у дівчаток): відносно невисокі темпи росту; продовжується активне накопичення інформації про навколишній світ та формування вмінь і навичок, необхідних для самостійної життєдіяльності.

Підлітковий період (13—16 років у хлопців, 12—15 років у дівчат): початок періоду статевого дозрівання; різке збільшення темпів росту; суттєві гормональні перебудови в організмі; початок функціонування статевих систем.

Юнацький період (17—21 рік у хлопців, 16—20 років у дівчат): завершення періоду статевого дозрівання; зменшення темпів розвитку та закінчення росту тіла.

Зрілий вік (перший період — 22—35 років у чоловіків, 21—35 років у жінок): найбільш продуктивний період життя; розвиток здібностей досягає найвищого рівня, робота всіх систем організму є найбільш ефективною.

Зрілий вік (другий період — 36—60 років у чоловіків, 36—55 років у жінок): дуже продуктивний період; досить високі фізичні можливості поєднуються з багатим досвідом і дозволяють досягати найвищих результатів. У кінці періоду спостерігається поступове згасання функцій репродуктивної системи.

Похилий вік (61—74 роки у чоловіків, 56—74 роки у жінок): стан організму суттєво залежить від особливостей способу життя, яке людина веде в попередні періоди. Репродуктивні функції у чоловіків продовжують згасати, у жінок припиняються взагалі.

Старечий вік (75—90 років): в організмі відбуваються структурні, функціональні та біохімічні зміни, які значною мірою обмежують його можливості.

Довгожителство (більш ніж 90 років): в організмі тривають структурні, функціональні та біохімічні зміни, які обмежують його можливості.



Мал. 105.1. Постембріональний розвиток жінок

Особливості статевого дозрівання людини

Статеве дозрівання людини є надзвичайно важливим процесом. Він відбувається у дівчат у період від 9 до 16 років, а у хлопців — від 11 до 18 років. У цей період відбувається формування вторинних статевих ознак і розпочинається функціонування статевої системи.

Під час статевого дозрівання в організмі відбуваються не тільки фізіологічні зміни. Суттєво змінюється поведінка. Значною мірою на це впливає коливання рівня гормонів внаслідок перебудови тіла. Але також важливе значення мають інстинктивні програми поведінки. Це, наприклад, є однією з причин так званого «важкого віку», коли програми поведінки батьків і дітей можуть змушувати їх частіше конфліктувати.

Тривалий період статевого дозрівання є важливим для людини іще з однієї причини. За такий довгий період підліток може набути великої кількості знань. Це пов'язано з тим, що людина значну частину потрібних навичок отримує через другу сигнальну систему від інших представників свого виду.

Захворювання, що передаються статевим шляхом

У період статевого дозрівання людина може розпочинати статеві відносини. Це природний процес, але він може бути пов'язаний з ризиком отримання захворювань, які передаються статевим шляхом. Організм людини не виробляє імунітету до цих захворювань, тому навіть після одужання людина може знову на них захворіти. Найкращим способом боротьби із цими захворюваннями є дотримання заходів профілактики.

Захворювання, що передаються статевим шляхом, можуть спричинятися: найпростішими (трихоманоз), бактеріями (гонорея та сифіліс), вірусами (генітальний герпес, СНІД), мікроскопічними грибами (кандидоз). Статевим шляхом можуть передаватися й деякі паразитарні інфекції, наприклад педикульоз.

Старість і теорії старіння

У людини відносно тривалий період старіння. Якщо більшість ссавців після припинення роботи репродуктивної системи дуже швидко гинуть, то у людини (особливо у жінок) цей період є досить тривалим. Подібні особливості онтогенезу тісно пов'язані зі специфікою біології людини, її значною соціальністю та великим значенням позаспадкової передачі інформації, яка необхідна наступним поколінням.

Існує кілька теорій, які пояснюють явище старіння. Молекулярні теорії старіння розглядають його як результат накопичення з віком в організмі дефектних молекул білків. Інші теорії вважають, що причиною старіння є зміни генетичного апарату клітин. А теорії аутоінтоксикації пояснюють старіння як результат руйнування імунних властивостей і боротьби тканин в організмі. Ще одна теорія розглядає процес старіння як наслідок вичерпання адаптаційних можливостей організму.

Згідно з адаптаційно-регуляторною теорією, старіння є закономірним етапом розвитку організму, а сам процес старіння розпочинається ще на стадії зародка.

Ключова ідея

Індивідуальний розвиток людини включає ембріональний та постембріональний періоди. Постембріональний період, у свою чергу, поділяється на кілька періодів, кожному з яких притаманні характерні особливості біологічних процесів.

6. Ріст клітин

Ріст клітин живих організмів може відбуватися з різною швидкістю. Ця швидкість залежить від особливостей будови самої клітини (клітини прокаріотів діляться швидше) та умов зовнішнього середовища.

Межі росту клітин також можуть бути різними. У більшості випадків клітини ростуть тільки до певного розміру, і цей розмір є невеликим. Але в деяких випадках ріст клітини може бути практично необмеженим. Такий ріст часто спостерігається у грибів, які здатні утворювати гігантські багатоядерні міцелії.

У людини розмір більшості клітин невеликий. І тільки аксони нейронів можуть досягати значних розмірів.

Наслідком росту та збільшення числа клітин у результаті їхнього поділу в багатоклітинних тварин є розростання їхніх тканин. Під час ембріонального розвитку таким чином здійснюється формування нових структур організму.

Розвиток клітин

Поділ еукаріотичних клітин (у тому числі клітин людини) у більшості випадків здійснюється шляхом мітозу. Після поділу частка утворених клітин може бути різною. На ранніх стадіях ембріогенезу людини клітини після поділу знову діляться. Пізніше починається диференціація клітин і здатність до поділу зберігають лише деякі з них. Такі клітини, що зберігають здатність до поділу і залишаються недиференційованими, називають стовбуровими клітинами.

Диференціація клітин — це процес утворення спеціалізованих клітин, які отримують певні риси будови, що дають їм можливість виконувати потрібні функції з високою ефективністю (мал. 106.1). Досягається диференціація клітин за рахунок регуляції роботи генів. Геном клітини в цілому залишається незмінним, але активно працює в ньому лише певний комплекс генів. Диференціація клітин в організмі людини є необоротним процесом.



Мал. 106.1. Диференціація клітин під час утворення клітин крові

Обмеженість та періодичність росту організмів

Безпосередньо після народження в більшості багатоклітинних організмів іде період росту.

Ріст — це процес збільшення розмірів і маси особини за рахунок збільшення кількості клітин або їх розтягування. Розрізняють обмежений і необмежений типи росту. За обмеженого типу ріст організму припиняється після досягнення певного віку (більшість ссавців, комах, птахів). За необмеженого типу росту особини ростуть упродовж усього життя (молюски, риби, рослини).

Для організмів з необмеженим ростом часто спостерігається уповільнення темпів росту з віком. Наприклад, у малих крокодилів після народження (виходу з яйця) темпи їхнього росту є високими протягом двох-трьох років, після чого темп росту вповільнюється, але не зупиняється. Дорослі особини виростають лише на кілька сантиметрів за рік. Але через велику тривалість життя (до 80 років і більше) розмір гребенястого крокодила може досягати 7 метрів.

Процесу росту властива періодичність (сезонна, добова тощо) — переривчастий ріст. Так, у рослин помірних широт ріст узимку припиняється, а навесні — поновлюється. Період тимчасового фізіологічного спокою в розвитку називають діпаузою. Діпауза характеризується різким зниженням інтенсивності метаболізму клітин. Вона властива комахам, багатьом хребетним. У деяких ссавців північних широт діпауза відбувається в зимовий час (ведмеді, соні, байбаки) і називається гібернацією (сплячкою). Діпауза комах може тривати від декількох годин до декількох років.

Періодичність росту є характерною ознакою представників членистоногих. Це пов'язано з особливостями будови їхнього організму. Він вкритий жорстким зовнішнім скелетом і тому не може змінювати свої розміри. Таким чином, ріст цих тварин стає можливим тільки у період линьки (мал. 106.2), коли зовнішні покриви ще не затверділи й можуть розтягуватися.

Швидкість та характер росту організмів

Швидкість росту живих організмів може бути різною. Вона визначається як особливостями біології конкретного виду, так і умовами середовища. Наприклад, швидкість росту дитинчат у ссавців є суттєво більшою, ніж швидкість росту дитинчат у рептилій такого самого розміру. А на швидкість росту гусені суттєво впливає середня температура повітря, яка для періоду росту може бути різною у різні роки.

Характер росту у різних живих організмів також може відрізнятися. Якщо ріст усіх частин тіла здійснюється рівномірно й пропорції тіла в результаті залишаються без змін, то такий тип росту називають ізометричним. Ізометричний тип росту є характерним для багатьох риб. Якщо ж у процесі росту різні частини тіла ростуть з різною швидкістю, і, як результат, пропорції тіла з часом змінюються, то має місце аллометричний тип росту. Саме такий тип росту характерний для людини. Це добре видно, якщо порівняти пропорції тіла новонародженого, дитини і дорослої людини. У новонароджених довжина голови становить $1/4$, у семирічної дитини — $1/7$, а у дорослої людини — $1/8$ довжини їхнього тіла.



Мал. 106.2. Ріст комах в період линьки

Ключова ідея

Ріст і розвиток клітин у багатоклітинних організмах регулюються генетично. Ріст самих живих організмів може бути безперервним або періодичним, обмеженим або необмеженим.

7. Регуляція росту в рослин

Для регуляції росту свого організму рослини використовують фітогормони. **Фітогормони** — це хімічні речовини, що виробляються в рослинах і регулюють їхній ріст і розвиток. Утворюються переважно в тканинах, що активно ростуть, на верхівках коренів і стебел.

До фітогормонів зазвичай відносять ауксини, гібереліни й цитокініни, а іноді й інгібітори росту, наприклад абсцизову кислоту. На відміну від тваринних гормонів, фітогормони менш специфічні й часто діють у тій самій ділянці рослини, де утворюються.

Фітогормони є органічними речовинами з невеликою молекулярною масою, які утворюються в малих кількостях в одних частинах багатоклітинних рослин і діють на інші їх частини як регулятори й координатори росту і розвитку. Фітогормони здійснюють біохімічну регуляцію — найважливішу систему регуляції онтогенезу в багатоклітинних рослин. Порівняно з гормонами тварин специфічність фітогормонів виражена слабше, а діючі концентрації, як правило, вищі.

Регуляція росту у тварин

Найбільшу роль у регуляції процесів росту у тварин відіграє ендокринна система, яка здійснює цей процес за допомогою гормонів. Суттєво впливати на ріст тварин можуть і зовнішні фактори та конкретні особливості генотипу окремих особин (спадкові захворювання, унікальні сполучення алелів тощо).

Вплив на ріст організму людини ендогенних і екзогенних факторів

На ріст організму людини може впливати велика кількість факторів.

Ці фактори поділяють на дві великі групи — екзогенні (зовнішні) та ендогенні (внутрішні).

До екзогенних факторів відносять характер харчування, захворювання, рівень фізичних навантажень, дію шкідливих факторів (алкоголь, паління, споживання наркотиків) тощо.

Ендогенними факторами є спадковість, стадія онтогенезу, індивідуальні особливості обміну речовин, рівень гормонів, психологічний стан тощо.

Дуже важливим позитивним чинником, що впливає на ріст і розвиток людини, є правильне харчування, яке задовольняє потреби в речовинах та енергії. Ці потреби визначаються такими факторами, як маса тіла, вік, рівень рухової активності людини. Очевидно, що коли людина споживає надто багато їжі, то маса її тіла збільшиться, а за недостатньої кількості їжі маса зменшиться. Якщо в їжі буде замало або забагато певних речовин, то в людини може порушитися обмін речовин, що призведе до погіршення стану здоров'я. Щоб запобігти цьому, слід дотримуватися норм збалансованого харчування та підтримувати енергетичний баланс організму.

Значний негативний вплив на ріст і розвиток людини здійснюють паління, вживання алкоголю та наркотичних речовин. Ці негативні звички стають причиною порушення цілого ряду фізіологічних процесів і можуть суттєво уповільнювати або порушувати процеси росту.

Від періоду онтогенезу людини суттєво залежить інтенсивність процесів росту. Найбільш інтенсивно ріст людини відбувається в дитячому й підлітковому віці. Найбільший приріст у довжину спостерігається в перші два роки життя. Наступні періоди інтенсивності росту — 7-8 років та в період статевого дозрівання. Ріст кісток людини в довжину припиняється у 22—24 роки.

Проблема гіподинамії

Нормальний ріст і розвиток організму людини можливий лише за достатньої рухової активності, повноцінного харчування і стабільної діяльності залоз внутрішньої секреції. Недостатня рухова активність — одна з найпоширеніших проблем сучасності. Порушення функцій організму внаслідок обмеженої рухової активності називають гіподинамією. Вона призводить до низки негативних наслідків, які впливають не тільки на опорно-рухову, але й на інші системи органів людини.

Наслідки гіподинамії:

- 1) дистрофія (зменшення, послаблення) скелетних м'язів;
- 2) послаблення сили скорочень серця й тону судин;
- 3) зниження інтенсивності обміну речовин та енергії;
- 4) порушення кровообігу й атеросклероз;
- 5) погіршення перетравлення й засвоєння їжі;
- 6) послаблення імунітету;
- 7) емоційна нестійкість.

Порушення процесів росту клітин в організмі людини

Найбільшою загрозою для організму людини є ситуація, коли клітина втрачає контроль над своїми поділами і починає інтенсивно ділитися. Такі порушення стають причиною виникнення пухлин різної природи. Такі пухлини поділяють на дві великі групи — доброякісні й злоякісні.

Доброякісні пухлини — це новоутворення в організмі, що зумовлені неконтрольованим але обмеженим розмноженням клітин, які не поширюються в сусідні тканини (не здатні до інвазії) та віддалені органи (не утворюють метастази).

За структурою доброякісні пухлини схожі на тканини, з яких вони виникли. Ступінь їхньої диференціації суттєво вищий, ніж у клітин злоякісних пухлин. Доброякісні пухлини зазвичай ростуть повільно й обмежені сполучнотканинною капсулою. Вони не викликають болю, але можуть порушувати роботу органів, а в деяких випадках здатні перетворюватися на злоякісні пухлини.

Різноманітність доброякісних пухлин є високою. Їх класифікують за типом тканини, з якої вони утворилися.

Злоякісні пухлини — це новоутворення в організмі, що зумовлені необмеженим і неконтрольованим розмноженням клітин, які поширюються в сусідні тканини (здійснюють інвазію) та віддалені органи (утворюють метастази). Щодо злоякісних пухлин часто використовують термін ракова пухлина або рак. Цей термін запропонував Гіппократ, який описав пухлину, що зовнішньою формою була схожа на краба або рака завдяки місцевим метастазам, які проникали у сусідні тканини.

Характерними ознаками злоякісних пухлин є такі:

- 1) швидкий неконтрольований ріст;
- 2) проникнення в сусідні тканини з утворенням місцевих метастазів (інвазії);
- 3) переміщення окремих клітин пухлини лімфатичними та кровоносними судинами у віддалені органи й тканини (утворення метастазів);
- 4) отруйна дія на весь організм завдяки виробленню клітинами пухлини токсинів;
- 5) фізичне виснаження, зменшення маси тіла;
- 6) наявність механізмів «уникання» уваги імунної системи організму;
- 7) наявність великої кількості мутацій у клітинах пухлини;
- 8) низький рівень диференціації клітин пухлини;
- 9) втрата здатності клітин до апоптозу;
- 10) інтенсивне утворення кровоносних судин у пухлині.

Ключова ідея

Регуляцію процесів росту й розвитку в живих організмах зазвичай здійснюють різноманітні хімічні сполуки. Наприклад, фітогормони у рослин або гормони у тварин. На ці процеси суттєво впливають різноманітні фактори як середовища, так і самого організму.

Регенерація у живих організмів

Регенерація — це здатність живих організмів відновлювати свої пошкоджені або втрачені структури. Вона є однією з фундаментальних властивостей живих організмів, хоча й проявляється у різних організмів різною мірою. Якщо одні організми можуть самовідновитися навіть після дуже сильних пошкоджень (гідри, планарії тощо), то інші здатні до регенерації незначною мірою (нематоди).

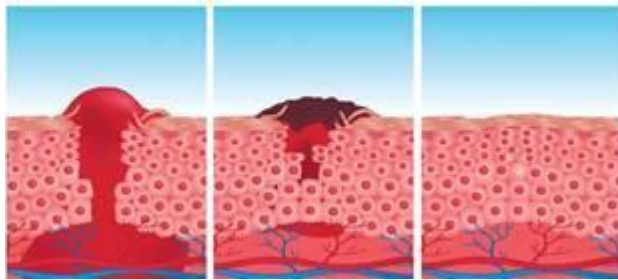
Регенераційні властивості різних груп живих організмів різняться між собою. У більшості випадків підвищення рівня організації та ускладнення будови організму погіршують його здатність до регенерації. Так, планарія регенерує краще, ніж пуголовок жаби, а пуголовок жаби — краще, ніж людина. Але ця закономірність не є всеохоплюючою. Особливості біології деяких груп суттєво погіршують можливості регенерації організмів, які до них належать. Наприклад, нематоди і коловертки практично неспроможні до регенерації, а більш складні за будовою ракоподібні регенерують дуже ефективно.

Гарна здатність до регенерації притаманна багатьом представникам жалких (кишковопорожнинних), плоских та кільчастих червів, голкошкірих та деяких інших груп. Але найкращою можна вважати здатність до регенерації у губок. Представники цієї групи здатні відновити цілий організм з купки окремих клітин, на які його розділили, продавивши крізь сітчасту тканину.

Регенераційні здатності людини

Регенераційні властивості організму людини не є найвидатнішими, але все ж таки розвинені достатньо сильно. На рівень регенераційних властивостей впливає те, що людина є високорозвиненим видом зі складною поведінкою. А в процесі еволюції регенераційні властивості таких видів зменшувалися. Це було пов'язано з тим, що добре розвинена нервова система значно знижувала ризик отримання пошкоджень, для ліквідації яких і була потрібна регенерація.

Найкраще у людини регенерують клітини епідермісу та їхні похідні (мал. 108.1), такі як волосся та нігті. Непогано регенерує кісткова тканина, що дозволяє успішно зрощувати переломи. Печінка теж має здатність до регенерації і може відновлюватися після пошкоджень. Найскладніше в організмі людини регенерувати нервовій тканині. Тривалий час вважали, що нервова система взагалі не може регенерувати. Та згодом було встановлено, що нервова система таки може утворювати нові нейрони (хоча процес цей повільний і складний) та формувати нові синаптичні з'єднання.



Мал. 108.1. Регенерація пошкодженого епідермісу у людини

Форми регенерації

Розрізняють дві форми регенерації — внутрішньоклітинну та клітинну. Внутрішньоклітинна регенерація відбувається всередині клітин за рахунок молекулярних механізмів. Результатом цієї форми регенерації є відновлення потрібних клітині органел та молекулярних структур. Відновлюватися можуть хлоропласти, мітохондрії, комплекс Гольджі, ендоплазматична сітка, рибосоми, вакуолі тощо.

Клітинна регенерація відбувається на рівні організму за рахунок поділу клітин, що дозволяє повністю або частково відновлювати тканини й органи. Так, регенерація стає потрібною після травм, захворювань, загибелі частини клітин унаслідок отруєння тощо. Залежно від задач, які вирішує в організмі людини процес регенерації, розрізняють фізіологічну й репаративну регенерацію.

Фізіологічна регенерація

Фізіологічна регенерація призначена для відновлення структур організму, які зазнають пошкоджень у ході нормальних фізіологічних процесів. Цей тип регенерації у багатьох живих організмів (у тому числі й людини) відбувається протягом усього життя. Наприклад, за рахунок фізіологічної регенерації відбувається постійна зміна епітелію кишкового тракту та покривного епітелію; цей самий процес є основою оновлення еритроцитів крові, час існування яких досить обмежений через відсутність ядра в клітині, тощо.

Але існують структури, у яких оновлення шляхом клітинного поділу є неможливим. Наприклад, вузькоспеціалізовані клітини, такі як нейрони. У цих випадках регенерація відбувається шляхом поступової заміни органел (є внутрішньоклітинною).

Репаративна регенерація

Репаративна регенерація розпочинається у випадку пошкодження або загибелі структур організму, які не є наслідком нормальних фізіологічних процесів. Такі пошкодження виникають у результаті захворювань або травм. У цьому випадку звичайна фізіологічна регенерація суттєво підсилюється і стає репаративною.

Репаративна регенерація може бути повною і неповною. У випадку повної регенерації пошкоджена тканина повністю замінюється новою і пошкодження зникає безслідно. У випадку неповної регенерації відновлення функцій відбувається за рахунок навколишніх тканин, а саме місце пошкодження заповнюється сполучною тканиною, яка формує рубець.

Патологічна регенерація

У деяких випадках у процесі регенерації будова та функції організму відновлюються з порушеннями. Таку регенерацію називають патологічною. Вона може відбуватися, якщо умови, в яких регенерація проходить, не є нормальними. Наприклад, організм не отримує достатньо поживних речовин, наявні порушення рівня гормонів або нервової регуляції, пригнічені імунні реакції, спостерігається гіповітаміноз тощо.

У випадку патологічної регенерації відновлення може затримуватися. Спостерігається виникнення виразок, несправжніх суглобів, колоїдних рубців тощо.

Саме наслідком патологічної регенерації є розростання щільної сполучної клітини замість нормальної шкіри на місці глибоких опіків.

Ключова ідея

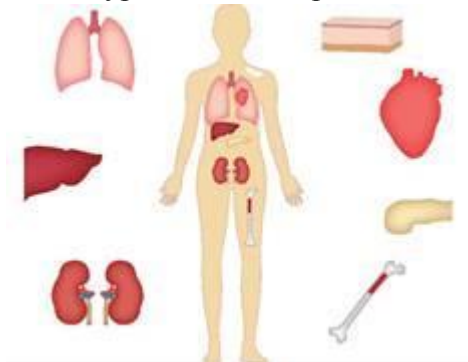
Регенерацію поділяють на внутрішньоклітинну (відбувається всередині клітини) і клітинну (відбувається на рівні організму). Залежно від задач, які вирішує в організмі людини процес регенерації, розрізняють фізіологічну й репаративну регенерацію.

10. Технологія трансплантації та її проблеми

Трансплантація — це пересадка реципієнту органа або тканини, які були взяті з організму донора. Пересаджувані органи й тканини називають трансплантатами. Трансплантація виконується хірургічними методами.

Сучасна медицина може успішно здійснювати трансплантацію багатьох органів і тканин людини: серця, нирки, кісткового мозку, легень, печінки, волосся, шкіри тощо (мал. 109.1). У випадку, коли в організм людини поміщають не живі органи й тканини, а їхні механічні або електронні аналоги, такі штучні аналоги називають імплантатами, а сам процес імплантацією.

Основною проблемою трансплантації є подолання імунного бар'єру. Будь-які чужі органи й тканини імунна система організму розпізнає й починає атакувати, намагаючись знищити чужорідні клітини. Це стає причиною загибелі й відторгнення трансплантатів. Для попередження цього процесу лікарям доводиться пригнічувати в пацієнта роботу імунної системи за допомогою спеціальних препаратів. Але таке пригнічення становить суттєву загрозу для здоров'я, бо організм людини стає уразливим для різноманітних патогенних організмів.



Мал. 109.1. Органи людини, які часто стають об'єктом трансплантації

Види трансплантації

Залежно від походження трансплантата виділяють кілька видів трансплантації.

Вид трансплантації	Особливості виду трансплантації
Аутотрансплантація	Реципієнт є донором для самого себе. Цей метод широко використовують у випадках пересадки шкіри (особливо у випадку опіків, коли шкіру з непошкоджених ділянок пересаджують на пошкоджені) та кісткового мозку
Ізотрансплантація	Донором стає людина, повністю ідентична за геномом до реципієнта. Це можливо в тому випадку, коли донор і реципієнт є монозиготними близнюками. Така трансплантація може застосовуватися для пересадки будь-яких органів
Аллотрансплантація	У ролі донора виступає людина з генотипом, відмінним від генотипу реципієнта. Цей варіант застосовується найчастіше, бо його найлегше реалізувати практично. Для подолання проблем з імунною системою підбирають трансплантати, найбільш схожі за набором антигенів на органи донора
Ксенотрансплантація	Донором є не людина, а тварина іншого виду. Крім проблем із відторгненням трансплантата, ця технологія вимагає урахування моральних та соціальних аспектів, бо використання таких трансплантатів може суперечити моральним чи релігійним переконанням донора
Клітинна інженерія та клонування	Ця технологія передбачає вилучення потрібних клітин з організму самого пацієнта і вирощування з них потрібних органів та тканин методами клітинної інженерії

Принципи біологічної етики

Трансплантація тканин і органів робить актуальною проблему біоетики — моральних аспектів застосування цих технологій. Основні принципи біоетики, яких бажано дотримуватися

для недопущення етичних проблем, запропонували американські вчені Т. Л. Бічамп і Дж. Ф. Чілдрес (1985 р.).

Принципи біоетики:

- 1) принцип автономії (індивід має право розпоряджатися своїм здоров'ям);
- 2) принцип «не зашкодь» (вимагає мінімізації шкоди за медичного втручання);
- 3) принцип блага (лікар зобов'язаний здійснювати дії, спрямовані на покращення стану пацієнта);
- 4) принцип справедливості (вимагає рівного ставлення до всіх пацієнтів і рівного доступу до ресурсів для медичної допомоги).

Використання 3D-друку у відтворенні тканин та органів

На початку 2000-х років було розпочато створення технології 3D-біопринтингу. Ця технологія передбачає створення об'ємних моделей органів та тканин живих організмів на клітинній основі з використанням методів 3D-друку.

Перший вдалий експеримент з 3D-друком було проведено 2006 року, коли для кількох пацієнтів надрукували сечові міхури з клітин, утворених стовбуровими клітинами самих пацієнтів. Зараз технологія 3D-друку людських органів проходить стадію клінічних випробувань та експериментальних досліджень. Поки що вона не впроваджена у широку медичну практику. Успішні дослідження з 3D-друку та наступної трансплантації надрукованого органа було проведено для сечового міхура, хрящів носа та вух, шкіри, кісток тощо (мал. 109.2).

У наш час термін «біопринтинг» використовують для позначення кількох різних технологій біодруку. Залежно від обраної технології друк тканин і органів на біопринтері може здійснюватися з використанням фоточутливого гідрогелю, спеціальної рідини або порошкового наповнювача. Наявність кількох різних технологій пов'язана з тим, що організм людини містить різні типи тканин, кожна з яких потребує особливих умов 3D-друку.

Перший комерційний біопринтер було створено 2014 року. Він не призначений для створення органів для трансплантації. Але тканини й органи, які можна виготовити з допомогою цього приладу, використовують фармацевтичні компанії. Вони випробовують на таких надрукованих органах свої нові препарати. Це суттєво прискорює аналіз препаратів на безпечність та здешевлює їхнє виробництво і впровадження.



Мал. 109.2. Відновлення хрящів людського вуха є однією з найбільш гарно відпрацьованих методик 3D-друку людських органів

Ключова ідея

Трансплантація — це пересадка реципієнту органа або тканини з організму донора. Існує кілька видів трансплантації. Важливим аспектом технології трансплантації є моральний, пов'язаний з можливим виникненням етичних проблем. Тому використання цієї технології потребує дотримання принципів біоетики.