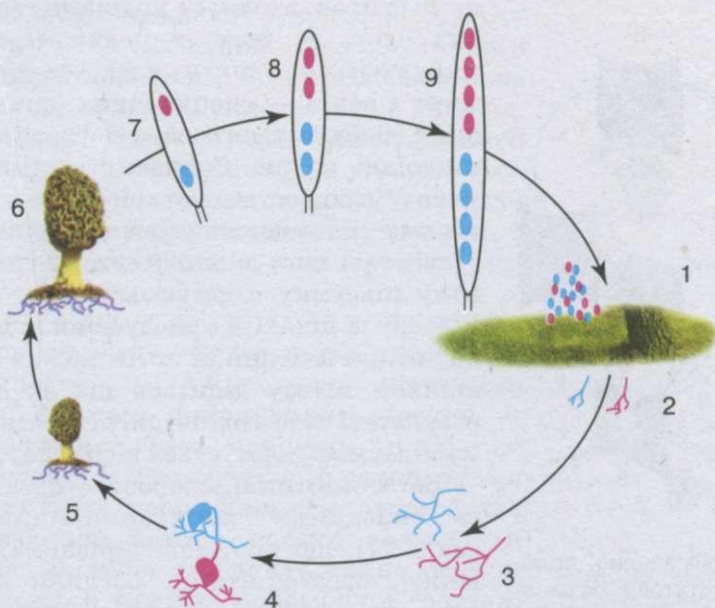


Мал. 95. Життєвий цикл малярійного плазмодія: 1—2 — розвиток плазмодія на першому етапі життєвого циклу; 3 — розмноження у клітинах печінки; 4—6 — розвиток в еритроцитах; 7 — розмноження в еритроцитах; 8—9 — розвиток гамет; 10 — дозрівання гамет; 11 — копуляція; 12 — зигота; 13—15 — розмноження після статевого процесу.

плоідністю клітин, з яких побудоване тіло. Чергування поколінь відбувається лише в еукаріотичних організмів, причому тільки у тих з них, у яких відбувається мейоз, є статевий процес і запліднення (*подумайте, у яких еукаріотичних організмів не відбувається мейоз і не буває запліднення*). Таким чином, складний життєвий цикл — не один, а, щонайменше два, а в багатьох випадках і більше онтогенезів, оскільки містить у собі дві і більше генерацій організмів, що відрізняються способом розмноження.

Життєві цикли різних груп організмів. Чергування поколінь в одноклітинних еукаріотів. У прокаріотів і більшості видів одноклітинних еукаріотів життєві цикли досить прості. Вони, як і онтогенез, розпочинаються утворенням нової клітини й закінчуються її поділом. Однак у низці груп паразитичних найпростіших, зокрема споровиків (*пригадайте життєвий цикл малярійного плазмодія, мал. 95*), і багатьох одноклітинних водоростей, наприклад у хламідомонади, життєвий цикл проходить з чергуванням поколінь. На

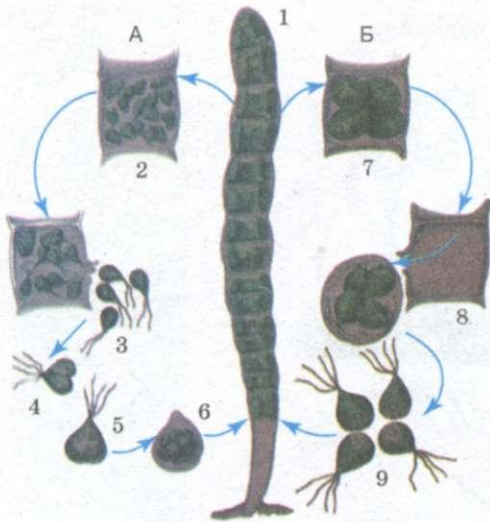


Мал. 96. Життєвий цикл грибів зморшків: 1 — гаплоїдні спори, що падають на землю; 2—3 — розвиток гаплоїдних гіфів; 4 — статевий процес, який веде до утворення двоядерних клітин; 5—6 — утворення і дозрівання плодових тіл; 7—8 — перша і друга стадії мейозу в асках, що ведуть до утворення чотирьох гаплоїдних клітин; 9 — мітотичні поділи, які ведуть до появи у кожній асці восьми гаплоїдних спор.

певному етапі послідовних мітотичних поділів клітини видозмінюються й перетворюються на гамети, які зливаються (копулюють) і утворюють диплоїдну зиготу, яка відразу ж проходить мейоз (*пригадайте: мейоз на стадії зиготи прийнято називати зиготичним*). У результаті утворюються чотири гаплоїдні клітини, які виростають у нові гаплоїдні організми.



Життєвий цикл усіх видів грибів завжди відбувається з чергуванням гаплоїдного і диплоїдного поколінь. Диплоїдна фаза — це виключно стан зиготи, який, як і в найпростіших, швидкоплинний і завершується мейозом. Наприклад, у весняних грибів *зморшків* (мал. 96), яких відносять до вищих сумчастих грибів *аскомицетів* (від грец. *аскос* — мішок, сумка й *мікес* — гриб), життєвий цикл виглядає таким чином. З гаплоїдних спор, які бувають чоловічими або жіночими, розвиваються гаплоїдні гіфи, що розмножуються шляхом фрагментації. Згодом починається статевий процес. Справжнього запліднення при цьому не відбувається, оскільки жіноче і чоловіче ядра не зливаються, а тільки зближуються одне з одним у центрі клітини. Тому на цьому етапі клітини міцелію не можна чітко назвати диплоїдними. У міру росту міцелію,



Мал. 97. Життєвий цикл зеленої водорості улотриксу: А — статеве розмноження; Б — нестатеве розмноження. 1 — гаплоїдний багатоклітинний організм, що має ниткоподібне тіло; 2 — утворення гамет; 3 — вихід гамет назовні; 4 — копуляція; 5 — зигота; 6 — початок розвитку багатоклітинного організму із спор, що утворилася внаслідок мейотичних поділів; 7 — утворення спор; 8 — вихід спор назовні; 9 — спори з чотирма джгутиками.

комбінування цих двох типів. Що це означає? Простий життєвий цикл проходить лише за участю нестатєвого розмноження і на рівні гаплоїдної організації клітин *талому* (*пригадайте: так називають тіло багатоклітинних водоростей і грибів*), коли в окремих клітинах утворюються гаплоїдні спори, безпосередньо з яких проростають гаплоїдні багатоклітинні організми. Складний життєвий цикл відбувається з чергуванням статєвого і нестатєвого розмноження, диплоїдної та гаплоїдної фаз. В останньому випадку утворюються спори, які мають тільки два джгутики і зовні не відрізняються. Вони копулюють, утворюючи диплоїдну зиготу, де шляхом мейозу формуються гаплоїдні спори, що дають початок новим таломам. Але в ряді випадків ситуація може бути складнішою, оскільки відбувається не лише чергування поколінь, а й зміна типів життєвого циклу. Наприклад, у весняний період має місце тільки нестатєве розмноження, а в літній цикл нестатєве розмноження перемежується із статєвим.

У бурих водоростей також можуть чергуватися гаплоїдні та диплоїдні фази розвитку. Однак у багатьох видів бурих водо-

який супроводжується поділами гаплоїдних ядер, на його кінцевих частинах відбуваються злиття ядер, утворення зигот і асків — специфічних органів, у яких відбувається мейоз і формуються гаплоїдні спори. Спочатку за рахунок мейозу утворюється чотири спори, кожна з яких мітозом ділиться ще на дві, в результаті чого з однієї зиготи у кінцевому підсумку формуються вісім спор. Відразу ж шляхом мейозу вони діляться на чотири клітини, а потім кожна з них шляхом мітозу ділиться ще на дві, у результаті чого з однієї зиготи у кінцевому підсумку формується вісім спор.

Багатоклітинні водорості — організми із складними життєвими циклами (мал. 97), що протікають різноманітно. Нижчі багатоклітинні рослини з відсутньою провідною системою є однією з груп багатоклітинних організмів, які найскладніше класифікувати. Їх відносять до двох підцарств і 11 відділів (*пригадайте, скільки є відділів вищих рослин*). Не випадково тут трапляються найрізноманітніші життєві цикли.

У багатоклітинних зелених водоростей життєвий цикл може бути як простим, так і складним, але зазвичай спостерігається

ростей, як і у більшості тварин, спостерігається простий життєвий цикл із статевим розмноженням. Талом бурих водоростей, на відміну від зелених, складається з диплоїдних клітин. На ньому формуються жіночі і чоловічі статеві органи, де утворюються яйцеклітини і сперматозоїди. Копуляція гамет відбувається у водному середовищі, й із зигот, що утворилися, розвиваються нові водорості.

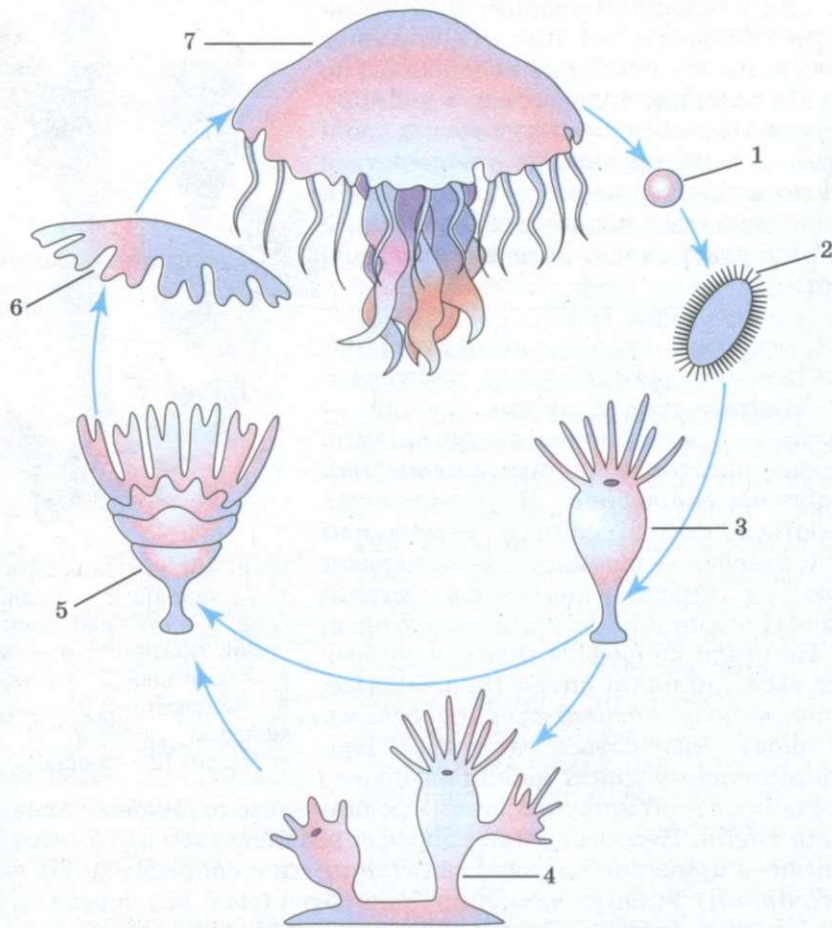
Вищі рослини: перехід від гаплоїдно-диплоїдного до диплоїдного життєвого циклу. Життєві цикли вищих рослин — це чергування двох поколінь організмів: гаплоїдного багатоклітинного *гаметофіта* і диплоїдного *спорофіта*. На гаметофітах розвиваються статеві органи *гаметангії* (від грец. *ангеїон* — судина), у яких мітозом утворюються гамети. Зливаючись, останні дають початок диплоїдному поколінню організмів. На стадії спорофіта шляхом мейозу утворюються гаплоїдні спори (*пригадайте, який вид мейозу називається споровим*), з яких знову утворюється гаметофіт. При цьому в життєвому циклі найбільш просто організованих з нині живучих вищих рослин — *мохоподібних* явно домінує гаплоїдна стадія. Недовговічний спорофіт розвивається на гаметофіті. При цьому цілком природно виникає запитання: чи є спорофіт мохів самостійним організмом? У плаунів, хвощів, папоротей (мал. 98) переважає диплоїдна стадія спорофіта. У насінних рослин гаметофіт скорочений і вважається частиною спорофіта (*пригадайте, що собою являють статеві органи квіткових рослин*), а тому не є самостійним організмом. Таким чином, у голонасінних і покритонасінних рослин життєвий цикл відбувається без чергування поколінь і тільки на диплоїдній фазі розвитку.

Складні життєві цикли тварин є чергуванням поколінь диплоїдних організмів. На відміну від рослин і грибів, у яких гаплоїдна фаза зазвичай представлена окремим поколінням організмів, у тварин вона зведена до стадії гамет. При цьому статеві клітини утворюються шляхом мейозу, який називають гаметним (*пригадайте, які ще бувають типи мейозу*). Тому складні життєві цикли тварин можуть бути пов'язані лише із чергуваннями поколінь диплоїдних організмів, які відрізняються одне від одного лише способом розмноження. Слід урахувати, що більша частина видів тварин мають простий життєвий цикл, що розпочинається зиготою, а закінчується статевим розмноженням. Тільки у примітивних і найчастіше паразитичних представників цього царства збереглися складні життєві цикли.

Чергування статевого та нестатевого розмноження властиве кишковопорожнинним (мал. 99). При цьому стадія поліпа є нестатевою фазою жит-



Мал. 98. Життєвий цикл папороті: 1 — спорангій; 2 — стадія чотирьох спор; 3 — молодий гаметофіт; 4 — зрілий гаметофіт; 5 — антеридій; 6 — архегоній; 7 — сперматозоїд; 8 — яйцеклітина; 9 — зигота; 10 — молодий спорофіт; 11 — зрілий спорофіт; 12 — спорангій.



Мал. 99. Складний життєвий цикл тварин на прикладі сцифоїдних кишковопорожнинних: 1 — яйце; 2 — личинка; 3 — зрілий поліп; 4 — нестатеве розмноження; 5 — статеве розмноження; 6 — незріла медуза; 7 — зріла медуза.

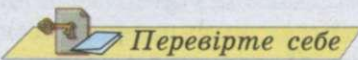
тевого циклу, під час якої розмноження зазвичай відбувається шляхом брунькування, а медузоїдна — статевою.

Складний життєвий цикл із зміною нестатевого і статевого розмноження також властивий окремим групам стрічкових червів, зокрема *ехінококку*, який на личинковій стадії розмножується шляхом фрагментації фіни, а у дорослому стані в остаточному хазяїні — статевим шляхом (*пригадайте життєвий цикл цього дуже небезпечного для людини паразита*).

Другим різновидом складного життєвого циклу, характерного тільки для тварин, слід вважати чергування амфіміктичної і партеногенетичної форм статевого розмноження. Цей тип життєвого циклу властивий усім сисунам. І в цьому випадку амфіміктичне розмноження відбувається в остаточному хазяїні, яким є хребетні тварини, тоді як личинки відтворюються партеногенетичним шляхом у тілі червононогих молюсків, котрі є їх проміжними хазяями.

Тема 8. Індивідуальний розвиток організмів

Складні життєві цикли — чергування поколінь організмів, що відрізняються будовою і розмноженням, властиві деяким паразитичним найпростішим, грибам, більшості водоростей, багатьом вищим рослинам і лише деяким групам багатоклітинних тварин. Причому скрізь, крім представників царства Тварини, відбувається чергування гаплоїдної і диплоїдної стадій, причому гаметний спосіб розмноження змінюється споровим. У багатоклітинних тварин гаплоїдна фаза зберігається тільки на стадії гамет, спори відсутні, а чергування поколінь пов'язане тільки з особливостями розмноження.



Перевірте себе

1. У чому полягають принципові відмінності таких понять, як *онтогенез* і *життєвий цикл*?
2. У яких груп еукаріотів спостерігається зиготний мейоз і чим він відрізняється від гаметного?
3. У чому полягають особливості життєвого циклу грибів?
4. У чому полягають особливості життєвого циклу тварин?
5. Життєвий цикл яких водоростей — зелених чи бурих — схожий на життєвий цикл тварин?



Як ви вважаєте?

1. Чому споровики дістали таку назву?
2. У деяких випадках поняття *життєвий цикл* і *цикл розвитку* ототожнюють. Чи правильно це? Відповідь обґрунтуйте.

§ 26. РЕГЕНЕРАЦІЯ. ЕМБРІОТЕХНОЛОГІЯ І КЛОНУВАННЯ

Терміни і поняття: клітинне диференціювання; тотипотентність; стовбурові клітини; клітинна терапія; регенерація; клонування; близнюки; ембріотехнологія.

Поняття тотипотентності. Як вам добре відомо, будь-який організм, що складається з мільярдів і трильйонів різноманітно функціонуючих і зовні зовсім не схожих клітин, походить від однієї заплідненої яйцеклітини — зиготи. Це означає, що з однієї неспеціалізованої дуже великої клітини спочатку шляхом дроблення утворюються сотні й тисячі таких самих неспеціалізованих, але набагато дрібніших клітин, а потім у ході наступних поділів поступово змінюються форма й розміри клітин і вони починають спеціалізуватися. З цих клітин утворюються зародкові листки, в яких відбувається подальша спеціалізація клітин, у результаті чого започатковуються ті або інші органи тіла й утворюється багатоклітинний організм.

Усі ці послідовні етапи індивідуального розвитку є наслідком **клітинного диференціювання** (від англ. *differ* — різнитися) — утворення з однієї батьківської клітини величезної кількості різноманітних за будовою та функціями так званих

спеціалізованих клітин. В основу цього процесу покладений механізм реалізації спадкової інформації, який полягає в тому, що на різних етапах розвитку організму в тих або інших його клітинах активними є різні групи генів.

Властивість зиготи або інших клітин давати початок новому організму називають **тотипотентністю** (від лат. *totus* — увесь, цілий, *potentia* — сила, міць). Справа в тому, що яйцеклітина не просто має повний набір генетичного матеріалу (ним володіє кожна нестатева клітина організму), а, на відміну від інших соматичних клітин дорослого організму, в яких одні гени активні й на них відбувається синтез іРНК, а інші репресовані, у зиготі всі гени зберігають потенційну активність. Цей стан клітин, наприклад у ссавців, залишається незмінним до стадії морули (*пригадайте, скільки клітин у зародка на стадії морули*), а в багатьох просто організованих багатоклітинних тварин і деяких рослин клітини зберігають тотипотентність навіть у дорослому стані організму.

Саме з тотипотентності клітин витікає здатність певних організмів до вегетативного розмноження. Причому саме його можливість у різних групах організмів є доказом того, що в кожній клітині тіла зберігається весь генетичний матеріал. Вегетативне розмноження зазвичай властиве грибам, водоростям і багатьом видам насінних рослин, серед яких проявляється у дуже різних формах (*пригадайте способи вегетативного розмноження квіткових рослин*). У тварин розмноження частинами свого тіла у природних умовах трапляється лише у досить низькоорганізованих істот — губок, кишковопорожнинних, плоских і деяких багатоцетинкових червів.



Що таке стовбурові клітини. На стадії бластули клітини зародків ссавців втрачають властивість тотипотентності, перетворюючись у **плюропотентні** (від лат. *плюраліс* — множинний і *потентіа*). Такі клітини ще зберігають здатність йти тим чи іншим шляхом розвитку. З них можуть формуватися різні клітини, тканини і органи, але новий організм з них утворитися вже не може. Цікаво, що нечисленні плюропотентні клітини зберігаються в дорослому організмі людини. Називаються вони **стовбуровими клітинами** (*оскільки вони є ніби стовбуром, з якого виростають різноманітні клітини всього організму*). Саме з них постійно утворюються клітини, необхідні для відновлення організму.

Стовбурові клітини, на відміну від інших клітин організму людини, можуть ділитися нескінченно довго. При цьому одна з дочірніх клітин залишається стовбуровою, а друга диференціюється, перетворюючись у функціонуючу клітину, наприклад лімфоцит або еритроцит. За рахунок цього, зокрема, і відбувається постійне відновлення клітинного складу крові. Не випадково термін **стовбурова клітина** уперше був застосований до кровотвірних клітин. Це відбулося у 1908 р. Автором термі-

на став російський гістолог *Олександр Олександрович Максимов* (1874—1928). Однак, як нині з'ясувалося, функції стовбурових клітин в організмі набагато ширші, ніж формування формених елементів крові. Із стовбурових клітин може утворюватися кожний з приблизно 350 типів клітин організму людини.

Стовбурові клітини у тканинах людського ембріона трапляються у співвідношенні 1 на 10 тис. звичайних клітин, а в літньої людини віком 60—80 років 1 на 9 мільйонів. Саме тому в людей похилого віку так повільно відбуваються відбудовні процеси.

Більшість клітин дорослого організму, які зберегли здатність до поділів, відносять до *уніпотентних* (від лат. *унікус* — єдиний у своєму роді і *потенція*), оскільки вони здатні розвиватися в клітини лише одного типу. До цієї групи відносять, наприклад, клітини, з яких утворюються сперматозоїди.

У наш час використання стовбурових клітин або їх продуктів у медицині, що дістало назву *клітинної терапії*, вважають перспективним способом подолання наслідків багатьох дуже важких хвороб: злоякісних новоутворень, порушень функцій імунної системи, патологій обміну речовин тощо. При цьому роль цих клітин полягає не в лікуванні як у такому, а у відновленні функцій кісткового мозку, крові та імунної системи пацієнта після проведення лікування.

Оптимістично настроєні дослідники навіть вважають, що із стовбурових клітин згодом можна буде створювати тканини й навіть вирощувати цілі органи для трансплантації замість донорських органів. Головна перевага цього підходу полягає в тому, що ці органи можна виростити з клітин самого пацієнта, і після пересадки їх не відторгатиме імунна система.

Разом з тим масове застосування стовбурових клітин викликає й певні застереження. Справа в тому, що за такого роду терапії в організм людини вводять тисячі клітин, здатних до нескінченного числа поділів. Але ж саме такою властивістю характеризуються ракові клітини. Тому виникає застереження, що введення стовбурових клітин не тільки омолоджує організм або стимулює імунітет, а й може призвести до виникнення ракових захворювань. Крім того, одержання стовбурових клітин пов'язане з використанням людських органів. Усе це разом узятє накладає серйозні моральні, а в багатьох країнах і юридичні обмеження на маніпуляції із стовбуровими клітинами.

Регенерація як наслідок тотипотентності клітин. У кожному організмі протягом життя повсякчас відбуваються процеси відновлення частин або органів тіла. У людини, наприклад, постійно відроджується зовнішній шар шкіри. Птахи скидають старе пір'я й відрощують нове. Звірі змінюють шерстний покрив. У листопадних дерев восени опадає старе листя, а навесні виростає нове. Усі тварини і рослини можуть загоювати рани й у такий спосіб усувати наслідки травм, а деякі здатні навіть заново у повному обсязі «відбудувати» втрачені органи. Усі ці процеси, пов'язані з відновленням організмом свого тіла, називають **регенерацією** (від лат. *регенераціо* — відродження, поновлення).

Чим організм простіший за своєю будовою, тим більше в нього виражена здатність до регенерації. Так, гідра або планарія можуть не тільки з легкістю відновити втрачені органи, а й навіть вирішити зворотне завдання —



Мал. 100. Поступова регенерація кінцівки аксолотля.

ногенезу. Воно властиве майже всім одноклітинним організмам, у яких відсутній статевий процес, організмам, що розмножуються вегетативно, партеногенетичним рослинам і тваринам, у яких не буває самців, а розвиток нового організму починається з незаплідненої яйцеклітини (яйцеклітини у таких організмів утворюються з порушеннями мейозу, а тому вони диплоідні або навіть триплоідні).

Але природа різноманітна, і тому навіть у ссавців, зокрема в людини, як виняток, може відбуватися нестатеве розмноження й клонування. Таким винятком є однойцеві близнюки, які розвиваються з однієї заплідненої зиготи — тому їх ще називають *монозиготними*. Генетично вони абсолютно ідентичні, належать до однієї статі. Отже, виходить, що за всіма критеріями їх правильно вважати клоновими організмами. Найчастіше народжуються два однойцевих близнюків, однак бувають випадки трьох, чотирьох і так до шести близнюків — чом не клонів? Причиною утворення монозиготних близнюків є спонтанний поділ зародка на перших етапах дроблення на частини, з яких згодом утворюються два і більше плодів, які мають спільну плаценту. Однак у 75 % випадків близнюки людей — *різнойцеві (полізиготні)*, оскільки походять від різних зигот. Вони можуть бути однієї або різних статей, а за своїм генетичним складом ідентичні у середньому на 50 %.

Штучне клонування. Нині мікрохірургічна техніка досягла таких висот, що без особливих труднощів удається поділити ембріон ссавця на стадії дроблення на кілька частин, з яких виростити нові організми. Для цього слід зробити кілька маніпуляцій. Спочатку ембріон на ранній стадії розвитку необхідно витягти з материнського організму, мікрохірургічним шляхом

відродити організм з крихітної частки тіла (*пригадайте, чому гідра дістала свою назву*). Такою самою властивістю володіють і багато видів рослин. У *бегонії*, наприклад, нова рослина може відновитися зі шматочка листка, а троянда чи смородина може перетворитися на кущ з невеличкого пагона з двома-трьома листками.

Хребетні тварини такими феноменальними здібностями не володіють, однак можуть відновити певні частини свого тіла. Риби без проблем регенерують плавці або луску, хвостаті амфібії — кінцівки (мал.100), ящірки — хвіст. У ссавців здатності до регенерації не втратили тільки тканини, в яких постійно відбуваються клітинні поділи, — сполучна та епітеліальна. Тому в людини регенерує шкіра й печінка, зростаються кістки, але виростити не те, щоб ногу, а й навіть новий палець не вдається.

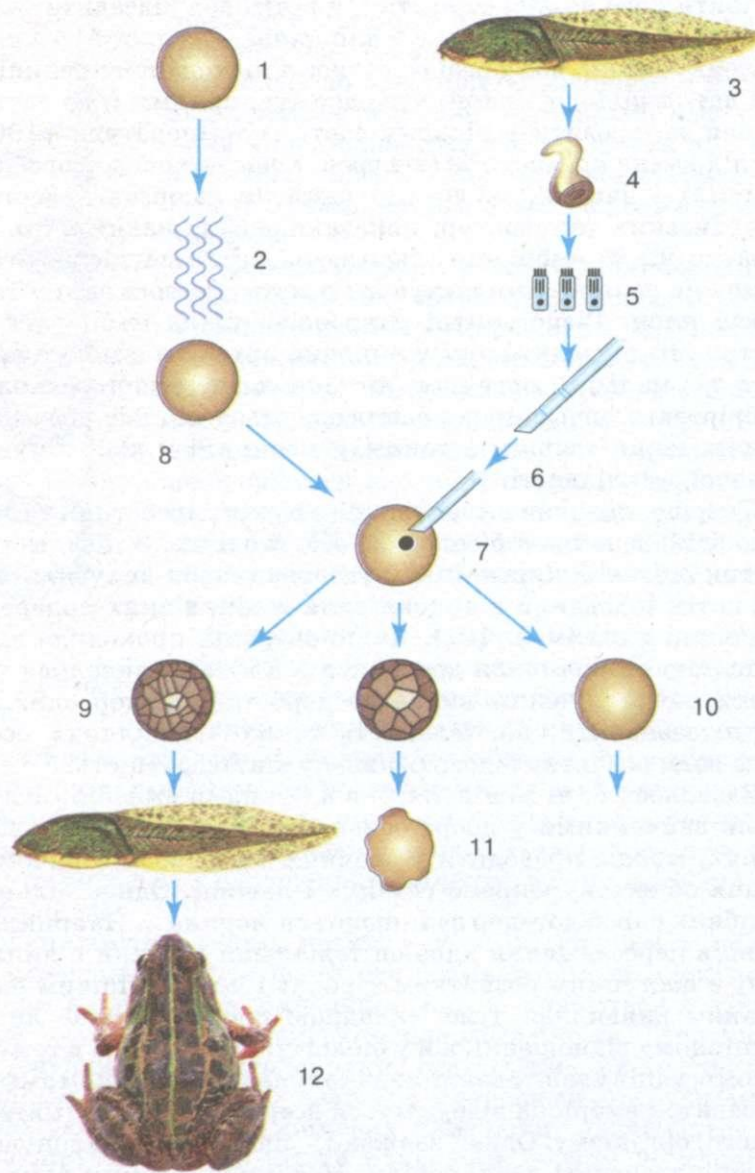
Клонування у природі. Досить часто у природі трапляється клонування — процес утворення генетично ідентичного потомства шляхом нестатевого розмноження або парте-

поділити його на кілька частин, а потім або підсадити — *імплантувати* (від лат. *ім* — у й *плантаре* — саджати) у слизову оболонку матки, або у разі відсутності підходящого реципієнта (від лат. *реципієне* — той, хто одержує, приймає), до слушної нагоди заморозити у рідкому азоті за температури $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дослідження *кріобіологів* (від грец. *кріос* — холод, мороз, лід і *біологія*) — вчених, які досліджують дію на організм низьких і наднизьких температур, показали, що за наднизьких температур 92 % ембріонів зберігають життєздатність. Згодом їх можна успішно імплантувати в матку, створивши у такий спосіб клон. Різноманітні мікрооперації на ембріонах з їх наступним підсадженням у жіночий організм з метою виростити нормальний організм, дістали назву **ембріотехнології**. Ембріотехнології широко застосовуються під час розведення цінних порід тварин, а також у медицині у ході лікуванні жіночої безплідності.

Уперше штучне клонування серед хребетних тварин було здійснене ще в 50-х роках ХХ століття. З цією метою з клітин епітелію кишечника пуголовка жаби вилучали ядра, які потім підсадили в яйцеклітини жаби, з яких попередньо видалили ядра (мал. 101). Якщо операція проходила вдало, яйцеклітини починали дробитися й з них розвивалися пуголовки, котрі у деяких випадках доростали до дорослих жаб. Варто зазначити, що більшість таких «гібридних» особин мала вади розвитку й досить низьку життєздатність.

Здавалося б, ці маніпуляції з клітинами амфібій, що нині стали звичайними у добре оснащених цитологічних лабораторіях, можна проводити у значних масштабах, причому на інших об'єктах, зокрема ссавцях і людині. Однак більшість подібних спроб дотепер залишаються марними. Наприклад, у ссавців пересадження ядра епітеліальної клітини в яйцеклітину з наступним розвитком зародка і його успішним народженням виявилися дуже складною процедурою не лише у технічному відношенні, а й у біологічному. Справа в тому, що геном ссавців улаштований значно складніше за геном амфібій, а розвиток ембріона відбувається всередині іншого (материнського) організму. Однак вважають, що й у справі клонування ссавців досягнуті певні успіхи. Найбільш відомим випадком одержання клонового ссавця з ядер соматичної тканини стала вівця Доллі (мал. 102). Цей експеримент виглядав так. До 277 яйцеклітин були пересажені ядра епітелію, вилучені з вимені тварин цього виду. Таким чином отримали 29 ембріонів, один з яких вижив.

Як це заманливо: одержати клони із соматичних клітин надзвичайних людей — геніальних вчених, художників, музикантів і виростити низку геніїв рівня Леонардо да Вінчі, «накарбувати» Рафаелей або Шаляпіних. Але, на жаль, сьогодні такий шлях вирішення проблеми безсмертя не реальний. А багато вчених вважають, що він принципово неможливий. Справа



Мал. 101. Клонування зелених жаб: 1 — незапліднене яйце; 2 — ультрафіолетове випромінювання, за допомогою якого знищують ядро; 3 — пуголовок; 4 — кишечник пуголовка; 5 — клітини кишечника; 6 — мікропіпетка; 7 — ядро клітини кишечника; 8 — яйце-реципієнт; 9 — бластула; 10 — розвиток не відбувається; 11 — ненормальний ембріон; 12 — жабеня.

в тому, що в соматичних клітинах за період їх життя накопичується чимало мутацій. Навіть якби сурогатні матері й виносили б дітей з клітин геніїв людства, такі нащадки не просто були б мало схожими на своїх геніальних батьків, а, найімовірніше, виявилися б виродками, які довго не прожили б. Як це й трапилося з вівцею Доллі, яка прожила лише 6,5 років.

Для всіх багатоклітинних організмів характерна регенерація — властивість обновляти або відновлювати після травм частини свого тіла. Регенераційні процеси дуже легко відбуваються у низькоорганізованих тварин і більшості рослин, в яких соматичні клітини навіть зберігають тотипотентність — здатність давати початок новому організму. Високоорганізовані тварини, зокрема хребетні, можуть відновлювати тільки деякі частини свого тіла або обновляти клітини окремих тканин.



Мал. 102. Вівця Доллі.



Перевірте себе

1. Що означає явище тотипотентності?
2. Які властивості мають стовбурові клітини?
3. Чим відрізняються регенераційні процеси примітивних і високоорганізованих тварин?
4. Як утворюються монозиготні близнюки?
5. У яких організмів у природних умовах розмноження відбувається шляхом клонування?
6. Що собою являє процес штучного клонування у хребетних тварин?



Як ви вважаєте?

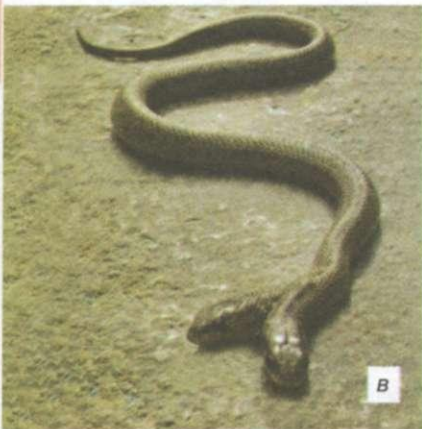
1. Чому соматичні клітини ссавців на відміну від клітин гідри втрачають тотипотентність?
2. Які моральні проблеми виникають у разі клонування людини?

§ 27. ГОМЕОСТАЗ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ. ВАДИ РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ, ЇХ КОРЕКЦІЯ

Терміни і поняття: гомеостаз розвитку; фенодевіації; середовищний стрес; критичні періоди ембріогенезу; вади розвитку; дитячий церебральний параліч.

Що таке гомеостаз розвитку. Індивідуальний розвиток особин кожного виду має чітку генетично закріплену програму. Лише організми, що її реалізували, мають усі шанси з'явитися на світ здоровими й міцними, вирости, дозріти й залишити численне потомство. Властивість організмів виконувати програму онтогенезу з мінімальною кількістю помилок називається гомеостазом (від грец. *гоміос* — однаковий і *стасіс*) розвитку. Проте, незважаючи на існування спеціальних механізмів стабілізації онтогенезу, із зовні нормальних зигот досить часто розвиваються неповноцінні організми. Виникає запитання: з чим це пов'язано?

Насамперед, даються взнаки різні генетичні порушення, викликані мутаціями на рівні хромосом або окремих генів у материнській або батьківській гаметах. Якщо мають місце хромосомні перебудови, то мітотичні поділи клітин в організмі, який розвивається, відбуваються із затримкою, що призводить до порушень закладання органів і, в кінцевому підсумку, до недо-



Мал. 103. Різноманітні вади розвитку (фенодевіації) у тварин.

стає дуже сприйнятливим до негативних середовищних впливів. Саме тоді ймовірність порушення програми розвитку організму є найбільшою. Тому ці періоди розвитку зародка називають **критичними періодами ембріогенезу**.

розвинення організму в цілому або його окремих частин. За точкових мутацій виникають порушення синтезу певних структурних білків або ферментів. В останньому випадку в клітині недостатньо швидко або взагалі не здійснюється одна з тисяч взаємозалежних хімічних реакцій. Внаслідок цього у клітині нагромаджуються непотрібні речовини, відбувається отруєння клітин і організму в цілому, уповільнюється обмін речовин й індивідуальний розвиток. У кожному разі збої в метаболізмі ембріона призводять до різного роду порушень онтогенезу, які можуть проявлятися або зовні у вигляді явних відхилень від нормального фенотипу — **фенодевіацій** (від грец. *файнон* — проявляти і лат. *deviare* — збиватися зі шляху) (мал. 103), або внутрішньо — фізіологічно. У людей найчастіше це виявляється у затримці розумового розвитку.

Порушення індивідуального розвитку може спричиняти й так званий **середовищний стрес** — різні зовнішні фактори, що сильно діють на організм. Це не тільки фізичні впливи на організм, котрий розвивається (різка зміна температури, за якої розвивається ембріон; іонізуючі опромінення; нестача кисню), а й хімічні агенти. Для людей найбільшу небезпеку становлять не стільки токсичні речовини, які пасивно потрапляють у плід з навколишнього середовища (а їх там нині вистачає!), скільки лікарські препарати, використовувані жінкою під час вагітності. Великий ризик для організму, що розвивається, являють різні вірусні й бактеріальні інфекції.

До аномального морфогенезу пуголовків може призвести не тільки забруднення навколишнього середовища, вірусні й бактеріальні інфекції, а й навіть зараження личинками паразитичних червів. Наприклад, у пуголовків, що проходили метаморфоз у міських водоймах, часто закладаються не дві, а чотири й навіть більше пар кінцівок. Такі жабенята — доволі звичайне явище для ставків українських мегаполісів. Проте і дотепер не ясно, чим викликана їх масова поява: чи водою з домішкою бензину, чи інвазіями личинок сисунів, що занурюються в тіло пуголовка саме у тих місцях, де відбувається закладання кінцівок.

Критичні періоди ембріогенезу людини. Як вам уже відомо, різні тканини й органи формуються у певні періоди розвитку ембріона. У момент максимальної інтенсивності процесів розвитку зародок

Перший критичний період розвитку людського ембріона припадає на перші два тижні. У цей період формується бластула. Якщо негативний вплив на організм матері або на ембріон досить сильний, зародок найчастіше гине й виводиться з організму матері. Якщо вплив не згубний, то в силу того, що клітини на цій стадії розвитку ще тотипотентні, ембріон здатний повністю відновитися й продовжити нормально розвиватися. Згідно з науковими даними, частота природного переривання вагітності на цьому терміні становить близько 40 % від усіх вагітностей, що відбулися. У таких ситуаціях жінка зазвичай навіть не знає, що була вагітною.

Другий критичний період внутрішньоутробного розвитку організму триває від 20-го до 70-го дня після запліднення. Вважають, що це — час максимальної вразливості зародка. Взагалі період ембріогенезу від моменту імплантації зиготи в стінку матки до 12-го тижня є ключовим у розвитку людини. У цей час відбувається закладання й формування всіх життєво важливих органів. Тому в разі впливу на ембріон так званих *тератогенних* (від грец. *тератос* — чудовисько і *генезіс*) факторів можуть виникнути різні аномалії, або, як їх ще називають, **вади розвитку** — відхилення від нормальної будови або функціонування організмів, що виходять за межі норми реакції. Це не лише різні фізичні вади розвитку, а й, найчастіше, фізіологічні аномалії, пов'язані з порушенням обміну речовин. Багато порушень розвитку є настільки серйозними, що спричиняють викидні. Вважають, що спонтанними абортами в ембріональному періоді закінчується не менше 10 % зареєстрованих вагітностей.

До тератогенних факторів розвитку людського ембріона відносять такі: різні ендокринні захворювання матері, насамперед, цукровий діабет; температурні або іонізуючі впливи; різноманітні хімічні речовини, в тому числі медикаменти, алкоголь; деякі інфекції, серед них ураження одноклітинним паразитом *токсоплазмою* і вірусом, що спричиняє захворювання на *краснуху* (цією епідемічною хворобою зазвичай хворіють діти). Якщо жінку уражує вірус краснухи у перші 12 тижнів вагітності, дитина, яка народжується, може мати вроджені вади розвитку, серед них хвороби серцево-судинної системи, вади будови очей та органів слуху. Після четвертого місяця вагітності небезпека цього захворювання для плоду зводиться до нуля. Крім того, якщо жінка хворіла на краснуху в дитинстві, вторинна інфекція їй уже не загрожує, оскільки до вірусів краснухи утворюється стійкий імунітет.

Однією з найвідоміших тератогенних речовин є заспокійливий, снодійний засіб *талідомід*. Як було встановлено, з 1956-го по 1962-й роки XX ст. через масове використання вагітними жінками цього препарату в ряді країн світу народилося від 8 до 12 тис. дітей з уродженими каліцтвами. Ця трагедія змусила чимало країн посилити вимоги до ліцензування медичних препаратів.

Після 12 тижнів розвитку ембріон набуває «людського вигляду» і з цього моменту уже називається **плодом**. Період розвитку, який називається плодовим, триває від 12-го тижня до моменту народження. У цей час відбувається дозрівання організму — формуються нові тканини й органи. Ці процеси супроводжуються швидким ростом плоду. Незважаючи на те, що різні фактори все ще можуть впливати на внутрішньоутробний розвиток дитини, у цей період їх вплив уже не викликає вади розвитку.

Третій критичний період — пологи — небезпечний для майбутньої людини через можливі травми немовляти, насамперед головного мозку. Ураження головного мозку може спричинити **дитячий церебральний параліч**. Це захворювання зазвичай проявляється ще у ранньому дитинстві, характеризується руховими порушеннями. У таких хворих спостерігаються паралічі, слабкість м'язів, порушення координації, мимовільні рухи. Дитячий церебральний параліч, як і більшість інших вад розвитку, не можнавилікувати повністю, як грип чи дизентерію. Основними методами реабілітації таких хворих, крім усіяких медикаментозних препаратів, є лікувальна фізкультура. Дуже важлива соціальна адаптація таких людей.

Процес індивідуального розвитку іноді супроводжується збоями в реалізації програми онтогенезу, які можуть бути спровоковані або порушеннями генетичного апарату, або негативним впливом іззовні. У результаті можуть статися різного роду відхилення — вади розвитку. Це не тільки помітні відхилення від нормального фенотипу, а й різні порушення метаболізму, що призводять до неправильного функціонування організму. Особливо небезпечні зовнішні негативні впливи на розвиток майбутньої людини у перші 12 тижнів — період ембріогенезу, коли відбувається формування органів.

Перевірте себе

1. Яким чином порушення генетичного апарату призводять до порушення програми розвитку?
2. Який час розвитку ембріона вважають першим критичним періодом?
3. До чого може призвести вплив тератогенних речовин у перші 12 тижнів вагітності жінки?
4. Якою є одна з основних причин дитячого церебрального паралічу?

Як ви вважаєте ?

1. Який захід є найбільш ефективним для запобігання захворюванню вагітних жінок на краснуху?
2. Чому метаболічні захворювання чи фізіологічні розлади, які виникли під час ембріонального розвитку, майже невиліковні?

Тестові завдання до теми 8

- Укажіть, в якому випадку не відбувається запліднення:
а) самозапилення; б) перехресного запилення; в) партеногенезу; г) гермафродитизму.
- Укажіть, як називають чоловічі статеві органи водоростей:
а) архегонії; б) антеридії; в) ендосперм; г) гаметангії.
- Укажіть, з чого складається насіннина:
а) з ендосперму; б) з центральної клітини; в) із зародка; г) зародка і ендосперму.
- Укажіть, у чому полягає механізм реалізації спадкової інформації:
а) у різноманітності генів; б) у різноманітності фенотипів; в) у диференціальній активності генів; г) у модифікаційній мінливості.
- Укажіть, який період визначають як онтогенез:
а) від зиготи до народження; б) від зиготи до зиготи; в) від зиготи до смерті; г) від народження до статевого дозрівання.
- Укажіть, для якої із зазначених груп тварин не характерні личинкові стадії:
а) губки; б) членистоногі; в) земноводні; г) птахи.
- Укажіть ознаку, характерну для росту тварин:
а) ріст верхівкою; б) ріст усім тілом; в) ріст протягом усього життя; г) ріст у товщину.
- Укажіть, який із зазначених видів організмів має найдовший період життя:
а) полярний кит; б) собака; в) гриф; г) ящірка прудка.
- Укажіть, у яких рослин стадія гаметофіта довша за стадію спорофіта:
а) папоротей; б) плаунів; в) хвощів; г) мохів.
- Укажіть, наслідком чого є здатність організмів до регенерації:
а) особливостей їх генотипу; б) тотипотентності клітин; в) незакінченості онтогенезу; г) незавершеності онтогенезу.
- Укажіть, як ще називають однайцевих близнюків:
а) монозиготними особинами; б) полізиготними особинами; в) лінійними особинами; г) напівсисбами.
- Укажіть, на якому тижні вагітності людський зародок починають називати плодом:
а) третьому; б) дев'ятому; в) дванадцятому; г) п'ятнадцятому.
- Установіть відповідність між видом організму та особливостями його життєвого циклу:

Медуза	Домінування спорофіта над гаметофітом
Печінковий сисун	Статева і нестатева фази розвитку
Миша хатня	Гермафродитна стадія дорослих особин і партеногенетична стадія личинок
Мох	Партеногенетична стадія дорослих особин і гермафродитна стадія личинок
	Простий життєвий цикл

- Установіть правильну послідовність етапів ембріонального розвитку ланцетника та стадій його раннього онтогенезу:

Перший етап	Органи
Другий етап	Зародкові листки
Третій етап	Морула
Четвертий етап	Бластула
	Гастроула

15. Установіть правильну послідовність етапів ембріогенезу: диференціація клітин; утворення тканин; послідовні поділи зиготи; утворення багатоклітинного зародка.

Лабораторна робота 4*

ЕМБРІОГЕНЕЗ ХОРДОВИХ

Мета. Порівняти різні стадії раннього ембріогенезу хордових тварин. Навчитися визначати ці стадії.

Обладнання. Мікроскоп, готові мікропрепарати (як правило, препарати ембріонів жаби, аксолотля або птаха) етапів ембріогенезу (зигота, морула, бластула, гастроула, органогенез) хордових.

Можливий варіант проведення лабораторної роботи без мікроскопа за допомогою муляжів етапів ембріогенезу хордових.

Інструкція. Налаштуйте мікроскоп. Розгляньте готові мікропрепарати етапів ембріогенезу хордових. (Або розгляньте муляжі етапів ембріогенезу.)

Оформлення результатів роботи. Замалюйте у зошиті побачені етапи ембріогенезу хордових у такому порядку: 1 — зигота; 2 — морула; 3 — бластула; 4 — гастроула; 5 — органогенез.

Завдання. Визначіть, на якому препараті зафіксований кожний з етапів ембріогенезу. Підпишіть на своїх малюнках етапи ембріогенезу й укажіть ознаки, за якими ви визначили, який етап ембріогенезу зафіксований на даному препараті.