



Репродукція та розвиток організмів

43

Репродукція як механізм забезпечення безперервності існування видів



Які основні властивості є характерними для живих організмів? Які існують способи розмноження живих організмів? Як розмножуються ссавці? Які особливості розмноження є характерними для квіткових рослин?

Репродукція живих організмів

Репродукція — це здатність живих організмів до самовідтворення, утворення ними нащадків, які є засобом збереження видів і які забезпечують безперервність їхнього існування. Здатність до самовідтворення — це одна з ключових ознак живого, яка відрізняє живі організми від неживих систем.

Репродукція живих організмів відбувається у формі розмноження у різний спосіб. Слід відзначити, що здатність до репродукції мають не тільки клітинні організми, але й такі неклітинні форми життя, як віруси.

Форми розмноження живих організмів

Основних форм розмноження живих організмів існує кілька. В першу чергу розрізняють статеве (під час якого утворюються статеві клітини) і нестатеве (під час якого статеві клітини не утворюються) розмноження.

Як окрему форму розмноження можуть розглядати вегетативне розмноження, виокремлюючи його з нестатевого. У такому випадку нестатевим вважають розмноження, під час якого утворюються спеціалізовані клітини, які не є гаметами (наприклад, зооспори водоростей або конідіеспори грибів). А вегетативним вважають розмноження, під час якого утворюються багатоклітинні структури (бруньки у гідри, бульби в картоплі тощо).

Нестатеве розмноження

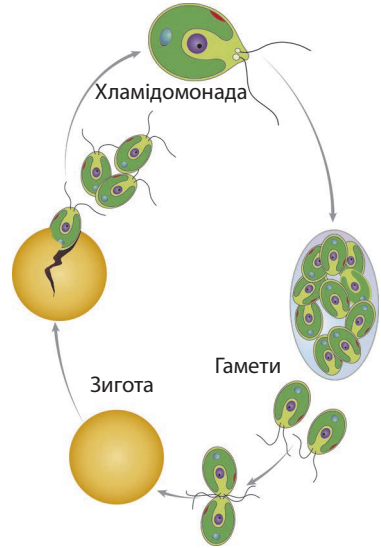
Нестатеве розмноження — утворення нового організму з однієї або групи клітин вихідного материнського організму, в ході якого не утворюються статеві клітини і не відбувається статевий процес. У цьому випадку в розмноженні бере участь тільки одна батьківська особина, що передає свою спадкову інформацію дочірнім організмам.

Цей спосіб розмноження поширений в усіх груп живих організмів і є вихідним способом розмноження для клітинних форм. Суттєвою перевагою нестатевого розмноження є те, що в цьому варіанті продукувати нових нащадків можуть усі особини, тоді як у випадку статевого розмноження до цього здатні тільки самки.

Статеве розмноження

Статеве розмноження — тип розмноження, за якого утворюються спеціалізовані статеві клітини і відбувається статевий процес. Статеве розмноження спостерігається у представників більшості систематичних груп рослинного і тваринного світу (мал. 43.1).

За умови статевого розмноження утворення нового організму зазвичай відбувається за участі двох батьківських організмів, але у випадку гермафродитизму статевим шляхом може розмножуватися й одна особина. Під час статевого розмноження відбувається злиття статевих клітин — гамет чоловічого і жіночого організму. Таким чином, новий організм несе спадкову інформацію обох батьків.



Мал. 43.1. Статеве розмноження одноклітинного організму



44 Особливості процесів регенерації організму людини



Які організми здатні відновлювати втрачені частини тіла? Який процес покладено в основу вегетативного розмноження у тварин і рослин? Які тварини здатні відновлювати втрачені частини тіла?

Регенерація та її різновиди

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 у різній мірі. Якщо одні організми можуть самовідновитися навіть після дуже сильних пошкоджень (гідри, планарії тощо), то інші здатні до регенерації у незначній мірі (нематоди).

Регенераційні властивості організму людини не є найвидатнішими, але він усе ж таки здатний до відновлення своїх пошкоджень. 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.

Розрізняють дві форми регенерації — внутрішньоклітинна та клітинна. **Внутрішньоклітинна** відбувається всередині клітин за рахунок молекулярних механізмів і відновлює потрібні клітині органи та молекулярні структури. **Клітинна** регенерація відбувається на рівні організму за рахунок поділу клітин, що дозволяє повністю або частково відновлювати тканини й органи.

Залежно від завдань, 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 відбувається протягом усього життя людини (мал. 44.1). 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 тканини, 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.



Мал. 44.1. Періодичність оновлення структур організму людини за рахунок фізіологічної регенерації



45

Трансплантація тканин та органів у людини. Правила біологічної етики



Що таке імунітет? Як імунна система організму розпізнає сторонні біологічні об'єкти? Що таке антиген? Що таке антитіло? Що слід ураховувати під час переливання крові?

Трансплантація тканин та органів

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.

У випадку, коли в організм реципієнту поміщають не живі органи і 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 і 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.

Види трансплантації

Залежно від походження трансплантата виділяють кілька видів трансплантації.

Види трансплантації

Вид трансплантації	Особливості виду трансплантації
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
Ізотрансплантація	Донором стає людина, повністю ідентична за геномом до реципієнта. Це можливо, коли донор і реципієнт є монозиготними близнюками

Вид трансплантації	Особливості виду трансплантації
Аутоотрансплантація	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
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. Крім проблем із відторгненням трансплантата, ця технологія вимагає урахування моральних та соціальних аспектів, бо використання таких трансплантатів може суперечити моральним чи релігійним переконанням реципієнта

Принципи біологічної етики

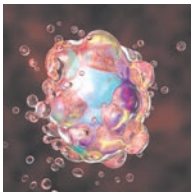
Трансплантація тканин і органів робить актуальною проблему біоетики — моральних аспектів застосування цих технологій. Основні принципи біоетики, яких бажано дотримуватися для недопущення етичних проблем, запропонували американські вчені Т. Л. Бічамп і Дж. Ф. Чілдрес. Такими принципами є:

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



46

Ріст і розвиток. Старіння і смерть клітин



Які основні властивості є характерними для живих організмів? Якою може бути тривалість життя живих організмів? Які стадії розвитку можуть бути в життєвому циклі комах?

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.

Розвиток клітин

Поділ еукаріотичних клітин (у тому числі клітин людини) в 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 **стовбуровим клітинами**.

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

Старіння та смерть клітин

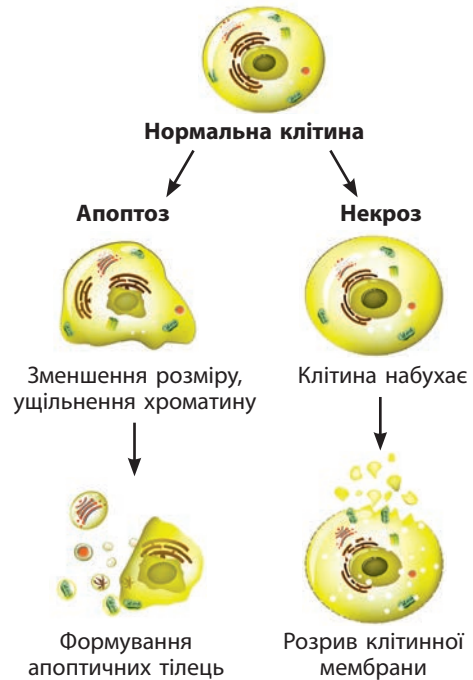
З часом клітини в організмі гинуть. Ця загибель може бути викликана як зовнішніми (висока чи низька температура, механічні пошкодження тощо), так і внутрішніми (старіння) причинами. Ста-

ріння клітин є важливим способом стабілізації кількості клітин в організмі. Регулюється воно складними молекулярно-генетичними механізмами. Тривалість життя окремих клітин в організмі людини є дуже різною. Так, клітини епітелію травного тракту живуть кілька діб, еритроцити — три місяці, а нейрони головного мозку — десятки років.

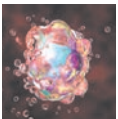
У багатоклітинних живих організмів (у тому числі й людини) вирізняють два основні способи загибелі клітин — апоптоз і некроз (мал. 46.1).

Апоптоз — це запрограмована загибель клітин. Він ініціюється спеціальними молекулярними сигналами й відбувається за певним алгоритмом подій у клітині. У випадку апоптозу клітинна мембрана не руйнується. Після надходження сигналу до ядра клітини вона починає синтезувати білки, потрібні для руйнування її власних структур. У результаті апоптозу з клітин утворюються так звані апоптозні тільця, які поглинаються макрофагами або сусідніми клітинами.

Некроз — це випадкова або патологічна загибель клітин. Він може відбуватися під дією фізичних, хімічних або біологічних факторів і є менш упорядкованим, ніж апоптоз. Під час некрозу клітинна мембрана руйнується й уміст клітини потрапляє в зовнішнє середовище. Це часто стає причиною розвитку запалення.

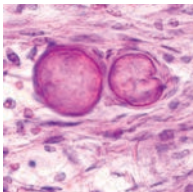


Мал. 46.1. Схема подій під час процесів апоптозу і некрозу клітин в організмі людини



47

Порушення клітинного циклу та їх наслідки



Що таке клітинний цикл? Які стадії виокремлюють у клітинному циклі? Що таке мітоз? Як регулюються ріст та диференціація клітин в організмі людини? Яким чином можуть регулюватися процеси обміну речовин у клітині?

Проблеми порушення клітинного циклу

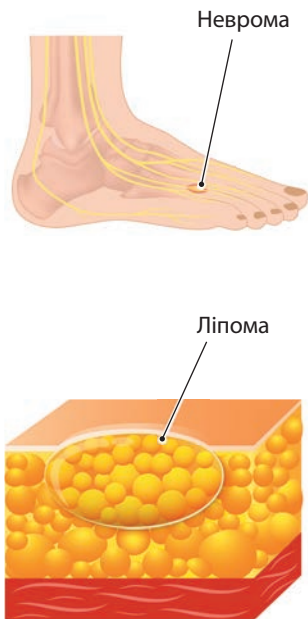
Клітинний цикл у клітин організму людини є стандартним для ссавців. У більшості випадків він відбувається без відхилення. А тривалість інтерфази може бути різною й залежить від рівня спеціалізації клітини. Чим більш спеціалізована клітина, тим більша тривалість інтерфази її клітинного циклу.

Але в деяких випадках клітинний цикл може порушуватися. Це може бути причиною нестандартних варіантів поділу клітини (наприклад, амітозу чи ендомітозу). Але 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 та злоякісні.

Доброякісні пухлини

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 метастазів).

За структурою доброякісні пухлини схожі на тканини, з яких вони виникли (мал. 47.1).



Мал. 47.1. Доброякісні пухлини — ліпома та неврома

Ступінь їхньої диференціації суттєво вищій, 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.

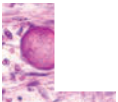
Різноманітність доброякісних пухлин є високою. Їх класифікують за типом тканини, з якої вони утворилися.

Поширені типи доброякісних пухлин

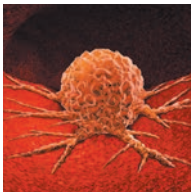
Назва пухлини	Тканина, з клітин якої утворюється
Аденома	Залозистий епітелій
Епітеліома	Епітеліальна
Фіброма	Сполучна
Неврома	Нервова тканина
Остеома	Кісткова
Хондрома	Хрящова
Ліпома	Жирова
Лімфома	Лімфатична
Міома	М'язова

Найбільш поширеними доброякісними пухлинами є міома матки (розвивається з м'язів матки), папіломи (розвиваються на поверхні шкіри або слизових оболонках), аденоми (розвиваються із залозистого епітелію різних залоз).

Для лікування доброякісних пухлин часто застосовують хірургічне втручання. У сучасній медицині популярною технологією лікування деяких типів таких пухлин стає кріокоагуляція, коли клітини пухлин руйнують за допомогою низьких температур.



48 Онкогенні фактори та онкологічні захворювання



Що таке здоров'я? Що таке захворювання? До яких наслідків може призводити порушення клітинного циклу? Що таке доброякісна пухлина? Які фактори можуть бути причинами мутацій?

Онкогенні фактори

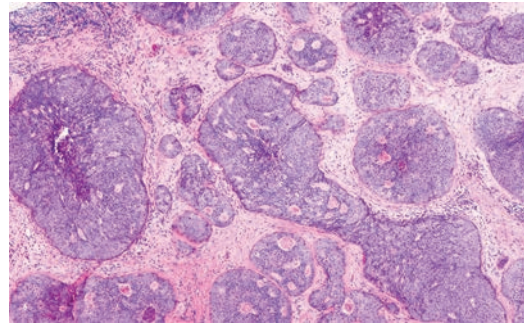
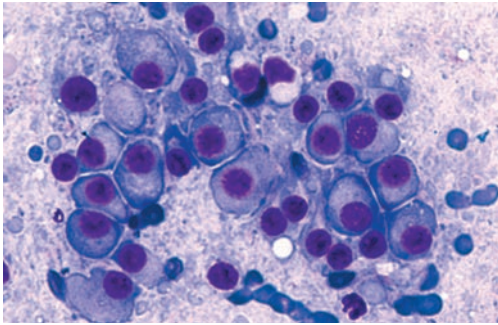
Онкогенні фактори — це фізичні, хімічні або біологічні фактори, дія яких стає причиною утворення в організмі доброякісних або злоякісних пухлин. Онкогенні фактори відрізняються високим різноманіттям.

Онкогенні фактори

Група факторів	Фактори	Наслідки дії факторів
Фізичні	Іонізуюче та ультрафіолетове випромінювання	Ультрафіолетове випромінювання збільшує ризик раку шкіри, а дія іонізуючого випромінювання може уражати будь-який орган чи тканину
Хімічні	Ароматичні вуглеводи (бензидин, бензпірен тощо), деякі сполуки Нітрогену, діоксин, спирти, речовини тютюнового диму тощо	Можуть уражати будь-який орган чи тканину з наступним формуванням пухлини
Біологічні	Деякі віруси, мобільні генетичні елементи, помилки систем репарації клітини, дія епігенетичних факторів	Можуть уражати будь-який орган чи тканину з наступним формуванням пухлини

Злоякісні пухлини

Злоякісні пухлини — це новоутворення в організмі, що зумовлені необмеженим і неконтрольованим розмноженням клітин (мал. 48.1), які поширюються в сусідні тканини (здійснюють інвазію) та віддалені органи (утворюють метастази). Щодо злоякісних пухлин часто використовують термін *ракова пухлина* або *рак* (мал. 48.2). Цей термін запропонував Гіппократ, який описав пухлину, що зовніш-



Мал. 48.1. Клітини злоякісних пухлин

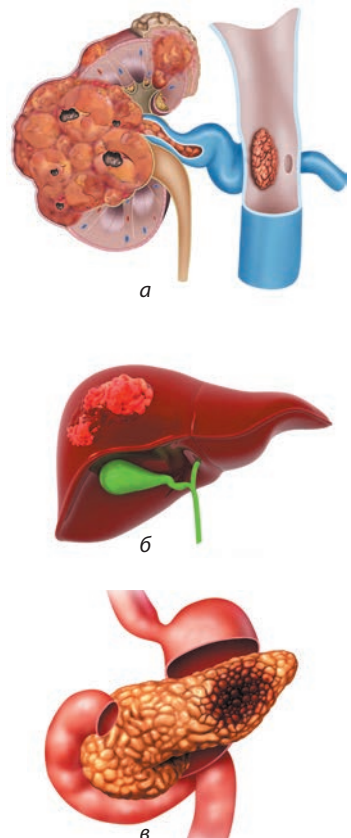
ньою формою була схожа на краба або рака завдяки місцевим метастазам, які проникали у сусідні тканини.

Характерними ознаками злоякісних пухлин є такі:

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

Типи злоякісних пухлин

Злоякісні пухлини класифікують за типом клітин, які дають їм початок. Але клітини



Мал. 48.2. Розвиток ракової пухлини в нирці (а), печінці (б) і підшлунковій залозі (в)

в злоякісних пухлинах слабо диференційовані, тому серед них можна розрізнити клітини різних типів.

Поширені типи злоякісних пухлин

Назва пухлини	Структури, з клітин яких утворюється
Меланома	Меланоцити
Карцинома	Епітеліальна тканина
Саркома	Сполучна, кісткова, м'язова тканина
Гліома	Гліальні клітини
Лімфома	Лімфатична тканина
Лейкоз	Стовбурові клітини кісткового мозку

Різноманітність та способи лікування злоякісних пухлин

Способів лікування злоякісних клітин існує багато. І якщо захворювання виявлено на ранній стадії, шанси видужати у хворого дуже великі. А от якщо захворювання було виявлено на пізніх стадіях, ситуація значно ускладнюється. Хоча і в таких випадках людину часто вдається вилікувати. Тому в боротьбі з раком дуже важливою є рання діагностика і профілактика захворювання.

Основними способами лікування злоякісних пухлин є:

- хірургічне видалення пухлини;
- хіміотерапія (знищення клітин пухлини спеціальними препаратами);
- радіотерапія (знищення клітин пухлини за допомогою радіаційного опромінення);
- фотодинамічна терапія (руйнування клітин пухлини світлом з певною довжиною хвилі);
- гормональна терапія (деякі типи пухлин є чутливими до дії гормонів);
- імунотерапія (стимулювання імунної системи організму для підвищення її ефективності у боротьбі з пухлиною).

Найчастіше для підвищення ефективності лікування застосовують комбіновану терапію, за якої одночасно використовується кілька методів знищення пухлини.

Профілактика онкологічних захворювань

Онкологічні захворювання є дуже поширеними й небезпечними. Сучасна медицина розробила багато способів їх лікування, але досі

найкращим способом боротьби вважається профілактика. Простіше не допустити, ніж лікувати.

Профілактика цих захворювань спрямована на уникнення або ослаблення дії канцерогенних факторів. Це допомагає суттєво знизити ризик їх виникнення. Так, невживання канцерогенів у складі їжі суттєво зменшує ризик розвитку раку органів травної системи, матки і молочних залоз. Уникнення паління та регулярного перебування в приміщеннях, у яких палять, зменшує ризик захворювання раком легень, стравоходу, шлунка, сечового міхура тощо.

Деякі вірусні інфекції, малорухомий спосіб життя, стреси й нервові перевантаження, потрапляння в зони з підвищеним рівнем радіації теж спричиняють розвиток онкогенних захворювань. Тому запобігання дії цих факторів також є гарним профілактичним заходом.

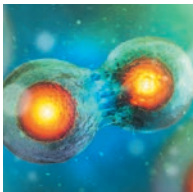
Дуже важливою також є рання діагностика онкологічних захворювань. Шанси вилікувати рак на ранніх стадіях становлять більш ніж 90 %. Тому регулярне обстеження для виявлення ранніх стадій онкологічних захворювань також можна віднести до засобів профілактики важких форм раку (мал. 48.3).



Мал. 48.3. Обстеження молочних залоз за допомогою спеціального приладу (мамографа) — один із поширених способів профілактики ракових захворювань



49

Статеві клітини. Особливості гамето-
генезу у людини

Які існують способи розмноження? Під час якого способу розмноження утворюються статеві клітини? Чому чоловічі й жіночі статеві клітини мають різний розмір?

Статеві залози і статеві клітини

Статевими залозами у людини є яєчка (у чоловіків) і яєчники (у жінок). **Яєчка** — овальні парні статеві залози, що містяться поза черевною порожниною у шкірному мішку (мошонці). Вони належать до залоз змішаної секреції: зовнішня функція — це утворення сперматозоїдів, а внутрішня — виділення гормону тестостерону.

Кожне яєчко складається приблизно з 1000 звивистих сім'яних каналців загальною довжиною до 300–400 м. Під час статевого дозрівання у сім'яних каналах яєчок утворюються чоловічі статеві клітини — **сперматозоїди**. З яєчок вони надходять до придатків, де дозрівають упродовж двох тижнів.

Яєчники — це парні статеві залози мигдалеподібної форми. У них утворюються й дозрівають жіночі статеві клітини — **яйцеклітини**. Яєчники також утворюють статеві гормони естрадіол і прогестерон. До черевної порожнини яєчники прикріплені кількома зв'язками. Розмір яєчника становить $3 \times 2 \times 1$ см, а важить він близько 7 г.

Сперматозоїди — це рухливі клітини, які мають три відділи — головку, шийку й хвіст. У хвості містяться спеціальні білки, які забезпечують рух сперматозоїда. У результаті коливальних рухів хвоста сперматозоїд може самостійно рухатися головкою вперед зі швидкістю 2–3 мм за хвилину. В шийці зосереджені мітохондрії, що виробляють енергію, яка використовується для руху. Вона містить також видозмінену центросому, яка сприяє процесові поділу заплідненого яйця. Головка клітини містить ядро зі спадковим матеріалом і спеціальну органелу — **акросому**. Вона потрібна для того, щоб сперматозоїд міг подолати оболонки яйцеклітини під час запліднення: ферменти, які містяться в акросомі, цю оболонку розчиняють.

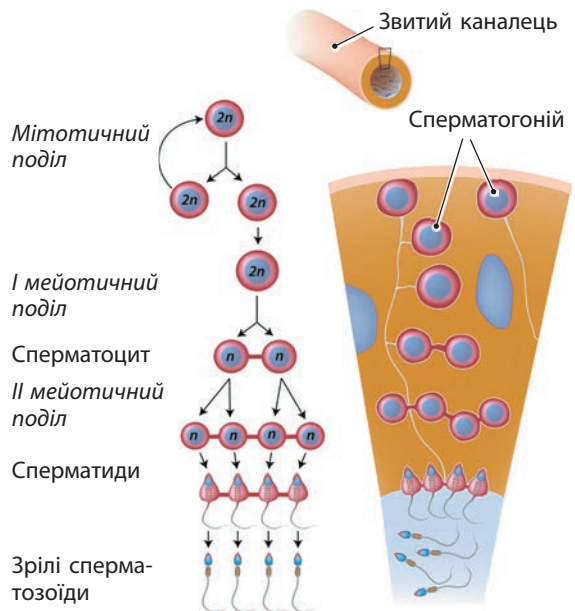
Яйцеклітина набагато більша, ніж сперматозоїд. Вона містить поживні речовини, які забезпечують перші поділи майбутнього зародка, і не має джгутика. Спадковий матеріал яйцеклітини міститься в ядрі. Зовні її оточують спеціальні оболонки, які утворюються під час розвитку яйцеклітини в яєчнику. Вони перешкоджають проникненню в яйцеклітину більш ніж одного сперматозоїда та сприяють укоріненню зародка в слизову оболонку матки.

Процес утворення статевих клітин у статевих залозах називають **гаметогенезом**. В яєчках відбувається сперматогенез, а в яєчниках — оогенез.

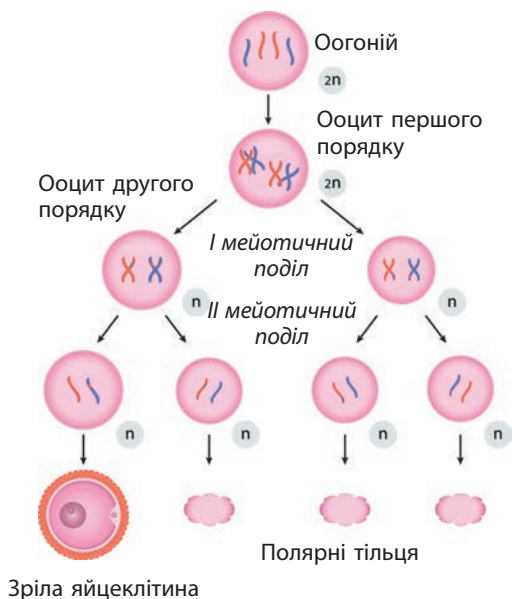
Сперматогенез у людини

Сперматогенез — це процес розвитку сперматозоїдів у людини (мал. 49.1). Він відбувається в сім'яних канальцях чоловічої статеві залози — сім'янику. Процес сперматогенезу складний, він завершується в період статевої зрілості утворенням сперматозоїдів — зрілих чоловічих статевих клітин, здатних до запліднення. Утворенню сперматозоїдів передуює дворазовий (такий, що швидко настає один за одним) поділ, у результаті якого в ядрі статевої клітини залишається половина хромосом (23 замість 46).

Розрізняють чотири **періоди сперматогенезу**: розмноження, ріст, дозрівання й формування. У період розмноження сперматогонії (первинні чоловічі статеві клітини) кілька разів діляться шляхом мітозу. У період росту утворені клітини збільшуються в розмірах, а їхні ядра проходять першу фазу (профазу першого поділу) мейозу. У результаті вони стають сперматоцитами першого порядку. У період дозрівання проходять наступні фази мейозу й утворюються сперматоцити другого порядку (після першого поділу) і сперматиди (після другого поділу). З одного сперматоциту першого порядку утворюються спочатку два сперматоцити дру-



Мал. 49.1. Сперматогенез у людини



Мал. 49.2. Оогенез у людини

гого порядку, а потім — чотири сперматиди. Під час періоду формування сперматиди перетворюються на зрілі чоловічі статеві клітини — сперматозоїди.

Оогенез у людини

Оогенез — це процес розвитку яйцеклітин (мал. 49.2). Цей процес пов'язаний з ростом і розвитком первинних фолікулів, розміщених у корковому шарі яєчника. Первинний фолікул складається з незрілої яйцеклітини, оточеної шаром епітеліальних клітин, і сполучною тканиною.

У першу (фолікулярну) фазу менструального циклу починається ріст одного або кількох первинних фолікулів, але стадії

повного дозрівання досягає зазвичай один фолікул; інші зазнають регресу. Процес дозрівання фолікула за 28-денного менструального циклу вкладається в 14 днів (за 21-денного — у 10–11 днів).

Розрізняють три періоди оогенезу: розмноження, росту й дозрівання. У період розмноження відбувається збільшення кількості оогоніїв (первинних жіночих статевих клітин) шляхом мітотичних поділів. У період росту поділ оогоніїв припиняється і вони утворюють ооцити першого порядку. Ооцити заглиблюються в тканини яєчника, вкриваються оболонками й утворюють фолікули. У кінці періоду росту в ооциті відбувається накопичення жовтка. Протягом періоду дозрівання відбувається два поділи мейозу, в результаті яких у ядрі статевої клітини залишається половина хромосом (23 замість 46). Після першого поділу утворюється ооцит другого порядку й перше полярне тільце, а після другого — зріла яйцеклітина і друге полярне тільце. Полярні тільця не беруть участі у процесах розмноження й виконують функцію видалення зайвого генетичного матеріалу.

Таким чином, на відміну від сперматогенезу, під час оогенезу з однієї вихідної клітини утворюється лише одна повноцінна зріла гамета. Крім того, характерною особливістю оогенезу є те, що періоди розмноження й росту гамет відбуваються ще в ембріональному періоді

розвитку організму дівчинки, а всі стадії сперматогенезу — після періоду статевого дозрівання хлопчика.

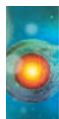
Вплив різних факторів на гаметогенез

Процес утворення гамет у людини залежить від генетичних, гормональних та інших факторів. Гаметогенез у людини регулюється чотирма генами, три з яких (O , T , Tif) розташовані на X -хромосомі, а один (R^{tif}) — на Y -хромосомі. Ген O відповідає за оогенез, а T — за сперматогенез. Ген Tif блокує роботу гена T , що дозволяє працювати гену O . Те, який з цих генів буде працювати, залежить від гена R^{tif} , локалізованого на Y -хромосомі. За наявності в клітині Y -хромосоми ген R^{tif} блокує ген Tif . У такій ситуації працює ген T і організм виробляє сперматозоїди. Після початку продукування гамет тонку регуляцію цього процесу організм здійснює гормонально за допомогою ендокринної системи.

Але на гаметогенез можуть впливати й інші фактори. Вкрай негативну дію на цей процес чинять алкоголь, паління і вживання наркотичних речовин, а також деякі фактори середовища (радіаційне випромінювання, певні хімічні речовини тощо). Ці фактори можуть порушувати процес формування сперматозоїдів (мал. 49.3), що стає причиною їх недостатньої рухливості й безпліддя. Вони становлять суттєву небезпеку і для ооцитів під час їхнього дозрівання й формування оболонки. Крім того, ці фактори суттєво підвищують кількість мутацій у статевих клітинах, що також погано позначається на їхній життєздатності й підвищує ризик народження дітей зі спадковими вадами.



Мал. 49.3. Аномальні форми сперматозоїдів, що можуть виникнути за умови зловживання алкоголем



50

Запліднення. Порушення процесу запліднення у людини



Що таке статеве розмноження? Що таке статевий процес? Які бувають гамети? Які особливості будови гамет ссавців? Що таке зигота? Чому зовнішнє запліднення не є характерним для наземних тварин?

Запліднення у людини

Заплідненням у людини, як і в інших живих організмів, називають процес з'єднання (злиття) зрілої чоловічої (сперматозоїд) і жіночої (яйцеклітина) статевих клітин, у результаті якого утворюється одна клітина (зигота), що є початком нового організму.

Люди є представниками ссавців, і тому запліднення у них внутрішнє — воно відбувається в організмі жінки. У заплідненні беруть участь чоловіча (сперматозоїд) та жіноча (яйцеклітина) гамети. Запліднення зазвичай відбувається в матковій трубі. У цьому процесі виділяють кілька етапів.

Етапи запліднення у людини

Етап	Процеси, які відбуваються
Пенетрація	Подолання сперматозоїдом зовнішніх оболонок яйцеклітини — блискучої оболонки та променистого вінця. Для їх подолання використовуються спеціальні ферменти, що розташовані на поверхні та в акросомі гамет. Але ферментів одного сперматозоїда недостатньо для подолання оболонок. Тому запліднення можливе тільки за наявності достатньої кількості сперматозоїдів
Кортикальна реакція	Після проникнення одного зі сперматозоїдів усередину яйцеклітини відбувається виділення назовні специфічних ферментів, які змінюють конформацію білків блискучої оболонки, чим ущільнюють її і роблять неможливим проникнення в яйцеклітину інших сперматозоїдів
Утворення зиготи	Ядра гамет зливаються всередині яйцеклітини, утворюючи зиготу

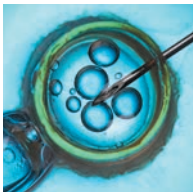
Причини порушення процесів запліднення у людини

Причини порушення процесів запліднення можуть бути різноманітними. Їх виникнення може бути пов'язаним із проблемами в організмі як чоловіка, так і жінки.



51

Особливості репродукції людини. Репродуктивна медицина



Де утворюються гамети в організмі людини? Які особливості будови мають сперматозоїди та яйцеклітини людини? Де відбувається утворення зиготи в організмі людини?

Особливості репродукції людини

Існування людини, як і будь-якого іншого біологічного виду, є можливим тільки у випадку, коли буде відбуватися процес репродукції (розмноження) з появою особин нових поколінь. Репродукція у людини є складним процесом, на який може впливати велика кількість факторів. Ці фактори можуть бути небіологічними (фізичні фактори, токсичні речовини тощо), біологічними (захворювання, травми, порушення обміну речовин) або соціальними.

Соціальна складова відіграє у репродукції людини надзвичайно важливу роль. Саме соціальні фактори сильно впливають на рішення людини щодо народження дитини та кількості дітей у родині. Умови життя людських родин теж багато в чому формуються під впливом соціально-економічних факторів, а це впливає як на психологічний стан людей, так і на стан їхнього здоров'я. Недостатнє харчування, постійна стресова ситуація, невпевненість у майбутньому можуть стати причиною розладів у роботі репродуктивної системи і виникненні безпліддя.

Репродуктивне здоров'я

За визначенням ВООЗ (Всесвітньої організації охорони здоров'я), репродуктивне здоров'я — це стан повного фізичного, розумового і соціального благополуччя в усіх питаннях функцій і процесів репродуктивної системи людини.

Гарне репродуктивне здоров'я людини означає, що вона здатна до зачаття дітей, має можливість сексуальних відносин без ризику захворювань, які передаються статевим шляхом, і може планувати кількість дітей, які в неї будуть. Репродуктивне здоров'я жінок також передбачає безпеку вагітності та пологів, виживання дитини та благополуччя матері.

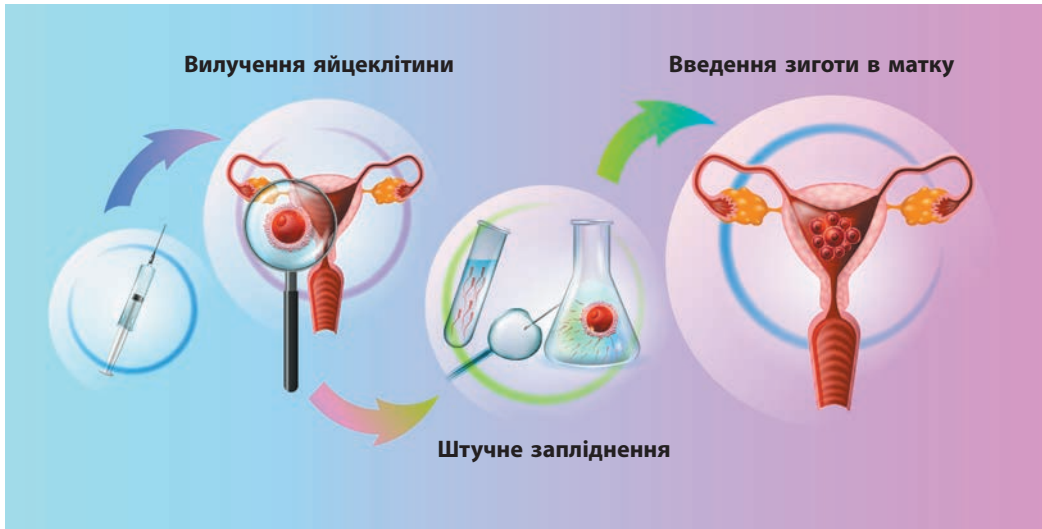
Репродуктивна медицина

Небіологічними та біологічними факторами, які можуть бути причиною порушення репродукції у людини, займається репродуктивна медицина.

Репродуктивна медицина — це галузь медицини, яка займається профілактикою, діагностикою та лікуванням безпліддя у людини. Вона базується на використанні найновіших розробок з ендокринології, хірургії, генетичної інженерії та інших галузей. Гарно відпрацьованими і популярними технологіями репродуктивної медицини є технології штучного запліднення — екстракорпоральне та інтракорпоральне запліднення.

Екстракорпоральне запліднення — це процес, під час якого відбувається запліднення яйцеклітини поза межами організму людини (так зване «запліднення в пробірці») (мал. 51.1). Вперше таке запліднення було застосовано 1978 року у Великій Британії. Екстракорпоральне запліднення може здійснюватися у тих випадках, коли через захворювання чоловіка або жінки неможливе запліднення природним шляхом (непрохідність маткових труб, пошкодження сім'яних протоків тощо).

Інтракорпоральне запліднення — це процес, під час якого відбувається запліднення яйцеклітини безпосередньо в організмі людини шляхом штучного введення сперми до матки за допомогою спеціаль-



Мал. 51.1. Схема екстракорпорального запліднення

ного катетора. Його використовують у деяких випадках чоловічого безпліддя та в ситуації, коли має місце імунологічне безпліддя (через агресивну атаку імунною системою жінки сперматозоїдів).

Перспективи репродуктивної медицини

Репродуктивна медицина є галуззю, яка зараз активно розвивається. Основні її перспективи пов'язані з розв'язанням таких питань, як подолання безпліддя, регуляція народжуваності, зменшення ризику виникнення патологій вагітності, зниження дитячої та материнської смертності.

Для подолання безпліддя використовуються допоміжні репродуктивні технології (наприклад, штучне запліднення). Ці методи дозволяють здійснювати запліднення як усередині організму жінки, так і за його межами. Новітні розробки у цій галузі дають можливість мати дітей парам, які ще донедавна не могли про це й мріяти.

Проблеми патологій вагітності, дитячої та материнської смертності тісно пов'язані з екологічними й соціальними проблемами. Забруднення навколишнього середовища, соціальна дискримінація жінок, відсутність доступу до освіти і медичної допомоги дуже негативно впливають на репродуктивне здоров'я населення.

Біосоціальна сутність людини та її репродукція

Для життєдіяльності людини надзвичайно важливим є вплив як біологічних, так і соціальних факторів. Взаємодія біологічної та соціальної складової позначається у тому числі й на репродукції людини. Основою репродуктивної поведінки є інстинктивні програми, які закріплювалися мільйони років у процесі еволюції людини. Але їх конкретний прояв може суттєво змінюватися у різному соціальному середовищі. Крім того, на репродукцію людини впливає й рівень розвитку технологій у суспільстві.

Наприклад, основою землеробства у Європі були соха, а потім плуг. Робота з ними потребувала високих фізичних навантажень, і, відповідно, основну обробку землі здійснювали чоловіки. Це сприяло поширенню і закріпленню в культурній традиції моногамних браків (один чоловік і одна жінка). Таким чином забезпечувалася найбільш ефективна передача як генетичного, так і матеріального спадку своїм нащадкам.

А в багатьох країнах Африки основою землеробства була обробка землі мотикою. Саме через це на гербах кількох африканських країн (Ангола, Мозамбік, Танзанія тощо) зображено мотику.

У такому випадку основну обробку землі здійснювали жінки і діти. Тому перевагу в передачі генетичного і матеріального спадку мали чоловіки, у яких було багато жінок і дітей. Це сприяло закріпленню в місцевій культурній традиції полігенних шлюбів (один чоловік і кілька жінок).

Проблеми регуляції розмноження у людини

Регуляція розмноження у людини може здійснюватися за допомогою як біологічних, так і соціальних факторів. До поширення технологій сучасної медицини (гігієна, щеплення, антибіотики тощо) чисельність населення регулювалася переважно біологічними факторами. Так, у 1910 році у віці до 1 року помирало 24 % дітей у Київській, 21 % — у Харківській, 20,9 % — у Херсонській, 17,2 % — у Полтавській губерніях. До 5 років тоді в середньому не доживало 43 % дітей. Основною причиною смертності були хвороби, а в періоди неурожаю ще й голод.

Успіхи медицини різко знизили смертність. Так, за даними ООН, в Україні у 2013 році смертність дітей до 5 років становила 1 % (в країнах Європи удвічі менше). Крім того, у більшості країн протягом останніх ста років суттєво покращилися умови існування. А люди звикли народжувати по шість-вісім дітей, бо тільки це дозволяло виживати за умов високої дитячої смертності. Тому чисельність населення нашої планети протягом XX століття стрімко зростала. А ємність екосистем планети не є безкінечною і прогодувати більше певної кількості людей вони не можуть. Тому проблема чисельності населення стала дуже актуальною.

Вирішенню проблеми регуляції розмноження у людини сприяє підвищення рівня освіти населення, розвиток репродуктивної медицини, урбанізація (у великих містах народжуваність зменшується) та низка інших факторів.



52

Ембріогенез людини. Чинники, що впливають на процеси росту й розвитку людини



Як розмножуються ссавці? Що таке зигота? Що таке ембріон? Чому в людини таке тривале дитинство? Які фактори можуть впливати на розвиток живих організмів?

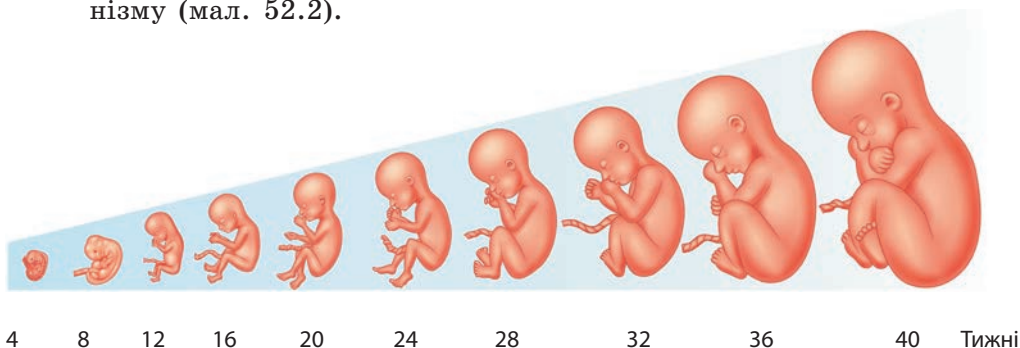
Онтогенез і чинники, що на нього впливають

Онтогенез людини — це індивідуальний розвиток організму від моменту зародження до природної смерті. Термін «онтогенез» був запропонований німецьким ученим Е. Геккелем (1866 р.).

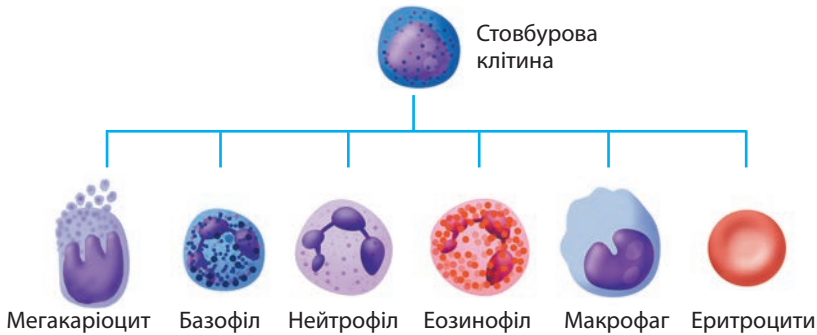
В основі онтогенезу певного організму лежить процес послідовної та необоротної реалізації його спадкової інформації. На реалізацію цієї інформації (і, відповідно, на перебіг онтогенезу) може впливати багато різних чинників. До них відносять умови навколишнього середовища, нейрогуморальну та гормональну регуляцію тощо.

Ембріональний період розвитку

Ембріональний (зародковий) період триває від моменту утворення зиготи до народження дитини (мал. 52.1). Він поділяється на три підперіоди: початковий (перший тиждень), зародковий (2–8 тижні) і період розвитку плоду (з 9 тижня до народження). У цей період з однієї клітини формуються всі тканини й системи органів організму (мал. 52.2).



Мал. 52.1. Ембріональний розвиток людини



Мал. 52.2. Диференціація клітин під час утворення тканин

Зародковий розвиток людини має декілька етапів: дроблення, утворення зародкових листків і оболонок, утворення тканин (гістогенез) і органів (органогенез). Через чотири-п'ять днів після запліднення одношаровий зародок з порожниною всередині потрапляє до порожнини матки. Після цього він занурюється в її слизову оболонку й прикріплюється до неї. Цей процес називається **імплантацією**.

На наступному періоді внутрішньоутробного розвитку формуються три зародкові оболонки, які утворюються із частини клітин зародка. Зовнішня оболонка має ворсинки з капілярами, через які зародок живиться й дихає. Внутрішня оболонка тонка й прозора, вона утворює міхур, порожнина якого заповнена плідною рідиною, що захищає зародок від механічних ушкоджень. Зовнішня й середня оболонки беруть участь в утворенні плаценти разом зі слизовою оболонкою матки.

На 10–14-й день після запліднення формуються зародкові листки, з яких потім утворюються всі органи й тканини.

У процесі розвитку частини зародка взаємодіють між собою. Така взаємодія є причиною так званої **ембріональної індукції**. Суть цього явища полягає в тому, що у певних ділянках зародка функціонують так звані клітини-організатори. Ці клітини виділяють певні сигнальні молекули, які й викликають диференціацію прилеглих клітин у відповідні органи й тканини. Якщо такі клітини-організатори вилучити або перенести в іншу частину зародка, то розвиток звичайних клітин цієї зони зародка піде зовсім іншим шляхом.

Плодом називають організм починаючи від 9-го тижня внутрішньоутробного розвитку й до моменту народження. Плід має своє навколишнє середовище, яке складається із зародкових оболонок, на-

вколоплідних вод і пуповини. **Пуповина** — це шнуроподібний орган, що відходить від плаценти і з'єднує плід з материнським організмом.

Постембріональний період

Постембріональний період — це період життя людини після народження (мал. 52.3). 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 апарата, 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 на-



Мал. 52.3. Постембріональний розвиток чоловіків і жінок

копичення інформації про навколишній світ та формування вмій 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; статеві системи виходять на нормальний режим функціонування.

- 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.

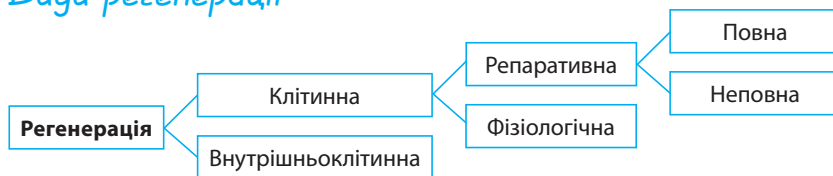
- Похилий вік (61–74 роки у чоловіків, 56–74 роки у жінок): стан організму суттєво залежить від особливостей способу життя, яке людина вела в попередні періоди. Репродуктивні функції у чоловіків продовжують згасати, у жінок припиняються взагалі.

- 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.

Основні положення теми

Види регенерації



Види трансплантації

Вид	Особливості
Аутотрансплантація	Реципієнт є донором для самого себе
Ізотрансплантація	Донором є людина з генотипом, повністю ідентичним до генотипу реципієнта
Аллотрансплантація	Донором є людина з генотипом, відмінним від генотипу реципієнта
Ксенотрансплантація	Донором є тварина
Клітинна інженерія та клонування	Вирощування потрібних реципієнту органів і тканин із клітин, вилучених з організму самого пацієнта

Пухлини

Доброякісні — зумовлені неконтрольованим, але обмеженим, розмноженням клітин, не поширюються в сусідні тканини та віддалені органи.

Злоякісні — зумовлені необмеженим і неконтрольованим розмноженням клітин, поширюються в сусідні тканини та віддалені органи (утворюють метастази).

Онкогенні фактори

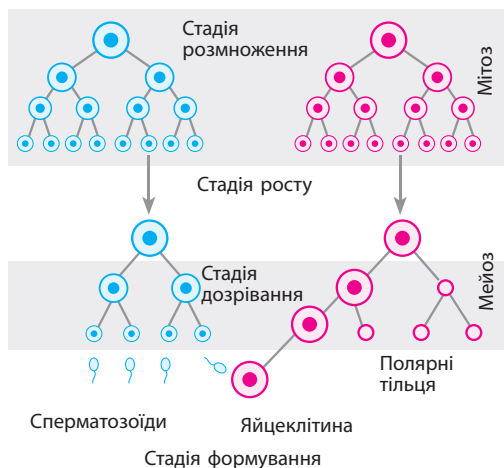
Фізичні	Хімічні	Біологічні
Іонізуюче та ультрафіолетове випромінювання тощо	Ароматичні вуглеводні, діоксин, деякі сполуки Нітрогену, речовини тютюнового диму тощо	Деякі віруси, мобільні генетичні елементи, помилки систем репарації клітини тощо

Причини порушення процесів запліднення

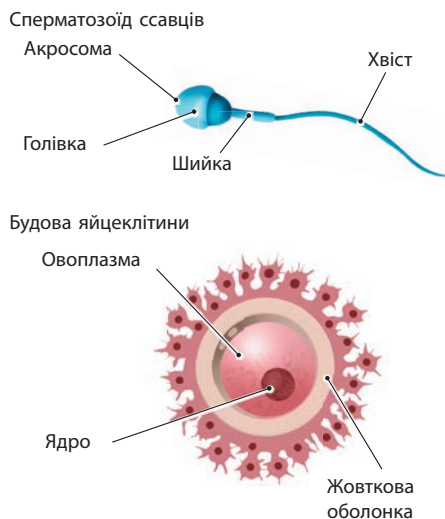
<ul style="list-style-type: none">ендокринні порушенняінфекційні захворюваннянеінфекційні захворювання органів статеві системивроджені аномалії розвитку статеві системи	<ul style="list-style-type: none">розлад сексуальних функційпошкодження клітин статевих залоз зовнішніми факторами (радіація, токсичні сполуки тощо)
---	---

«Репродукція та розвиток організмів»

Гаметогенез у ссавців



Гамети тварин



Штучне запліднення

Екстракорпоральне — запліднення яйцеклітини відбувається поза межами організму людини («запліднення в пробірці»).

Інтракорпоральне — запліднення яйцеклітини відбувається безпосередньо в організмі людини шляхом штучного введення сперми в матку.

Завдання до теми

Завдання для індивідуальної роботи

1. Поясніть значення регенерації для організму людини.
2. Складіть порівняльну характеристику розвитку чоловічих і жіночих статевих клітин.
3. Оцініть важливість профілактики онкологічних захворювань.
4. Поясніть, як спосіб життя впливає на формування людського організму та репродуктивне здоров'я.

Завдання для роботи у групах

5. Проаналізуйте біологічні та соціальні аспекти регуляції розмноження людини та представте свою точку зору на цю проблему у вигляді презентації.





Аристотель (384 рік до н. е. — 322 рік до н. е.)

Давньогрецький учений, син придворного лікаря, учень Платона, вихователь Александра (Олександра) Македонського. Аристотель створив першу природну класифікацію тварин (виділив групи рослин і тварин, висловив ідею про існування в природі поступових переходів від неживих тіл до рослин і від них — до тварин).

За згадками сучасників, Аристотель був людиною невисокою на зріст, слабким тілесно, хворобливим. Розмовляв швидко та мав дефект вимови (змішував звук «р» та «л»).



Геккель Ернст (1834–1919)

Німецький природодослідник і філософ. Розробив теорію походження багатоклітинних організмів (теорія гастрুলи), сформулював біогенетичний закон, побудував перше генеалогічне дерево тваринного царства.

Геккель відомий також як митець: за ескізами вченого було створено ілюстровану книгу «Атлас Природних Форм». Перше видання атласу містило 100 літографій різних організмів, багато з яких були вперше описані самим Геккелем.



Дарвін Чарльз (1809–1882)

Англійський науковець та мандрівник, що створив теорію еволюції, разом з Альфредом Расселом запропонував принципи природного добру. Більшість його праць присвячені проблемі походження видів. А нові види він, як справжній мандрівник, пізнавав і з гастрономічної точки зору (куштував страви з броненосців, страусів, агуті, ігуан).

Коупленд Херберт Фолкнер (1902–1968)

Американський біолог, що народився в сім'ї ботаніка Едвіна Коупленда. Він запропонував крім прокаріотів виокремлювати царство протистів (*Protista*, *Protoctista*), до якого увійшли всі еукаріоти, що не належать ні до багатоклітинних тварин, ні до вищих рослин.

У системі Херберта Коупленда було виділено чотири царства: Мо-нери (дроб'янки), Протоктисти (нижчі еукаріоти), Тварини і Рослини.



Лінней Карл (1707–1778)

Шведський природодослідник (ботанік, зоолог, мінералог) та медик. Він — автор єдиної системи класифікації рослинного та тваринного світу, увів точну термінологію для описування біологічних об'єктів, увів в активний ужиток бінарну номенклатуру.

Учений самотужки перетнув Лапландію, здолавши за 5 місяців понад 2000 км пішки та верхи. У Швеції Ліннея цінять як одного з творців літературної шведської мови.



Лунін Микола Іванович (1854–1937)

Лікар, дослідник, автор учення про вітаміни. Відкрив існування вітамінів через дослід на мишах. Довгі роки працював лікарем-педіатром та отоларингологом, був викладачем, головним лікарем.

Протягом декількох десятиліть працював над розведенням та вдосконаленням собак породи «пойнтер».



Маргуліс Лінн (1938–2011)

Американська біологиня кафедри геологічних наук Масачусетського університету. Її найвідомішою працею стала ендосимбіотична теорія походження еукаріот та їх органел.

У 14 (!) років вона почала навчатися в Чиказькому університеті, а в 19 стала дружиною відомого в майбутньому астронома Карла Сагана. Її першу, нині класичну, статтю «Щодо походження мітотичних клітин» відмовилися друкувати 15 журналів.

Крім наукових публікацій, Лінн Маргуліс видала кілька книг, що пояснюють науку для популярної аудиторії, у співавторстві із сином, та збірку оповідань.



Мюнхгаузен Отто фон (1716–1774)

Німецький ботанік, натураліст, письменник, ректор Геттінгенського університету. Виділив гриби в окреме царство, щоправда, він об'єднав їх разом із губками і коралами.

Займався прикладною ботанікою, зокрема, створив один з перших англійських ландшафтних парків у Європі на території власного маєтку у Швеббері.



Уайттейкер Роберт (1920–1980)

Американський еколог. Опублікував п'ятицарствену систему органічного світу, в якій, разом з царствами *Monera* (прокаріоти), *Protista* або *Protoctista* (нижчі еукаріоти), *Plantae* (рослини) та *Animalia* (тварини), було виділено царство *Fungi* (гриби). Роботи Уайттейкера набули широкої популярності, а розроблена ним п'ятицарствена еколого-фізіологічна система стала загальноновизнаною.