Костянтин Задорожний, Галина Ягенська,
Олена Павленко, Володимир Додь

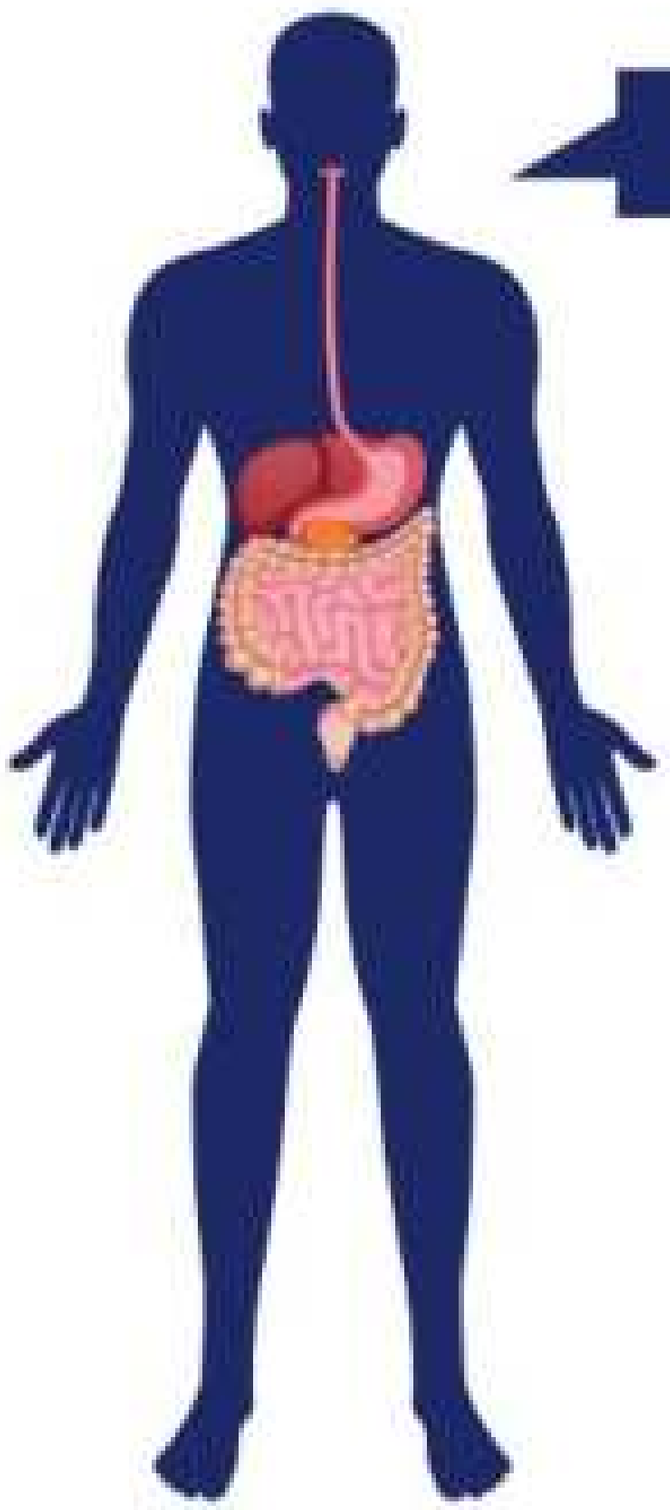
Біологія



8 клас

СИСТЕМИ ОРГАНІВ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Травна система





М'язи



Скелет

Кровоносна система





Нервова система



Лімфатична система

Костянтин Задорожний, Галина Ягенська, Олена Павленко, Володимир Додь

«Біологія»

підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти

Видавничий дім «Освіта»
2025

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 21.02.2025 № 347)

Підручник розроблено за модельною навчальною програмою
«Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти
(авт. Балан П. Г., Кулініч О. М., Юрченко Л. П.)

Е-додаток до підручника розташований за посиланням
https://vse.ee/csde

Також всі матеріали е-додатка продубльовано на відкритому ресурсі
https://smarttextbook.com.ua/bio/

Вітаємо тебе на сторінках підручника «Біологія»!

Цьогоріч ти продовжиш вивчення курсу біології. Об'єктом, який ти досліджуватимеш, вивчатимеш детально на різних рівнях, є організм людини. Ти дізнаєшся особливості його будови і зможеш порівняти з організмами інших тварин. Вивчаючи біологію людини, ти почнеш розуміти механізми функціонування свого тіла, його сигнали і потреби. Що глибше ти пізнаватимеш власний організм, то більше захоплюватимешся роботою його органів, клітин, молекул і їх узгодженою взаємодією.

Знання і вміння, отримані у процесі вивчення біології людини, допоможуть тобі запобігати хворобам, зберігати фізичне і психічне благополуччя, з розумінням сприймати рекомендації лікарів, допомагати рідним і близьким, особливо літнім людям, підтримувати належний стан їхнього здоров'я.

Інформації зі сторінок цього підручника та ресурсів, запропонованих в **інтерактивному електронному додатку** (далі — **е-додатку**), буде достатньо, щоб зорієнтуватися в новітніх поглядах на здорове харчування, застосування ліків, нових медичних приладів і процедур. Ти ознайомишся з характерними ознаками та механізмами розвитку найпоширеніших захворювань, а також підходами до їх профілактики. Якщо ти плануєш стати лікарем/лікаркою, психологом/психологинею, біологом/біологінею чи біотехнологом/біотехнологинею, вивчення біології людини стане важливим етапом на шляху до реалізації твоїх планів. Ми всі різні — і це чудово. Проте принципи функціонування організму людини однакові.

Пригадаймо структуру підручника.

Кожен параграф підручника розпочинається з пізнавальної рубрики БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ. Вона містить справжні загадки природи, для розгадування яких треба буде докласти певних зусиль і долучити креативність (чи креативні ідеї).

Рубрика **ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ** призначена для тренування розуму. Тут ти навчишся міркувати, доводити, робити висновки.

Щоб виконати ці завдання, потрібна інформація з рубрик **РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ** і **ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...**. Відомості в них подані у форматі таблиць, схем, інфографіки, текстів.

Рубрика **БІОСЛОВО** допоможе ознайомитися з біологічними термінами й поняттями.

Узагальнення та виокремлення найважливіших теоретичних моментів здійснюється в рубриці **ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ**.

Завершують параграфи рубрика **ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ**, яка дає змогу повторити й закріпити опанований матеріал, та рубрика **СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ** — завдання, які допоможуть краще зрозуміти те, що було опановано під час роботи.

Сучасний підручник вже давно перестав бути просто книжкою. Він став суттєво більшим за допомогою **е-ДОДАТКА**, який дає змогу доєднатися до міжнародних ресурсів з вивчення біології, ознайомитися з інтерактивними симуляціями та іграми, дізнатися багато цікавих фактів, долучитися до досліджень, переглянути відео, виконати інтерактивні завдання та вправи, перевірити свої знання за допомогою тестів.

Успішного і захопливого тобі пізнання біології людини!
Будь розумним / розумною!

ВСТУП

§1 Людина в системі органічного світу. Науки, що вивчають організм людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У псевдонаукових виданнях часто можна натрапити на твердження, що людина походить від спільного предка з дельфінами, а не від давніх мавп. Проте науковці впевнені, що людина походить саме від давніх мавп. Ба більше, людина і зараз є мавпою! Поясни, чому науковці в цій дискусії мають рацію.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Поміркуй, чим відрізняється людина XXI століття н. е. від людини XXI століття до н.е. Чи стосуються ці відмінності тільки способу життя, чи й будови та роботи людського тіла? А якою буде людина через 2000 років?

2 Траплялися випадки виявлення в дикій природі дітей, які зростали поза людським суспільством разом із тваринами. Що вміли і не вміли такі діти? Чи змогли вони адаптуватися до життя в суспільстві так, як це описано у відомій книзі Редьярда Кіплінга «Мауглі»?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Людина є частиною всеохопної мережі життя. Нашому організму притаманні ті самі ознаки, що й іншим живим істотам. Клітини, тканини, органи людини влаштовані так само, як і у тварин.

Пригадай, які ознаки притаманні усім хордовим тваринам, ссавцям, приматам (деякі з них відображені в таблиці).

Деякі ознаки груп тварин		
Тип Хордові	**Клас Ссавці**	**Ряд Примати**
• Внутрішній скелет; • трубчаста нервова система; • органи дихання пов'язані з органами травлення	• Вигодовують малят молоком; • мають волосяний покрив, потові і сальні залози; • альвеолярні легені	• Великі півкулі головного мозку; • плечовий суглоб рухливий в усіх площинах; • бінокулярний зір

Усі ці ознаки притаманні й людині. Але людина вирізняється високим рівнем соціального розвитку, володінням мовою, знаряддями праці, розвитком свідомості, абстрактного мислення. Цих ознак людина набуває в суспільстві, коли взаємодіє з іншими і переймає досвід. Особливо важливим у формуванні таких ознак є дитячий період.

На малюнку 1.1 відображено місце людини в системі органічного світу.



Мал. 1.1. Вид Людина розумна (*Homo sapiens*) у системі органічного світу

Одним із наслідків еволюції людини як біосоціальної істоти є становлення науки як особливої сфери діяльності людини, спрямованої на отримання знань про навколишній світ. Важливим об'єктом науки є і сама людина.

Розглянемо галузі науки, що вивчають людину як біологічну істоту.

БІОСЛОВО

Анатомія — наука про внутрішню будову організму, його окремих органів та систем.

Фізіологія — наука про життєві процеси, діяльність окремих органів та систем, усього організму загалом.

Гігієна — наука, що вивчає вплив факторів довкілля на здоров'я людини, її працездатність та розробляє заходи оздоровлення умов її життя і праці.

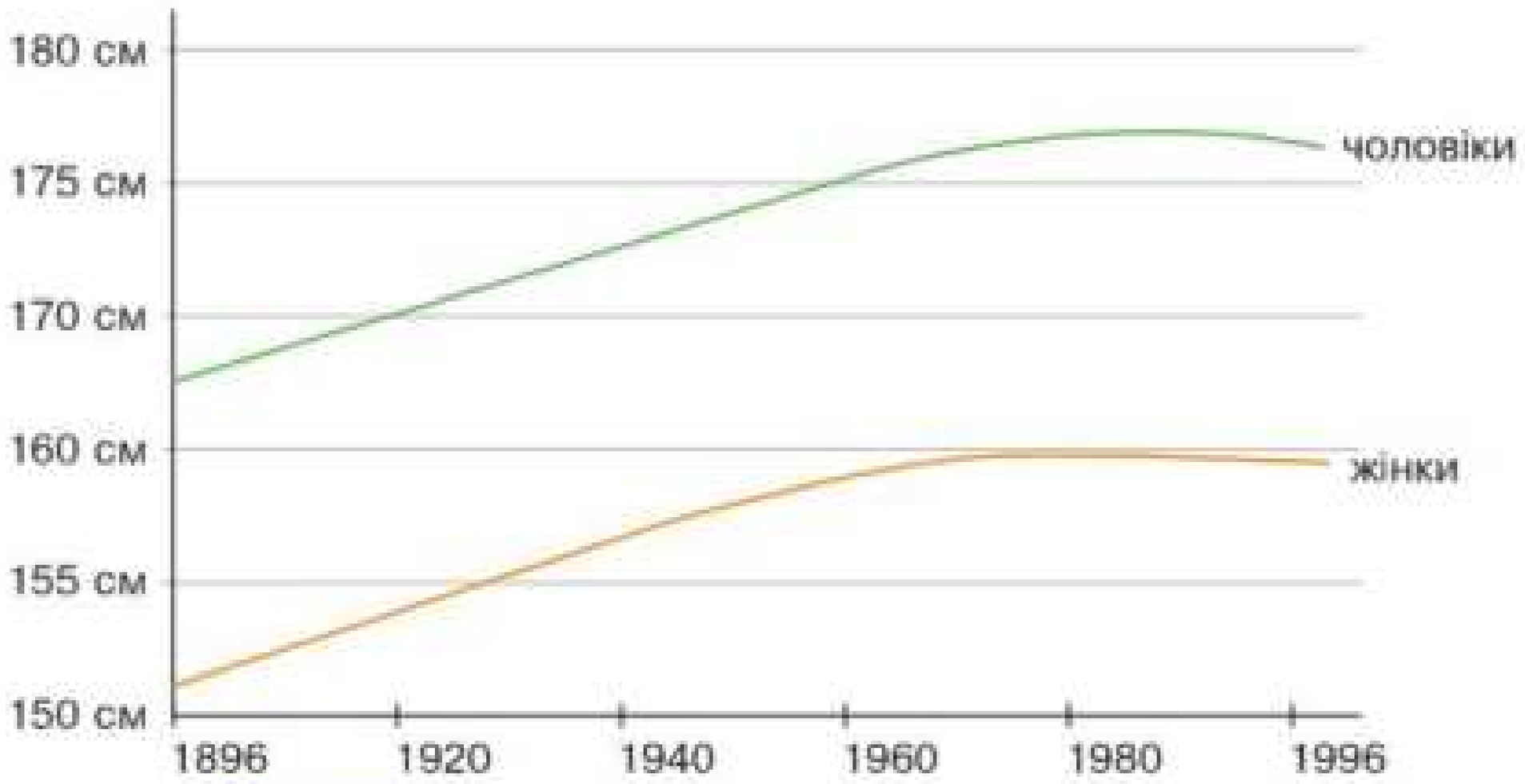
Будову тіла людини загалом й окремих органів вивчає *анатомія*.

Мікроскопічна будова тканин людини є об'єктом вивчення *гістології*. Процеси, що відбуваються у клітинах і внутрішньому середовищі організму, та молекулярні основи життя вивчає *біохімія*. *Генетика* — біологічна наука, що досліджує механізми спадковості й мінливості людини, вивчає її спадкові хвороби.

Фундаментальні галузі біології — анатомія, фізіологія людини і тварин — є теоретичною основою прикладних галузей медицини і ветеринарії. У сучасних умовах особлива роль теоретичної і практичної психології — науки, що вивчає психічні явища (мислення, почуття, волю) та поведінку людини. Ця галузь значною мірою спирається на досягнення фізіології.

Ти теж можеш провести цікаві дослідження у галузях біології людини. Наприклад, дослідити показники гостроти зору у різних умовах освітлення, зміну частоти пульсу за різного фізичного навантаження. Найпростіші дослідження, які ти можеш провести уже зараз, — виміряти зріст і масу школярів і школярок різного віку. Цікаво було б порівняти такі показники у різний часовий період. Чи змінилися вони протягом останніх 50 років?

За малюнком 1.2 ознайомся із середніми показниками зросту людей у різних країнах упродовж останніх ста років.



Мал. 1.2. Середній зріст чоловіків і жінок у віці 18 років, які народилися в період 1896–1996 рр.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Людині як живій істоті властиві всі ознаки живого. За класичною систематикою вид Людина розумна (*Homo sapiens*) є представником ряду Примати, класу Ссавці, типу Хордові. Ознаки цих груп притаманні людині. Галузі біології, що вивчають людину: анатомія, фізіологія, генетика, гігієна. Досягнення в галузях фундаментальних наук використовуються у прикладних галузях, передусім у медицині.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які ознаки об'єднують людину: 1) з усіма хордовими; 2) з усіма ссавцями; 3) з приматами? Скористайся таблицею (с. 6) і доповни її.
2. Іноді предмет «Біологія людини» помилково називають «Анатомією». Переглянь зміст підручника і доведи, чому другий варіант неправильний.
3. Прочитай тексти (А, Б, В). Визнач, яка галузь біології людини стосується кожного з них.

   А Серце людини складається із 4 камер. Між передсердями і шлуночками містяться клапани.

   Б Серце людини у спокої скорочується 60–80 разів за 1 хв. Під час фізичного навантаження ця частота збільшується.

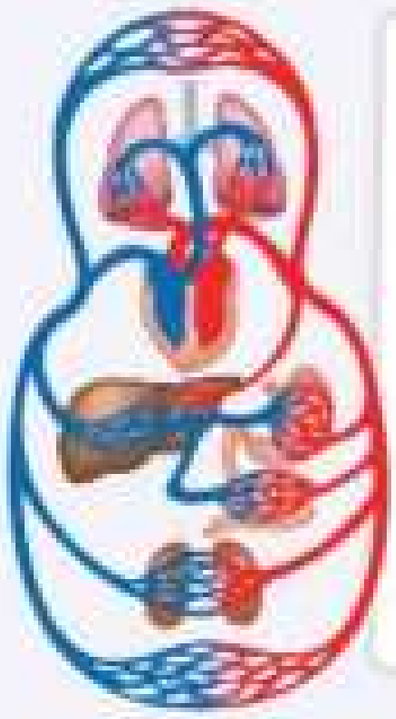
   В Під час тривалої роботи відстань від монітора до очей має бути близько 70 см. Кожні 40–50 хв потрібно робити перерву.
4. Опиши зміни середніх показників зросту чоловіків і жінок упродовж XX століття (мал. 1.2). Порівняй показники зросту обох статей.
5. Робота з медіаресурсами. Виконай в е-додатку завдання 1.1. Визнач, у яких країнах чоловіки і жінки мають найбільший зріст. Найменший? Скориставшись гугл-перекладачем, ти зможеш знайти на ресурсі багато цікавого (наприклад, зріст людей у доісторичні часи). Підготуй інформаційне повідомлення для однокласників та однокласниць.
6. Склади план власного дослідження в галузі біології людини. Попередньо в е-додатку (завдання 1.2) ознайомся з результатами досліджень, проведених учасницями всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

1. Назви три факти, які ти дізнався/дізналася після опанування параграфа.
2. Закінчи одне з речень:
   - Я став/стала більш обізнаним/обізнаною щодо...
   - Мене здивувало...
   - Я побачив/побачила зв'язок...
3. З якими перешкодами ти зіткнувся/зіткнулася під час опанування параграфа? Як ти подолав/подолала труднощі?
4. Де і як ти зможеш використати знання і набутий досвід?

§2 Методи дослідження організму людини і значення знань про організм людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

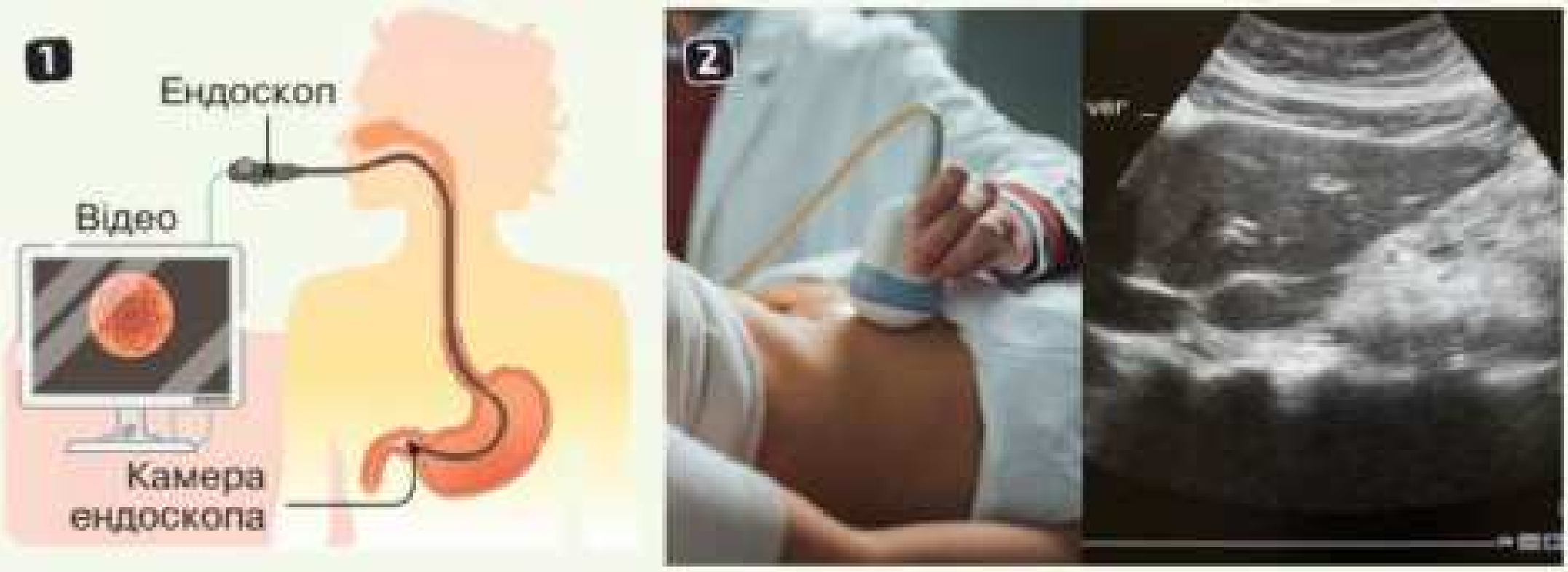


У 1628 році Вільям Гарвей обґрунтував наявність кровообігу й аргументовано стверджував, що кров рухається від шлуночків серця артеріями і повертається до нього венами. Проте тоді усе ще лишалося незрозумілим, як кров з артерій потрапляє у вени. Уяви себе на місці вчених XVII століття і спробуй дати відповідь на це запитання, використовуючи наявні на той час технології (до речі, відповідь на це запитання знайшов Марчелло Мальпігі у 1661 році).

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Арістотель стверджував, що вся кров збирається у венах, а артерії заповнені повітрям. Поміркуй, які факти сприяли формуванню такої думки у стародавнього мислителя.

2 Чому стан печінки зазвичай досліджують із допомогою ультразвуку, а для обстеження слизової оболонки шлунка проводять ендоскопію (мал. 2.1)?



Мал. 2.1. Процедури: 1 — ендоскопії шлунка; 2 — УЗД печінки

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Людина здавна намагалася дослідити власний організм. Але відсутність знань про хімічні елементи й інструментів для дослідження обмежували можливості. Результатом було хибне трактування функцій

тих чи тих органів. Наприклад, Арістотель вважав мозок другорядним органом, що охолоджує серце.

Тривалий час вчені не могли пояснити, як кров рухається судинами. Досліджували кровообіг тварин, правильно визначили роль серця, проте і уявити не могли, що в тілі є величезна кількість тоненьких капілярів, що єднають невеликі артерії та вени. У 1661 році Марчелло Мальпігі ретельними мікроскопічними дослідженнями довів існування цих невидимих неозброєним оком судин.

Важливу роль у пізнанні таємниць організму людини відіграли експериментальні методи. Часто об'єктами експериментів були тварини, наприклад жаби, миші, собаки. Так, на основі дослідження слиновиділення у собак було виявлено умовні рефлекси, що є важливою ланкою регуляції функцій організму людини і тварин. В експериментах із морськими зірками Ілля Мечников прийшов до ідеї фагоцитарної природи імунітету. Гіпотезу щодо хімічної природи передачі імпульсу з нерва на серцевий м'яз Отто Леві перевірив експериментально, використовуючи ізольовані серця жаб. На сьогодні для дослідження організму людини використовують величезну кількість методів, багато з яких є цінними інструментами для діагностики і лікування хвороб. *Дізнайся більше про унікальність мозку кожної людини в* e-ДОДАТКУ *(завдання 2.1).*

У таблиці подано інформацію про деякі методи дослідження.

Назва	Суть методу	Органи і процеси, які досліджують
Лабораторне дослідження крові	Біохімічний аналіз: оцінка вмісту глюкози (цукру), гормонів, антитіл (наприклад, до COVID-19), вітаміну D. Мікроскопічний аналіз: оцінка кількісного складу клітин крові	Кров (плазму і клітини крові). Важливо для діагностики хвороб
Рентгенологічне дослідження	Рентгенівські промені спрямовуються на металеву пластину, розміщену позаду тіла людини. Пучок випромінювання приводить до затемнення рентгенівської плівки	Кістки скелета, легені, зуби. Для виявлення переломів, вивихів, пухлин, запалень
УЗД (ультразвукове дослідження)	Ґрунтується на використанні ефекту ультразвукової хвилі в розпізнаванні будови внутрішніх органів та систем, їх взаємного розташування	Плід у час вагітності, печінка, щитоподібна залоза, суглоби
Ендоскопія	Введення ендоскопа (трубки з камерою та світлом) у порожнисті органи	Шлунок, кишківник, стравохід, суглоби

Деякі методи безпечні, їх можна використовувати багаторазово, інші, як-от рентгенівське обстеження, несуть певні ризики.

БІОСЛОВО

Здоров'я (англ. *health*) — стан повного фізичного, психічного й соціального добробуту, а не лише відсутність хвороб або фізичних вад.

Хвороба (англ. *disease*) — процес, що характеризується порушенням будови, обміну речовин і функціонування організму або його частин.

Знання про те, як влаштоване наше тіло, необхідні кожному. Протягом життя ми або наші близькі хворіємо. Ми повинні вміти визначати симптоми, вчасно звертатися до лікарів, зрозуміло пояснювати свій стан, уміти вислухати та дотримуватися рекомендацій.

Ознайомся з моделлю консультування щодо погіршання стану здоров'я (мал. 2.2). Пам'ятай, що не слід займатися самолікуванням, потрібно звертатися до сімейного лікаря і узгоджувати з ним план дій.



Мал. 2.2. Модель консультування щодо погіршення стану здоров'я

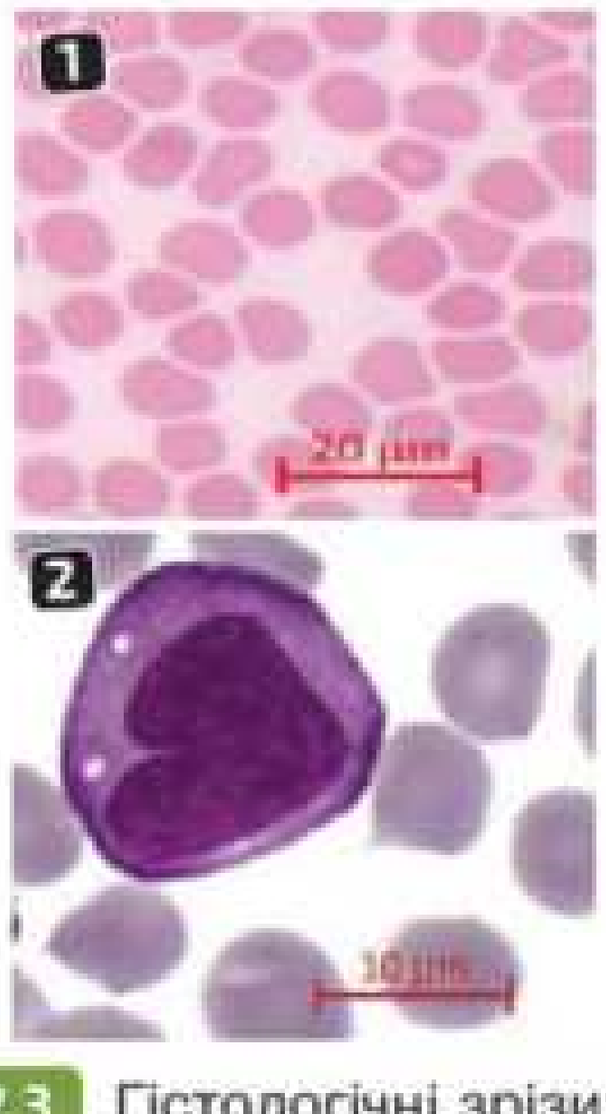
Щороку з'являються нові методи діагностики й лікування, що ґрунтуються на досягненнях молекулярної біології, генетики, нейробіології. Відкриваються цікаві перспективи у сфері персоналізованої медицини. Вона передбачає вибір методів лікування на основі аналізу ДНК пацієнта. Попереду багато цікавого, і, можливо, ти через кілька років захочеш доєднатися до когорти дослідників, лікарів, медичних сестер, реабілітологів чи парамедиків.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Будова й функціонування організму людини досліджувалися з давніх часів. Зараз використовують різні методи: лабораторне дослідження крові, рентгенографію, ендоскопію, ультразвукове дослідження тощо. Ці методи важливі в діагностиці та лікуванні хвороб. Знання про свій організм необхідні кожному. У разі порушення здоров'я потрібно звертатися до лікаря і не вдаватися до самолікування.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Давньогрецький письменник, історик і філософ Плутарх говорив: «Хто має намір забезпечити собі здоров'я, залишаючись ледарем, той чинить так само безглуздо, як і людина, яка гадає мовчанням удосконалити свій голос». Поміркуй, що мав на увазі Плутарх. Чи є таке твердження актуальним сьогодні?
2. Поясни, чому ультразвукове зображення є важливим для дослідження росту та розвитку плода під час вагітності, а рентгенографія — ні.
3. Відчуй себе цитологом, який досліджує розміри клітин. На запропонованих гістологічних зрізах визнач (у мм) розміри еритроцитів і моноцита (мал. 2.3). На гістологічних мікропрепаратах позначена шкала замірів у мікрометрах (1 μm — одна мільйонна метра).
4. Пригадай свій стан під час хвороби. Чітко й зрозуміло опиши симптоми (ознаки, прояви недуги). Запиши їх на аркуші паперу, за потреби відредагуй. Запропонуй комусь перечитати й оцінити чіткість викладення.
5. Чому лікарі часто використовують результати лабораторного дослідження крові (скористайся таблицею на с. 11).
6. Доведи, що кожній людині необхідно володіти знаннями про будову і функціонування організму людини. Скористайся методом PRES. Пригадай суть методу. Позиція *(position)* — вислови думку. Обґрунтування *(reason)* — поясни, чому так уважаєш. Приклад *(example)* — наведи факти на підтримку своєї думки. Висновок *(summary)* — підсумуй.



Мал. 2.3. Гістологічні зрізи: 1 — еритроцити; 2 — моноцит

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

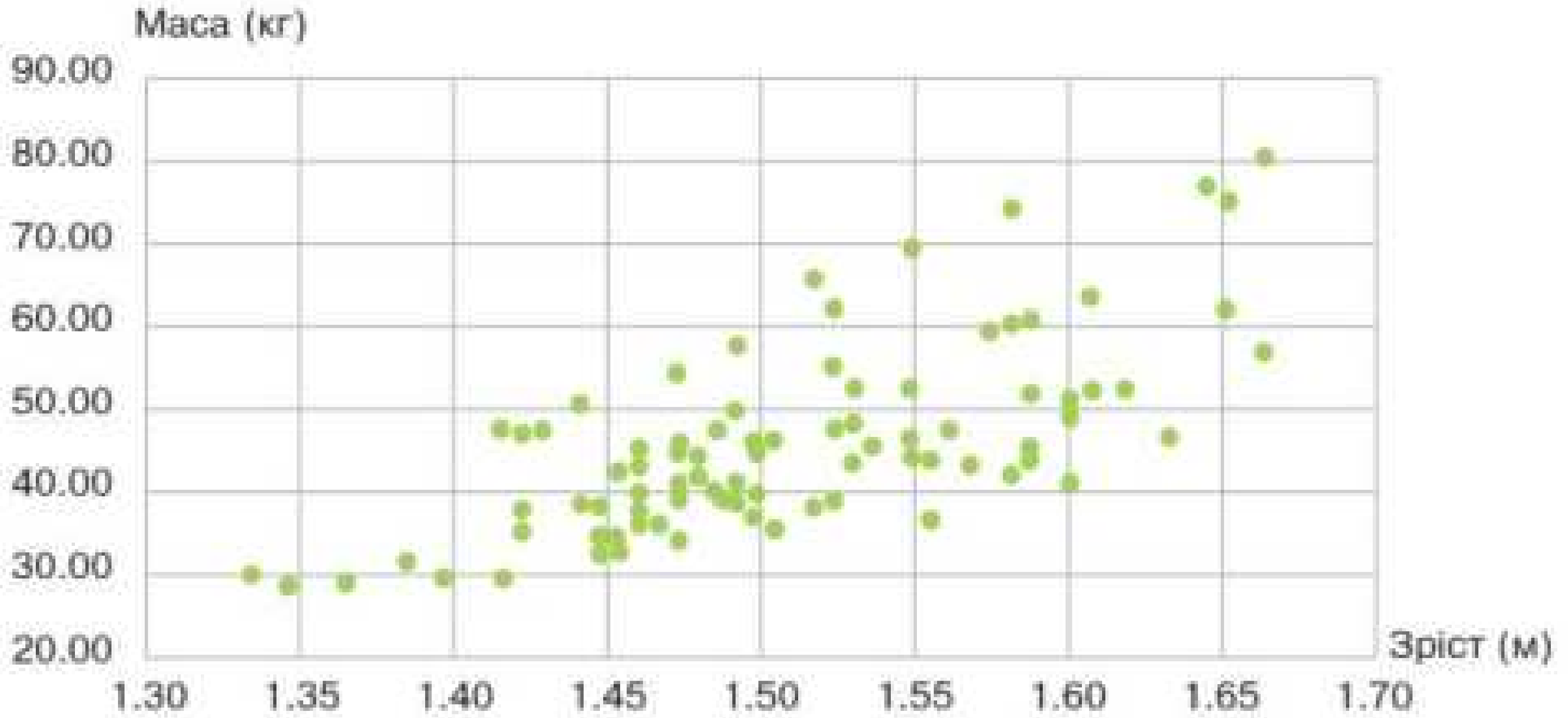
Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Взаємозв'язок зросту людини з її масою

На графіку продемонстровано зріст і масу 80 людей. Кожна точка зеленого кольору відповідає одній людині із цієї вибірки.



1. Проаналізуй графік. Визнач, який зріст найнижчої людини з вибірки? Найвищої? Які найменші значення маси спостерігали? А найбільші?

2. Які з тверджень щодо зображеного графіку правильні?

А Усі люди низького зросту (до 140 см) мають масу тіла менше 40 кг.

Б Усі люди високого зросту (вище 160 см) мають масу тіла більше 60 кг.

В Усі люди з масою понад 50 кг мають зріст вище 150 см

Г Найбільше у вибірці осіб із середнім зростом і масою тіла.

3. Якщо зі зростанням одного показника зростає інший, говорять про прямий зв'язок (або кореляцію). Якщо зі зростанням одного показника інший суттєво знижується, то кореляція зворотна. Якщо зміни двох показників не пов'язані між собою, то кореляція відсутня. Який з трьох названих варіантів відображений на графіку?

4. Проаналізуй інші показники людини або ознаки тварин чи рослин, які можна виміряти числовими значеннями і відшукай приклади прямої і зворотної кореляції.

1 ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ЯК БІОЛОГІЧНА СИСТЕМА

§3 Рівні організації організму людини. Різноманітність клітин

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

How many cells in a human body?



Твоє тіло складається з величезної кількості різних клітин. А початок усім їм дала одна єдина клітина, утворена злиттям двох гамет. Запропонуй пояснення, як з однієї клітини зміг утворитися цілісний організм.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Науковці здавна докладали зусиль, щоб дослідити кількість клітин у тілі людини. Отримували різні результати різними спробами. Одним із запропонованих методів було оцінювання кількості клітин в одиниці маси (наприклад, в 1 грамі), що далі множили на загальну масу тіла. Чому застосування цього методу не дало достовірних результатів?

2 У 1999 році журнал «Science» визнав відкриття стовбурових клітин третьою за значущістю подією в історії біології після розшифрування подвійної спіралі ДНК і проєкту «Геном людини». Чому стовбурові клітини, на думку експертів журналу, мають таку високу значущість?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

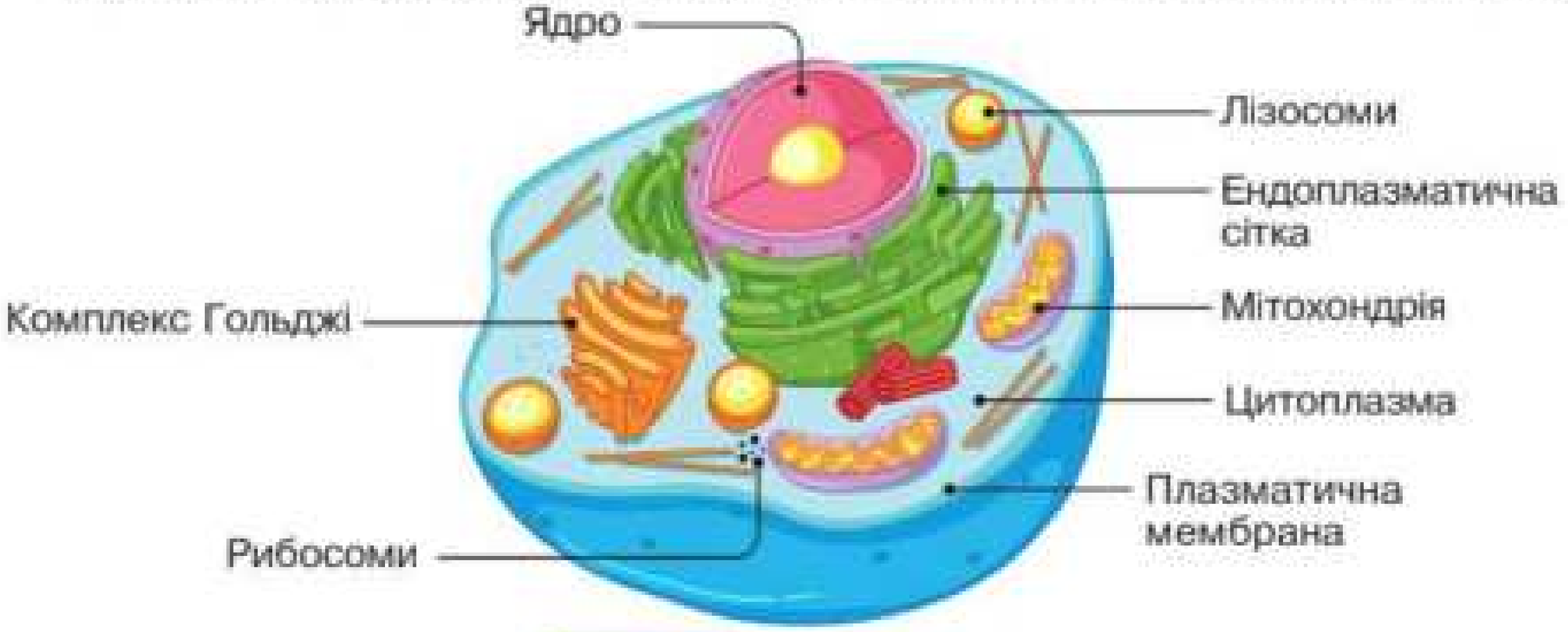
Організм людини — складна інтегрована багаторівнева система (мал. 3.1). Його часто порівнюють із державою. У ролі «мешканців» — понад 30 трильйонів клітин, що мають відповідну спеціалізацію, «професію». Клітини об'єднані в тканини, з яких складаються органи, що об'єднані у фізіологічні системи й забезпечують інтеграцію організму як єдиного цілого.

Щоб пізнати принципи роботи організму загалом, потрібно розуміти, як влаштоване життя клітин.



Мал. 3.1. Рівні організації організму

Пригадай будову клітини і функції органел за мал. 3.2 і таблицею.



Мал. 3.2. Будова клітини

Компоненти клітини	Функції
Плазматична мембрана	Відмежовує вміст клітини від зовнішнього середовища, забезпечує надходження і виділення речовин
Цитозоль	Внутрішнє напіврідке середовище клітини, забезпечує переміщення і зв'язок органел
Мітохондрії	«Енергетичні станції», тут окиснюються органічні речовини з вивільненням енергії, яка акумулюється в молекулах АТФ
Ендоплазматична сітка (ЕПС)	Синтез речовин, їх транспортування
Комплекс Гольджі	Сортування, накопичення, дозрівання, виділення речовин, утворення лізосом
Лізосоми	Містять травні ферменти, здійснюють внутрішньоклітинне травлення, руйнують ушкоджені органели
Рибосоми	Синтезують білки
Ядро	Містить ДНК у хромосомах (їх у людини зазвичай 46), є керівним центром клітини, утворює рибосоми

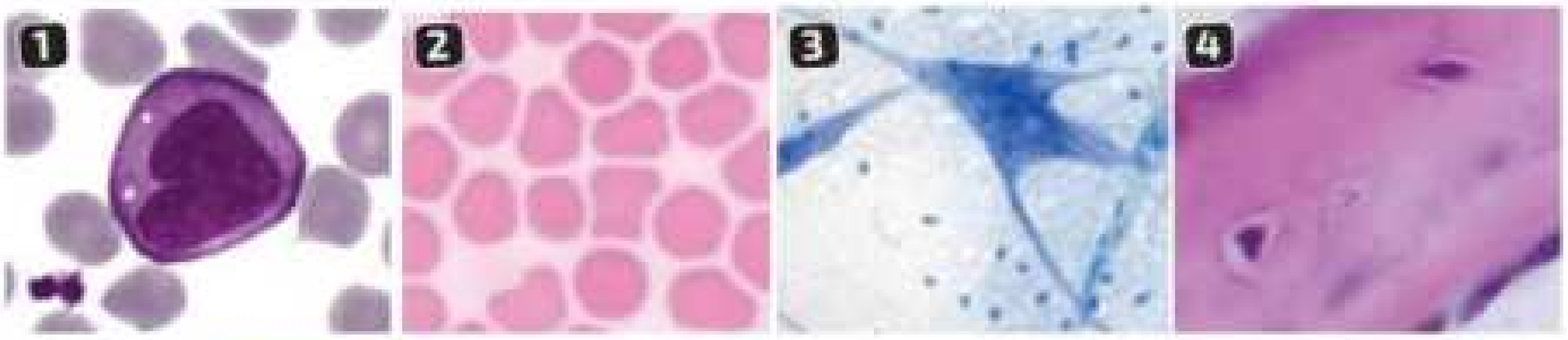
У тілі людини налічується понад 200 типів клітин. Розглянемо деякі з них (мал. 3.3).

Лейкоцити — клітини крові, що можуть змінювати форму, утворюючи псевдоніжки. Так вони проникають крізь стінки судин, знаходять і поглинають бактерій, зруйновані клітини організму. Лейкоцити — наші захисники від збудників хвороб, власних перероджених клітин тощо.

Нейрони зазвичай зірчастої форми, з великою кількістю відростків, що наче «оптоволоконні кабелі» збирають і передають інформацію. Особливі рецепторні нейрони здатні перетворити зовнішній сигнал у нервовий імпульс, який мчить із величезною швидкістю нейроном до мозку.

Остеоцити — клітини кістки, які теж мають відростки, що забезпечують надходження речовин із крові до клітини. Остеоцити «замуровані» у твердих кісткових пластинках, які самі й утворили.

Еритроцити — червоні клітини крові. Вони є без'ядерними: на початку розвитку мають ядро, яке втрачають у процесі дозрівання. Так вони максимально заповнюються гемоглобіном і транспортують більше кисню. Це єдині клітини людини, що не містять хромосом.



Мал. 3.3. Деякі типи клітин людини: 1 — лейкоцит; 2 — еритроцити; 3 — нейрон; 4 — остеоцити

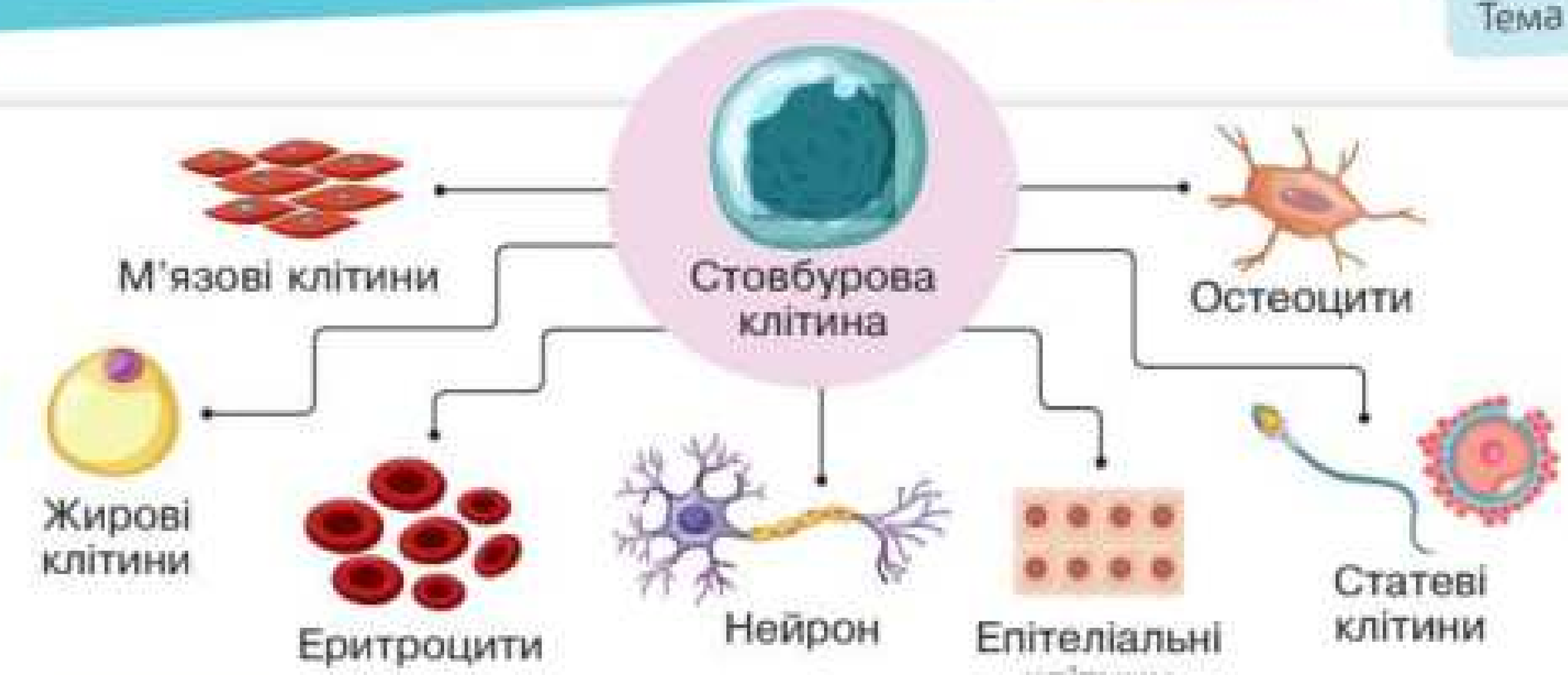
Більшість клітин людини в ядрі містять 46 хромосом (є диплоїдними). Проте існують і такі, що несуть лише 23 хромосоми (є гаплоїдними). Це статеві клітини — сперматозоїди та яйцеклітини. У результаті запліднення утворюється зигота з диплоїдним набором хромосом.

Із зиготи бере початок увесь організм людини. Клітини діляться, ростуть, із часом набувають відповідних «професій». Проте більшість спеціалізованих клітин людини не здатні до поділу. Утворення нових клітин забезпечують стовбурові клітини (мал. 3.4). Наприклад, клітини крові утворюються в кістковому мозку, клітини шкіри — в її особливому ростковому шарі.

БІОСЛОВО

Стовбурові клітини (англ. *stem cells*) — клітини, що самовідновлюються шляхом поділу і здатні диференціюватися у різні типи клітин. Забезпечують ріст організму, відновлення втрачених клітин.

Хоча нейрони й остеоцити різні, вони мають однаковий набір хромосом і генів. Суть полягає в тому, що не всі з 20 тисяч генів працюють у кожній клітині. Експресія (увімкнення) генів відбувається вибірково, залежно від спеціалізації клітин. Тож на всіх рівнях організації, починаючи з молекул, організм діє узгоджено.



Мал. 3.4. Стовбурові клітини дають початок різним типам клітин

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Розрізняють такі основні рівні організації тіла людини: клітини → тканини→ органи → системи органів → організм. В організмі людини трильйони клітин. Виділяють близько 200 типів клітин, зокрема нейрони, еритроцити, лейкоцити й інші. Організм розвивається з однієї клітини — зиготи. Стовбурові клітини здатні ділитися й утворювати різні типи клітин.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Назви рівні організації тіла людини від найнижчого до найвищого.
2. Мітохондрії вважають «енергетичними станціями» клітин. Поміркуй, у яких клітинах їх більше — у м'язових чи кісткових. Чому?
3. У процесі розвитку людини деякі структури втрачають своє значення і зазнають природної руйнації (наприклад, корені молочних зубів). Які органели виконують провідну роль у такому руйнуванні?
4. Наведи приклади клітин, яким властиві такі ознаки: 1) гаплоїдний набір хромосом; 2) відсутність ядра, 3) здатність до поділу і утворення різних типів клітин; 4) наявність численних відростків.
5. Порівняй нейрони й лейкоцити, відшукай подібні та відмінні ознаки, укажи функції цих клітин.
6. Робота з медіаресурсами. Опрацюй інформацію про стовбурові клітини в е-додатку (завдання 3.1). Які дослідження в галузі стовбурових клітин нині тривають? Які перспективи і ризики їх використання в медицині?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§4 Тканини людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Дні Місяці Десятки років

Тривалість життя клітин в організмі різна. Деякі лейкоцити живуть кілька годин, еритроцити — 120 діб. А нейрони — все життя людини. Чому так?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Основою зуба є дентин. Якщо людина невчасно звертається до стоматолога, то зуб доводиться депульпувати — з нього вилучають нерв і кровоносні судини. Проте солі Кальцію і Фосфору, що є основою дентину, лишаються неушкодженими. Чому депульповані зуби швидше руйнуються?

2 Деякі науковці стверджують, що кров не є тканиною. Які аргументи «за» і «проти» такого твердження можна навести?

БІОСЛОВО

Тканина (англ. *tissue*) — сукупність клітин та їхніх похідних (міжклітинної речовини, волокон тощо), що мають спільне походження і виконують специфічні функції.

Гістологія — розділ біології, що вивчає будову, функції і розвиток тканин людини і тварин.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

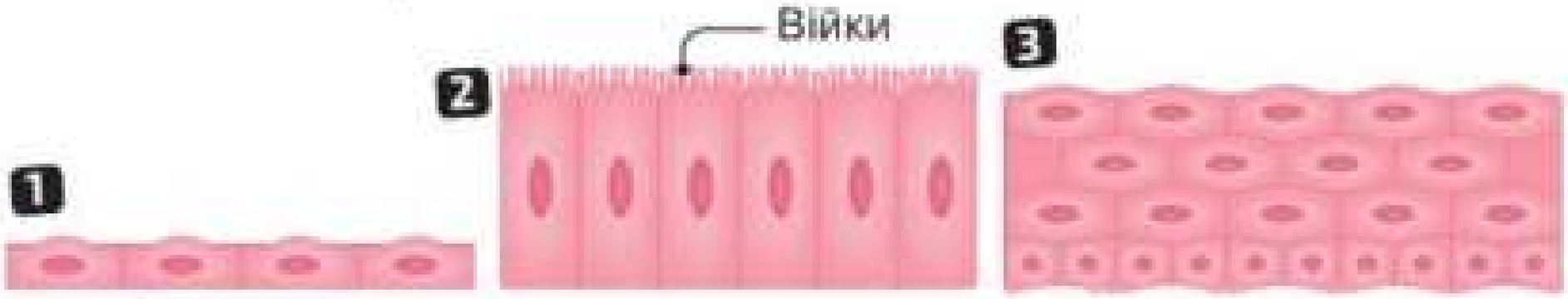
В організмі людини і тварин розрізняють чотири основні типи тканин: епітеліальні, м'язові, тканини внутрішнього середовища (сполучні) й нервову.

Епітеліальні тканини

Особливість будови епітеліальних тканин — щільне розміщення клітин, міжклітинна речовина практично відсутня. Епітеліальні тканини поділяють на покривні й залозисті (секреторні). Залозистим епітелієм утворені печінка, підшлункова й інші залози. Їх клітини активно синтезують певні речовини, вивільняють їх у протоки або безпосередньо в кров.

Покривні тканини виконують різноманітні функції — бар'єрну, захисну, забезпечують обмін речовинами із середовищем.

Розрізняють кілька видів покривного епітелію. Деякі з них зображено на малюнку 4.1.



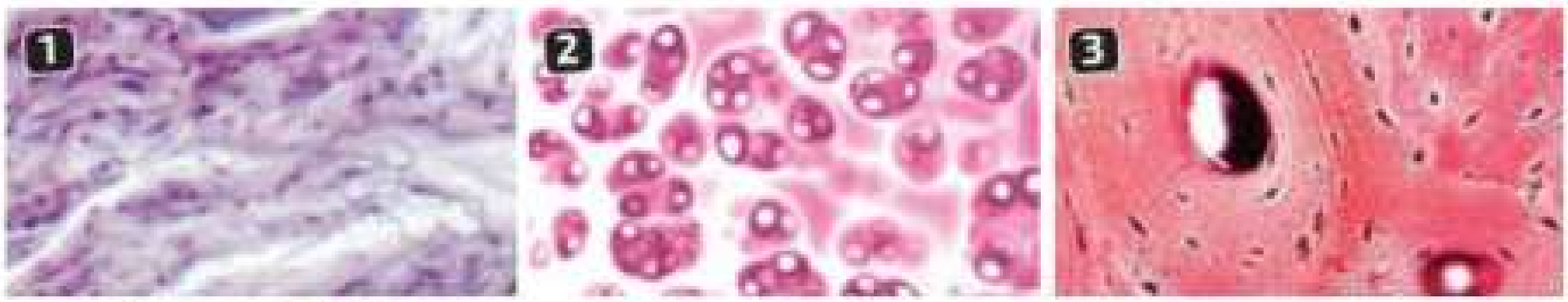
Мал. 4.1. Види епітелію: 1 — плоский одношаровий; 2 — миготливий; 3 — багатошаровий

Крізь плоский одношаровий епітелій зазвичай відбувається обмін речовин (наприклад, у легенях). Клітини миготливого епітелію мають війки, коливання яких сприяє виштовхуванню слизу в дихальних шляхах або руху яйцеклітини матковими трубами. Прикладом багатошарового епітелію є епідерміс шкіри, що захищає тіло від ушкоджень.

Тканини внутрішнього середовища

Особливістю будови цієї групи тканин є наявність великої кількості міжклітинної речовини, яка зазвичай виконує не менш важливі функції, ніж клітини. До прикладу, кров, одна з тканин цієї групи, на 55–60 % утворена плазмою — рідкою міжклітинною речовиною, яка уможливлює транспортну функцію крові. Важливим компонентом кісткової тканини є солі Кальцію і Фосфору, що містяться поза остеоцитами. Ця міжклітинна речовина й забезпечує виконання опорної функції. Пухка сполучна тканина в міжклітинній речовині містить багато волокон колагену, які надають міцності й еластичності, наприклад, шкірі. Щільна сполучна тканина містить більше волокон, утворює сухожилля і зв'язки.

На малюнку 4.2 зображено деякі види тканин внутрішнього середовища.



Мал. 4.2. Приклади тканин внутрішнього середовища: 1 — пухка сполучна; 2 — хрящова; 3 — кісткова

М'язові тканини мають здатність до скорочення завдяки наявності скоротливих фібрил.

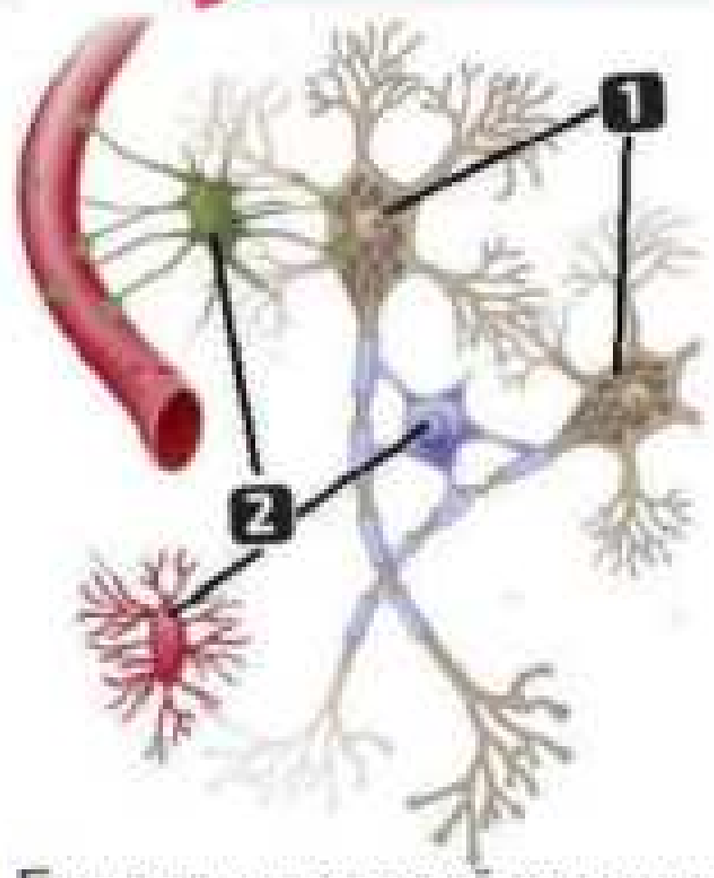
Розрізняють наступні типи м'язових тканин:

1. посмугована скелетна (утворена видовженими багатоядерними волокнами; скорочується довільно);
2. непосмугована (клітини одноядерні веретеноподібні; є у стінках внутрішніх органів, шкірі; скорочується мимовільно);
3. посмугована серцева (клітини сполучені місточками для швидкого поширення сигналу; скорочується мимовільно).



Нервовій тканині властиві збудливість і провідність. Основні клітини — нейрони — генерують і передають нервові імпульси. Ці клітини не мають здатності до поділу (хоча останнім часом це ставлять під сумнів). Для того щоб нейрони могли функціонувати 90 і більше років, у них є помічники — клітини нейроглії, які виконують трофічну, захисну, опорну функцію для нейронів (мал. 4.3).

Виконай в e*-ДОДАТКУ завдання 4.1.*



Мал. 4.3. Будова нервової тканини: 1 — нейрони; 2 — клітини нейроглії

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Тканина — сукупність клітин та їхніх похідних (міжклітинної речовини, волокон тощо), що мають спільне походження та виконують специфічні функції. В організмі людини розрізняють чотири основні типи тканин: епітеліальні, внутрішнього середовища, м'язові, нервову. Будова всіх типів тканин пов'язана з їх функціями.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Установи відповідність між особливостями будови (1–4) й функціями тканин (А–Г). Визнач, про яку тканину йдеться в кожному випадку.

Особливості будови	*Функції*
1 Клітини щільно розміщені, у кілька шарів. Міжклітинної речовини немає	А Проведення нервових імпульсів, регуляція роботи

Особливості будови	*Функції*
2 Клітини відростками сполучаються одна з одною. Міжклітинна речовина тверда	**Б** Захищає від ушкоджень, створює бар'єр між організмом і середовищем
3 Клітини мають фібрили, здатні скорочуватися	**В** Є опорою організму, захищає внутрішні органи
4 Клітини мають довгі відростки, здатні сприймати і передавати сигнали	**Г** Здійснює рухи органів та організму

2. Яка тканина містить багато міжклітинної речовини? Яку функцію ця речовина може виконувати?

3. Доведи на прикладі будь-якої тканини, що її будова пов'язана з виконуваними функціями.

4. Згрупуй тканини у групи:
1) утворені одним типом клітин; 2) утворені кількома типами клітин. Поясни, як різноманітність клітин допомагає виконувати функції тканинам другої групи.

5. Якій тканині властива скоротливість, а якій — провідність? Як ці властивості пов'язані з функціями тканин?

6. Розглянь гістологічний препарат шкіри пальця людини (мал. 4.4). Якою цифрою позначено власне сполучну тканину (дерму), епідерміс (епітелій)? Кровоносну судину?



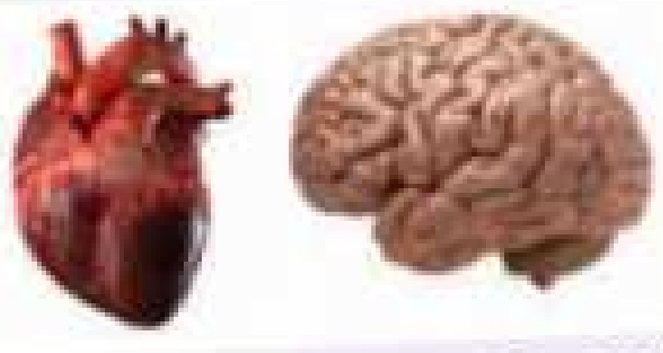
Мал. 4.4. Гістологічний препарат шкіри пальця людини

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§5 Органи і системи органів. Організм як саморегульована біологічна система

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Серце Головний мозок

У тілі людини так багато органів! Який із двох зображених важливіший? Який із них керує іншим і як йому це вдається?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Якщо ти хвилюєшся, серце зазвичай скорочується частіше. Якщо ти на якийсь час затримуєш дихання, незабаром поза твоє волею відбувається вдих, і повітря наповнює твої легені. Як такі процеси узгоджуються в організмі?

2 Організм іноді асоціюють із державою, мешканцями якої є клітини. Хто в цій державі керує і в який спосіб?

БІОСЛОВО

Орган — частина тіла певної форми, яка утворена групами тканин і виконує певні функції.

Фізіологічна система органів — це група органів, які працюють разом для виконання спільних функцій.

Функціональна система органів — стале або тимчасове об'єднання різних органів чи фізіологічних систем із метою виконання певної функції та досягнення корисного для організму результату.

Гомеостаз — відносна сталість складу і властивостей внутрішнього середовища біологічних систем різних рівнів організації.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Серце, мозок, легені — усі органи утворені кількома типами тканин, які разом забезпечують виконання відповідної функції. Наприклад, основна функція легень — газообмін між повітрям і кров'ю. Тож стінка легень (легеневих міхурців — альвеол) утворена плоским епітелієм. Ці стінки обплетені судинами, що несуть кров. До легеневих міхурців повітря надходить розгалуженою системою бронхів, які міс-

тять хрящову тканину (запобігає їх спаданню). Отже, будова легень, як і інших органів, тісно пов'язана з їхніми функціями.

Органи поєднуються у фізіологічні системи *(див. таблицю)*. Наприклад, легені здійснюють газообмін, тож до них має регулярно надходити очищене, зволожене, зігріте повітря. Таку роботу виконують повітроносні шляхи — носова порожнина, гортань, трахея, бронхи. І кожен із цих органів може спеціалізуватися на виконанні кількох функцій. Наприклад, носова порожнина відіграє важливу роль у сприйнятті запахів, а гортань — в утворенні голосу.

Системи органів	Деякі органи (компоненти)	Основні функції
Нервова	Головний мозок, спинний мозок, нерви	Регуляція роботи організму, сприйняття і обробка інформації
Ендокринна	Гіпофіз, щитоподібна залоза	Утворення гормонів, регуляція функцій
Опорно-рухова	Скелет, скелетні м'язи	Опора, рух, захист
Травна	Шлунок, кишківник, печінка, підшлункова залоза	Травлення, надходження поживних речовин у кров
Дихальна	Гортань, трахея, легені	Газообмін, надходження кисню в кров, виділення CO_2
Кровоносна	Серце, судини	Транспортування речовин по організму
Видільна	Нирки, сечоводи, сечовий міхур	Виділення продуктів обміну
Репродуктивна	Яєчка, яєчники, матка, маткові труби, простата	Формування статевих клітин, розмноження, виношування плода й народження дитини

Чи можна визначити, яка з фізіологічних систем головна? Мабуть, ні: усі вони важливі. Але можна визначити системи, які керують організмом, регулюють його роботу.

Нервова й ендокринна системи сприймають інформацію від клітин і органів, а у відповідь надсилають свої сигнали («накази»), що регулюють роботу організму. Такою інформацією є нервові імпульси і хімічні сигнали — біологічно активні речовини (БАР), зокрема гормони.

Зазвичай ідеться про два види регуляції — нервову і гуморальну. Поняття *гуморальна регуляція* не ідентичне ендокринній. На малюнку 5.1 показано, що ендокринна регуляція є частиною гуморальної (слово *humor* з лат. означає *рідина*).

Нервова й ендокринна системи, як дві гілки влади в державі, узгоджують свою роботу (мал. 5.2). У регуляції важливий зворотний зв'язок: клітини та органи (як мешканці держави) інформують нервову й ендокринну системи про свій стан.



Мал. 5.1. Співвідношення гуморальної й ендокринної регуляції



Мал. 5.2. Співвідношення гуморальної та ендокринної регуляції

Регуляція процесів спрямована на підтримання сталих показників внутрішнього середовища — збереження гомеостазу. Вихід за певні межі параметрів (температури, вмісту води і солей) може призвести до загибелі. Тож саморегуляція відбувається зазвичай за принципом негативного зворотного зв'язку. Це нагадує гойдалку: за підвищення якогось параметра регуляторні механізми спрацьовують на його зниження.

Хоча кожна з фізіологічних систем органів відповідає за виконання специфічної функції, різні системи органів об'єднуються у функціональні системи для забезпечення злагодженої роботи організму. Наприклад, одна з найважливіших функцій організму — це забезпечення клітин киснем і поживними речовинами та виведення продуктів обміну речовин. Для виконання цієї функції потрібна злагоджена робота дихальної, кровоносної, травної, видільної систем та координація з нервовою та ендокринною системами. *Виконай в* e-ДОДАТКУ *завдання 5.1.*

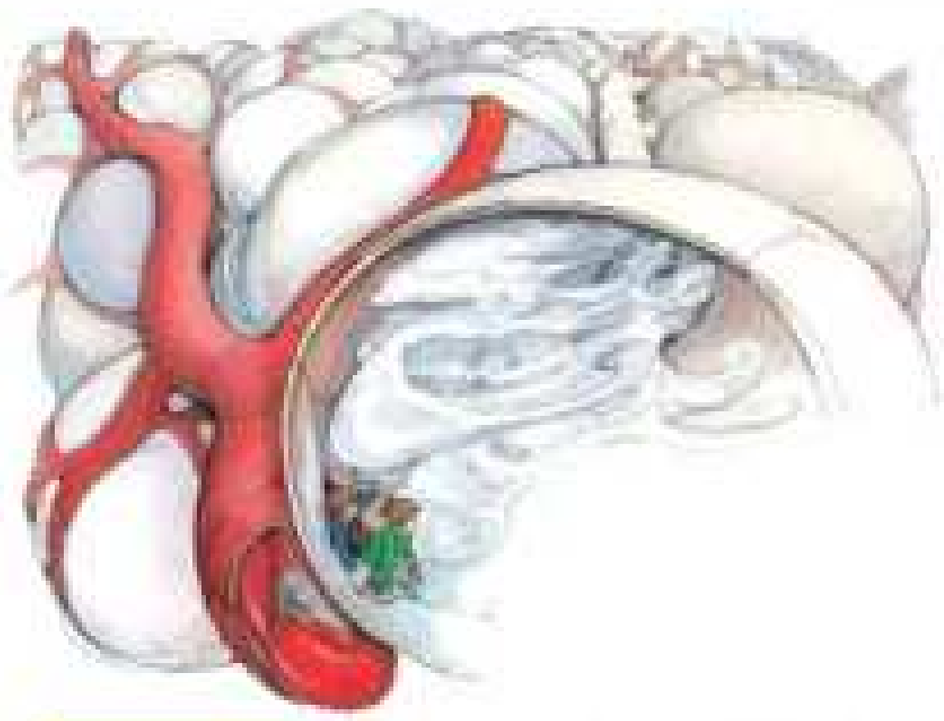
ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Орган — частина тіла певної форми, утворена групами тканин, і виконує певні функції. Органи поєднані у фізіологічні системи органів, що спільно виконують відповідні функції. Будова органів і систем тісно пов'язана з виконуваними ними функціями. Організм працює як регулююча біологічна система завдяки нервовій і гуморальній регуляції.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які тканини становлять основу: 1) серця; 2) головного мозку; 3) підшлункової залози? Як це пов'язано з функціями цих органів?

2. Ознайомся з малюнком із захопливої книжки Керол Доннер «Магічна книга анатомії» (мал. 5.3), у якій авторка розповідає про фантастичні подорожі дітей тілом людини. Який орган зображено на малюнку? Які функції цього органа? Які тканини можна виявити?



Мал. 5.3. Ілюстрація з «Магічної книги анатомії» К. Доннер

3. Доведи на прикладі будь-якого органа, що його будова відповідає виконуваним функціям.

4. Уклади схему взаємодії будь-яких двох фізіологічних систем.

5. Які системи органів регулюють роботу всього організму?

6. Які системи органів входять до функціональної системи, що забезпечує успішне виконання фізичних вправ у тренажерному залі? Уклади схему-модель. Наприклад, тобі захотілося з'їсти цілу плитку шоколаду (що не рекомендується), і рівень цукру зріс. У відповідь організм запускає виділення гормонів, що стимулюють утилізацію цукру і повернуть його рівень до норми.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ 1

Тривалість життя деяких типів клітин людини

У таблиці відображено тривалість існування клітин певних органів або структур тіла.

Проаналізуй інформацію і дай відповіді на запитання.

Орган / структура	Тривалість існування клітин
Головний мозок	Усе життя людини
Епідерміс шкіри	10–30 діб
Епітелій шлунка	2–5 діб
Жирова тканина	2–8 років
Лейкоцити	1–5 діб
Печінка	6–12 місяців
Скелетні м'язи	10–20 років

1. У яких органах / структурах найактивніше функціонують стовбурові клітини? Чому така активність є важливою у цих структурах?
2. Чим вирізняються структури, клітини яких не мають швидкого оновлення? Як організм забезпечує їх тривале функціонування?

ДОСЛІДЖЕННЯ 2

Позитивний і негативний зв'язок у регуляції функцій

Регуляція функцій може здійснюватися за негативним або позитивним зворотним зв'язком. Розподіли зазначені ситуації на дві групи залежно від типу зв'язку, за яким здійснюється регуляція (негативним або позитивним зворотним).

А Після споживання цукерок рівень глюкози підвищується. В результаті підшлункова залоза виділяє інсулін, що стимулює клітини печінки, жирової тканини поглинати глюкозу з крові.

Б Немовля харчується грудним молоком. Що більше молока воно висмоктує, то більше його виробляють молочні залози.

В Зниження тиску крові в артеріях спричинює виділення нирками ренін — речовини, яка запускає каскад реакцій, що призводять до звуження просвіту артерій. В результаті тиск підвищується.

Г Під час пологів виділяється гормон окситоцин, що стимулює скорочення матки (перейми). Посилення скорочень веде до підвищення рівня окситоцину, і перейми посилюються.

2 РЕГУЛЯТОРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ



§6 Нейрони, синапси, нерви. Рефлекторний принцип діяльності нервової системи

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У сучасній косметології і деяких галузях медицини набуває популярності використання ботоксу. Ці ліки створюють на основі ботулотоксину, який є надзвичайно потужним токсином. Як одна й та сама речовина може бути і вбивчою, і лікувальною? І до чого тут синапси?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 В організмі людини є два основні типи синапсів — електричні й хімічні. Швидкість передачі сигналу через електричні синапси значно вища. Проте їх в організмі значно менше, ніж хімічних. Чому?

2 У людини, як і в інших хребетних тварин, частина відростків нейронів вкрита спеціальною мієліновою оболонкою, основу якої створює речовина мієлін, що на 70% складається з ліпідів і на 30% із білків. У безхребетних тварин відростки нейронів такої оболонки не мають (хоча в деяких випадках у них утворюються схожі структури). Навіщо потрібна така оболонка, якщо нейрони і без неї можуть виконувати свої функції?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Нервова система є тією системою організму тварин, яка координує процеси й забезпечує гомеостаз, тобто сталість її внутрішнього середовища. Саме нервова система відповідає за прийняття нами рішень (наприклад, куди йти зараз) і їх втілення в життя (які м'язи потрібно задіяти, щоб піти у потрібному напрямку). Клітинами, які забезпечують виконання нервовою системою основних її функцій, є нейрони.

Нейрони є збудливими клітинами, здатними сприймати й обробляти інформацію, а потім передавати її у вигляді електричних або хімічних сигналів. Хімічні сигнали передаються недалеко (до сусідніх клітин), а от електричні можуть передаватися на значні відстані.

Кожен нейрон складається з тіла клітини (у ньому розташоване ядро) і відростків (мал. 6.1). Відростками нейронів є дендрити (зазвичай вони короткі), що сприймають сигнали, і аксон (зазвичай довгий), що передає сигнали.



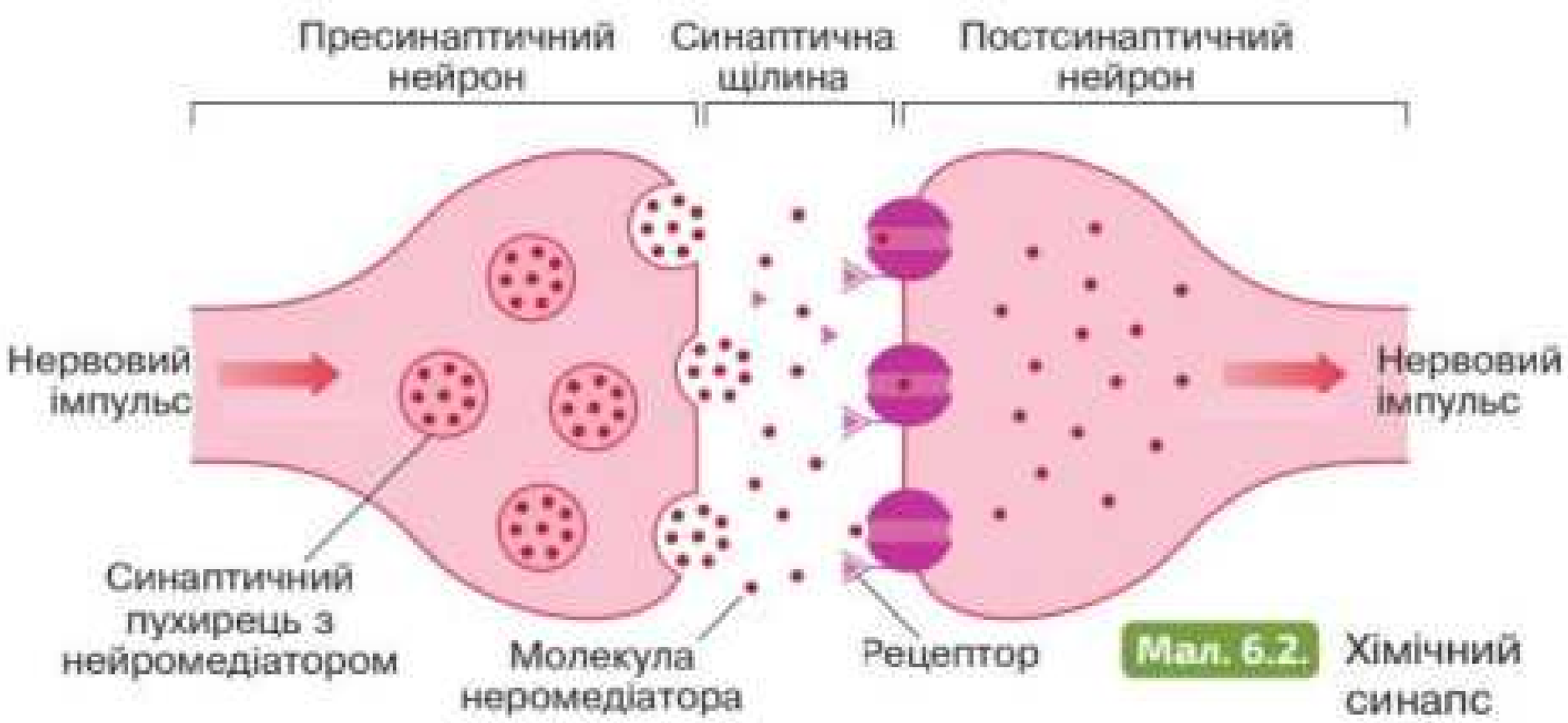
Мал. 6.1. Будова нейрона

Якщо уважно розглянути, то на аксонах багатьох нейронів людини (та й інших хордових тварин) можна побачити оболонку з мієліну (речовини, яка на 70 % утворена ліпідами і на 30 % — білками). Ця оболонка не є суцільною, а періодично переривається. Основне завдання такої оболонки: частково ізолювати аксон і забезпечити поширення електричних сигналів по ньому не плавно, а стрибками — від розриву до розриву. Це дає змогу суттєво (до 50 разів) збільшити швидкість передачі імпульсу. *Дізнайся більше про штучні нейрони в* е-ДОДАТКУ *(завдання 6.1).*

Відповідно до кількості відростків нейрони поділяють на типи. Уніполярні мають по одному відростку, біполярні — по два, а в мультиполярних нейронів відростків багато. Слід відзначити, що відростки нейронів здатні надзвичайно галузитися.

Нейрони поділяються на типи ще й за своїми функціями. Чутливі нейрони передають сигнали від чутливих клітин до інших нейронів, а рухові (моторні) нейрони передають інформацію у зворотний бік — до виконавчих органів (відповідних м'язів або залоз). Проміжні (вставні) нейрони передають сигнали від одних нейронів до інших.

Передавання сигналів між нейронами або від нейронів до інших клітин відбувається за допомогою синапсів. Синапси в організмі людини бувають двох основних типів — електричні й хімічні. В електричних синапсах синаптична щілина дуже вузька й сигнал у вигляді іонних струменів передається між клітинами дуже швидко. В хімічних синапсах щілина є широкою, а сигнал передається за допомогою спеціальних речовин — нейромедіаторів) (мал. 6.2, с. 32). Ці речовини виділяються мембраною клітини, яка передає сигнал (пресинаптична мембрана) і сприймаються рецепторами мембрани клітини, яка приймає сигнал (постсинаптична мембрана).



Мал. 6.2. Хімічний синапс

Швидкість передавання сигналу в електричних синапсах набагато вища, але через хімічні синапси їх значно легше регулювати. На передавання сигналів можуть впливати зовнішні чинники. Наприклад, деякі токсичні сполуки блокують проходження сигналів. Так, ботулотоксин блокує виділення нейромедіатора в синаптичну щілину між нервами й м'язовими клітинами. Тобто робить неможливою роботу м'язів. Такий механізм дії дає змогу використовувати препарати на основі цього токсину в медицині для лікування певних порушень роботи м'язів.

В основі роботи нервової системи покладено рефлекторний принцип. Він полягає в об'єднанні нейронів різних типів у єдину функціональну структуру — рефлекторну дугу (мал. 6.3). Найпростіша рефлекторна дуга складається з двох нейронів — чутливого, що передає нервовий імпульс від якогось рецептора, і рухового (моторного), який отримує від чутливого нейрона цей імпульс і передає його на робочий орган (наприклад, м'яз). Між чутливим і руховим нейронами частіше може і не бути безпосереднього зв'язку. У такому випадку їх об'єднує вставний нейрон, який передає імпульс між ними.

Прикладом рефлекторної дуги є ситуація, коли людина торкається пальцем полум'я свічки. Терморецептор шкіри передає сигнал на чутливий нейрон. Далі через вставний нейрон сигнал надходить до рухового нейрона, який передає його на м'яз руки. У результаті рука відсмикується. У складніших випадках для виникнення потрібної реакції необхідна узгоджена робота багатьох нейронів, які надсилають сигнали до нервової системи і взаємодіють між собою.

БІОСЛОВО

Синапс — це спеціалізоване місце передавання сигналу між нейронами або від нейрона до іншої клітини. Він складається з двох ділянок мембран сусідніх клітин і синаптичної щілини між ними.



Мал. 6.3. Рефлекторна дуга

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Клітинами, які забезпечують виконання нервовою системою основних її функцій, є нейрони. Особливістю будови нейронів є наявність у них тіла клітини й відростків — аксона і дендритів, якими передаються нервові імпульси. Для швидшої передачі імпульсів поверхня аксонів може бути вкрита мієліновою оболонкою. Між собою і з іншими клітинами нейрони з'єднуються за допомогою спеціальних структур — синапсів. Основним принципом роботи нервової системи є рефлекторний.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які основні структури входять до складу нейрона?
2. Наведи два-три приклади рефлекторних рухів із життя звичайної людини.
3. Розмісти у правильному порядку компоненти рефлекторної дуги зіничного рефлексу: 1) м'язи ока, що звужують зіницю; 2) рецептори; 3) чутливий (доцентровий) нейрон; 4) руховий (відцентровий) нейрон; 5) проміжний нейрон.
4. У чому переваги й недоліки наявності мієлінової оболонки на аксонах нейронів?
5. Запропонуй одну з можливих схем дії токсинів із блокування передавання сигналу в хімічному синапсі.
6. Проведи віртуальне дослідження збудження нейрона з інтерактивною симуляцією PFET. Виконай в e-ДОДАТКУ завдання 6.2

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§7 Будова нервової системи. Спинний мозок

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У випадку ураження висхідних шляхів спинного мозку людина може не відчувати подразнень під час дотику до її ноги (наприклад, поколювання голкою), але здатна нормально рухати ногою. Чи буде спостерігатися в такої людини колінний рефлекс під час постукування неврологічним молоточком по сухожилку нижче надколінка?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Спинний мозок зовні оточений трьома оболонками. Навіщо потрібні такі оболонки, якщо мозок і так міститься всередині хребта, що захищає його від ушкоджень?

2 У спинному мозку людини є два потовщення — одне ближче до верхньої частини, інше — до нижньої. Поміркуй, яка роль цих потовщень.

БІОСЛОВО

Нерви — тонкі тяжі, які відходять від центральної нервової системи або нервових вузлів, є сукупністю аксонів нейронів і клітин нейроглії. Нерви вкриті сполучнотканинною оболонкою (мал. 7.1). По нервах відбувається передавання нервових імпульсів.

Нервові вузли (гангліі) — скупчення клітин нервової тканини (тіл нейронів і клітин нейроглії), які утворюються поза межами центральної нервової системи й зазвичай оточені оболонкою зі сполучної тканини.



Мал. 7.1. Поперечний переріз нерва:
1 — сполучнотканинна оболонка;
2 — аксони

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Нервова система людини поділяється на центральну і периферичну (мал. 7.2).

НЕРВОВА СИСТЕМА			
Центральна		Периферична	
Головний мозок	Спинний мозок	Нерви: 12 пар черепно-мозкових 31 пара спинно-мозкових	Нервові вузли (гангліїї)

Мал. 7.2. Схема будови нервової системи

Будова спинного мозку

Спинний мозок починається від потиличного отвору черепа, закінчується на рівні 1-го або 2-го поперекових хребців і має довжину 41–45 см, діаметр близько 1 см, масу 35–40 г.

Зовні спинний мозок укритий трьома захисними оболонками:

1 — внутрішня (м'яка або судинна), пухка;

2 — середня (павутинна) — тонка оболонка, розміщена між двома іншими у просторі, що заповнений спинномозковою рідиною;

3 — зовнішня (тверда) — дуже міцна, утворена щільною тканиною.

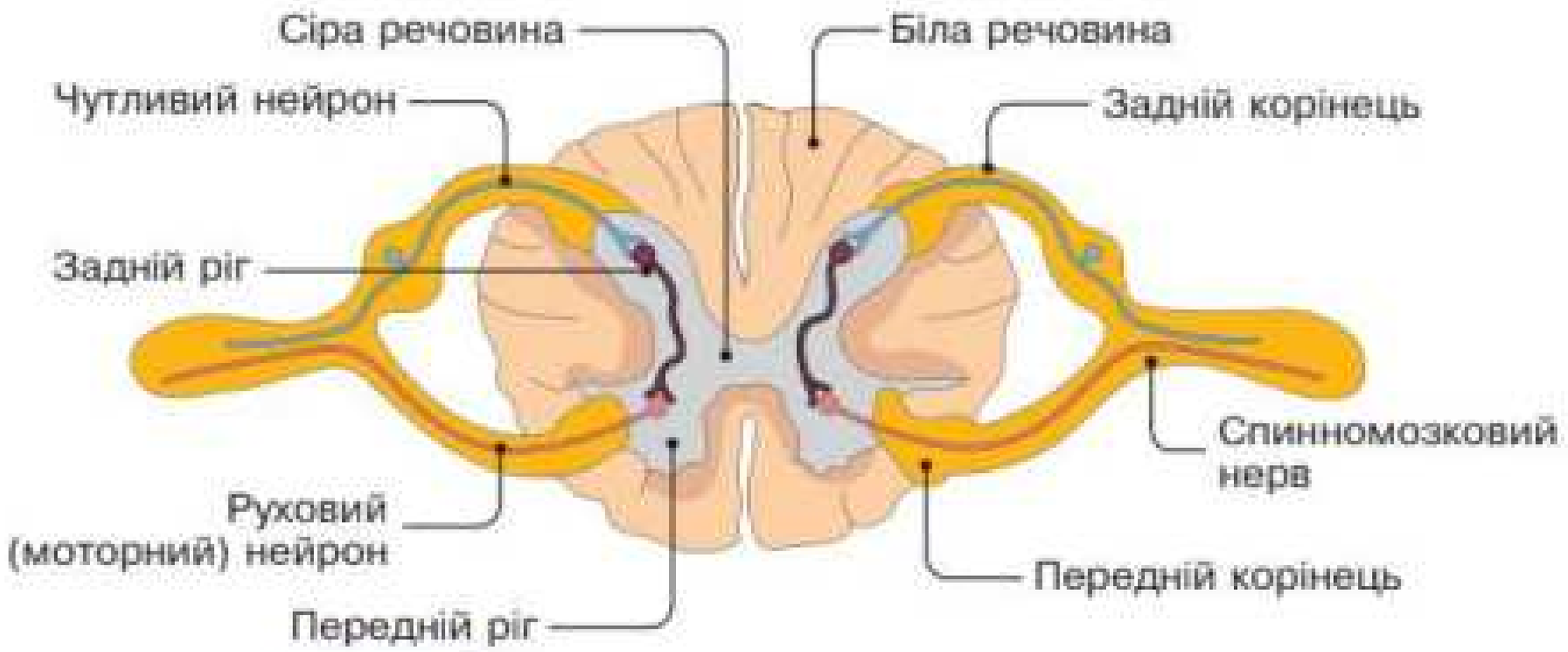
Спинний мозок поділяють на 4 відділи (мал. 7.3). Від нього відходить 31 пара спинномозкових нервів. Вони утворюються під час злиття передніх і задніх корінців, які відходять від кожного із сегментів мозку.



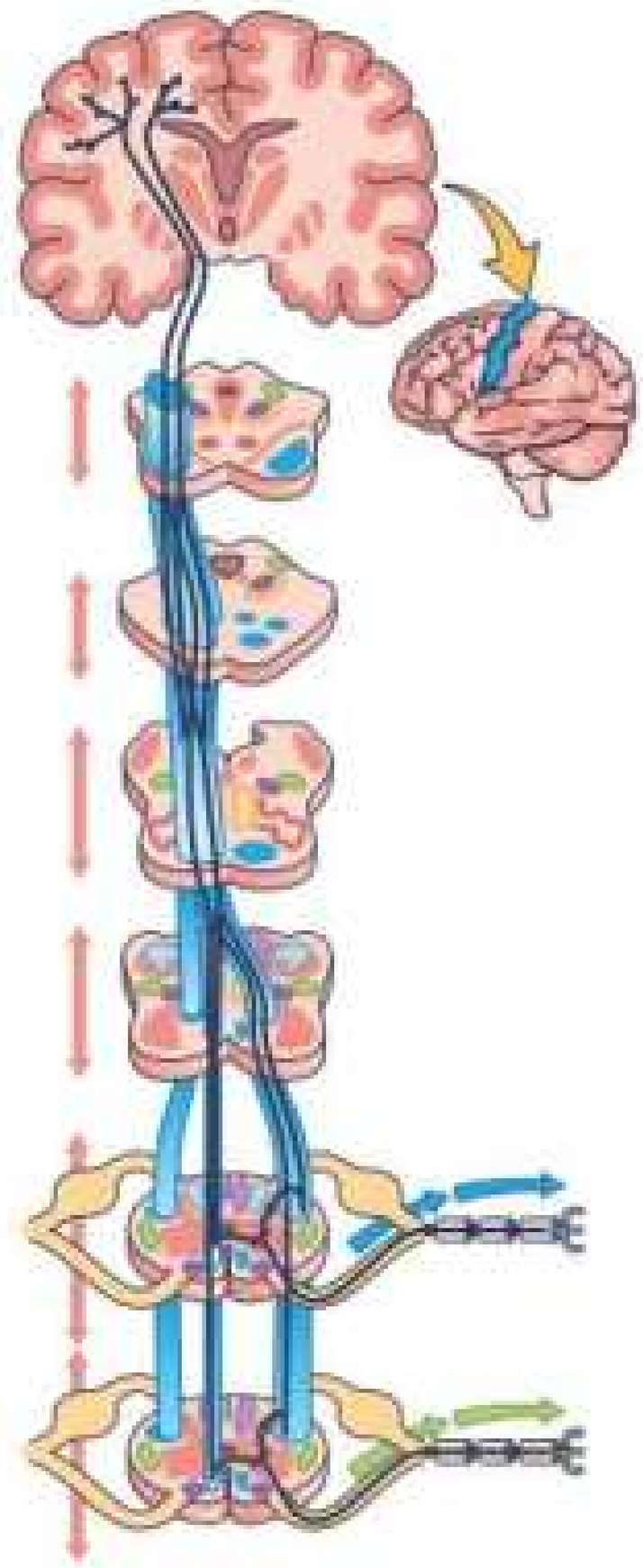
Мал. 7.3. Відділи спинного мозку

Усередині спинного мозку проходить центральний спинномозковий канал, який заповнений прозорою рідиною. На поперечному перерізі спинного мозку (мал. 7.4, с. 36) видно, що всередині мозок містить темну (сіру) речовину, яка оточена світлою (білою) речовиною. Сіра речовина, яка утворена переважно тілами нейронів, на поперечному перерізі має форму

метелика або літери Н. Біла речовина складається переважно з аксонів нейронів. Те, що ці аксони вкриті мієліновою оболонкою, і зумовлює їх колір (мієлін має біле забарвлення).



Мал. 7.4. Поперечний переріз спинного мозку



Мал. 7.5. Провідні шляхи у спинному мозку

Найважливіші функції спинного мозку: рефлекторна і провідникова. Рефлекторна функція виконується завдяки тому, що у спинному мозку з'єднуються чутливі й рухові нейрони багатьох рефлекторних дуг зазвичай через вставні (проміжні) нейрони або безпосередньо між собою.

Тіла рухових нейронів містяться в передніх рогах спинного мозку, їх аксонами утворені передні (рухові) корінці. У спинний мозок інформація надходить по задніх (чутливих) корінцях аксонами чутливих нервів. Під час ушкодження хрящових дисків хребта ці корінці можуть перетискатися, що спричиняє больові відчуття, оніміння, порушення ходьби тощо. Передні (рухові) і задні (чутливі) корінці поєднуються, утворюючи спинномозкові нерви, що є змішаними.

Провідникова функція спинного мозку полягає у здійсненні зв'язку головного мозку з різними частинами тіла людини. Виконання цієї функції забезпечується існуванням провідних шляхів у білій речовині спинного мозку (мал. 7.5).

Провідні шляхи поділяються на два типи — *висхідні* (чутливі) і *низхідні* (рухові). Сигнали по висхідних шляхах надходять від органів до головного мозку, по низхідних — від мозку до органів. *Розглянь в* e-ДОДАТКУ *3D-моделі спинномозкових трактів (завдання 7.1).*

БІОСЛОВО

Рефлекси — це реакції організму на вплив певних факторів, які відбуваються за участю центральної нервової системи. Розрізняють рефлекси безумовні (вроджені, успадковані від предків) й умовні (набуті, які формуються упродовж життя).

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Нервова система людини поділяється на центральну і периферичну. Центральна нервова система складається з головного і спинного мозку, периферична — з нервів і нервових вузлів. Спинний мозок містить сіру (переважно тіла нейронів) і білу (переважно аксони у мієліновій оболонці) речовину. Зовні він укритий трьома оболонками. Основними функціями спинного мозку є рефлекторна і провідникова. Провідні шляхи, що проходять спинним мозком, зв'язують головний мозок з органами тіла. Їх поділяють на висхідні (чутливі) і низхідні (рухові).

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. З яких частин складається нервова система людини?
2. Які функції виконує спинний мозок?
3. Яким шляхом інформація передається від органів до головного мозку?
4. Порівняй білу і сіру речовини спинного мозку.
5. Чому порушення цілісності спинного мозку у разі травм може призвести до паралічу (втрати довільних рухів) кінцівок?
6. З метою діагностики лікарі досліджують склад спинно-мозкової рідини пацієнтів. Які показники можна перевірити за допомогою цієї процедури? Зроби припущення і обґрунтуй його.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§8 Головний мозок

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Людський мозок відрізняється від мозку інших хребетних тварин великою кількістю борозен і звивин. Навіщо вони йому потрібні?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Вивчаючи особливості будови головного мозку людини (мал. 8.1), можна дізнатися, що в ньому є аж чотири шлуночки. Звідки вони там взялися і навіщо потрібні?

2 Зазвичай травми головного мозку стають причиною смерті людини. Але відомі рідкісні випадки, коли після такої травми (наприклад, пробивання голови металевим стрижнем) людина залишалася живою. Як це можна пояснити?



Мал. 8.1. Розміщення шлуночків у головному мозку

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Головний мозок є основною частиною центральної нервової системи. У середньому він важить 1,3–1,4 кг, хоча його маса може коливатися від 1 до 2 кг. Прямої залежності між розміром головного мозку й розумовими здібностями людини не існує.

У процесі еволюції головний мозок виник як розширення передньої частини нервової трубки, з іншої частини якої сформувався спинний мозок. Так само він формується і в процесі ембріонального розвитку

людини. Як і спинний мозок, головний укритий трьома оболонками — внутрішньою (м'якою), середньою (павутинною) і зовнішньою (твердою), які виконують такі самі функції. Спинномозковий канал в головному мозку теж зберігся. Він перетворився на шлуночки мозку, які є місцем утворення спинномозкової рідини. *Ознайомся в* e-додатку *з 3D-моделями центральної нервової системи і окремих структур головного мозку (завдання 8.1).*

Головний мозок (як і спинний) також містить сіру та білу речовину. У складі головного мозку виділяють кілька відділів: стовбур мозку, мозочок, проміжний мозок і кінцевий мозок (мал. 8.2). Стовбур мозку утворений довгастим мозком, мостом і середнім мозком. Крім того, у головному мозку виокремлюють кілька структур, які складаються з пов'язаних між собою компонентів, що можуть входити до складу різних відділів, але виконують спільну функцію: лімбічну систему й ретикулярну формацію. Від головного мозку відходять 12 пар черепномозкових нервів.



Мал. 8.2. Будова мозку

Відділи мозку (складові стовбура мозку)		
Довгастий мозок	**Міст**	**Середній мозок**
Продовження спинного мозку. Регулює процеси дихання, травлення, обміну речовин тощо	З'єднує довгастий мозок і мозочок з іншими структурами мозку. Регулює здійснення багатьох рефлексів	Забезпечує взаємоузгодженість роботи м'язів, рух очей, є центром орієнтувальних рефлексів

Відділи мозку		
Мозочок	**Проміжний мозок**	**Кінцевий мозок**
Складається з двох півкуль, вкритих корою, і середньої частини (черв'яка). Забезпечує координацію рухів тіла	До його складу входять таламус і гіпоталамус. Контролює терморегуляцію, координує регуляцію роботи внутрішніх органів, збирає і аналізує інформацію від органів чуття	Найбільша частина мозку (до 80% його об'єму). До його складу входять великі півкулі (вкриті шаром сірої речовини — корою), мозолисте тіло тощо. Він контролює і координує роботу всіх інших відділів мозку та забезпечує складні форми поведінки

БІОСЛОВО

Лімбічна система — сукупність структур головного мозку, яка охоплює верхню частину стовбура мозку, утворюючи його край (лімб). Відіграє важливу роль у регуляції роботи внутрішніх органів та процесів сну, навчання, пам'яті тощо.

Ретикулярна формація — мережа нейронів, розташована в стовбурі головного мозку. Бере участь в обробленні інформації від органів чуття, регуляції роботи внутрішніх органів та в інших процесах.

Біла і сіра речовини розташовані в головному мозку нерівномірно. Сіра речовина може утворювати ядра — скупчення клітин у товщі білої речовини. Часто такі ядра відповідають за перебіг важливих життєвих функцій організму. Також сіра речовина утворює кору — шар, який укриває поверхню мозку.

Кора має складну будову, складається з кількох шарів і може бути завтовшки (1,3–4,5 мм). У ній відбуваються найскладніші процеси вищої нервової діяльності. Тому вона має велику кількість борозен і звивин, які суттєво збільшують її площу (у дорослої людини загальна площа кори становить 2300 $см^2$). Кора утворюється не тільки в кінцевому мозку, а й у мозочку (мал. 8.3).

Кора великих півкуль кінцевого мозку поділяється на кілька великих часток. Кожна із цих часток має певну спеціалізацію щодо процесів, за які вона відповідає. Так, лобна частка відіграє важливу роль у здійсненні вищих психічних функцій, процесах аналітично-



Мал. 8.3. Кора мозочка

го мислення, контролі рухів. Тім'яна частка задіяна у процесах дотикової чутливості. Скронева частка бере участь у процесах сприйняття звуків, потилична — у процесах зору. Утім, зазвичай для проходження будь-якого процесу тією чи іншою мірою можуть бути задіяні різні частини кори і структури мозку.

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Через те, що сіра речовина розподілена в головному мозку нерівномірно, траплялися випадки, коли під час ушкодження внаслідок травми найбільш важливі для життєдіяльності ядра залишалися неушкодженими. І людина виживала, незважаючи на травму мозку.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Головний мозок є основною частиною центральної нервової системи. Він координує взаємодію всіх інших структур організму в цілому й нервової системи зокрема. Головний мозок (як і спинний) складається із сірої та білої речовин. У складі головного мозку виділяють кілька відділів: стовбур мозку, мозочок, проміжний мозок і кінцевий мозок. Зовні кінцевий мозок і мозочок укриті корою — шаром сірої речовини. Кора кінцевого мозку поділяється на кілька часток, має велику кількість борозен та звивин, які збільшують її площу.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

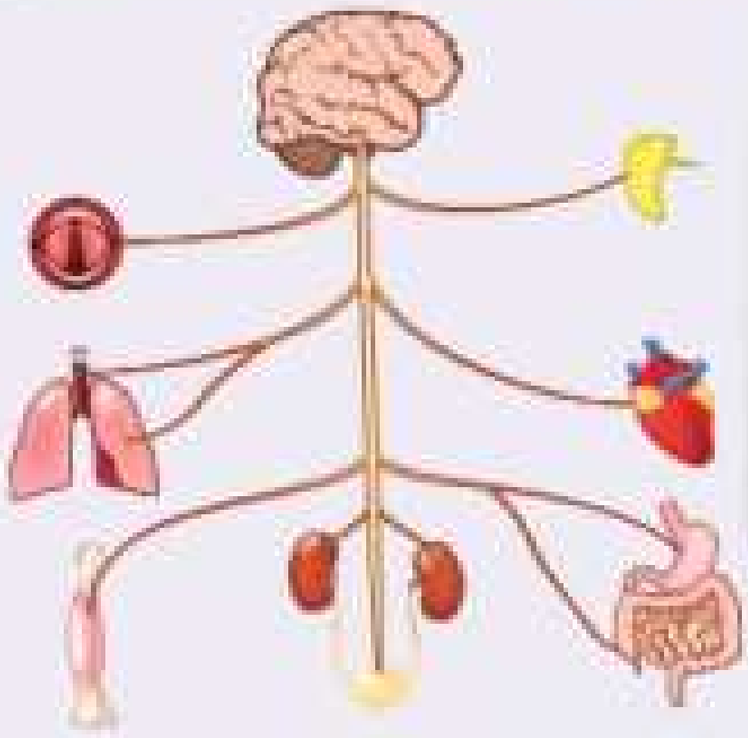
1. Які відділи входять до складу головного мозку?
2. Які функції виконує довгастий мозок?
3. Які ознаки вказують на те, що головний і спинний мозок мають спільне походження?
4. Порівняй мозочок і кінцевий мозок.
5. До яких наслідків для людини може призвести ушкодження мозочка (за умови, що воно було несмертельним)?
6. Які функції виконує кора великих півкуль? Як наявність звивин і борозн пов'язана з виконанням цих функцій?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§9 Соматична і вегетативна нервова система

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



І рухи м'язів кінцівок, і рухи м'язів кишківника людини здійснюються під впливом сигналів нервової системи. Людина за власним бажанням може рухати кінцівками, а от м'язами кишківника рухати вона не може. Чи буде краще, якщо ми зможемо свідомо регулювати й ці рухи також?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Вертикальне положення тіла, яке властиве людині, серед ссавців є рідкісним явищем. Їхні організми не дуже добре пристосовані для такого положення. У людини одним з наслідків прямоходіння є вірогідність розвитку певних захворювань. Наприклад, радикулопатії (стара назва радикуліту), що є захворюванням соматичної нервової системи. Чому ж прямоходіння й вертикальне положення тіла створюють такі ризики?

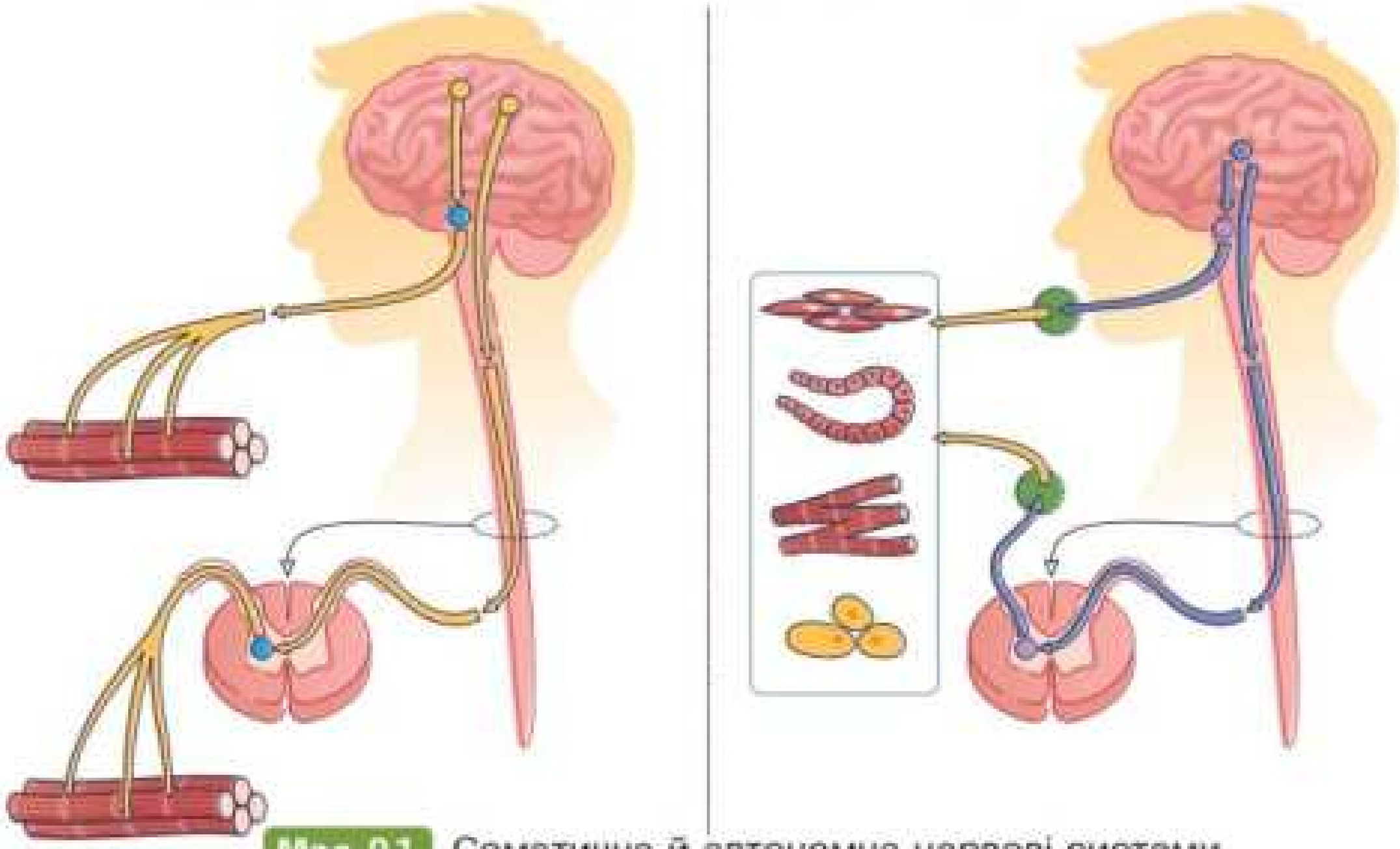
2 Коли людина бачить когось, у кого може закохатися, у неї активується один із відділів автономної нервової системи. Який це відділ: симпатичний чи парасимпатичний? Які ознаки можуть на це вказувати?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Периферична нервова система поділяється на два відділи — соматичну та автономну (мал. 9.1). Соматична нервова система контролює (іннервує) скелетну мускулатуру й надходження інформації від рецепторних клітин до центральної нервової системи. Характерною особливістю цієї системи є те, що вона контролюється свідомістю, і рухи, наприклад своїх кінцівок, людина може робити за власним бажанням.

Автономна (або вегетативна) нервова система здійснює регуляцію роботи внутрішніх органів, як-от серце, непосмуговані м'язи травної системи, залози внутрішньої секреції тощо. Ці процеси регуляції відбуваються без контролю свідомості, автономно. У передаванні сигналів автономної нервової системи від центральної нервової системи беруть

участь особливі нервові вузли — вегетативні ганглії. Тобто передавання сигналу йде не напряму від мозку, а через спеціальний ганглій.



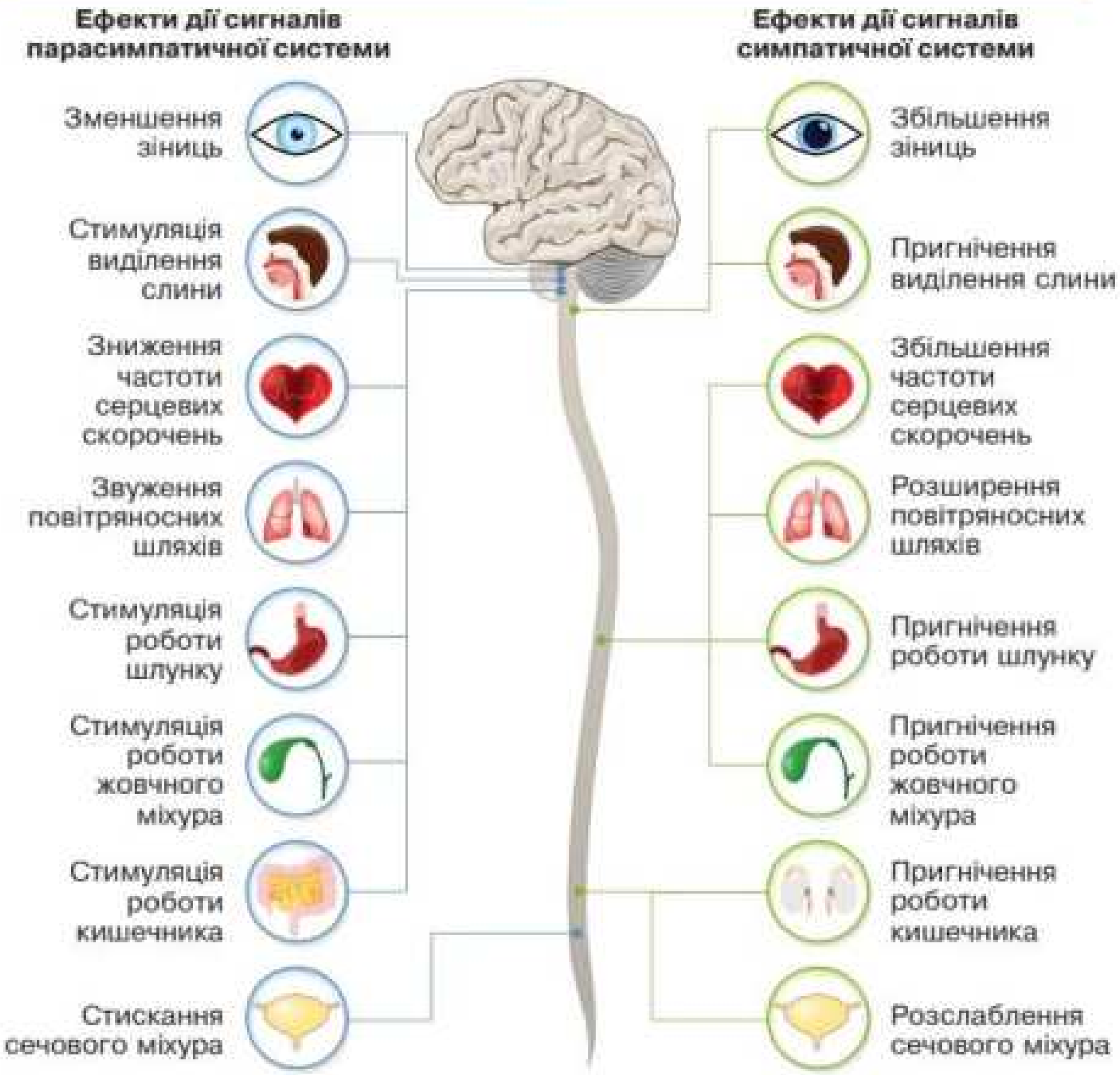
Мал. 9.1. Соматична й автономна нервові системи

Відсутність свідомого контролю регуляції функцій цим відділом нервової системи є дуже важливою. Наприклад, регуляція частоти скорочень серця, інтенсивності дихальних рухів або переміщення їжі травним трактом мають відбуватися безперервно, відповідно до потреб організму.

Вегетативна (автономна) нервова система, у свою чергу, поділяється на два відділи: симпатичний і парасимпатичний (мал. 9.2, с. 44). Ці відділи часто регулюють роботу тих самих органів, діючи на них протилежним чином. Це дає змогу плавно змінювати режим роботи органа шляхом одночасного надходження сигналу з двох цих відділів.

Відділи вегетативної (автономної) нервової системи	
Симпатичний відділ	**Парасимпатичний відділ**
Нервові центри розташовані в грудному відділі спинного мозку	Нервові центри розташовані в головному мозку й крижовому відділі спинного мозку
Нервові ганглії містяться поруч зі спинним мозком (хребтом)	Нервові ганглії розташовані біля органів, роботу яких регулюють
Для передавання сигналу в синапсах використовується норадреналін	Для передавання сигналу в синапсах використовується ацетилхолін

Симпатичний відділ	Парасимпатичний відділ
Найактивніше працює у випадках значного фізичного навантаження або дії сильних емоцій	Найактивніше працює у стані спокою
Збільшує частоту й силу серцевих скорочень; розширює бронхи; зменшує секрецію травних залоз і гальмує скорочення м'язів травного тракту; розслаблює м'язи сечового міхура; розширює зіниці очей	Зменшує частоту й силу серцевих скорочень; звужує бронхи; активізує секрецію травних залоз і стимулює скорочення м'язів травного тракту; скорочує м'язи сечового міхура; звужує зіниці очей



Мал. 9.2. Автономна нервова система

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 9.1.*

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Вертикальне положення тіла людини іноді може створювати проблеми для її нервової системи. Так, тривалі значні навантаження можуть спричинити деформацію міжхребцевих хрящових дисків. Через це відстань між сусідніми хребцями зменшується, і вони здатні пошкодити корінці спинномозкових нервів, які виходять між ними.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Периферична нервова система поділяється на два відділи: соматичну й автономну. Соматична нервова система відповідає за контроль роботи скелетної мускулатури й надходження інформації від рецепторних клітин до центральної нервової системи. Автономна (або вегетативна) нервова система регулює роботу внутрішніх органів.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Який із відділів нервової системи регулює роботу організму в ситуації fight-or-flight (бийся або втікай)? Наведи приклади подібних ситуацій і опиши реакції організму за таких обставин.
2. У Стародавньому Китаї іноді застосовували своєрідний детектор брехні. Обвинувачений мав покласти до рота сухі зернівки рису під час заслуховування обвинувачення. Якщо зернівки залишалися сухими, людину вважали винною, а якщо ставали вологими, обвинувачення могли зняти. Поясни фізіологічне підґрунтя такої процедури.
3. Порівняй функції соматичної і вегетативної нервових систем.
4. Чим відрізняється розташування гангліїв симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи?
5. У яких випадках передавання сигналу відбувається в межах соматичної, а в яких — у межах автономної нервової системи.
6. Які переваги може мати використання в синапсах парасимпатичного й симпатичного відділів для передавання сигналів різних нейромедіаторів (ацетилхоліну і норадреналіну)?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§10 Гуморальна регуляція. Гормони і нейрогормони. Гіпофіз

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Гормони виробляються залозами внутрішньої секреції. Але ці залози не мають протоків, які виводили б ці речовини з місця синтезу. Як гормони потрапляють у кров?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

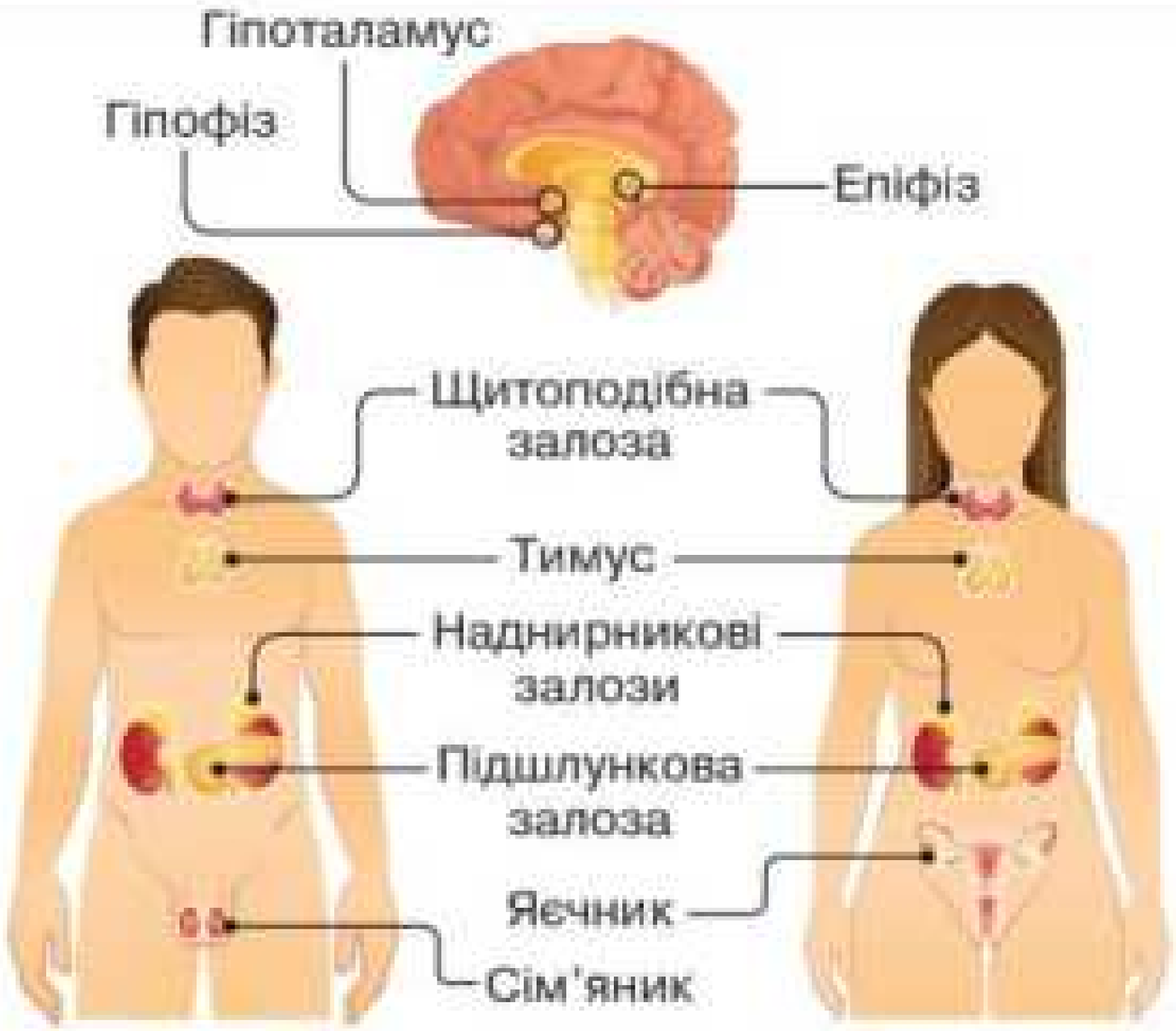
1 Дофамін є нейрогормоном і одним з основних компонентів біохімічного механізму закоханості. Чим він відрізняється від звичайних гормонів і на що, крім закоханості, може впливати?

2 Іноді в людини можуть виникати проблеми з нерівномірним ростом окремих частин тіла (акромегалія). Причиною є надмірне вироблення гормонів гіпофізу. Насамперед це гормон росту (соматотропний гормон). Чому в разі цього захворювання ростуть тільки окремі ділянки тіла, хоча гормон росту забезпечує ріст усього організму під час його розвитку?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Окрім нервової системи, роботу організму регулює ендокринна система (мал. 10.1).

На відміну від нервової системи, яка передає інформацію у формі нервових імпульсів, ендокринна система використовує хімічні сигнали — гормони. Позаяк гормони є біологічно активними речовинами (БАР), що переносяться кров'ю, лімфою, тканинною рідиною, ендокринна система є головною ланкою гуморальної регуляції.



Мал. 10.1. Ендокринна система людини

Гормони виробляються особливими залозами — ендокринними. За малюнком 10.2 можеш зрозуміти їх особливості: свій секрет (речовини, які ними виробляються), на відміну від інших, ендокринні залози виділяють безпосередньо у кров.

Крім залоз внутрішньої секреції, в організмі наявні також залози зовнішньої секреції, які виділяють речовини назовні або в порожнини всередині організму (потові, слинні тощо), й залози змішаної секреції, які суміщають обидва варіанти виділення речовин (підшлункова залоза).

ЗАЛОЗИ

Екзокринні (зовнішньої секреції)	Змішаної секреції	Ендокринні (внутрішньої секреції)
Мають протоки, у які виділяють секрет, що може виділятися назовні, або й всередину тіла. Наприклад: слинні, потові, шлункові, слізні, печінка	«Два в одному»: один секрет виділяють у протоки, а інший — гормон — у кров. Наприклад: підшлункова залоза, статеві залози	Не мають протоків, секрет — гормон — виділяють в кров. Наприклад: щитоподібна, гіпофіз, епіфіз, наднирники, прищитоподібна

Мал. 10.2. Типи залоз в організмі людини

Речовини, які використовуються ендокринною системою для регуляції процесів в організмі, — гормони і нейрогормони. Гормонам притаманні такі ознаки:

1) виробляються клітинами залоз внутрішньої і змішаної секреції;

2) виділяються безпосередньо в кров;

3) впливають на органи і тканини, що можуть бути розміщені далеко від місця синтезу (власне ендокринної залози);

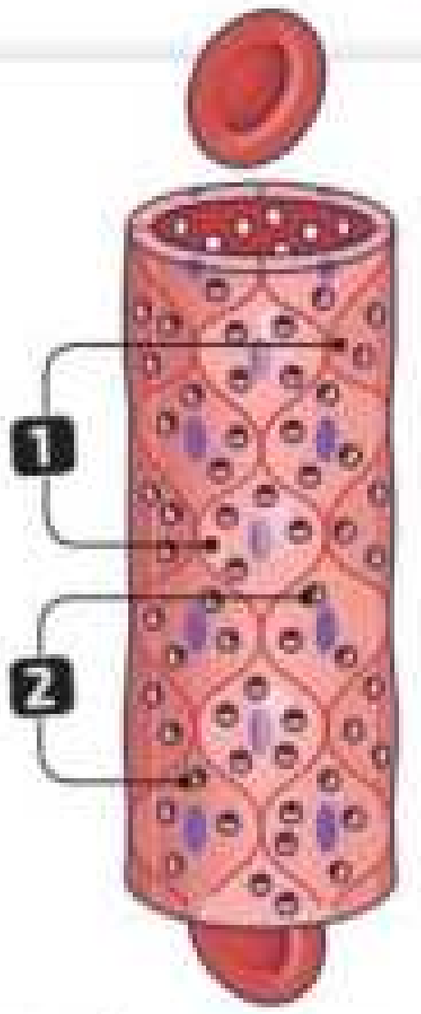
4) мають високу біологічну активність (дуже мала кількість гормону суттєво впливає на перебіг процесів);

5) мають чітку спрямованість дії (змінюють лише певну функцію або функції);

6) діють вибірково (специфічно) — вони впливають тільки на ті клітини, які мають специфічні рецептори і є чутливими до відповідного гормону. Наприклад, гормон інсулін виробляється підшлунковою залозою, а «мішенями» його дії є клітини печінки, м'язів, жирової тканини. Гормон гіпофіза (вазопресин) виробляється у мозку, а діє на клітини нирок, стимулюючи їх всмоктувати воду і зменшувати кількість сечі.

Нейрогормони є біологічно активними речовинами, які виробляються певними нейронами (нейроендокринними клітинами) і виділяються у кров або тканинну рідину.

Молекули гормонів можуть мати досить великий розмір. Тому їм нелегко проникати в кров із місць синтезу у відповідних залозах. Для розв'язання цієї проблеми ендокринні залози насичені спеціальними фенестрованими капілярами (мал. 10.3). Ці капіляри мають на своїй поверхні спеціальні пори — фенестри (від лат. слова, яке означає вікно), через які гормони і надходять у кров.



Мал. 10.3. Будова фенестрованого капіляра: 1 — клітини ендотелію; 2 — фенестри

В ендокринній системі розрізняють центральний і периферичний відділи (мал. 10.4).

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

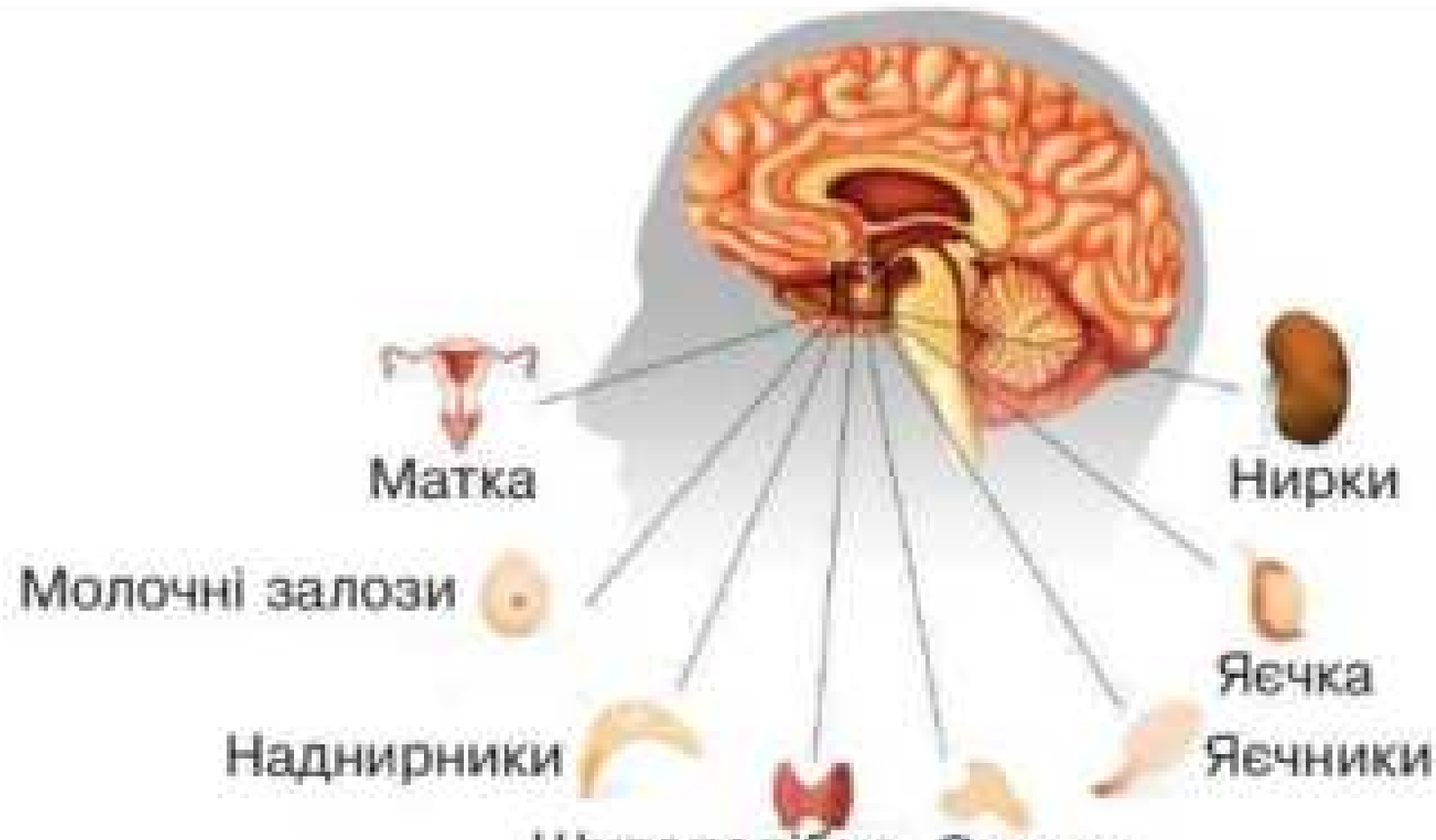
Центральний відділ	Периферичний відділ	
Гіпоталамус	Щитоподібна залоза	Підшлункова залоза
Гіпофіз	Прищитоподібні	Тимус
Епіфіз	Наднирники	Статеві залози

Мал. 10.4. Відділи ендокринної системи

Центральний відділ постійно контролює і координує роботу залоз периферичного відділу. *Ознайомся в* e-ДОДАТКУ *з 3D-моделлю органів ендокринної системи людини (завдання 10.1).* Контроль і координація здійснюються гормонами гіпоталамуса, які діють не тільки на ендокринні залози, а й на інші структури організму.

Наприклад, соматотропний гормон (гормон росту), який виробляється гіпофізом, стимулює синтез білка і поділ клітин. Це дуже важливі процеси під час росту і розвитку людини. Водночас, як і інші гормони, гормон росту може впливати тільки на ті клітини, які мають відповідні рецептори і здатні його сприймати. Якщо виділення цього гормону збільшиться в людини, яка вже виросла, то може розпочатися ріст тільки окремих частин тіла (там, де клітини ще мають відповідні рецептори), що може стати причиною захворювання (зокрема, акромегалії).

Гіпофіз важить менше 1 грама, але окрім гормону росту, він виробляє інші гормони, що регулюють роботу нирок та інших залоз — надниркових, щитоподібної, статевих (мал. 10.5).



Мал. 10.5. Структури, на які впливає гіпофіз

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Ендокринна система здійснює гуморальну регуляцію процесів в організмі людини за допомогою спеціальних речовин — гормонів. Гормони виробляються особливими залозами (внутрішньої і змішаної секреції), які виділяють їх безпосередньо у кров. Гормони діють тільки на ті клітини, які мають відповідні рецептори і здатні їх сприймати.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

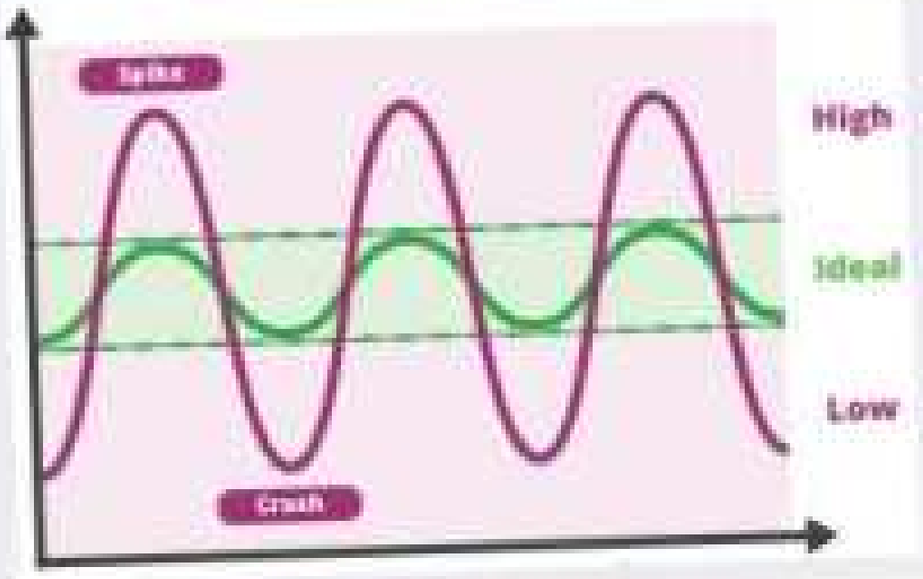
1. Яким чином ендокринна система організму людини здійснює регуляцію процесів?
2. З яких відділів складається ендокринна система? Як вони взаємодіють?
3. Які ознаки притаманні гормонам?
4. Порівняй залози внутрішньої і змішаної секреції.
5. Чому робота гіпофіза є вкрай важливою для функціонування ендокринної системи?
6. Ендокринні залози можуть ставати об'єктом аутоімунних реакцій, коли власна імунна система атакує органи тіла. Із чим це може бути пов'язано? Скористайся малюнком 10.3 на с. 48.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§11 Залози ендокринної системи та їх гормони

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Уяви ситуацію. Людина захопилася і не помічає, як плитка молочного шоколаду зникає шматочок за шматочком... Що відбувається в цей час із рівнем глюкози в її крові? Намалюй графік.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Надниркові залози є залозами ендокринної системи і складаються з двох частин (кіркової та мозкової), які під час розвитку організму утворюються з різних структур зародка. Чи буде порушена робота мозкової частини у випадку ушкодження кіркової частини?

2 У мозку людини є залоза, зовні схожа на соснову шишку. Відповідно її називають шишкоподібною залозою, або епіфізом. В людини її основною функцією є вироблення гормону мелатоніну, який відіграє важливу роль у регуляції режиму сну. Простеж роль епіфізу у інших хребетних тварин, і поясни, чому його часто називають «третім оком».

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Усі ендокринні залози в організмі працюють взаємоузгоджено. Їх роботу регулюють нервова система та гіпофіз.

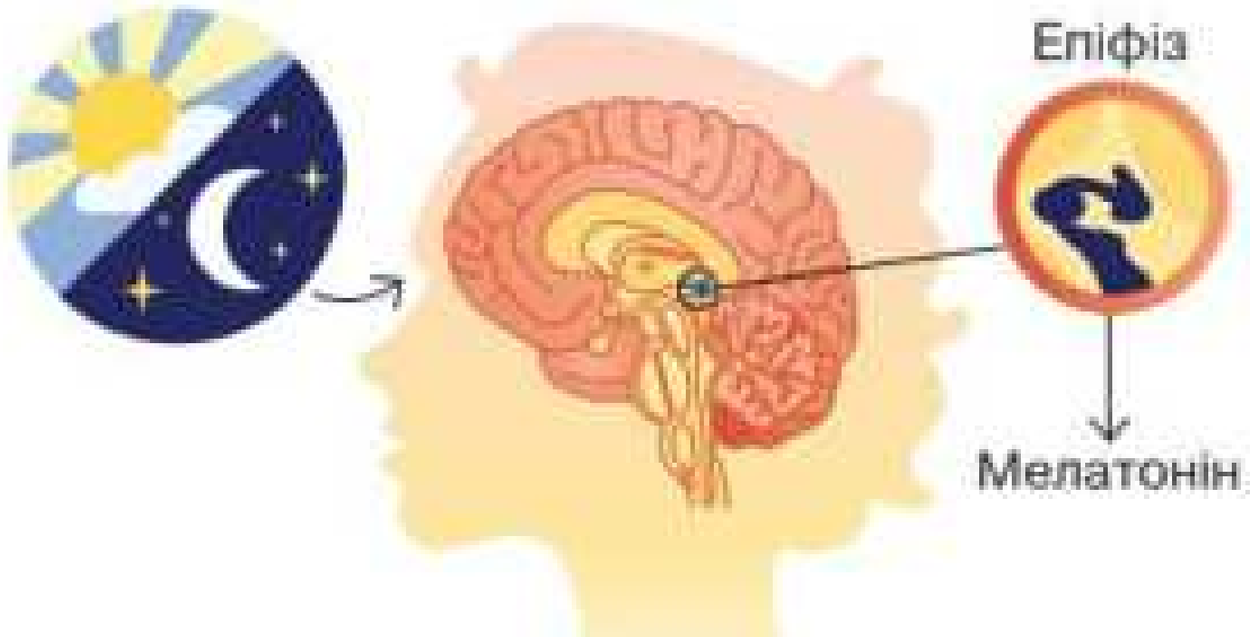
Поруч із гіпофізом у проміжному мозку розміщений епіфіз. Ця залоза виробляє гормон мелатонін, що регулює режим сну і процеси росту та статевого дозрівання (мал. 11.1). Вночі рівень мелатоніну зростає, а вдень — знижується.

Важливою є щитоподібна залоза, розташована на передній поверхні шиї. Її гормони — тироксин і трийодтиронін — містять йод, активують обмін речовин в організмі. Ці гормони важливі у процесах росту і розвитку. За нестачі тироксину в раньому дитинстві спостерігається затримка фізичного і психічного розвитку.

Тироксин прискорює обмін речовин. Тож за його надлишку може спостерігатися незначне підвищення температури тіла, частоти серцебиття, фізичної активності. Маса тіла, не зважаючи на посилення апетиту, може знижуватися. І навпаки, за нестачі тироксину, знижується фі-

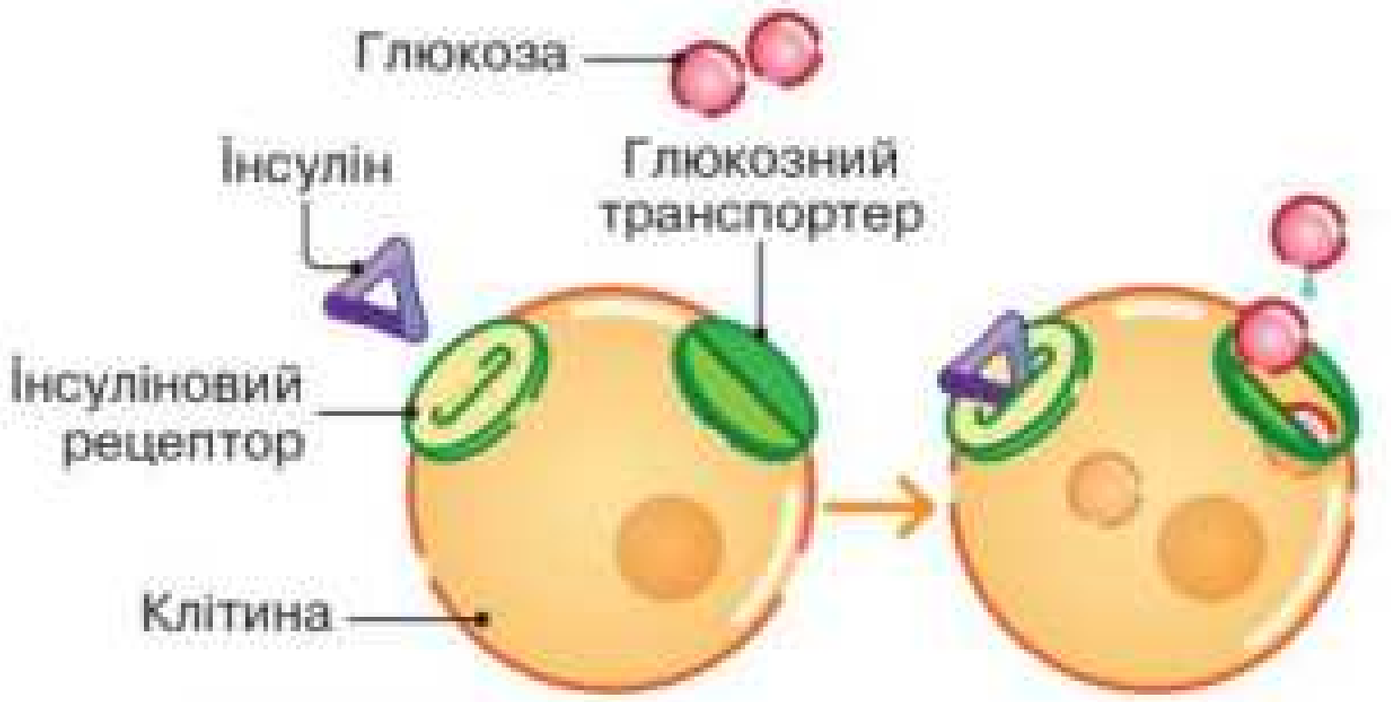
зична працездатність, мотивація до активної діяльності, збільшується маса тіла за низького апетиту.

Також щитоподібна залоза виробляє гормон кальцитонін, що знижує рівень йонів Кальцію у крові, але сприяє відкладанню солей Кальцію у кістках. На противагу цьому гормону паращитоподібна залоза виділяє паратгормон, що має протилежну дію - підвищує рівень йонів Кальцію в крові, але виводить Кальцій із кісток. Ця залоза складається з чотирьох часток, що розміщені на поверхні щитоподібної.



Мал. 11.1. Епіфіз

Підшлункова залоза є залозою змішаної секреції. Вона виробляє важливий для травлення підшлунковий сік і гормони інсулін та глюкагон. Інсулін вивільняється у відповідь на підвищення вмісту глюкози в крові. Коли молекули інсуліну досягають клітин печінки, скелетних м'язів, жирової тканини, вони діють на рецептори клітин, після чого посилено поглинають глюкозу з крові (мал. 11.2). А коли рівень глюкози низький, вивільняється глюкагон, що діє на ті самі клітини протилежним чином, посилюючи розкладання глікогену і надходження глюкози у кров.



Мал. 11.2. Механізм дії гормону інсуліну

Надниркові залози, розташовані на верхньому полюсі нирок. Фактично кожен із двох надниркників є об'єднанням двох залоз. Вони складаються з кори й мозкового шару, які у процесі розвитку організму утворюються з різних зачатків. Кожна із цих структур утворює власні гормони. Кора надниркових залоз синтезує кортикостероїди (кортизол, альдостерон), а мозковий шар - адреналін і норадреналін. Гормони надниркників важливі у регуляції стресових реакцій.

Залозами змішаної секреції є яєчники і сім'яники. Вони утворюють статеві клітини і статеві гормони, що регулюють розвиток вторинних статевих ознак і деякі фізіологічні процеси (наприклад, менструальний цикл).

Виконай в Е-ДОДАТКУ *завдання 11.1.*

Ендокринні залози і деякі гормони, які вони виробляють

Залоза	Гормон залози	Дія гормону
Гіпофіз	Соматотропний гормон	Стимуляція синтезу білків і процесів росту організму
	Тропні гормони	Стимуляція синтезу гормонів інших залоз
	Вазопресин	Посилення зворотного всмоктування води нирками
Щитоподібна залоза	Тироксин і трийодтиронін	Прискорення реакцій обміну, регуляція процесів росту і розвитку
	Кальцитонін	Стимуляція зниження вмісту йонів Кальцію у крові
Паращитоподібна залоза	Паратгормон	Стимуляція підвищення вмісту йонів Кальцію у крові
Епіфіз	Мелатонін	Регуляція режиму сну, процесів росту і статевого дозрівання
Підшлункова залоза	Інсулін	Зниження рівня глюкози в крові
	Глюкагон	Підвищення рівня глюкози в крові
Кора надниркових залоз	Кортизол	Регуляція обміну речовин, адаптація організму до стресу
	Альдостерон	Затримка йонів Натрію (нирками)
Мозковий шар надниркових залоз	Адреналін	Підвищення частоти серцевих скорочень і рівня глюкози в крові
	Норадреналін	Підвищення артеріального тиску, звуження дрібних артерій
Сім'яники (яєчка)	Тестостерон	Розвиток вторинних статевих ознак, регуляція утворення сперматозоїдів
Яєчники	Естрогени	Розвиток вторинних статевих ознак, регуляція менструального циклу

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Один із найвідоміших нейрогормонів — дофамін. Ця речовина також відіграє роль нейромедіатора (забезпечує передавання сигналу між нейронами в синапсах). У мозку тварин (і людини також) він передає емоційну реакцію мотивації та задоволення. Також він бере участь у контролі рухів та вивільненні гормонів, у процесах навчання, пам'яті та уважності. Є одним з компонентів біохімічного механізму закоханості.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Залозами ендокринної системи, які синтезують гормони, є залози внутрішньої і змішаної секреції. До складу залоз внутрішньої секреції відносять гіпофіз, епіфіз, щитоподібна залоза, прищитоподібні залози, надниркові залози. Залозами змішаної секреції є підшлункова й статеві залози (яєчники і сім'яники). Кожна із цих залоз виробляє гормони, які й визначають її функції в організмі. Так, гіпофіз виробляє соматотропний, адренокортикотропний та інші гормони, підшлункова залоза — інсулін і глюкагон, щитоподібна залоза — тироксин, епіфіз — мелатонін тощо.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

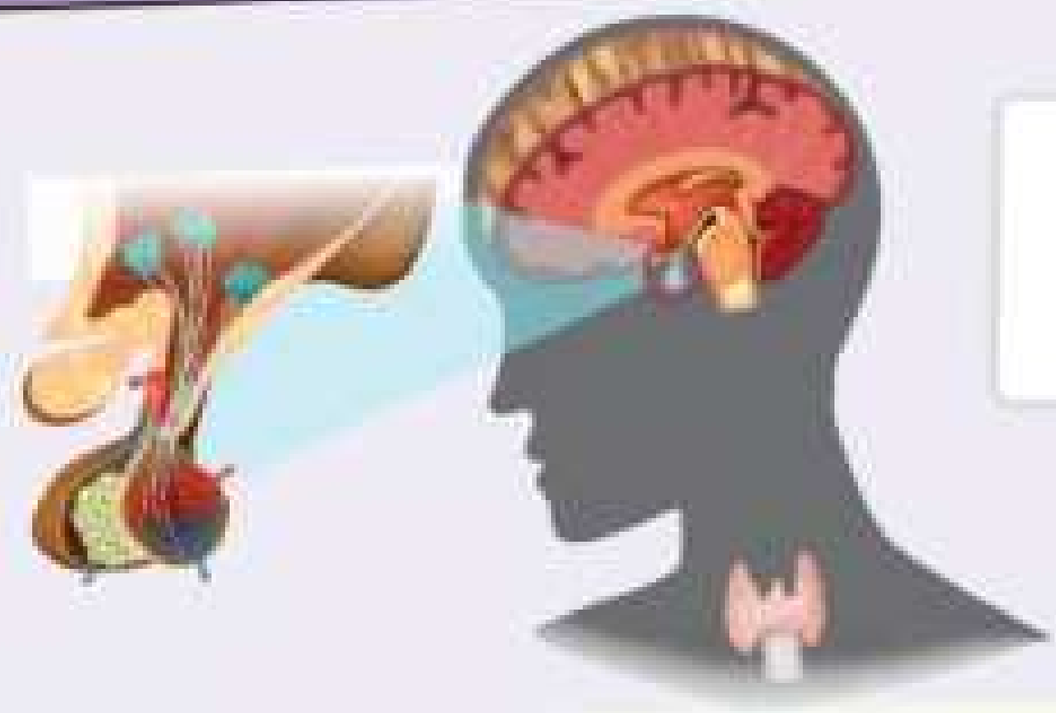
1. Яку залозу називають біологічним годинником? Який гормон вона виділяє? Зобрази графічно добову динаміку рівня цього гормону.
2. Які функції виконує щитоподібна залоза?
3. Наведи приклади гормонів, що мають протилежну дію. Які показники в організмі вони регулюють?
4. Установлено, що тестостерон синтезується як в організмі чоловіків, так і жінок. Навіщо цей гормон потрібний у жіночому організмі?
5. Порівняй механізм дії інсуліну і глюкагону. За яких умов вони секретуються?
6. Визнач, які гормони регулюють обмін мінеральних речовин і води (скористайся таблицею у параграфі).

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§12 Гіпоталамо-гіпофізарна система. Захворювання нервової та ендокринної систем і їх профілактика

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



І нервова, і ендокринна системи регулюють процеси в організмі людини. Чи є серед них головна?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Поліомієліт є важким захворюванням нервової системи. У середині XX століття це захворювання набуло характеру національного лиха в багатьох країнах. Проте із 60-х років XX століття кількість випадків захворювання різко скоротилася. Чому? І чи можлива епідемія поліомієліту зараз?

2 Для нормальної життєдіяльності людського організму потрібно, щоб ендокринні залози працювали в оптимальному режимі. На прикладі щитоподібної залози спрогнозуй, до яких наслідків може призвести робота цієї залози у дуже сильному (гіперфункція) або слабкому (гіпофункція) режимі.

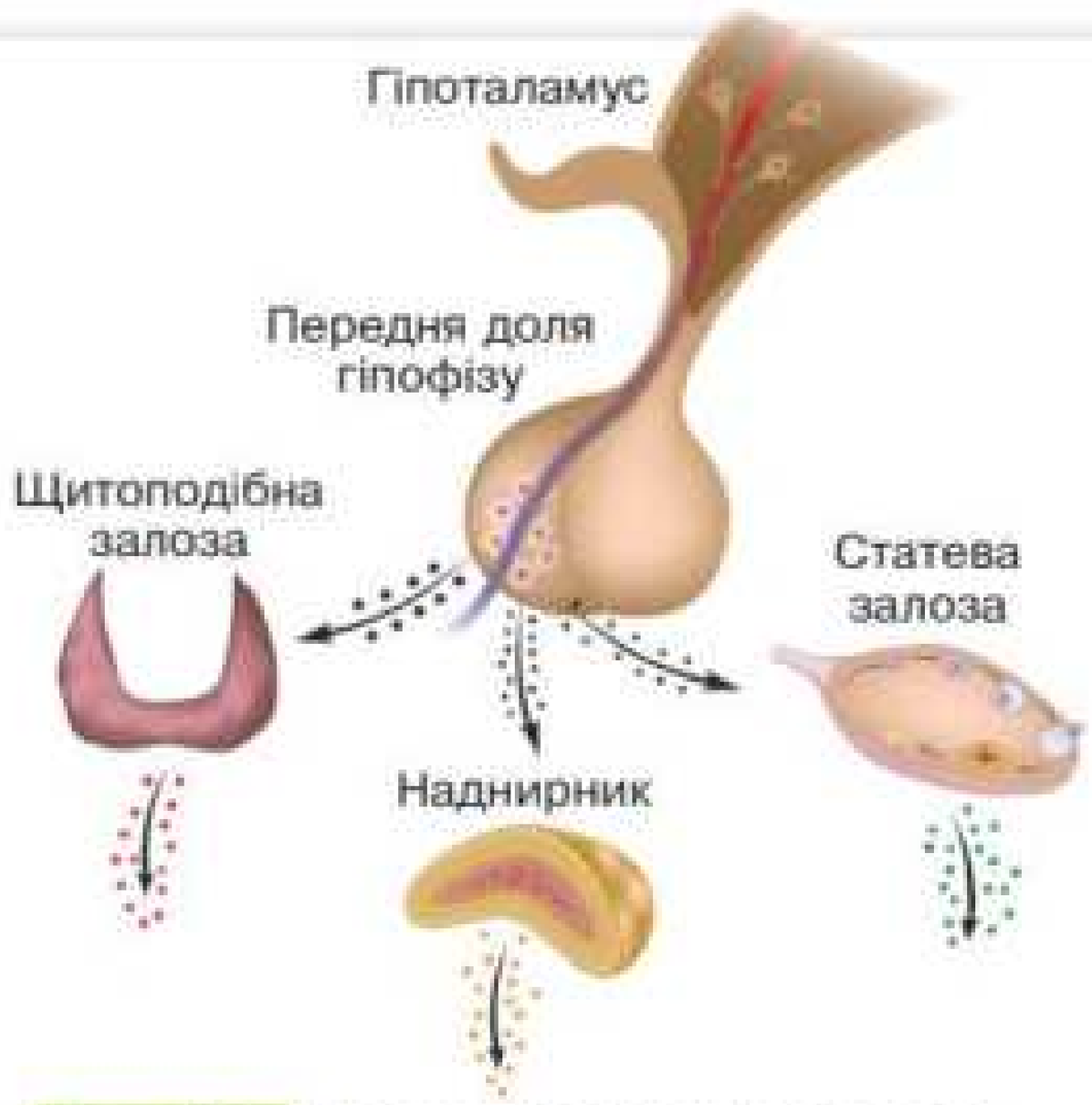
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Нервова й ендокринна системи здійснюють регуляцію функцій організму людини. Така регуляція може бути ефективною лише за умови узгодженої дії цих систем. Зв'язок між нервовою і ендокринною системами організму з узгодженням їх роботи здійснюється гіпоталамо-гіпофізарною системою. Ця система міститься в мозку людини і складається із двох основних компонентів — гіпоталамусу, який є однією з частин проміжного мозку, та гіпофізу — невеликої (до 0,6 г) залози, прикріпленої до гіпоталамусу знизу.

Гіпоталамус є центром автономної нервової системи. Він отримує інформацію від інших частин мозку, обробляє її і регулює роботу багатьох

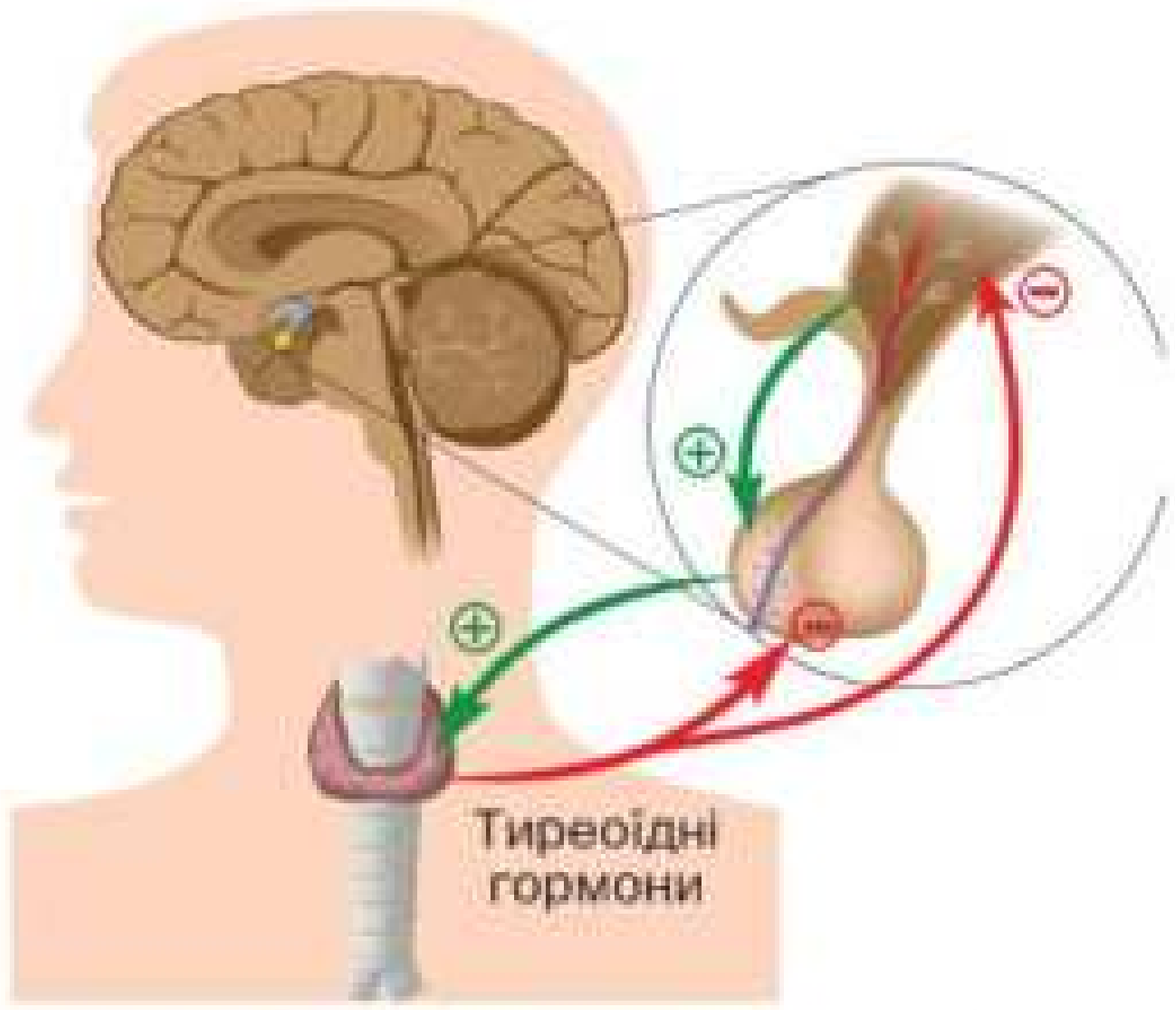
внутрішніх органів. У відповідь на певні зміни він виробляє нейрогормони, які регулюють роботу гіпофізу. Гіпофіз виробляє гормони, які регулюють роботу інших залоз (мал. 12.1).

Нейрогормони гіпоталамусу виробляються спеціальними нейросекреторними клітинами. Частина цих гормонів регулює (пригнічує або стимулює) вироблення гормонів передньою часткою гіпофізу, як-от адренокортикотропний, соматотропний, тиреотропний гормони. А такі гормони, як окситоцин і вазопресин, накопичуються в задній частці гіпофізу, звідки виділяються у кров уже гіпофізом.



Мал. 12.1. Регуляція гіпофізом роботи інших залоз ендокринної системи

У регуляції роботи ендокринних залоз часто використовується принцип негативного зворотного зв'язку. Він полягає у тому, що сигнал на підсилення роботи певного органа знижується під впливом речовин, які виробляє цей орган. Наприклад, тиреотропний гормон підсилює вироблення тиреоїдних гормонів щитоподібною залозою. А тиреоїдні гормони знижують вироблення тиреотропного гормону (мал. 12.2). Цей принцип дає змогу ефективно підтримувати стабільну концентрацію потрібних гормонів в організмі.



Мал. 12.2. Негативний зворотний зв'язок на прикладі регуляції роботи щитоподібної залози

Робота нервової і ендокринної систем є надзвичайно важливою для життєдіяльності організму людини. Її порушення можуть ставати причиною різноманітних захворювань, наприклад інфекцій, порушень обміну речовин і навіть травм. У деяких випадках розвиток таких захворювань може бути зумовлений спадковістю.

Деякі захворювання нервової системи	
Захворювання	**Ознаки і причини захворювання**
Поліомієліт	Ураження клітин центральної нервової системи (переважно спинного мозку), що може супроводжуватися паралічем або призвести до смерті. Причиною є ураження вірусом поліомієліту
Менінгіт	Запалення мозкових оболонок, яке супроводжується високою температурою і головним болем. Основна причина — потрапляння у мозок інфекції (віруси, бактерії, гриби тощо)
Неврити	Ураження нервів периферичної нервової системи унаслідок інфекції (оперізуючий герпес, хвороба Лайма тощо) або фізичних травм
Хвороба Альцгеймера	Порушення процесів пам'яті, абстрактного мислення, мовлення як наслідок ураження клітин мозку

Деякі захворювання ендокринної системи	
Захворювання	**Ознаки і причини захворювання**
Цукровий діабет	Недостатнє вироблення інсуліну або нездатність клітин сприймати його сигнали. Виникає унаслідок гіпофункції підшлункової залози з вироблення інсуліну або проблем у взаємодії молекул інсуліну й клітин організму
Гігантизм і акромегалія	Надмірний ріст усього тіла або окремих його частин у результаті гіперфункції гіпофізу
Карликовість	Недостатній ріст внаслідок зниженої секреції соматотропіну гіпофізом
Базедова хвороба	Підвищення рівня обміну речовин в організмі унаслідок гіперфункції щитоподібної залози. Іноді супроводжується утворенням зобу — розростанням тканин цієї залози
Мікседема	Уповільнення процесів обміну речовин унаслідок гіпофункції щитоподібної залози
Аддісонова хвороба	Виникає унаслідок гіпофункції кори надниркових залоз. Супроводжується слабкістю, схудненням, зниженням артеріального тиску і порушенням водно-сольового обміну

Виконай в **е-ДОДАТКУ** *завдання 12.1.*

Захворювання ендокринних залоз можуть бути зумовлені як недостатнім (гіпофункція), так і надмірним (гіперфункція) виробленням гормонів цих залоз. Порушення функціонування нервової та ендокринної системи можуть бути пов'язані з реакціями на стрес. Саме гіпоталамо-гіпофізарна система і надниркики є головними регуляторами стресових реакцій. Переглянь відео в е-додатку і виконай завдання 12.1.

Профілактика захворювань нервової й ендокринної систем полягає у запобіганні проникненню інфекції в організм і створенні ефективного імунного захисту. Дуже помічними у профілактиці є щеплення і здоровий спосіб життя, що поліпшує стан імунної системи, врівноважує роботу ендокринних залоз і мінімізує можливості для травмування.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Зв'язок між нервовою і ендокринною системами організму з узгодженням їх роботи здійснюється гіпоталамо-гіпофізарною системою. Ця система міститься в мозку людини і складається з двох основних компонентів — гіпоталамусу й гіпофізу. Гіпоталамус отримує сигнали від інших частин мозку й обробляє їх. Потім він виробляє нейрогормони, які надходять до гіпофізу. А гіпофіз виробляє гормони, які регулюють роботу інших залоз ендокринної системи. До захворювань нервової системи належать енцефаліт, менінгіт, неврити, хвороба Альцгеймера тощо. Захворюваннями ендокринної системи є діабет, Базедова хвороба, хвороба Аддісона тощо.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Наведи кілька прикладів захворювань ендокринної системи.
2. Які причини можуть призвести до менінгіту?
3. Як взаємодіють гіпоталамус і гіпофіз у процесі роботи гіпоталамо-гіпофізарної системи?
4. Намалюй схему регуляції роботи однієї з ендокринних залоз гіпоталамо-гіпофізарної системи.
5. Порівняй наслідки гіперфункції і гіпофункції щитоподібної залози.
6. Склади перелік заходів профілактики захворювань залоз ендокринної системи.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

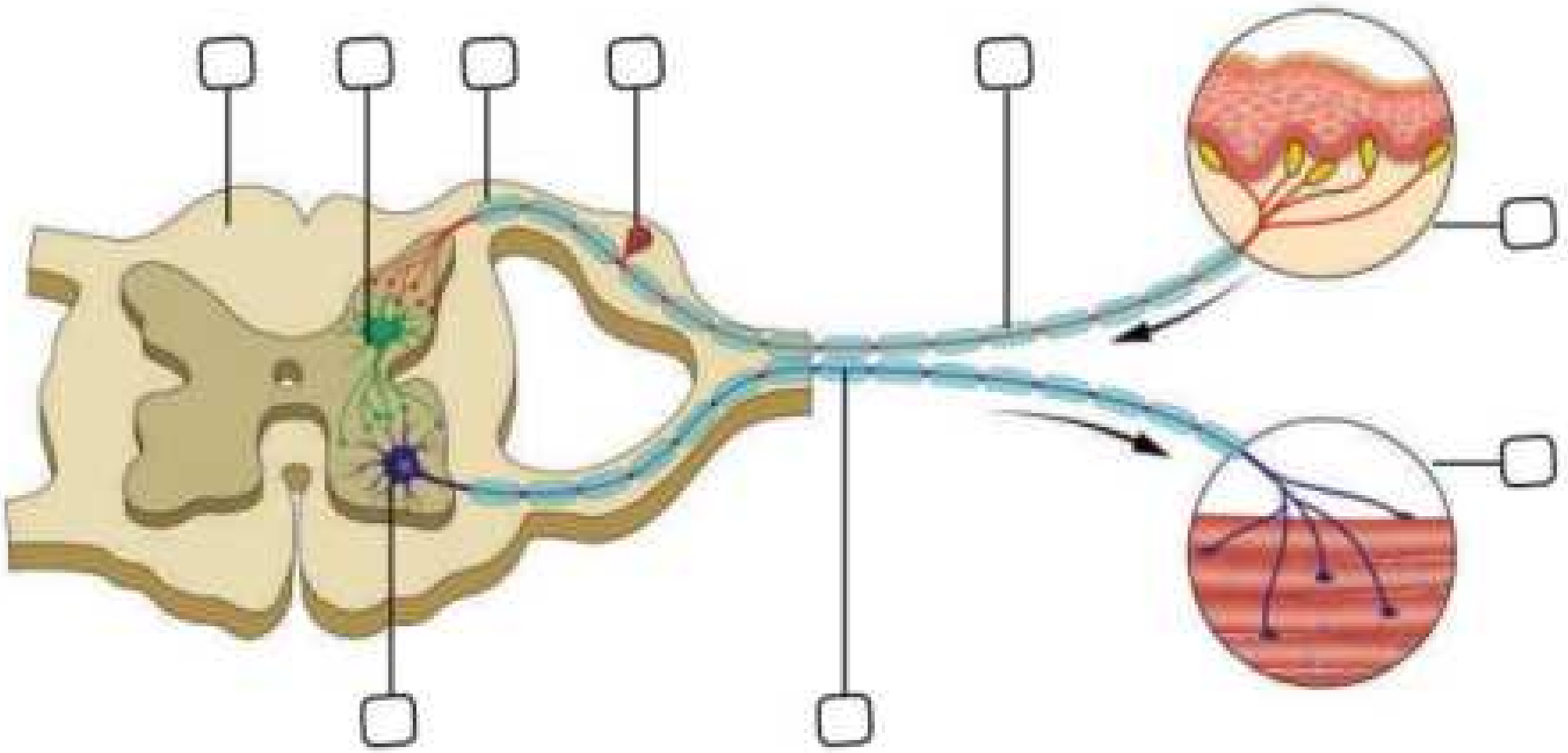
ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проходження сигналів регуляторних систем в організмі

Відтвори послідовність передачі сигналів нервовою системою у випадку, коли людина торкнулася гарячого предмета. Для цього послідовно розташуй номери структур зі списку, по яких сигнали проходили. Послідовність розпочинається з моменту доторкання до гарячого предмета

Перелік структур

1. Відросток рухового нейрона, по якому сигнал проходить від тіла нейрона.
2. Відросток чутливого нейрона, по якому сигнал проходить від тіла нейрона.
3. Відросток чутливого нейрона, по якому сигнал проходить до тіла нейрона.
4. М'яз.
5. Спинний мозок.
6. Терморецептор.
7. Тіло вставного нейрона.
8. Тіло рухового нейрона.
9. Тіло чутливого нейрона.



3 ОПОРНО-РУХОВИЙ АПАРАТ



§13 Будова та функції опорно-рухового апарату. Хрящі. Кістки і типи їх з'єднання

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Скелети людини, які науковці знаходять під час розкопок, можуть багато чого розповісти про життя людей у давні часи. Археологи, наприклад, можуть визначити, ким була людина (воїном, гончарем тощо) і чи носила важкі тягарі. Як про це можна дізнатися, досліджуючи кістки?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 В організмі людини є три типи хрящової тканини. Навіщо людям потрібно кілька видів хрящів?

2 У процесі розвитку людини розмір кісток скелета зростає (мал. 13.1). Як саме ростуть кістки?



Мал. 13.1. Процес росту кістки

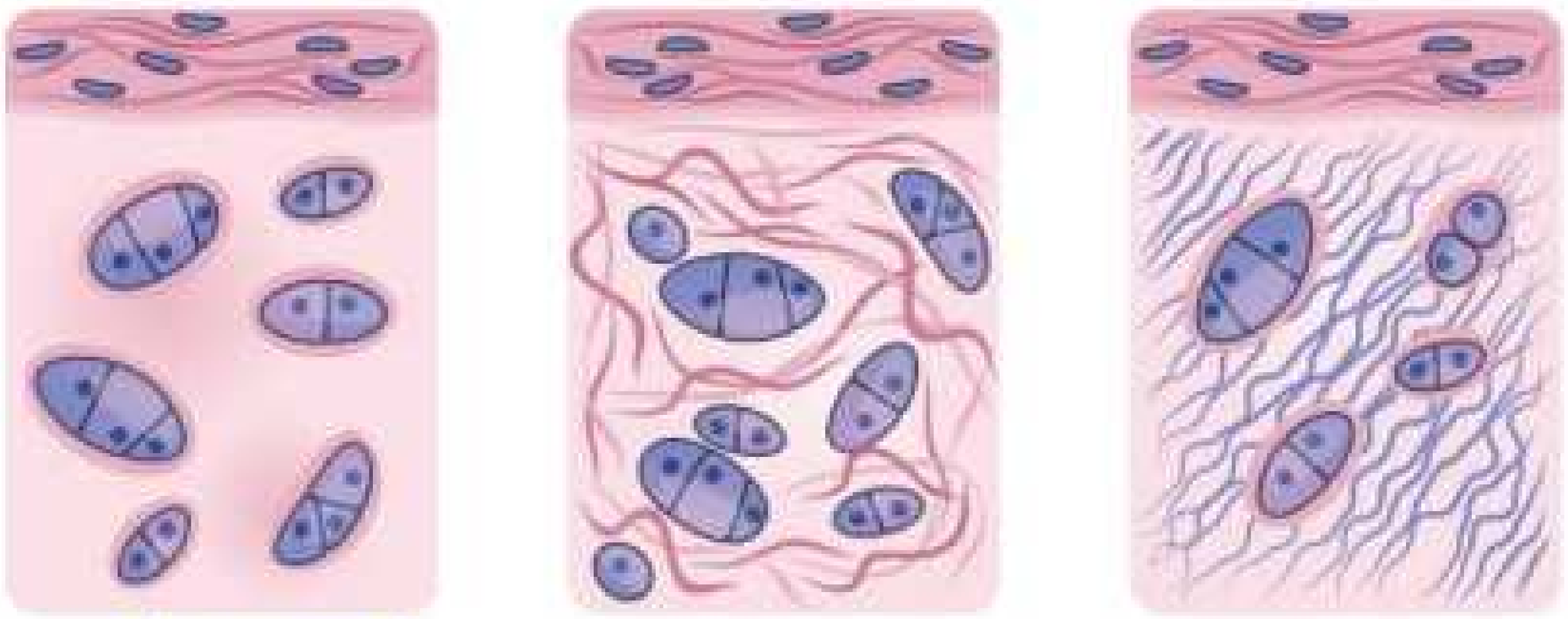
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

До складу опорно-рухової системи людини входять скелет, який є її опорною частиною, і м'язи, що забезпечують рухи. Крім кісткових структур, важливу роль у скелеті виконують хрящові компоненти (мал. 13.2). Хрящова тканина створена пружною міжклітинною речовиною — хондрином, яка містить волокна, утворені



Мал. 13.2. Кісткові та хрящові компоненти скелету

білком, колагеном або еластином. У цю речовину занурені клітини — хондроцити. Хрящова тканина не містить кровоносних судин: живлення хрящів відбувається завдяки охрястю — сполучнотканинної оболонки хряща, що містить кровоносні судини. Із хрящової тканини формуються три типи хрящів: гіаліновий (суглобові поверхні), волокнистий (міжхребцеві диски) й еластичний (утворює основу вушної раковини, хрящів носа тощо). Ці хрящі відрізняються своєю структурою (мал. 13.3), яка забезпечує успішне виконання їх функцій.



Мал. 13.3. Різні типи хрящів в організмі людини

Кісткова тканина, як і хрящова, утворена клітинами (остеоцитами), що занурені в міжклітинну речовину. Ця міжклітинна речовина складається переважно з неорганічних речовин (близько 70 %), які забезпечують її міцність. Органічна речовина (близько 30 %) у кістковій тканині представлена переважно колагеновими волокнами.

Усі кістки людини утворені двома типами речовини: компактною (з пластинок, які утворюють концентричні структури — остеони) і губчастою (з пластинок, які утворюють складні структури — трабекули). Залежно від функцій кісток співвідношення цих двох типів речовини буває різним.

На прикладі стегнової кістки (мал. 13.4 на с. 62) можна побачити особливості будови кісток. Компактна речовина формує зовнішні шари кістки, а губчаста розташована під нею. Усередині стегнової кістки є порожнина, у якій міститься жовтий кістковий мозок (складається переважно із жирової тканини). У речовині кістки проходять кровоносні судини і нерви, які забезпечують її функціонування. Таку будову має середня частина кістки — діафіз. Кінцеві ділянки кістки (епіфізи) утворені губчастою речовиною, яка містить червоний кістковий мозок.

Зовні кістка вкрита окістям — сполучнотканинною оболонкою, збагаченою кровоносними й лімфатичними судинами і нервами. Окістя забезпечує ріст кістки в товщину. Ріст у довжину відбувається за



Мал. 13.4. Будова стегнової кістки

рахунок хрящових прошарків (у стегновій кістці вони розташовані між діафізом і епіфізами).

Пластинки в тканині кістки розташовані узгоджено. Вони утворюють просторову структуру, яка найбільш ефективно сприймає навантаження, що припадають на кістку. Розташування пластинок може змінюватися. Старі пластинки руйнуються (цим займаються спеціальні клітини — остеокласти), а нові утворюються. Таким чином, кістка (виступи і западини на її поверхні) пристосовується до конкретних навантажень. Відповідно, можна встановити рід діяльності людини під час вивчення її скелета. Оскільки навантаження на кістки в гончарів, воїнів чи вантажників різні, то будова скелета це добре демонструє.

Залежно від особливостей будови розрізняють кілька типів кісток: трубчасті (стегнова, плечова тощо), короткі (кістки зап'ястка, стопи тощо), пласкі (грудина, ребра тощо), змішані (хребці, нижня щелепа тощо).

Кістки скелета з'єднуються між собою різними способами. Розрізняють три типи з'єднання кісток: нерухоме, напіврухоме і рухоме. Традиційно нерухомі з'єднання називають швами, а напіврухомі й рухомі — суглобами.

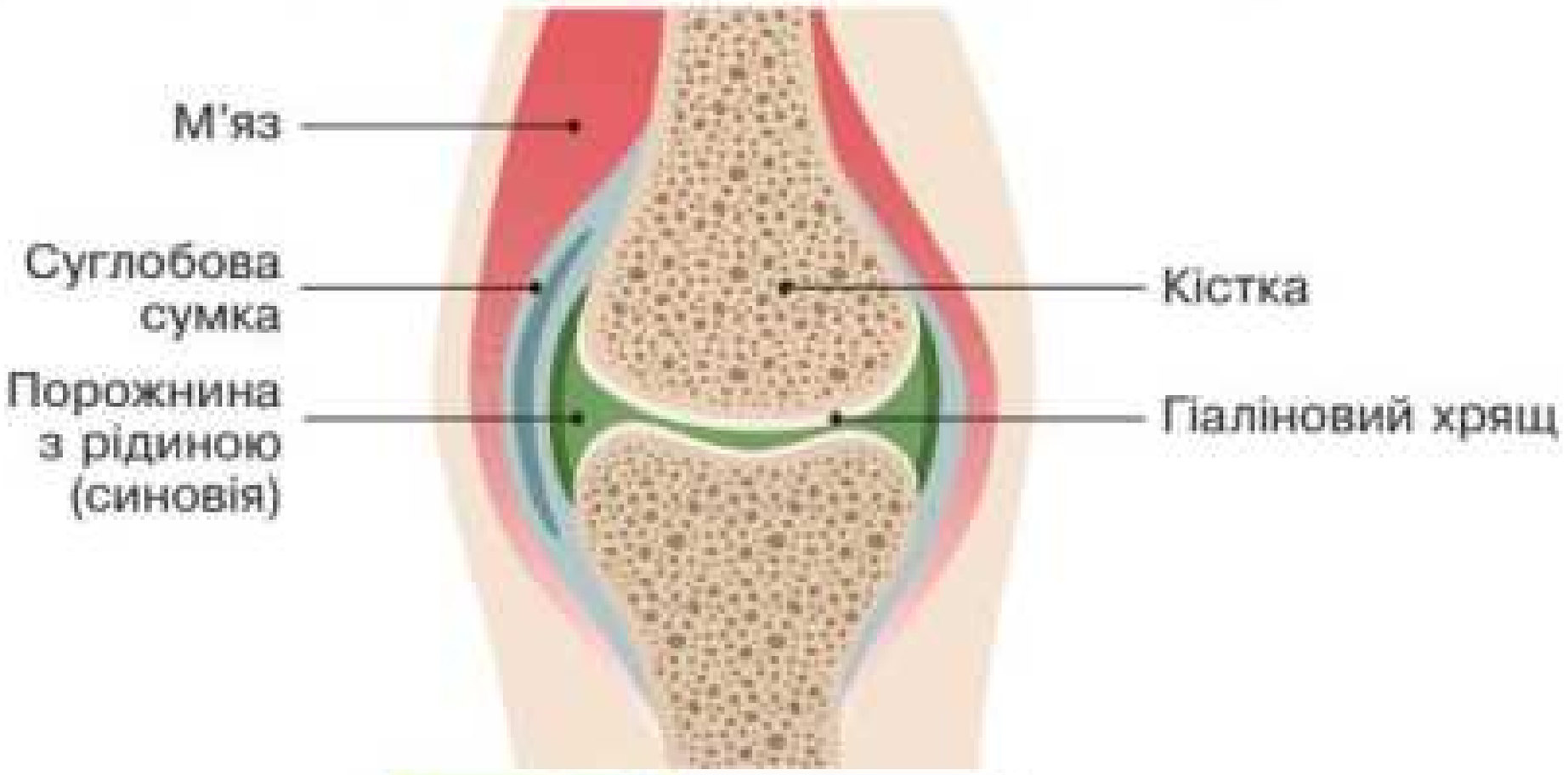
Переглянь в **е-ДОДАТКУ** *відео, яке демонструє роботу суглобів в організмі людини (завдання 13.1).*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

До складу опорно-рухової системи людини входять скелет і м'язи. Скелет утворений хрящами й кістками. Кістки мають складну будову і можуть пристосовуватися до навантажень, що діють на організм. Розрізняють кілька типів кісток: трубчасті, короткі, пласкі, змішані. Кістки з'єднуються між собою нерухомо, напіврухомо і рухомо, утворюючи суглоби.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які складові утворюють опорно-рухову систему людини? Які основні і додаткові функції вони виконують?
2. Порівняй хрящі й кістки.
3. Знайди в додаткових джерелах інформацію про сесамоподібні кістки і поясни, навіщо вони потрібні в організмі людини.
4. Розглянь будову суглоба (мал. 13.5). Яку функцію в суглобі виконують гіалінові хрящі? Поміркуй, які наслідки можуть мати ушкодження цих хрящів і суглобової сумки для роботи суглоба.



Мал. 13.5. Будова суглоба

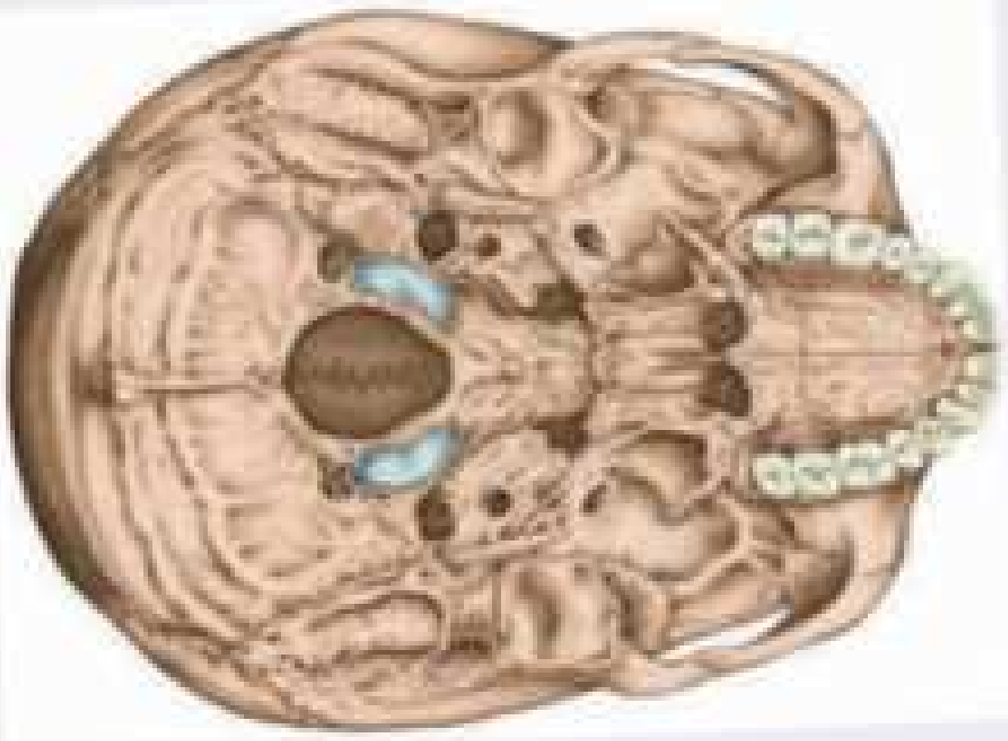
5. Поясни, як відбувається ріст кістки в довжину і в товщину.
6. У людини існує кілька різних типів суглобів. Вислови й обґрунтуй припущення, чому не можна обійтися одним типом суглобів.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§14 Будова скелета та його функції

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Потиличний отвір на черепі людини розташований внизу. А от на черепі інших ссавців (наприклад, собаки) він розташований ззаду. Чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Хребці різних частин хребта людини відрізняються між собою будовою (мал. 14.1). У чому виявляються ці відмінності? Із чим вони можуть бути пов'язані?

2 Кістки черепа дорослої людини (мал. 14.2) з'єднуються за допомогою швів, у яких кістки щільно прилягають одна до одної. Натомість у новонародженої дитини кістки черепа прилягають не щільно. Із чим це може бути пов'язано?



Мал. 14.1. Будова хребців людини



Мал. 14.2. Кістки черепа новонародженого

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Скелет людини має кілька відділів, кожен з яких виконує свої функції. Відповідно, будова кісток кожного з відділів пристосована до виконання конкретних функцій. До основних відділів скелета людини належать: скелет голови, скелет тулуба, скелет верхніх кінцівок і скелет нижніх кінцівок.

Основними функціями скелета голови є захист головного мозку й органів чуття, забезпечення опори для роботи м'язів голови. Більшість кісток, які входять до його складу, є плоскими або змішаними.

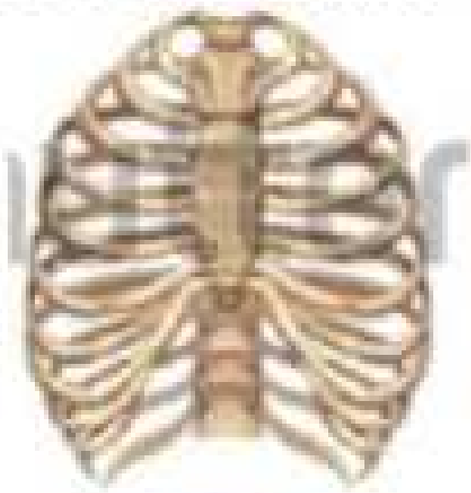
У скелеті голови (мал. 14.3) виокремлюють мозковий і лицьовий відділи черепа. Єдиною великою рухомою кісткою в скелеті голови є нижня щелепа, яка забезпечує процеси жування і мовлення. Обмежені рухи властиві також слуховим кісточкам, які входять до складу середнього вуха.



Мал. 14.3. Кістки черепа

До складу мозкового черепа входять лобова, потилична, скроневі, тім'яні та інші кістки. Лицевий череп складається з верхньощелепних, виличних, носових кісток тощо.

Вертикальне положення тіла матері ускладнює процес народження дитини, оскільки вона виходить назовні через досить вузький таз. Особливо велику проблему це становить для черепа. Томv черен новонародженого має певні особливості. Його кістки не щільно прилягають одна до одної і зберігають можливість певних деформацій, щоб полегшити процес народження дитини.



Функціями скелета тулуба є захист внутрішніх органів грудної клітки (серця, легень) та спинного мозку, який міститься всередині хребта. До складу скелета тулуба входять плоскі і змішані кістки.

Скелет тулуба складається з грудної клітки і хребта (мал. 14.4). Ребра з грудиною з'єднані напіврухомо, що забезпечує одночасно надійний захист і зміну об'єму грудної клітки під час вдиху і видиху.



Мал. 14.4. Скелет тулуба

Грудну клітку утворюють грудина, ребра і хребці грудного відділу хребта. Крім грудного відділу, до складу хребта входять шийний, поперековий і крижовий відділи, а також куприк (залишок хвоста наших предків). Вертикальне розміщення хребта створює ситуацію, коли на нижні хребці припадає значно більше навантажень, ніж на верхні. Саме тому будова хребців у різних частинах хребта дещо відрізняється. Нижні хребці є більш масивними й мають більшу площу опори для витримування більшого навантаження.

Скелет верхніх кінцівок (мал. 14.5) забезпечує рухливість рук. Він складається з плечового пояса та вільних верхніх кінцівок. Плечовий пояс утворений плоскими кістками — лопаткою і ключицею. Вільні верхні кінцівки поділяються на три відділи — плече (плечова кістка), передпліччя (ліктьова та променева кістки) і кисть (зап'ясткові і п'ясткові кістки та фаланги пальців).

Скелет нижніх кінцівок (мал. 14.6) забезпечує рухливість ніг. Він складається з тазового пояса (утворений плоскими кістками таза) і вільних нижніх кінцівок. Вільні нижні кінцівки, як і верхні, складаються з трьох відділів — стегна (стегнова кістка), гомілки (великогомілкова і малогомілкова кістки) та стопи (заплесно, плесно). Скелет вільних верхніх і нижніх кінцівок утворений трубчастими та короткими кістками.



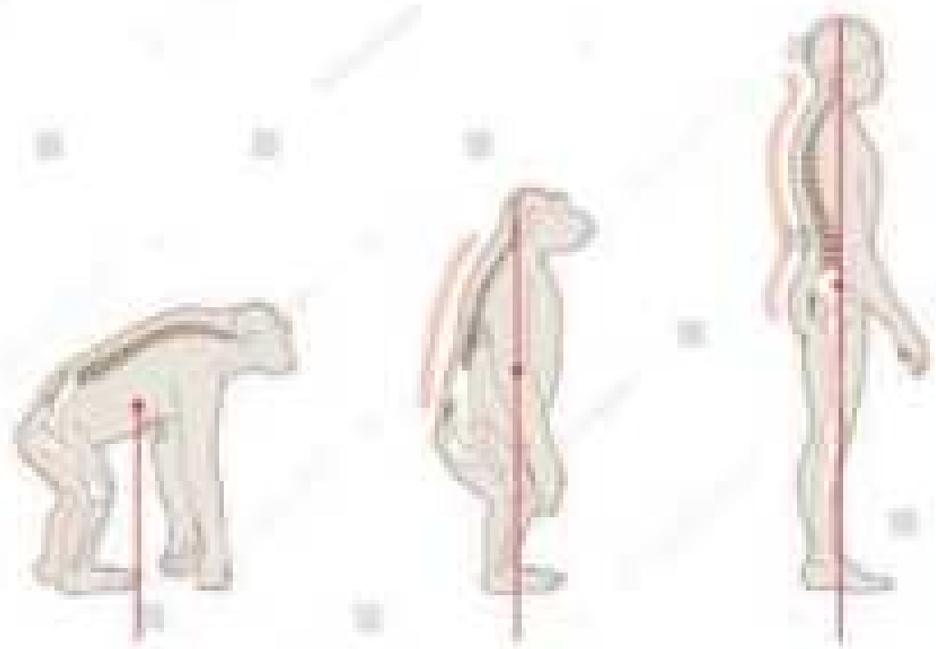
Мал. 14.5. Скелет верхніх кінцівок



Мал. 14.6. Скелет нижніх кінцівок

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

На будові скелета суттєво позначився перехід предків людини до прямоходіння в період від 7 до 4 млн років тому. Результатом такого переходу стало, наприклад, переміщення потиличного отвору із задньої частини черепа на нижню. Так вдалося забезпечити можливість дивитися вперед під час вертикального положення тіла.



Наслідками прямоходіння стали S-подібна форма хребта, чашоподібна форма таза й аркоподібна форма кісточок стопи.

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 14.1.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Скелет людини складається з кількох відділів — скелета голови, скелета тулуба, скелета верхніх кінцівок і скелета нижніх кінцівок. Кожен із цих відділів виконує свої функції, а будова кісток пристосована до найбільш ефективного виконання цих функцій.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. На які відділи поділяється скелет людини?
2. До якого типу кісток належать лопатки і які функції вони виконують?
3. Порівняйте скелети вільних верхніх і вільних нижніх кінцівок.
4. Які особливості будови стегнової кістки дають змогу ефективно виконувати свої функції?
5. У новонародженої дитини кісток більше, ніж у дорослого. Із чим це може бути пов'язано?
6. Які переваги при прямоходінні дають S-подібна форма хребта та аркоподібна форма (склепіння) стопи?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§15 Будова та функції скелетних м'язів. Основні групи скелетних м'язів

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Однією з характерних ознак вимерлих родичів людини — парантропів — була наявність на черепі великих гребнів. Навіщо вони їм були потрібні?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Більшість м'язів людини кріпляться до кісток. Водночас є і такі, що вплітаються у шкіру. Де вони розташовані? Які функції виконують? Скористайся малюнком 15.1.

2 Найдовшим м'язом людського тіла є кравецький м'яз (мал. 15.2). До якої групи м'язів він належить і чому має таку велику довжину?



Мал. 15.1. М'язи обличчя людини



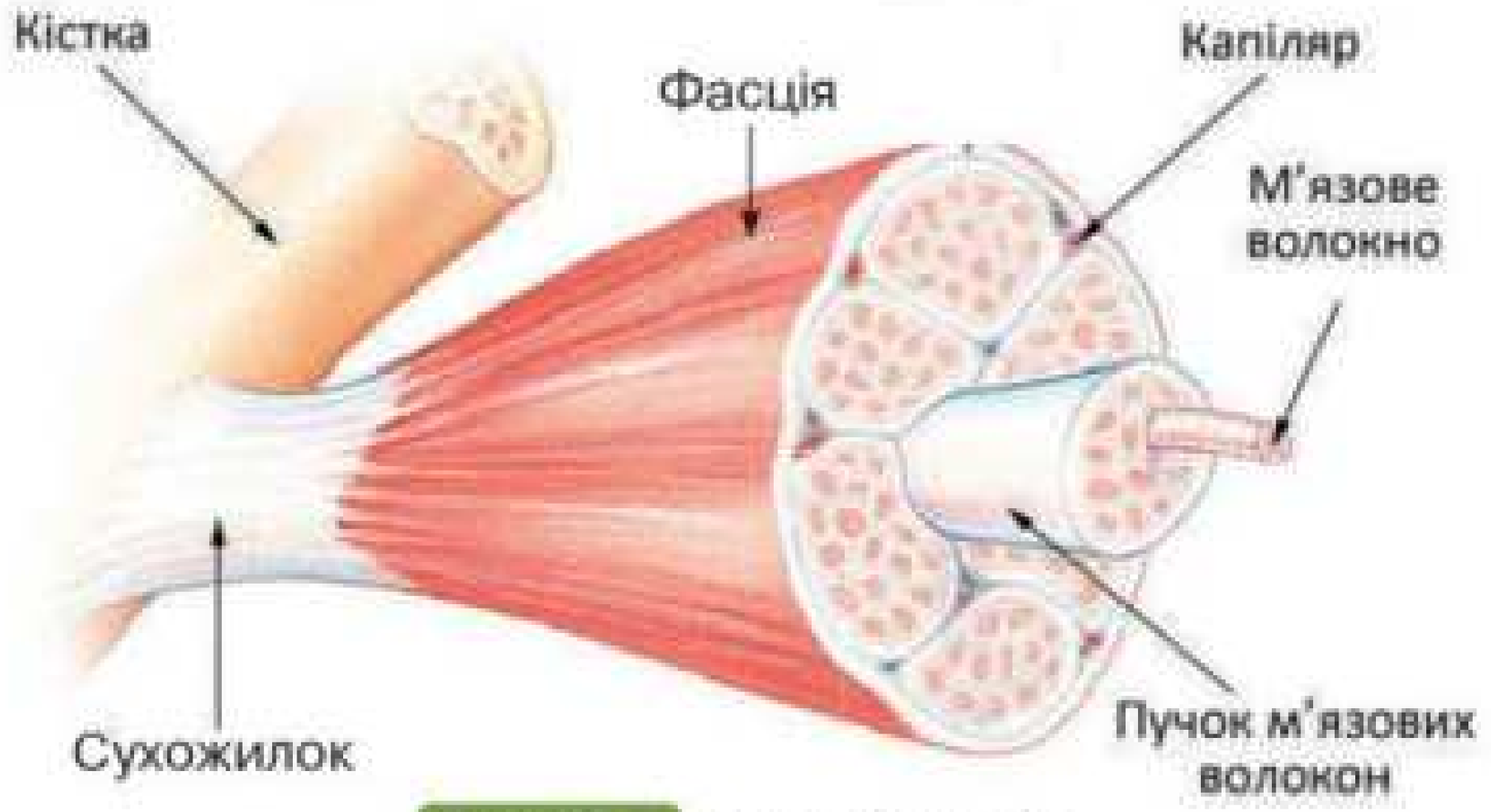
Мал. 15.2. Кравецький м'яз

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Більшість м'язів людини є скелетними, тобто такими, які прикріплюються до кісток. Інші — це м'язи внутрішніх органів, наприклад кишківника або матки. Скелетні м'язи утворені посмугованою м'язовою тканиною і складаються з великої кількості м'язових волокон (міоцитів), які об'єднуються в пучки за допомогою сполучної тканини.

Переглянь в **е-ДОДАТКУ** *відео, яке ілюструє особливості будови скелетних м'язів (завдання 15.1).*

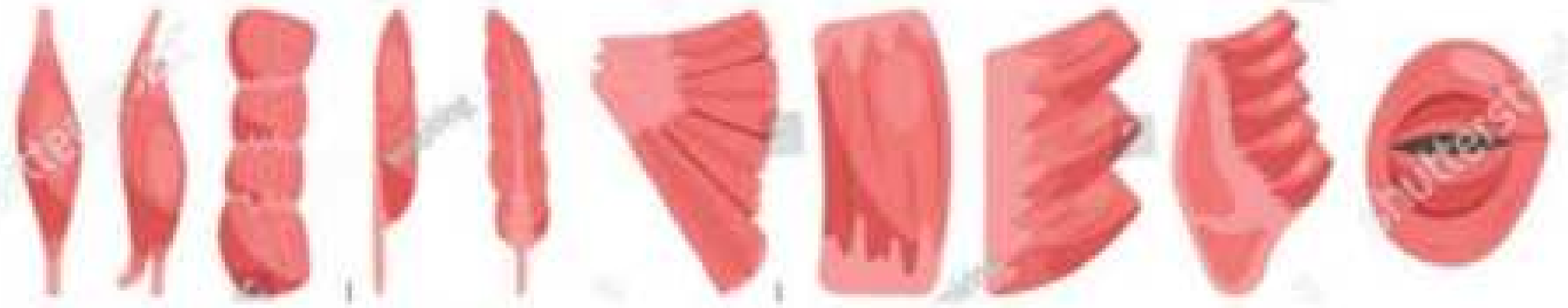
Сполучнотканинний покрив, який покриває м'яз, називають *фасцією*. На кінцях м'язів сполучнотканинні покриви можуть утворювати сухожилки — міцні тяжі з перерізом у вигляді овалу або кола (мал. 15.3). За допомогою сухожилків м'язи прикріплюються до кісток. Утім, прикріплення сполучною тканиною до кісток не завжди може відбуватися у вигляді сухожилка. У такому випадку воно має вигляд волокнистого сполучнотканинного розширення або пластинки. Основна частина м'язових пучків зосереджена в середній частині м'яза й утворює черевце м'яза. Кінцеві звужені ділянки м'яза, які забезпечують їх прикріплення, називають голівками м'яза. Окремі м'язи можуть мати кілька голівок, бо прикріплюються до кісток у кількох місцях.



Мал. 15.3. Будова м'яза

Сила м'язів залежить від кількості міофібрил у м'язі. Відповідно, сильніші м'язи матимуть об'ємніше черевце з більшою кількістю м'язових волокон. Проте для прикріплення такого великого м'яза потрібна більша площа поверхні. Тому на поверхні кісток можуть формуватися гребні, які збільшують площу прикріплення для м'язів. Це добре видно під час порівняння кількох споріднених видів. Якщо один з них має, наприклад, розвинений гребінь на кістках черепа (як викопні парантропи), то, ймовірно, це потрібно для сильної жувальної мускулатури (серед приматів це характерна риса для видів-вегетаріанців).

М'язи відрізняються за своєю формою і розміром (мал. 15.4). За формою виокремлюють *трикутні* (дельтоподібний м'яз), *квадратні* (квадратний м'яз стегна), *веретеноподібні* (трицепс), *стрічкоподібні* (прямий м'яз черепа), *колові* (коловий м'яз рота) м'язи. За розміром розрізняють *довгі* (литковий), *короткі* (міжреберні м'язи) та *широкі* (найширший м'яз спини) м'язи.



Мал. 15.4. Різноманітність форм скелетних м'язів

М'язи людського тіла поділяють на групи відповідно до частин тіла (як і кістки скелета): м'язи голови, м'язи тулуба, м'язи верхніх кінцівок і м'язи нижніх кінцівок (мал. 15.5).

М'язи голови поділяються на дві великі групи: *жувальні* та *мімічні*. Жувальні м'язи забезпечують пережовування їжі та беруть активну участь у процесі мовлення. Мімічні м'язи забезпечують міміку обличчя і також беруть участь у процесі мовлення. Їх характерною особливістю є те, що вони прикріплюються до шкіри обличчя, що примушує окремі ділянки шкіри рухатися в результаті їх скорочення.

М'язи тулуба забезпечують процес дихання, рухи тулуба й кінцівок. Ще одне завдання цих м'язів — утримання і захист внутрішніх органів. До м'язів тулуба належать м'язи грудної клітки, живота (вони утворюють прес) і спини. До складу цієї групи входить і діафрагма. Цей м'яз розташований усередині тіла, він забезпечує процес дихання.

М'язи верхніх кінцівок забезпечують рухливість верхніх кінцівок. До цієї групи належать такі м'язи, як біцепс (згинає руку), трицепс (розгинає руку), дельтоподібний м'яз, м'язи передпліччя і кисті тощо.

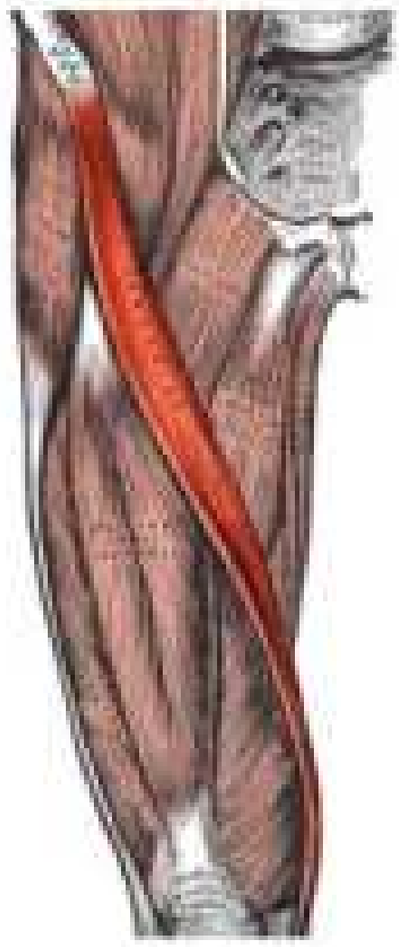
М'язи нижніх кінцівок забезпечують рухливість нижніх кінцівок. До цієї групи належать такі м'язи, як чотириголовий м'яз, кравецький м'яз, двоголовий м'яз стегна, литковий м'яз, м'язи стопи тощо.



Мал. 15.5. М'язи людини

М'язи розрізняють також за функціями. Наприклад, серед м'язів кінцівок виокремлюють *згиначі* (згинають кінцівку), *розгиначі* (розгинають кінцівку), *відвідні* (відводять кінцівку від тіла), *привідні* (приводять кінцівку до тіла, *м'язи-обертачі* (забезпечують обертання кінцівки навколо своєї осі). Прикладом м'яза-обертача є кравецький м'яз (мал. 15.6). Він допомагає обертати ногу в зовнішньому напрямку, що важливо для рухів, як-от сидіння «нога на ногу» або схрещення ніг.

Довжина кравецького м'яза пов'язана не тільки з його функцією обертання, а й з тим, що він бере участь у комплексних рухах стегна та коліна, що надає більшу свободу рухів.



Мал. 15.6. Кравецький м'яз

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Скелетні м'язи прикріплюються до кісток і забезпечують їх рух. Також вони беруть участь в утворенні міміки і процесі дихання. Ще одна функція скелетних м'язів — захист й утримання внутрішніх органів. Скелетні м'язи поділяються на групи відповідно до частин тіла: м'язи голови, м'язи тулуба, м'язи верхніх кінцівок і м'язи нижніх кінцівок.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

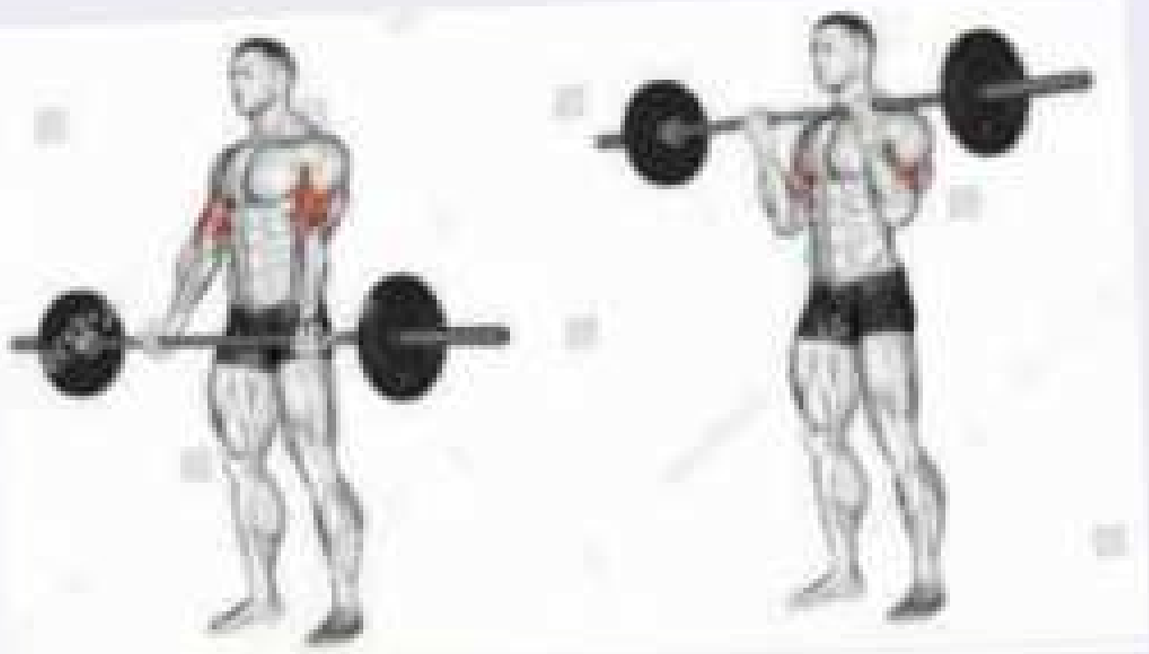
1. На які групи поділяються скелетні м'язи людини?
2. Які функції виконують м'язи тулуба?
3. Які характерні особливості будови мімічних м'язів? Навіщо вони потрібні людині?
4. Згинання руки у лікті здійснює біцепс, а розгинання — трицепс. А які м'язи згинають і розгинають ногу в коліні?
5. У деяких м'язів кількість голівок більше ніж дві, наприклад у чотириголового м'яза. Навіщо це потрібно?
6. Проведи спостереження за роботою м'язів. Виконай вправу «Ластівка». Проаналізуй, які м'язи скорочуються під час її виконання.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§16 Механізми скорочення й особливості роботи м'язів

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Коли людина своїми руками піднімає якийсь предмет (наприклад, штангу), то її м'язи скорочуються. У результаті цього м'язи втомлюються. Проте коли людина тримає той самий предмет нерухомо, то втому відчуває все одно. Чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Функцію згинання руки в людини виконує біцепс, а функцію розгинання — трицепс (мал. 16.1). Проте коли людина реально розгинає чи згинає свою руку, то другий м'яз зазвичай теж працює, але з меншою активністю. Чому?



Мал. 16.1. Біцепс і трицепс

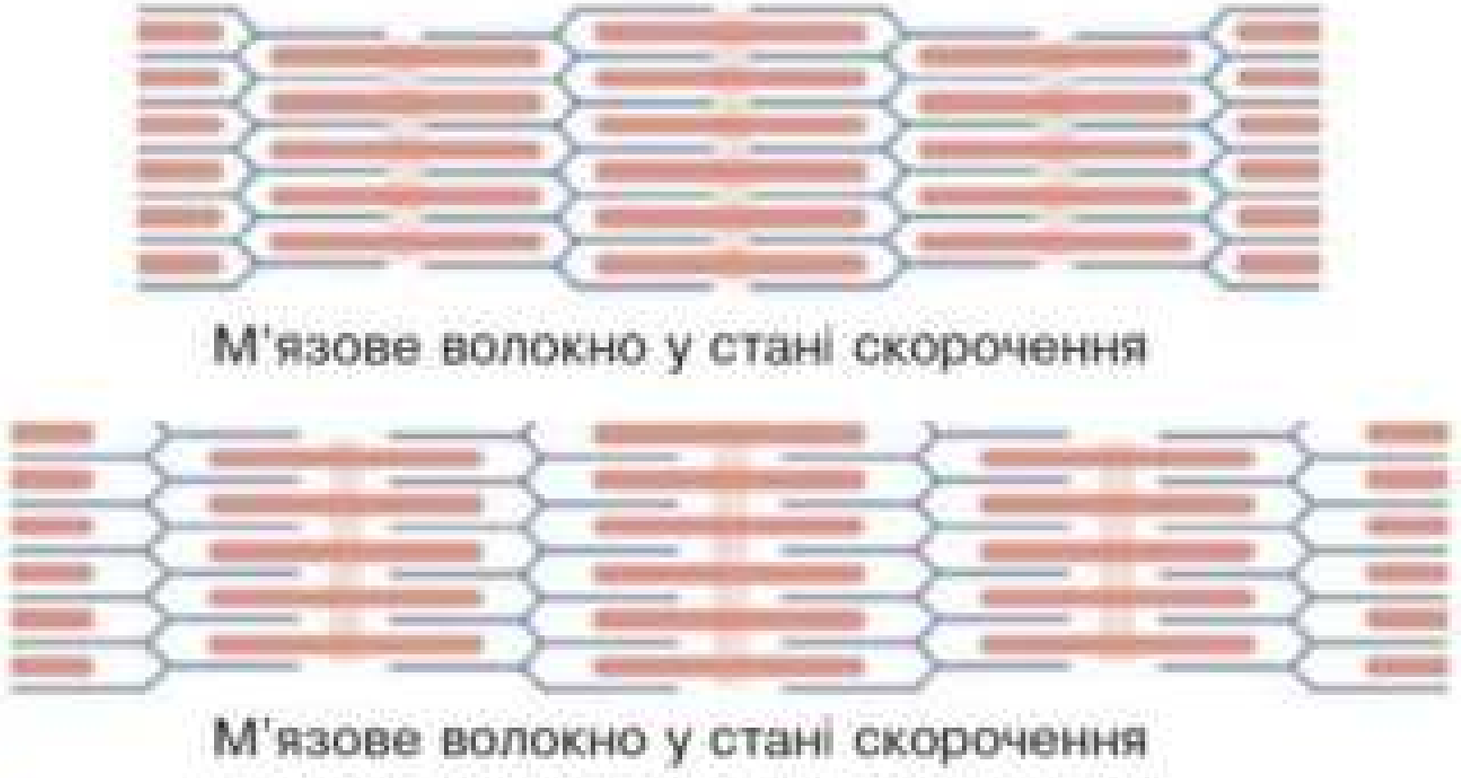
2 У різних людей одні й ті самі м'язи можуть мати неоднаковий вигляд (мал. 16.2). Із чим це може бути пов'язано?



Мал. 16.2. М'язи людини

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

М'язи скорочуються завдяки взаємодії двох білків — актину й міозину. *Переглянь в* **е-ДОДАТКУ** *відео, яке ілюструє механізм роботи м'язів (завдання 16.1).* Молекули міозину рухаються вздовж ниток актину, витрачаючи енергію. Завдяки взаємному переміщенню ниток актину і міозину й відбувається скорочення м'яза (мал. 16.3).



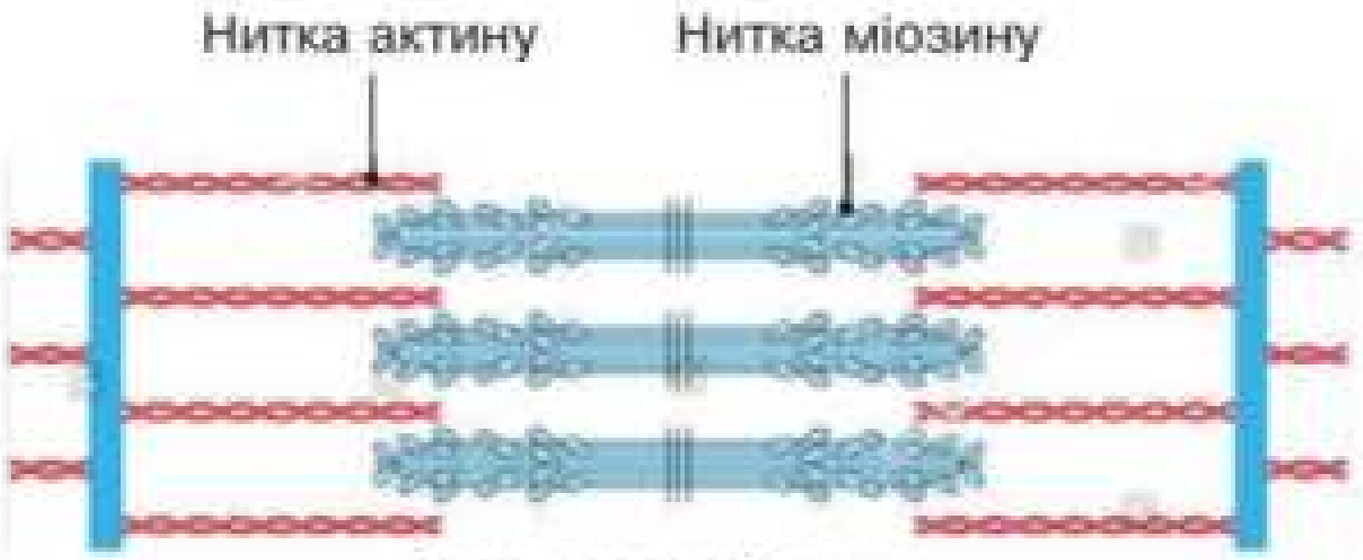
Мал. 16.3. Скорочення м'яза в результаті взаємодії актину й міозину

Безпосередньо механізм взаємодії показано на малюнку 16.4 (с. 74). Нитка міозину містить приблизно 500 молекул цього білка, кожна з яких має спеціальну голівку, яка і взаємодіє з актином. Після отримання сигналу про скорочення відбувається виділення йонів Са, що й запускає реакцію взаємодії. Голівки молекул міозину змінюють свою форму (конформацію) і пересуваються вздовж молекули актину. Кожна з них пересувається на невелику дистанцію. Але цих молекул багато, тому загальне скорочення м'яза стає дуже помітним.

Після припинення сигналів про скорочення білкові нитки повертаються на свої місця. Відбувається розслаблення м'яза, відновлюються запаси енергії та йонів Ca^{2+}, потрібних для його скорочення.

М'язи неоднакові. Кожен із них відрізняється за певними параметрами. Основні параметри, які визначають властивості м'яза, — це сила, швидкість скорочення, витривалість і тонус.

Сила м'яза є тим максимальним напруженням, яке він може розвинути. Сила залежить від багатьох чинників: маси, кількості волокон, які можуть одночасно збуджуватися, частоти нервових імпульсів, які надходять до м'яза. Максимальна сила м'яза визначається найбільшим вантажем, який цей м'яз може підняти. Ця сила є прямо пропорційною площі поперечного перерізу м'яза.



Мал. 16.4. Взаємодія актину й міозину під час скорочення м'яза

Швидкість скорочення м'яза визначається часом, за який м'яз скорочується і розслабляється. Залежно від швидкості скорочення м'язи поділяють на швидкі й повільні. *Витривалість м'яза* є його здатністю підтримувати заданий темп роботи упродовж тривалого часу. А *тонус* є станом його постійного незначного напруження. Тонус м'язів забезпечує постійну підтримку внутрішніх органів та постави людини і визначається природними властивостями м'яза і впливом на нього нервової системи людини.

Виокремлюють два основні типи роботи м'язів — статичний і динамічний. Під час статичної роботи м'язи напружуються, але не скорочуються. Наприклад, коли людина тримає гантелю в зігнутій руці нерухомо, то це і є прикладом статичної роботи. У процесі динамічної роботи м'язи почергово напружуються і розслабляються. Такою роботою є, наприклад, підіймання й опускання гантелі.

Якщо м'язи працюють довго, то вони втомлюються. Під час динамічної роботи стомлення м'язів є результатом зменшення утворення енергії, нестачі кисню в тканині, накопичення продуктів обміну речовин, які організм не встигає виводити через напружену роботу м'яза. Під час статичної роботи основним джерелом утоми є нервові центри, які не можуть виробляти сигнали для м'язів. Для їх передавання також потрібні певні речовини, запас яких у клітинах не є безкінечним. Утома під час статичної роботи також виникає через поступове

накопичення метаболітів, як-от молочна кислота, і недостатню циркуляцію крові, що обмежує постачання кисню й видалення продуктів обміну речовин.

Після роботи, результатом якої було втомлення м'язів, відбувається явище надвідновлення — збільшення працездатності м'язів у період відпочинку. Його використовують під час тренувань. Проте надто сильна втома ефекту надвідновлення не викликає.

Регуляція роботи м'язів відбувається за рахунок сигналів нервової системи. Цікаво, що часто для здійснення певних рухів організм залучає до роботи не лише потрібний йому м'яз (наприклад, м'яз, який згинає руку), а й м'яз-антагоніст (той, що виконує протилежну дію, розгинає руку). Одночасна дія цих м'язів дає змогу робити рухи плавними й дуже точними.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Скорочення м'язів відбувається за рахунок взаємодії білкових ниток актину й міозину. Важливу роль у цьому процесі відіграють йони Кальцію та сигнали нервової системи. Основними параметрами, які визначають властивості м'яза, є: сила, швидкість скорочення, тривалість і тонус. Виокремлюють два основні типи роботи м'язів — статичний і динамічний. Якщо м'язи працюють довго, то виникає їх стомлення.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. За рахунок чого відбувається скорочення м'язів?
2. Які параметри визначають властивості м'яза?
3. Порівняй статичну і динамічну роботу м'язів.
4. Чому м'язи стомлюються?
5. Що таке надвідновлення і як його можна використати в спорті?
6. Чому спортсменам рекомендують споживати у їжу більше білків? Як посилений білками раціон впливає на м'язову систему?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 17 Надання першої допомоги в разі ушкоджень опорно-рухового апарату. Профілактика порушень формування і функціонування опорно-рухового апарату

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



До появи сучасних методів лікування переломів кінцівок люди, які отримували переломи ніг, часто після їх загоєння виявляли, що зламана кінцівка стала коротшою за ту, що вціліла. Чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У випадку перелому ноги на неї накладають гіпсову пов'язку, яка знерухомлює ушкоджену кінцівку (мал. 17.1). Проте гіпс можуть і не накладати. Чому?

2 Проаналізуй малюнок 17.2. Про які потенційні проблеми опорно-рухового апарату можна зробити висновки за ними? Запропонуй можливі варіанти уникнення таких проблем.



Мал. 17.1. Перелом ноги



Мал. 17.2. Потенційні проблеми опорно-рухового апарату

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

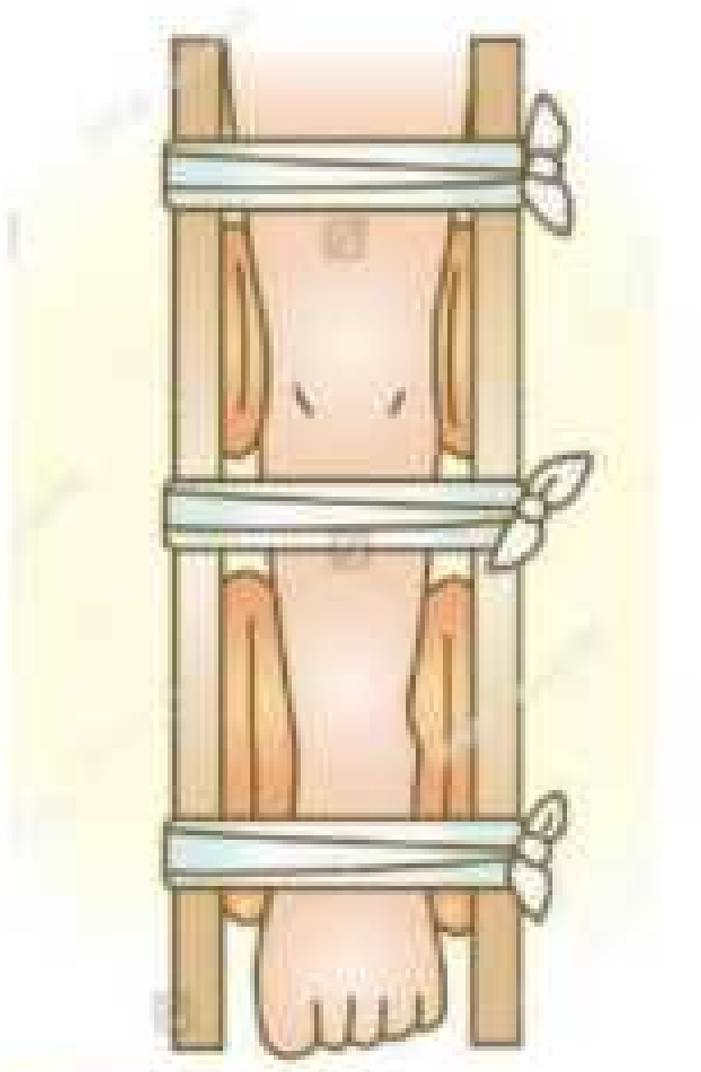
Ушкодження опорно-рухового апарату є досить поширеним видом травм. Це, зокрема, розтягнення м'язів і зв'язок, забій, вивих, закриті та відкриті переломи кінцівок і ребер. Більш важкими травмами є переломи черепа і хребта. Слід зауважити, що після будь-якої травми опорно-рухового апарату потрібно надати (за можливості) першу допомогу й доставити постраждалого до лікаря.

Розтягнення виникають у результаті надмірних навантажень і, зазвичай, пов'язані із сильним болем. Першою допомогою в цьому випадку є охолодження пошкодженої ділянки та її знерухомлення за допомогою бинтування.

Забій є ушкодженням м'яких тканин (як правило, після удару), часто з крововиливами під шкіру. Як і у випадку розтягнення, ушкоджену ділянку тіла слід охолодити (за можливості можна пакетом із льодом) і забинтувати.

Вивих є виходом кістки із суглобової западини суглоба. Він може бути наслідком удару, падіння, автомобільної аварії тощо. Самостійно вправляти вивих не можна, цим повинні займатися спеціалісти. Ушкоджений суглоб бажано охолодити й нерухомо зафіксувати.

Відкритий перелом відрізняється від закритого тим, що в цьому випадку уламки зламаної кістки розривають шкіряні покриви й виходять назовні. В обох випадках місце перелому слід знерухомити (мал. 17.3). У випадку відкритого перелому слід спочатку зупинити кровотечу й закрити рану стерильною пов'язкою.



Мал. 17.3. Можливий варіант знерухомлення

Переломи черепа і хребта є тяжкими травмами у результаті пошкодження кісток черепа та хребців. Під час транспортування таких постраждалих слід максимально їх знерухомити. Транспортувати постраждалих із пошкодженим хребтом можна на будь-якій твердій поверхні.

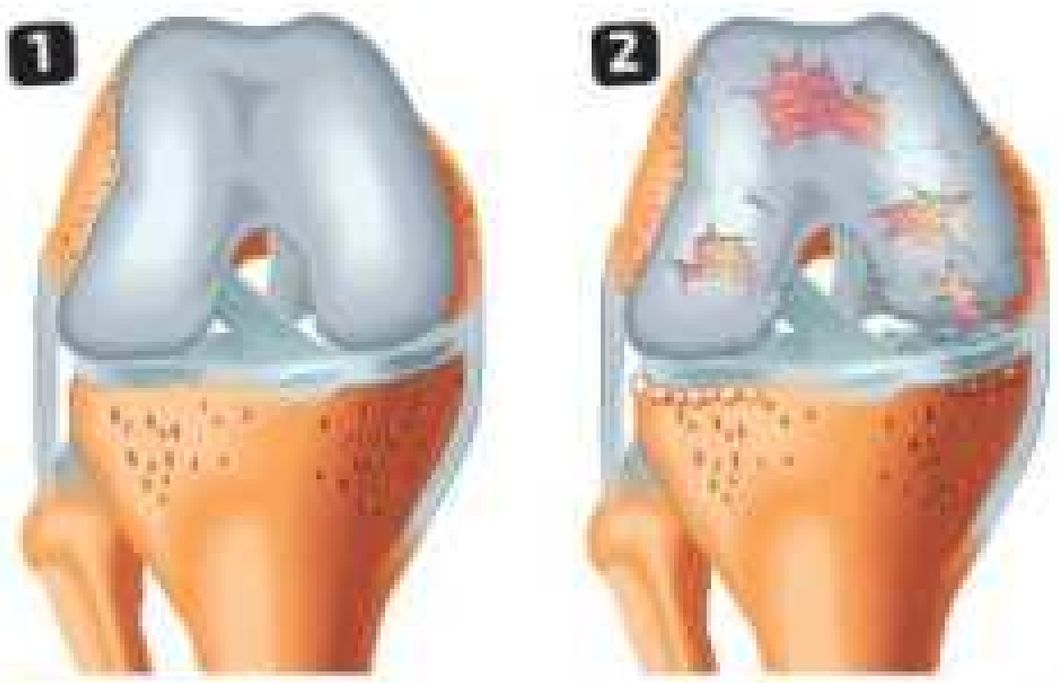
Знерухомлення є дуже важливим елементом першої допомоги. Воно дає змогу уникнути багатьох ускладнень, бо під час перевезення постраждалого пошкоджені кістки можуть зміститися і травмувати сусідні тканини або ще більше ускладнити перелом самої кістки.

Проте переломи, вивихи й розтягнення не єдині проблеми опорно-рухового апарату. Часто причиною порушень стає гіподинамія —

недостатня рухова активність. Вона позбавляє м'язи потрібного навантаження, які стають такими слабкими, що створюють проблеми для організму. Наприклад, порушення постави (пози людини, у якій вона без особливої напруги тримає голову і тулуб прямо). Порушена постава ускладнює роботу внутрішніх органів. Найпоширенішим прикладом порушення постави у підлітків і дорослих є сколіоз — боковий вигин хребта. Його причинами є неправильне сидіння, носіння вантажу в одній руці, сон на високій подушці тощо. Розвитку сколіозу сприяє малорухливий спосіб життя, різна довжина ніг, деякі генетичні особливості.

Проблеми з опорно-руховим апаратом можуть виникати і як результат неправильного способу життя. Наприклад, надмірні фізичні навантаження можуть впливати на стан хрящових поверхонь суглобів (мал. 17.4). Негативно позначається на стані опорно-рухового апарату невдало вибране взуття. Надмірне захоплення надвисокими підборами перерозподіляє навантаження на кістки стопи. У разі помірного використання такого взуття особливих проблем не виникає.

Кістки та м'язи в організмі людини можуть уражуватися і хвороботворними мікроорганізмами, наприклад, збудником туберкульозу.



Мал. 17.4. Хрящова поверхня суглобів: 1 — нормальна; 2 — пошкоджена

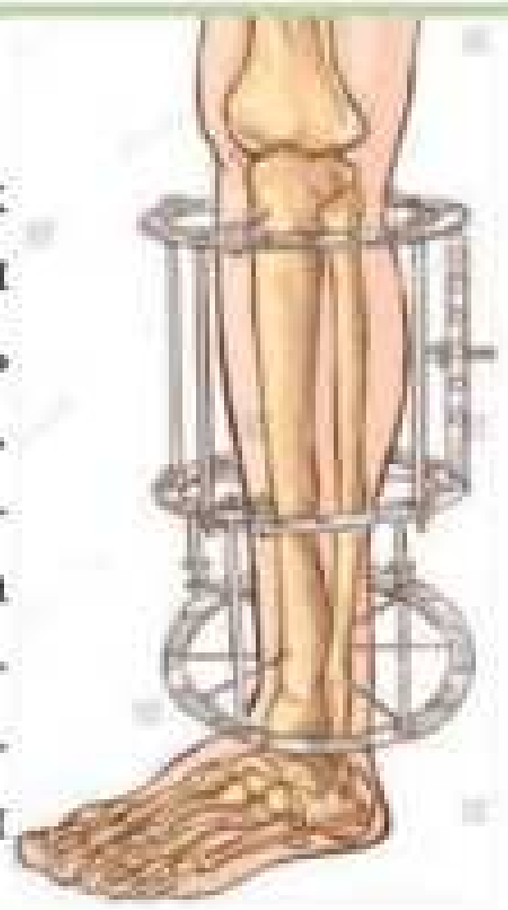
Значні проблеми може створити нестача мінеральних сполук Кальцію і Фосфору в їжі. У такому разі розвивається остеопороз, що супроводжується зниженням щільності кісткової тканини, підвищенням ламкості кісток. Найчастіше це трапляється у людей похилого віку. У дітей дефіцит вітаміну D спричиняє рахіт, деформацію кісток.

Фізична активність – важлива умова повноцінного функціонування опорно-рухової системи, вона сприяє міцності кісткової тканини, розвитку потужної м'язової системи, формуванню правильної постави і високому рівню адаптації до різноманітних навантажень.

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 17.1.*

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

У разі значних ушкоджень кісток кінцівок їх відновлення може проходити важко, й часто кістки зростаються неправильно, нога або рука можуть стати коротшими через неправильне зростання. Щоб запобігти цьому, використовують сучасні методи лікування. Одним із них є апарат Ілізарова (мал. 17.5). Фрагменти кісток фіксуються зовні завдяки системі металевих кілець і штифтів. У випадку застосування такого апарату гіпсові пов'язки для знерухомлення кінцівки не накладають.



Мал. 17.5. Апарат Ілізарова

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

У разі ушкодження опорно-рухового апарату потрібно вчасно надати першу допомогу й обов'язково звернутися до лікаря. Проблеми опорно-рухової системи людини можуть бути пов'язані як з механічними ушкодженнями, так і з інфекційними захворюваннями чи проблемами з харчуванням.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Яку першу допомогу слід надавати у випадку закритого перелому передпліччя?
2. Об'єднайтесь у групи та укладіть ментальну карту «Причини і наслідки гіподинамії у житті сучасних підлітків».
3. Які причини та наслідки порушення постави?
4. Як незручне взуття може вплинути на скелет і м'язи людини?
5. Склади перелік рекомендацій щодо правильного харчування для запобігання захворюванням опорно-рухового апарату.
6. Доведи, що фізична активність важлива для збереження здорового скелету. Скористайся методом PRES *(позиція, обґрунтування, приклад, висновки)*.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ОБЧИСЛЮЄМО КІЛЬКІСТЬ КІСТОК У СКЕЛЕТІ ЛЮДИНИ

Об'єднайтеся у групи. За інформацією, наведеною в таблиці «Скелет людини», полічіть кількість кісток у кожному з відділів скелета людини (не забудьте, що в людини усі кістки кінцівок і їх поясів є парними). Визначте загальну кількість кісток у скелеті людини.

СКЕЛЕТ ЛЮДИНИ

Відділ	Назви кісток
Скелет голови	
Череп а) мозковий відділ	Лобова, потилична, тім'яні (2), скроневі (2), основна (або клиноподібна), решітчаста + слухові кісточки (молоточок, коваделко, стремінце з обох боків)
Череп б) лицевий відділ	Нижньощелепна, під'язикова, леміш, верхньощелепні (2), носові (2), слізні (2), виличні (2), піднебінні (2), нижні носові раковини (2)
Скелет тулуба	
Хребет а) шийний б) грудний в) поперековий г) крижовий д) куприковий	 · 7 хребців · 12 хребців · 5 хребців · 5 хребців · 4–5 хребців
Грудна клітка	Грудина, 12 пар ребер (із них 7 пар кріпляться до грудини власними хрящами, 3 пари приростають хрящами до сьомого ребра, 2 пари вільних)
Скелет верхніх кінцівок	
Плечовий пояс	Ключиці, лопатки
Скелет вільної верхньої кінцівки	Плечова; ліктьова, променева; зап'ясток (8), п'ясток (5), фаланги пальців (14)
Скелет нижніх кінцівок	
Тазовий пояс	Зрослі тазові кістки (2), кожна з яких утворена зрощенням сідничної, лобкової та клубової кісток
Скелет вільної нижньої кінцівки	Стегнова; велика гомілкова, мала гомілкова, наколінник; передплесно (7), плесно (5), фаланги пальців (14)

Заповніть таблицю в зошиті.

Осьовий скелет	Кількість кісток	Додатковий скелет	Кількість кісток	
			1 кінцівка	2 кінцівки

4 ТРАВНА СИСТЕМА. ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ



§18 Обмін речовин і енергії. Харчові й енергетичні потреби людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



М'язи, сухожилля, зв'язки значною мірою побудовані з білків і постійно потребують їх для функціонування й оновлення. Кісткам необхідні солі Кальцію і Фосфору, білки й ліпіди. Як людина отримує ці речовини? У якому вигляді вони надходять, наприклад, у кисть руки? Простеж і опиши цей шлях.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Кажуть, що під час інтенсивного фізичного навантаження людина спалює жири. Що в цьому твердженні раціонально, а що ні?

2 У клітинах організму людини у сукупності міститься приблизно 250 г АТФ. Водночас щодоби тіло людини використовує щонайменше 45 кг АТФ (у стані спокою), а під час розумового чи фізичного навантаження значно більше. Поміркуй, як це можливо і навіщо людині стільки АТФ.

БІОСЛОВО

Метаболізм — обмін речовин і енергії, сукупність усіх життєво необхідних хімічних реакцій в організмі.

Анаболізм — сукупність реакцій синтезу, зазвичай відбувається з поглинанням енергії.

Катаболізм — сукупність реакцій розщеплення молекул, зазвичай відбувається з вивільненням енергії.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Для росту і розвитку, руху, роботи серця й мозку твій організм потребує речовин та енергії. Ти п'єш воду, отримуєш разом з їжею білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини. Ці речовини зазнають складних перетворень у твоєму організмі. Сукупність реакцій обміну речовин і енергії називають метаболізмом.

Джерелом енергії для організму є вуглеводи, жири й білки. Їх будову зображено на малюнку 18.1.



Мал. 18.1. Загальний план будови молекул: 1 — білка; 2 — жиру; 3 — крохмалю

Білки — великі молекули, утворені з дрібніших «цеглинок» — амінокислот. З 20 видів амінокислот, як із деталей конструктора, утворено тисячі різних білків. Наприклад, гемоглобін (білок еритроцитів, що транспортує кисень), актин і міозин (білки м'язів, що забезпечують їх скорочення), колаген (основний білок сполучної тканини).

Жири й інші ліпіди не розчиняються у воді (є гідрофобними). Жири є джерелом і резервом енергії, зберігають тепло, захищають від ушкоджень. Жирні кислоти входять до складу молекул клітинних мембран.

Тобі добре відомі вуглеводи — глюкоза, сахароза, крохмаль. Останній є полісахаридом рослин, складається із сотень поєднаних залишків глюкози. В організмі людини і тварин резервним вуглеводом є глікоген (молекули більш розгалужені, ніж у крохмалю).

У разі повного розкладання цих речовин (за участю кисню) виділяється енергія. Її можна виміряти під час спалювання у приладі калориметрі. Кількість енергії, що виділяється під час повного розкладання 1 г речовини, є її енергетичною цінністю (часто називають калорійністю). Її вимірюють у кілоджоулях (кДж) або кілокалоріях (ккал).

Порівняй енергетичну цінність білків, жирів і вуглеводів за таблицею.

	Білки	Жири	Вуглеводи
Енергетична цінність	17 кДж (4 ккал)	37 кДж (9 ккал)	17 кДж (4 ккал)
Хімічні елементи, що входять до складу	C, O, H, N, S	C, O, H	C, O, H
Харчові продукти, багаті речовинами	М'ясо, яйця, риба, сир, бобові	Сметана, вершки, сало, масло, авокадо, горіхи	Солодощі, хліб, фрукти, овочі

Людина потребує різної кількості речовин і енергії у різному віці та за різної фізичної активності. Потреби у віці 11–17 років згідно з рекомендаціями Міністерств охорони України (МОЗ України) України (2017 р.) відображено в таблиці (с. 84).

Вік	Стать	Енергія (ккал)	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г
11–13 років	хлопці	2400	84	84	327
11–13 років	дівчата	2300	78	76	326
14–17 років	хлопці	2700	93	92	375
14–17 років	дівчата	2400	83	81	334

Білки, жири, вуглеводи, що надходять з їжею, спочатку перетравлюються — розкладаються до малих молекул (*визнач за мал. 18.1, до яких*). Ці малі молекули потрапляють у кров і доносяться до клітин, які використовують їх як джерело енергії, будівельний матеріал чи для інших потреб.

Наприклад, з амінокислот у клітинах утворюються власні білки. У шкірі, стінках судин, сухожиллях синтезується колаген, у м'язах — актин і міозин. Кожна клітина синтезує сотні різних білків для різних потреб. Із часом білки руйнуються, розкладаються до амінокислот, які далі можуть розкладатися до остаточних продуктів обміну — CO_2, NH_3, H_2O.

Глюкоза й жири, що надходять до клітин, передусім є джерелом енергії. У клітині вони розкладаються до менших молекул, тоді потрапляють у мітохондрії, де за участю кисню відбувається клітинне дихання. У результаті виділяється вуглекислий газ і вивільняється енергія. Частина енергії акумулюється в молекулах АТФ — універсальних «молекулах-акумуляторах», що здатні заряджатися, переносити енергію, віддавати її і розрядженими (АДФ) повертатися в мітохондрії за новою порцією енергії.

Без АТФ не можуть генеруватися і передаватися нервові імпульси, не відбувається скорочення м'язів, синтез речовин.

Усі процеси метаболізму об'єднують у два взаємопов'язані напрями — анаболізм і катаболізм (мал. 18.2).



Мал. 18.2. Анаболізм і катаболізм як складові метаболізму

Прикладами процесів катаболізму є травлення, клітинне дихання. Під час фізичного навантаження процеси катаболізму прискорюються, що спричиняє утворення більшої кількості АТФ і тепла (пригадай, як ти зігріваєшся під час бігу). У результаті регулярних фізичних навантажень у м'язах синтезується більше білків, що сприяє адаптації. Для процесів анаболізму (синтезу речовин) організм витрачає АТФ, утворену в процесах катаболізму.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

В організмі постійно відбуваються процеси метаболізму (обміну речовин і енергії). Реакції метаболізму відбуваються у двох напрямах: анаболізму (сукупність реакцій синтезу молекул) і катаболізму (сукупність реакцій розщеплення молекул). Зазвичай реакції катаболізму відбуваються з вивільненням енергії, частина якої накопичується в АТФ, реакції анаболізму — з використанням енергії. Джерелом енергії для людини є вуглеводи, жири і білки. Потреби у білках, жирах, вуглеводах та енергії залежать від віку, статі та фізичного навантаження (способу життя).

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які функції в організмі виконують білки, жири і вуглеводи? Наведи приклади речовин цих груп.
2. Яких речовин — білків, жирів чи вуглеводів — підлітки 14–17 років мають споживати найбільше? Скористайся таблицею на с. 84. Як змінюються харчові та енергетичні потреби від 11 до 17 років?
3. Відшукай на етикетках різних напоїв їх енергетичну цінність (у ккал). Склади перелік напоїв у напрямі збільшення їх енергетичної цінності. Поміркуй, яких напоїв варто уникати і чому.
4. Робота з медіаресурсами. Опрацюй інформацію в е-ДОДАТКУ (завдання 18.1).
5. Доведи, що процеси анаболізму і катаболізму взаємопов'язані.
6. Визнач, яка з реакцій є процесом катаболізму, а яка — анаболізму.

А У шлунку з білків утворюються амінокислоти.

Б У печінці з глюкози утворюється глікоген.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§19 Будова і функції травної системи. Механічна обробка їжі

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Травний канал міститься всередині тіла. Проте простір травного каналу не відносять до внутрішнього середовища організму. Поміркуй чому. Остаточний підсумок детективу зроби після вивчення теми.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У шлунку людини і тварин є спеціальні залози, які утворюють кислоту. Тож шлунковий сік є дуже кислим. У тварин, які живляться падаллю, шлунковий сік має ще більш кислу реакцію. У кишківнику кислота нейтралізується, і середовище змінюється на лужне. Який сенс в утворенні кислоти саме в шлунку?

2 Дослідження щелеп давніх людей свідчать, що вони мали рівніші зуби, ніж сучасні люди. Поміркуй, як це можна пояснити.

БІОСЛОВО

Хімус — рідкий або напіврідкий уміст шлунка й кишківника, з якого поглинаються поживні речовини; суміш їжі, травних соків і бактерій.

Травний канал (тракт) — послідовність порожнистих органів травної системи, крізь які проходить їжа, хімус, виділяються неперетравлені рештки.

Зубна формула — спосіб опису зубної системи ссавців, що визначає кількість і типи зубів у половині кожної щелепи.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Першим етапом катаболізму є процеси травлення, що відбуваються в органах травної системи. Основними її функціями є перетравлення їжі, всмоктування поживних речовин, виведення неперетравлених решток.

Травна система складається з травного каналу й додаткових органів — залоз, проток, жовчного міхура (мал. 19.1). Характеристику відділів подано у таблиці (див. нижче).

З ротової порожнини їжа надходить у глотку, тоді стравоходом дістається шлунка. Саме тут їжа накопичується, змішується з кислим шлунковим соком. Починаючи зі шлунка, суміш частково перетравленої їжі з травними соками називають *хімусом*.



Мал. 19.1. Будова травної системи людини

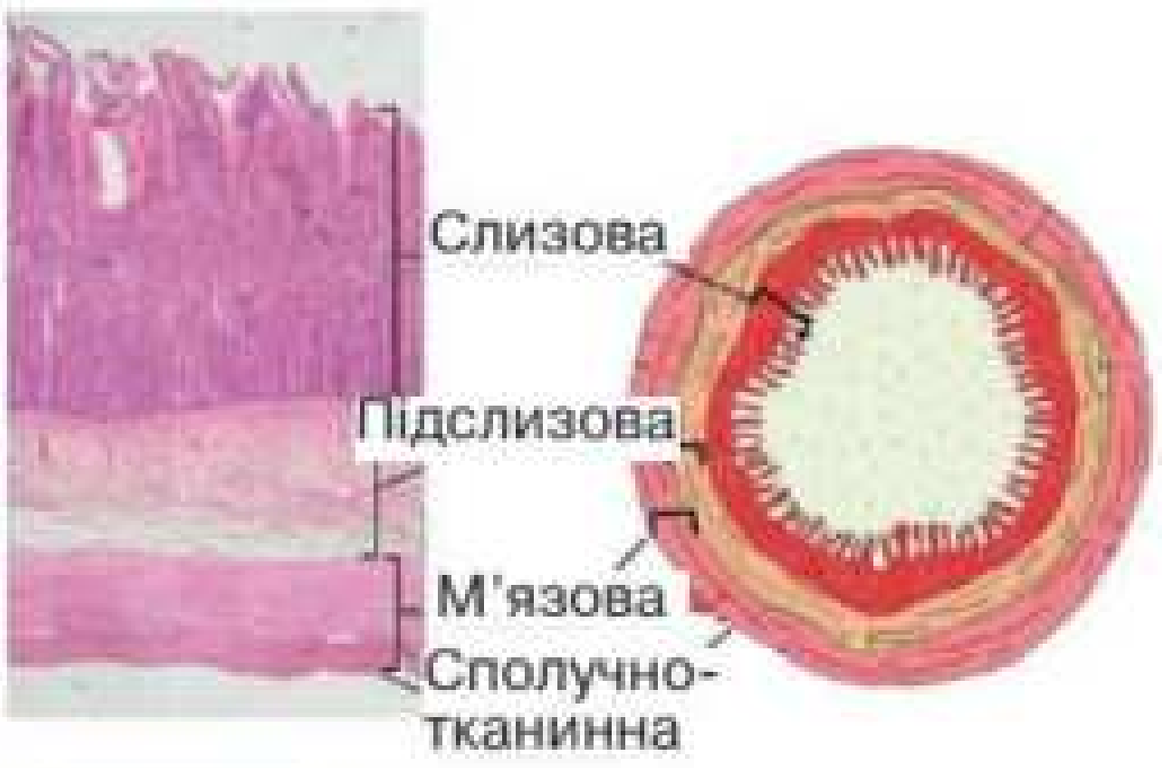
Шлункова кислота захищає організм від хвороботворних мікроорганізмів, які можуть потрапляти до нього з їжею і водою. Вона виводить з ладу білки й ДНК багатьох патогенів. Зі шлунка хімус невеликими порціями надходить у перший відділ тонкої кишки — дванадцятипалу кишку, у яку впадають протоки травних залоз — печінки й підшлункової.

Травні залози — слинні, підшлункова, печінка — утворюють секрети, що відіграють важливу роль у травленні. Також у слизовому шарі стінок травного каналу міститься багато дрібних залоз, що виділяють травні ферменти, слиз, кислоту.

Відділ травного каналу	Особливості будови	Основні функції
Ротова порожнина	Містить зуби, у порожнину відкриваються протоки слинних залоз	Подрібнення їжі зубами та її зволоження, початок перетравлення вуглеводів
Глотка	Відділена від гортані надгортанником	Участь у ковтанні, транспортування їжі
Стравохід	Трубчастий орган довжиною 25–30 см із розвиненим м'язовим шаром	Транспортування їжі до шлунка
Шлунок	Розширена частина каналу, місткість 2–3 л. Три шари м'язів. У слизовій оболонці шлункові залози	Накопичення їжі, знезараження її завдяки хлоридній кислоті. Перетравлення білків

Відділ травного каналу	Особливості будови	Основні функції
Тонка кишка	Довжина 6 м, товщина 3–5 см. Відділи: дванадцятипала кишка, порожня, клубова. Площа поверхні понад 250 м² завдяки утворенню ворсинок і мікроворсинок	Перетравлення білків, жирів, вуглеводів. Всмоктування поживних речовин у кров і лімфу
Товста кишка	Довжина 1,5–2 м, товщина 7 см. Відділи: сліпа кишка з апендиксом, ободова, сигмоподібна, пряма кишка. Завершується анальним отвором	Всмоктування води, неорганічних речовин, вітамінів. Мікробіом синтезує вітаміни В і К. Виділення неперетравлених решток

Стінка травного каналу зсередини вистелена слизовою оболонкою (мал. 19.2), що забезпечує виділення секретів, усмоктування речовин. Підслизова оболонка містить кровоносні судини. М'язова оболонка здійснює перемішування вмісту травного каналу і проштовхує їжу, хімус. Зовні стінка вкрита сполучною тканиною, що надає їй міцності.



Мал. 19.2. Стінка травного каналу

Перетравлення їжі відбувається завдяки механічній (подрібнення їжі на дрібні часточки) і біохімічній (розкладання великих молекул на малі молекули завдяки травним ферментам) обробці.

Механічні процеси травлення здійснюються завдяки зубам і м'язам, що перемішують хімус і транспортують його каналом. У ротовій порожнині їжа не лише подрібнюється, а й перемішується зі слиною, яка зволожує її, частково знезаражує (завдяки захисному антибактеріальному білку лізоциму) і починає перетравлення крохмалю.

Головним органом подрібнення їжі є зуби. Зуб складається з коронки, шийки і коренів (мал. 19.3). Коронка вкрита найтвердішою речовиною — емаллю, шийка й корені — менш міцним цементом. Основна тканина зуба — дентин. У центрі зуба є порожнина, заповнена пульпою, що містить кровоносні судини й нерви.

Зуби людини, як і більшості ссавців, диференційовані на групи: різці, ікла, малі кутні (премоляри), великі кутні (моляри). Для опису видів зубів та їх розміщення використовують зубні формули. *Ознайомся в* e-ДОДАТКУ *з інформацією про формули постійних і молочних зубів (завдання 19.1).*



Мал. 19.3. Будова зуба: 1 — коронка; 2 — шийка; 3 — корені

Зуби і ротова порожнина загалом потребують виконання відповідних правил гігієни. Якщо ж їх не дотримуватися, розвивається карієс (ушкодження емалі і дентину), що у разі невчасного лікування може призвести до пульпіту (запалення пульпи). Важливим для здоров'я є правильний прикус. Часто його порушення коригують встановленням брекетів чи іншими засобами.

Переглянь в e-ДОДАТКУ *відео (завдання 19.2) з порадами стоматолога щодо догляду за зубами.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Травна система складається з травного каналу (ротова порожнина ⟶ глотка ⟶ стравохід ⟶ шлунок ⟶ тонка кишка ⟶ товста кишка ⟶ анальний отвір) і допоміжних органів (слинні залози, печінка, підшлункова залоза, жовчний міхур). Перетравлення їжі відбувається завдяки її механічній і біохімічній обробці.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Назви у правильній послідовності органи травного каналу. Скористайся мал. 19.1 (с. 87).
2. Якими шарами утворена стінка травного каналу?
3. У якій частині травного каналу найпотужніший м'язовий шар? Чому?
4. Травний канал щонайменше у 5 разів довший за тіло. Як він поміщається всередині тіла людини?
5. Розглянь мал. 19.3 і поясни, чому пришийковий карієс прогресує швидше за карієс коронки зуба.
6. Виконай в e-ДОДАТКУ завдання 19.3.

§ 20 Біохімічна обробка їжі. Травні ферменти

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

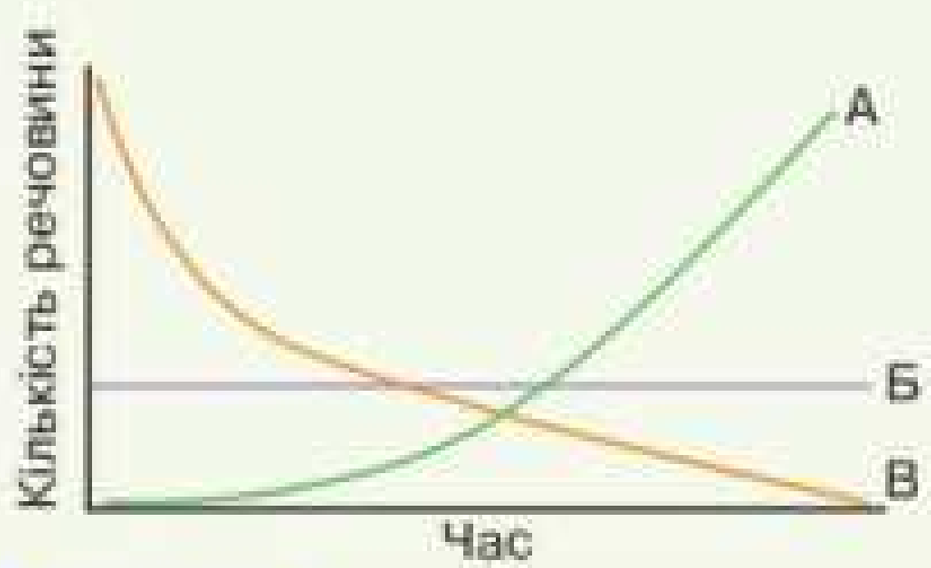


Чи траплялися тобі у супермаркетах полиці з безлактозними молочними продуктами? Навіщо такі продукти виготовляють? Чи всім лактоза шкідлива? Як її можна вилучити з продуктів?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Стінки травного каналу утворено клітинами, які побудовані молекулами білків. Усередині травного каналу працюють ферменти, що розкладають білки. Як саме клітини слизової оболонки травного каналу захищаються від перетравлення ферментами?

2 У посудину з крохмальним клейстером додали фермент амілазу, створили сприятливі умови для реакції розкладання крохмалю до глюкози протягом певного часу. На графіку показано динаміку кількості трьох речовин — крохмалю, глюкози, ферменту амілази. Визнач, якою літерою позначено кожну із цих речовин.



Мал. 20.1. Динаміка кількості речовини у ході реакції

БІОСЛОВО

Травні ферменти (англ. *digestive enzymes*) — білки, що виробляються травними залозами і каталізують реакції розкладання великих молекул (полімерів) на малі (мономери).

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Механічна обробка їжі передує її біохімічній обробці — перетравленню до малих молекул, що можуть проникати у кров і лімфу. Головну роль у процесах травлення відіграють травні ферменти.

ВЛАСТИВОСТІ ТРАВНИХ ФЕРМЕНТІВ

- Усі вони є білками, що каталізують реакції розкладання великих молекул (полімерів) на малі «цеглинки» — мономери.
- Специфічна дія (діють лише на одну групу речовин, оскільки розривають один тип зв'язків).
- Мають високу біологічну активність (мала кількість ферменту розкладає велику кількість субстрату).
- Беруть участь у реакціях, але не витрачаються в них.
- Активні лише за певних температур і кислотності. Усі травні ферменти людини найактивніші за температури близько 37 °С.

Молекула травного ферменту має активний центр, що взаємодіє із субстратом — речовиною, яку перетравлює фермент. У результаті молекула субстрату розкладається і утворюються продукти реакції (мал. 20.2).



Мал. 20.2. Схема дії травного ферменту

Якщо протягом кількох хвилин потримати шматок хліба у ротовій порожнині, відчувається солодкий смак, хоча хліб не містить цукру, а лише крохмаль. Молекули цього полісахариду за наявності ферменту амілази розкладаються до глюкози. Слина містить амілазу.

Ти можеш провести лабораторне дослідження дії слини на крохмаль за інструкцією (с. 106).

Травні ферменти синтезуються клітинами травних залоз і виділяються (секретуються) у протоки або безпосередньо в порожнину травного каналу. Найбільшими травними залозами є печінка і підшлункова (мал. 20.3, с. 92).

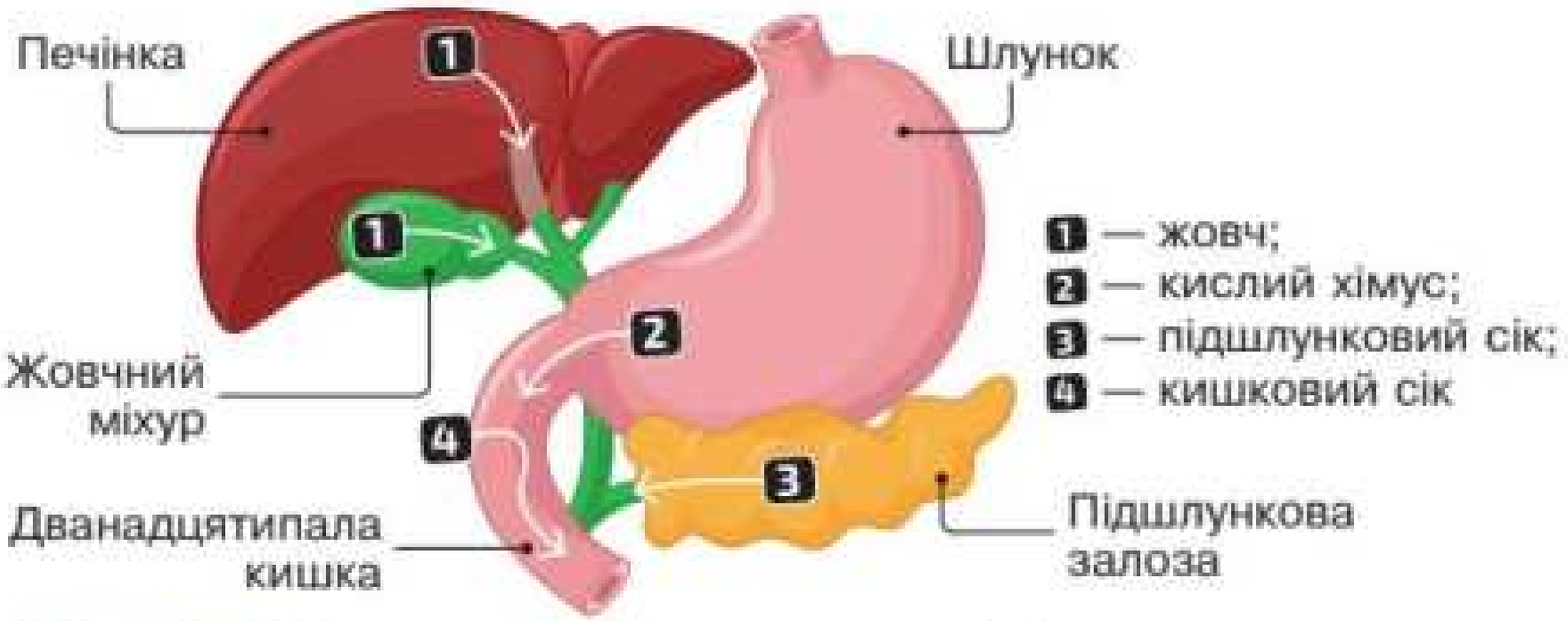
Білки перетравлюються у шлунку і тонкій кишці за участю різних ферментів. У шлунку це пепсин, що діє в кислому середовищі. Він «нарізає» білки на дрібніші фрагменти, що розкладаються до амінокислот у тонкій кишці під дією ферментів підшлункової залози.

Травлення у відділах травного каналу

Відділ	Секрет	Фермент	Субстрат і продукти реакції	Середовище
Ротова порожнина	Слина	амілаза	Крохмаль ⟶ глюкоза	нейтральне
Шлунок	Шлунковий сік	пепсин	Білки ⟶ амінокислоти	кисле
Тонка кишка	Жовч	—	Емульгує жири	лужне
	Підшлунковий сік, кишковий сік	ліпаза	Жири ⟶ гліцерол + жирні кислоти	лужне
		трипсин	Білки ⟶ амінокислоти	лужне
		амілаза	Крохмаль ⟶ глюкоза	лужне

Жири перетравлюються в тонкій кишці. Спершу скупчення молекул жиру емульгуються (розбиваються на дрібні краплі) завдяки жовчі, що виробляється печінкою. Після цього фермент ліпаза розкладає молекули жиру до гліцеролу й жирних кислот.

Печінка постійно виробляє певну кількість жовчі, але не завжди в ній є потреба. Тож жовч накопичується у жовчному міхурі. Там вона втрачає воду і стає більш концентрованою. Під час споживання жирної їжі жовч надходить у тонку кишку (мал. 20.3).



Мал. 20.3. Органи травної системи, що відіграють ключову роль у біохімічних процесах травлення

Насправді травних ферментів значно більше, ніж наведено в таблиці. Деякі ферменти, як-от лактаза, діють у дитинстві, а потім у багатьох дорослих людей не виробляються. Лактаза — фермент, що розкладає лактозу — вуглевод молока — до двох «цеглинок» (глюкози і галактози). Якщо лактази немає і неперетравлена лактоза потрапляє в товсту кишку, де її поглинають бактерії, споживання молока спричи-

няє суттєвий дискомфорт (нудоту, надмірне утворення газів). Тож для таких людей виробляють спеціальні безлактозні молочні продукти.

Травні ферменти здатні зруйнувати клітини травного каналу. Тому вони виділяються в неактивній формі і лише в просвіті шлунка чи кишківника набувають активності.

Слизова оболонка вздовж усього травного каналу містить залози, що виробляють слиз. Він оберігає клітини, полегшує просування їжі і хімусу.

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 20.1.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Біохімічна обробка їжі відбувається завдяки секретам травних залоз, що містять травні ферменти та інші речовини. Перетравлення вуглеводів відбувається в ротовій порожнині й тонкій кишці за участю амілази. Жири емульгуються у тонкій кишці під дією жовчі, після чого перетравлюються за допомогою ліпази. Травлення білків відбувається в шлунку завдяки пепсину і в тонкій кишці — завдяки трипсину. Травні ферменти є білками, що активні лише за певних умов (температури й кислотності). Кожен фермент перетравлює лише відповідні йому речовини.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

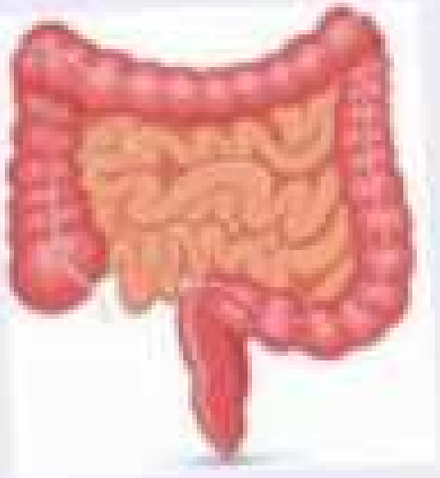
1. За мал. 18.1 (с. 83) і таблицею (с. 92) визнач, до яких молекул перетравлюються білки, жири, крохмаль. Які ферменти забезпечують перетравлення кожної групи речовин?
2. У яких відділах травного каналу відбувається перетравлення вуглеводів? Білків? Жирів?
3. Які речовини можуть перетравлюватися і в кислому, і в лужному середовищі? Які — лише в лужному?
4. Уважно ознайомся з властивостями травних ферментів. Поясни, чому амілаза не може перетравити білок м'яса. З якою властивістю ферментів це пов'язано?
5. Чи може пепсин, що надходить до дванадцятипалої кишки з хімусом, брати участь у наступному перетравленні білків разом із ферментами кишківника? Обґрунтуй відповідь.
6. Яка роль печінки і жовчного міхура у процесах травлення?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 21 Всмоктування поживних речовин. Мікробіом кишківника. Нейрогуморальна регуляція травлення

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Поміркуй, який сенс у тому, що тонка кишка має товщину 3–4 см, у товста — близько 7 см? Як це пов'язано з функціями цих відділів травного тракту?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Пацієнти із цукровим діабетом I типу потребують інсуліну. Щодня вони отримують підшкірні ін'єкції цього гормону. Чому не можна використовувати інсулін у формі таблеток? Адже такий спосіб прийому ліків є набагато зручнішим.

2 У моменти стресу, хвилювання ми відчуваємо, що пересихає в горлі. Нам складно ковтнути суху їжу. Чим це спричинено?

БІОСЛОВО

Ворсинки кишківника — пальцеподібні вирости внутрішньої поверхні тонкої кишки, що суттєво збільшують площу всмоктування.

Перистальтика — хвилеподібні рухи порожнистих трубчастих органів, що сприяють просуванню їх вмісту в певному напрямку.

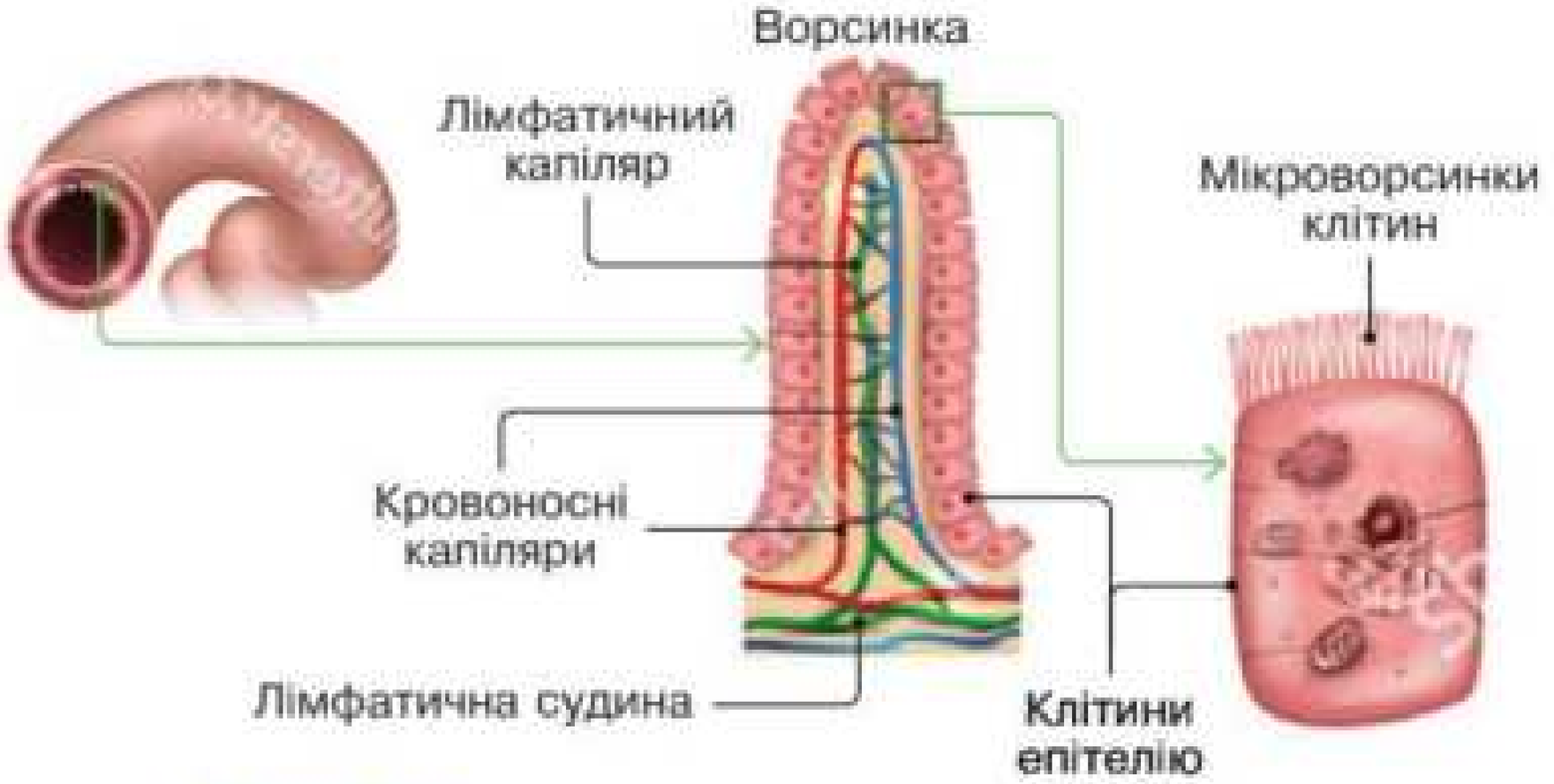
Мікробіом кишківника (англ. *gut microbiome*) — спільнота всіх мікроорганізмів, що населяють кишківник: бактерій, архей, мікроскопічних грибів і навіть вірусів.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Головне завдання травної системи — забезпечити організм поживними речовинами. Тому після процесів перетравлення їжі відбувається всмоктування поживних молекул — амінокислот, глюкози, жирних кислот тощо. Починається цей процес ще в ротовій порожнині, продовжується у шлунку (наприклад, тут швидко поглинається алкоголь). Проте основну роль у процесах усмоктування відіграє тонка кишка.

Її внутрішня поверхня утворює велику кількість ворсинок (мал. 21.1), епітеліальні клітини яких мають чиселенні мікроворсинки. Така будова забезпечує суттєве збільшення площі всмоктування — до 200–400 м^2. Епітеліальні клітини поглинають із кишківника молекули поживних речовин і перенаправляють їх у судини. Кожна ворсинка має сітку кровоносних капілярів і лімфатичний капіляр, що сліпо починається на верхівці ворсинки. Амінокислоти і глюкоза проникають у кров, яка транспортує їх до печінки й далі всім тілом.

Продукти перетравлення жирів — жирні кислоти і гліцерол — всмоктуються епітеліальними клітинами, у яких одразу синтезуються власні жири. Ці молекули поєднуються й утворюють маленькі ліпідні кульки, що проникають у лімфатичні капіляри. Лімфа, що відтікає від кишківника, є емульсією, яка містить завислі жирові часточки, і тому нагадує молоко.



Мал. 21.1. Ворсинки тонкого кишківника

Поздовжні кільцеві м'язи кишківника постійно здійснюють маятникоподібні та хвилеподібні рухи й далі хімус переміщається, контактує з епітеліальними клітинами ворсинок, що сприяє всмоктуванню з хімусу якомога більшої кількості поживних речовин.

Процеси травлення за участю власних ферментів та всмоктування переважної більшості продуктів травлення завершуються в тонкій кишці.

Основними функціями товстої кишки є всмоктування води, неорганічних речовин, йонів, а також вітамінів і деяких інших важливих речовин, синтезованих мікробіомом — бактеріями та іншими важливими мікроорганізмами — мешканцями нашого травного каналу.

У товстій кишці хімус перетворюється на неперетравлені рештки, основну частину яких становить клітковина (волокна целюлози). Саме вона є джерелом живлення симбіотичних бактерій.

У товстій кишці неперетравлені рештки перебувають 12–24 години. Завдяки перистальтичним скороченням стінки товстої кишки неперетравлені рештки повільно просуваються вздовж ободової кишки. Калові маси, третину яких становлять симбіотичні бактерії, накопичуються у прямій кишці. У разі її заповнення (це зазвичай відбувається 1–2 рази на добу) м'язи стінки кишки сильно скорочуються і калові маси виводяться назовні через анальний отвір.

Організм людини — це маленька екосистема, яку одразу після народження заселяють мікроорганізми. Видовий склад і кількість мікроорганізмів змінюються залежно від віку, харчування, способу життя, побутових умов, контакту з тваринами тощо.

ЗНАЧЕННЯ БАКТЕРІЙ ТА ІНШИХ ОРГАНІЗМІВ МІКРОБІОМУ

- Синтезують і виділяють у товсту кишку вітаміни К і В, особливі жирні кислоти, необхідні людині.
- Захищають від патогенних мікроорганізмів, стимулюють імунітет.
- Регулюють багато процесів в організмі (певною мірою впливають на наш вибір їжі, стимулюють пам'ять, розумову активність, сприяють виведенню зі стану стресу).

Мікробіом впливає на ефективність прийому деяких ліків. Відіграє значну роль у протидії онкологічним хворобам (зокрема, раку товстого кишківника), впливає на масу тіла і навіть на наш настрій. Порушення мікробного балансу в кишківнику може спровокувати розвиток діабету, ожиріння, алергії, серцево-судинних і неврологічних хвороб.

Робота травної системи перебуває під контролем нервово-гуморальної регуляції.

НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ ТРАВЛЕННЯ

- У довгастому відділі головного мозку міститься центр, що регулює слиновиділення і ковтання.
- Симпатичний відділ вегетативної нервової системи гальмує травлення (секрецію травних залоз, перистальну), а парасимпатичний, навпаки, посилює.
- Гіпоталамус містить центр голоду й насичення, що регулює харчову поведінку.

ГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ ТРАВЛЕННЯ

- Гормон надниркників — адреналін — гальмує травлення.
- Низький рівень насичення крові поживними речовинами збуджує центр голоду в гіпоталамусі, чим стимулює харчову поведінку.

Ендокринні клітини травної системи виділяють низку гормонів, що стимулюють або гальмують роботу певних травних залоз.

Нервова регуляція здійснюється рефлекторно: надходження їжі в ротову порожнину стимулює виділення травних секретів — слини, шлункового соку, жовчі та інших. Умовні рефлекси, пов'язані з травленням, формуються внаслідок багаторазового повторення певних ланцюжків подій.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Основну роль у всмоктуванні поживних речовин виконує тонка кишка, внутрішня поверхня якої утворює численні ворсинки. Амінокислоти, глюкоза надходять у кровоносні капіляри ворсинок, а молекули, що утворюються з продуктів перетравлення жирів, — у лімфатичні капіляри. У товстій кишці всмоктується вода, мінеральні речовини і вітаміни, формуються калові маси, що періодично виділяються крізь анальний отвір. Травний канал, особливо товста кишка, населений мікробіомом, що виконує важливі функції. Робота травної системи регулюється нервовою та ендокринною системами.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Чому деякі види ліків термінової дії рекомендують подрібнити й покласти під язик?
2. Доведи, що будова тонкої кишки відповідає її функціям. *Поради:* зосередься на кожній функції і поясни, як особливості будови забезпечують її виконання. У доведенні використай словосполучення, що стосуються будови: надходження ферментів з травних залоз, велика площа, утворення ворсинок, наявність капілірів та лімфатичних судин тощо.
3. Які речовини всмоктуються у кишківнику в кровоносні капіляри, а які — в лімфатичні?
4. Опиши функції товстої кишки.
5. Робота з медіаресурсами. Опрацюй інформацію в е-ДОДАТКУ (завдання 21.1). Доповни її розповіддю про роль мікробіому для людини.
6. Поясни, як здійснюється нервово-гуморальна регуляція процесів травлення.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 22 Вітаміни. Збалансоване харчування

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Давно відомо, скільки грамів білків, жирів і вуглеводів потрібно людині щодня, скільки калорій має містити їжа для того, щоб забезпечити організм енергією. Тоді, мабуть, і немає потреби в різноманітній їжі, овочах і фруктах, бо можна зробити коктейлі, пастилки, що міститимуть необхідні речовини. То що, не будемо ускладнювати собі життя приготуванням різноманітних страв?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Для людини аскорбінова кислота — вітамін, а для собаки — ні. Уважно прочитай визначення терміна *вітамін* і запропонуй, як можна пояснити таке суперечливе твердження.

2 Веганська дієта — це рослинна дієта без продуктів тваринного походження. Поміркуй, наскільки таке харчування є природним для людини. Які переваги і ризики такої дієти?

БІОСЛОВО

Вітаміни — органічні сполуки, необхідні для життєдіяльності організму в невеликій кількості, не утворюються в організмі, тому повинні надходити разом з їжею.

Гіповітаміноз — нестача того чи іншого вітаміну в організмі.

Енергетичний баланс — співвідношення енергії, що надходить до організму з їжею, і тієї, що витрачається внаслідок діяльності організму.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Ще в давні часи мореплавці зауважили, що відсутність у раціоні овочів та фруктів призводить до цинги, тоді як споживання цитрусових усуває ознаки хвороби.

Також помітили, що кури, яких годували лише шліфованим рисом, мали ознаки хвороби бері-бері — проблеми з координацією рухів. Коли ж у раціон додали цільні рисові зерна, птахи одужали. На початку XX століття з оболонок зернівок рису отримали речовину, яку згодом назвали «вітаміном» (зараз це вітамін B_1).

Тобі відомо, що вітаміни — важливий компонент їжі. Виділяють 13 (деякі вчені 14) видів вітамінів.

ВІТАМІНИ

ВОДОРОЗЧИННІ	ЖИРОРОЗЧИННІ
C, B_1, B_2, B_3, B_6, B_7, B_9, B_{12}	A, D, E, K

Вітаміни мають різну хімічну природу, не є джерелом енергії, але вкрай важливі для багатьох процесів у клітинах та в організмі загалом. Наприклад, вітамін С відіграє важливу роль у синтезі колагену, за нестачі якого ушкоджуються стінки кровоносних судин, кровоточать ясна.

Вітаміни групи В є компонентами багатьох ферментів. Тож без них не можуть відбуватися процеси синтезу ДНК, клітинне дихання, синтез АТФ тощо. Вітамін D регулює обмін Кальцію в кістковій тканині.

За нестачі вітамінів розвивається гіповітаміноз, у разі надлишку — гіпервітаміноз.

З характеристикою деяких вітамінів ознайомся за таблицею.

Вітамін	Добова потреба	Значення в організмі	Джерело вітаміну	Проблеми за гіповітамінозу
A	700–900 мкг	Компонент зорових пігментів, підтримує епітеліальну тканину, регулятор росту	Молочні продукти, риба, морква, шпинат, гарбуз	Проблеми сутінкового зору (куряча сліпота), хвороби шкіри
B_1	1,1–1,2 мг	Участь у роботі нервово-м'язових з'єднань	Цільні злаки, овочі, яйця, молочні продукти, банани	Поліневрити, порушення координації рухів, бері-бері
B_{12}	2,4 мкг	Участь в утворенні еритроцитів, ДНК і РНК	М'ясо, яйця, молочні продукти	Анемія, оніміння, втрата рівноваги
C	75–90 мг	Участь у синтезі колагену, участь в імунітеті	Цитрусові, квашена капуста, броколі, смородина	Цинга, кровоточивість ясен
D	15 мкг	Регуляція обміну кальцію	Риба, молочні продукти, жовток яйця	Рахіт, порушення твердості кісток
K	110 мкг	Участь у процесах зсідання крові	Зелень, чай, синтезується мікробіомом	Порушення зсідання крові

До складу раціону має входити достатня кількість клітковини — волокон целюлози, що містяться у рослинних продуктах. Клітковина наповнює кишківник, стимулює перистальтику і є джерелом харчування для мікробіому. Тож споживання достатньої кількості клітковини є дуже важливим.

Останнім часом переглянуто рекомендації щодо збалансованого (раціонального) харчування. Зміни стосуються зменшення кількості швидких вуглеводів для всіх вікових груп. Підліткам рекомендують зменшити кількість жирів, але додати білки для нарощування м'язової маси. Дорослим — дещо збільшити кількість білків, жирів, фолієвої кислоти (вітамін B_9) і вітаміну D.

Експерти з харчування Гарвардської школи громадського здоров'я, які розробили так звану «тарілку здорового харчування» (мал. 22.1), пропонують розділити її на чотири частини так, щоб їх заповнювали певні групи продуктів: білкові страви, зернові, фрукти та овочі. Дуже важливою складовою хорошого самопочуття та контролю маси тіла є фізична активність.

Рекомендації від експертів, які розробили «тарілку здорового харчування»:

1. Овочі та фрукти займають половину тарілки. Бажано, щоб вони були різного кольору й вигляду.

2. Цільнозернові продукти — ячмінь, зерна пшениці, вівсянку, гречку і продукти з них — покладіть на четверту частину тарілки. Пам'ятайте, що макарони із твердих сортів пшениці корисніші, ніж білий хліб.

3. Для білків також залиште четверту частину тарілки. Рибу, курку, квасолю, горіхи додавайте до салатів і поєднуйте з овочами. Уникайте червоного м'яса, сосисок і бекону.



Мал. 22.1. Тарілка здорового харчування

4. Корисні рослинні олії — оливкову, ріпакову, кукурудзяну, соняшникову, арахісову — вживайте в помірній кількості.

5. Пийте воду або чай. Відмовтеся від солодких напоїв. Молока і молочних продуктів уживайте не більше двох порцій, а соку — невелику склянку в день.

Харчові потреби залежать і від способу життя людини. Що більші витрати енергії, то більше її має надходити в організм разом із їжею. Тож під час формування раціону важливо враховувати калорійність харчових продуктів. Важливо обмежити вживання солодких напоїв, особливо газованих.

Спортсмени й працівники професій із високим фізичним навантаженням мають споживати більше білків для підтримання м'язової маси.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

До складу харчового раціону мають входити вітаміни — органічні сполуки, що не синтезуються в організмі, але дуже важливі в процесах обміну речовин. Деякі вітаміни синтезуються мікробіомом. За нестачі вітамінів порушуються певні процеси в організмі. Також потрібно споживати достатньо води, мінеральних солей і клітковини. Розроблено рекомендації щодо збалансованого харчування. Особлива роль відводиться споживанню овочів і фруктів. Під час укладання харчового раціону потрібно зважати на енергетичні витрати організму.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

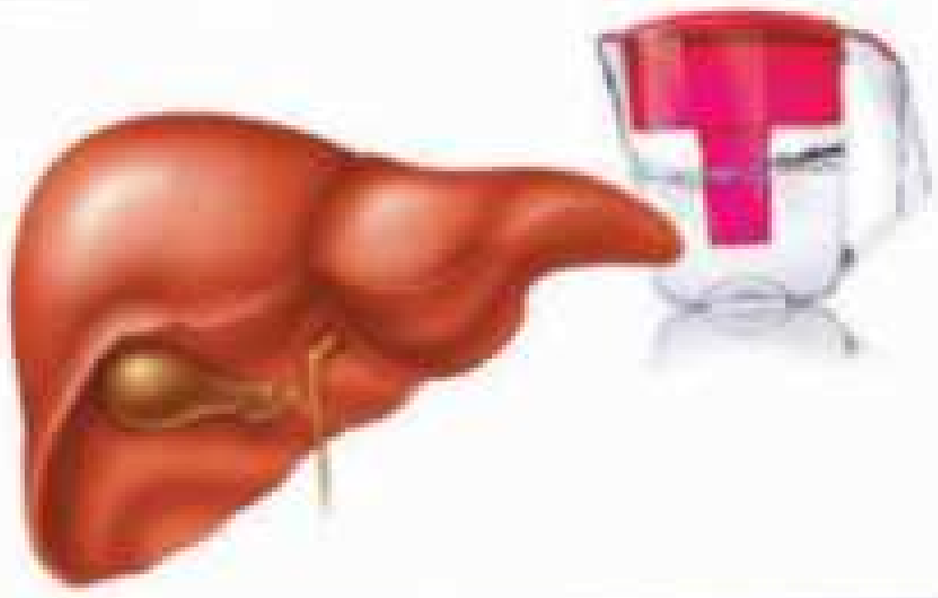
1. Зазвичай говорять про нестачу вітамінів, значно рідше — про їх надлишок. Яких вітамінів — водо- чи жиророзчинних може накопичуватися в організмі забагато?
2. Порівняй енергетичну цінність і склад (білки, жири, вуглеводи, вітаміни) п'яти продуктів, які ти часто споживаєш. Дані про склад знайди на етикетках. Проаналізуй, які із цих продуктів найкорисніші.
3. Визнач свій добовий енергетичний баланс. Проведи роботу за запропонованим планом в е-додатку (завдання 22.1).
4. Спираючись на розуміння енергетичного балансу запропонуй необхідні зміни в харчуванні та способі життя, щоб зменшити надлишкову масу тіла.
5. Доведи, що квашена капуста — цінний харчовий продукт.
6. Робота з медіаресурсами. Опрацюй інформацію в е-додатку (завдання 22.2) і поясни, як дбати про свій мікробіом, щоб і він дбав про нас.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 23 Розлади діяльності травної системи та їх профілактика. Знешкодження токсичних сполук в організмі людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Печінку часто називають фільтром. Поміркуй, що і як вона очищує. Фільтри зазвичай викидають і замінюють новими. Як печінка беззмінно виконує усю цю роботу упродовж життя?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Деякі тварини (наприклад, коні, верблюди, пацюки, голуби) не мають жовчного міхура. Трапляється, що людині видаляють цей орган через утворення жовчних каменів чи з інших причин. Поміркуй, які особливості харчування притаманні видам тварин, у яких відсутній жовчний міхур. Яких правил, на твою думку, мають дотримуватися люди, позбавлені цього органа?

2 Чому харчові отруєння та інфекційні хвороби, пов'язані з органами травлення, частіше трапляються влітку (теплої пори року)?

БІОСЛОВО

Токсини — отруйні речовини, що виробляються живими організмами (бактеріями, грибами, рослинами, тваринами).

Детоксикація — знешкодження і виведення з організму токсичних речовин.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Разом із продуктами харчування, водою, напоями в організм людини можуть потрапити небезпечні мікроорганізми та їх токсини, що нерідко призводить до розвитку харчових отруєнь. ***Проаналізуй за схемою (мал. 23.1) причини їх розвитку.***



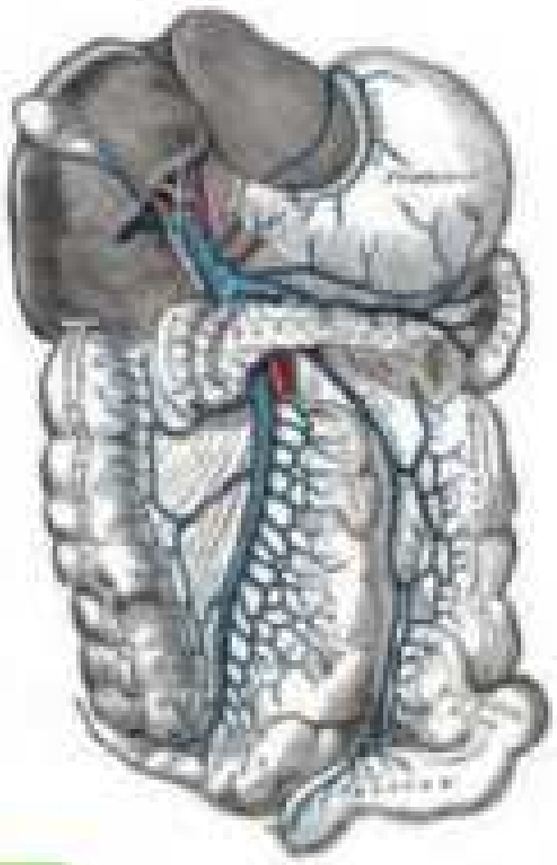
Мал. 23.1. Причини харчових отруєнь

Через кілька годин після проникнення патогенних мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності розвиваються симптоми отруєння: болі в животі, нудота, блювання, діарея (пронос), лихоманка. У такому разі слід терміново промити шлунок, викликавши блювоту, пити багато рідини (підсоленої або мінеральної води, прохолодного чаю), і у разі збереження симптомів обов'язково звернутися до лікаря. Схожі симптоми можуть спостерігатися у випадку проникнення в організм хімічних отрут, як-от пестицидів, нітритів, побутових токсикантів (засобів санітарії), алкоголю, речовин для куріння і «паріння» (особливо незрозумілого походження).

Великі дози отруйних речовин можуть спричинити тяжкі отруєння, і навіть смерть. Деякі речовини (зокрема, ботулотоксин) блокують роботу синапсів, що може призвести до паралічу дихальних м'язів. Цей токсин виробляється анаеробною бактерією і здатний накопичуватися у грибних і м'ясних консервах за відсутності кисню, недостатньому вмісту кислоти (pH > 4,6) і солі. Високий вміст нітритів у їжі й воді порушує механізм транспортування кисню. Чимало пестицидів, побутових токсикантів є канцерогенними речовинами, що спричиняють розвиток онкологічних хвороб. Отрута блідої поганки в більшості випадків є смертельною для людини. *Ознайомся в* **е-додатку** *з інформацією про небезпеки отруєння грибами та алгоритмом дій в разі отруєння (завдання 23.1).*

Організм людини має певні шляхи знешкодження (детоксикації) отруйних речовин. Головну роль у цих процесах відіграє печінка. Припустимо, у шлунок потрапляє алкоголь або отрута грибів. Через 10–20

хвилин ці речовини почнуть всмоктуватися в кров, яка ворітною веною донесе їх до печінки (мал. 23.2). Клітини печінки — гепатоцити — вилучають із крові алкоголь чи токсини. В ендоплазматичній сітці гепатоцитів працюють ферменти, під дією яких відбувається їх перетворення у менш токсичні водорозчинні речовини. Деякі небезпечні сполуки виділяються у жовчні протоки і через кишківник виводяться назовні. Також у печінці продукт розпаду білків — амоніак — перетворюється в менш токсичну сечовину, що нирками виводиться з організму.



Мал. 23.2. Система ворітної вени печінки

Окрім описаних функцій, печінка синтезує білки плазми крові, накопичує глікоген, Ферум, вітамін B_{12} тощо. Вірусні інфекції (гепатити A, B, C) можуть призвести до руйнування гепатоцитів, їх заміщення жировою тканиною (цироз печінки), що веде до втрати важливих функцій.

Іноді внаслідок порушення відтоку жовчі або процесів обміну в жовчному міхурі розвивається жовчнокам'яна хвороба (мал. 23.3), що веде до порушення відтоку жовчі. У такому разі, як і при гепатитах, спостерігається жовтяниця (мал. 23.4), болі у правому підребер'ї. У разі появи таких ознак необхідно терміново звертатися до лікаря!



Мал. 23.3. Камені в жовчному міхурі й жовчних протоках



Мал. 23.4. Жовтяниця

З їжею та водою в організм людини можуть потрапити збудники небезпечних бактеріальних (холера, сальмонельоз) і вірусних (гастроентерити, гепатити) хвороб. Сальмонельоз часто передається через недостатньо термічно оброблені продукти тваринного походження, зокрема сметану та яйця. Разом зі забрудненою їжею або водою можуть проникати яйця гельмінтів — паразитичних червів (аскариди,

гострики). Тому важливо дотримуватися правил зберігання та обробки харчових продуктів.

Розлади діяльності органів травної системи можуть бути пов'язані не лише з потраплянням збудників інфекцій, а й з незбалансованим харчуванням, зміною мікробіому, порушенням регуляторних процесів. *Ознайомся в* e-ДОДАТКУ *з інформацією про захворювання органів травної системи і виконай тест (завдання 23.2).*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Потрапляння патогенних мікроорганізмів та їх токсинів може спричинити харчові отруєння. У разі появи симптомів отруєння необхідно промити шлунок, викликавши блювоту, і пити велику кількість рідини. Основним органом детоксикації (знешкодження отруйних речовин) є печінка. Розлади діяльності органів травної системи можуть бути пов'язані з потраплянням вірусів і бактерій (гастроентерити, сальмонельоз, холера, гепатити), паразитичних червів (аскаридоз), розвитком запальних процесів — гастрит, панкреатит, апендицит, утворенням каменів (жовчнокам'яна хвороба). Розвитку хвороб сприяє порушення режиму харчування, вживання великої кількості алкоголю, жирної та смаженої їжі.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Обґрунтуй, чому потрібно споживати багато рідини у разі появи ознак харчового отруєння.
2. Розглянь малюнок 23.1 і укладі перелік правил, яких потрібно дотримуватися, щоб запобігти харчовому отруєнню.
3. Доведи, що печінка виконує важливу роль у збереженні гомеостазу.
4. Чому споживання алкоголю часто призводить до хронічних захворювань печінки й підшлункової залози?
5. Обґрунтуй правила запобігання та надання першої допомоги в разі отруєння грибами.
6. Робота з медіаресурсами. Ознайомся з інформацією про панкреатит із сайту МОЗ в e-ДОДАТКУ (завдання 23.3). З'ясуй, які основні причини й наслідки цієї хвороби.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Лабораторне дослідження дії слини на крохмаль.

МЕТА: дослідити процес перетравлення крохмалю під дією слини та визначити оптимальні умови для його перебігу.

МАТЕРІАЛИ І ОБЛАДНАННЯ: чотири пробірки, посудини для збирання слини, серветки, крохмальний клейстер, спиртовий розчин йоду, піпетки, лимонна кислота або оцет, вода тепла і холодна.

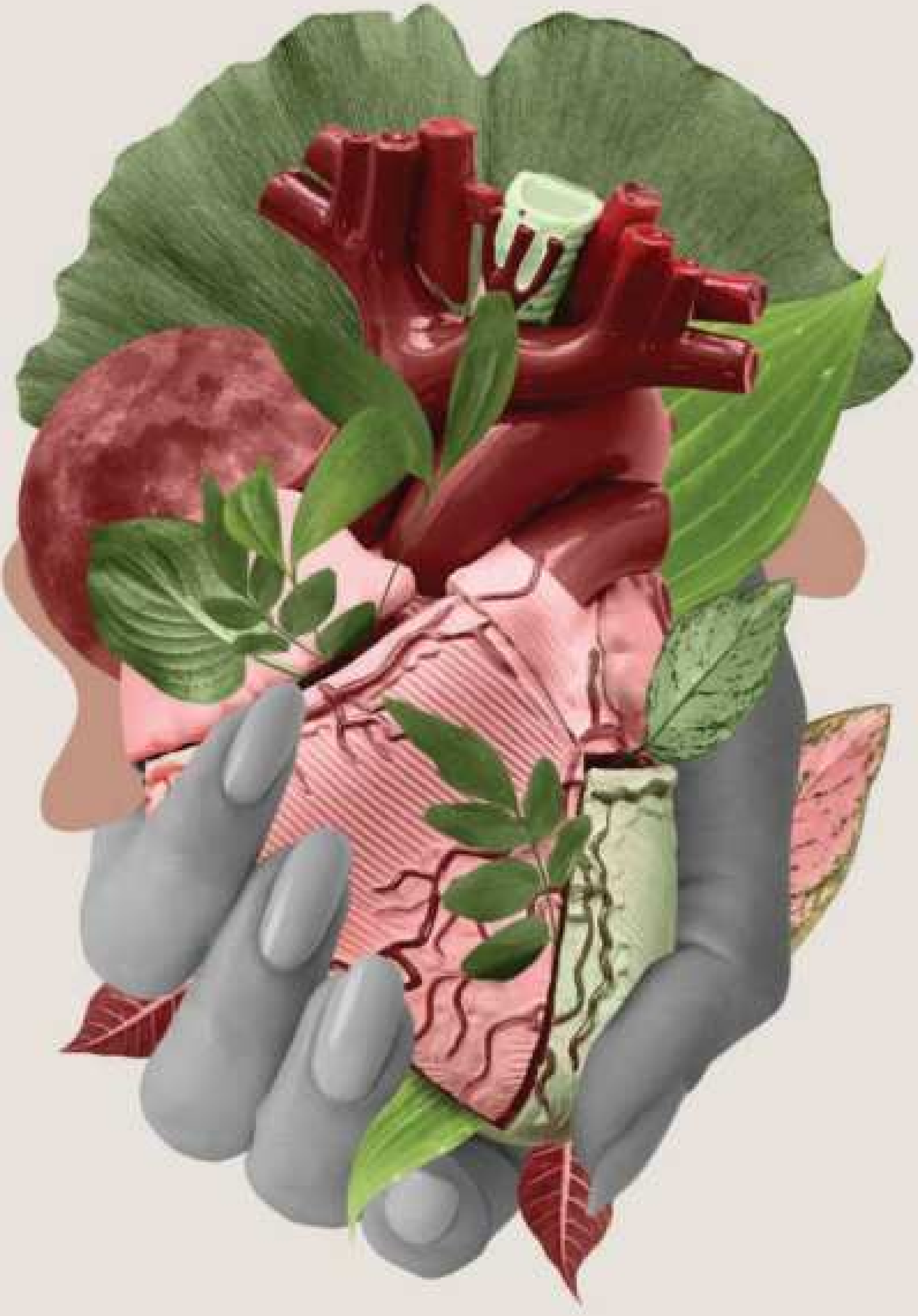
ХІД РОБОТИ:

1. Збери власну слину у зручну посудину.
2. У чотири пробірки налий по 1 мл крохмального клейстеру. Познач етикетками з номерами чи кольоровими стікерами кожну з пробірок.
3. У кожну пробірку додай по три краплі розчину йоду, розмішай. Як змінилося забарвлення вмісту пробірок?
4. У пробірки № 1, 2, 3 додай однакову кількість слини. Прикрий серветкою і струси вміст усіх пробірок.
5. У пробірку № 2 додай лимонну кислоту або оцет. Струси.
6. Пробірки № 1, 2, 4 помісти в банку з теплою водою (t — від 36 до 42 °С). Пробірку № 3 — у банку з холодною водою (t — від 5 до 15 °С).
7. Спостерігай за змінами, що відбуватимуться. Результати запиши у таблицю в зошиті.

Умови	Пробірка № 1	Пробірка № 2	Пробірка № 3	Пробірка № 4
Наявність слини				
Наявність кислоти				
Температура				
Забарвлення на початку досліду				
Забарвлення через 25 хв				

За результатами зроби висновки. Поясни, за яких умов відбувається розкладання молекул крохмалю, який фермент забезпечує цю реакцію і які оптимальні умови для його активності.

5 ВНУТРІШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ



§ 24 Внутрішнє середовище організму та його складові. Поняття про гомеостаз. Кров, її склад та функції. Органи кровотворення

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Іноді у книжках читаємо, що в людини з рани ллється яскраво-червона кров, натомість інші автори пишуть про темний колір крові. Крім того, трапляються згадки про «блакитну кров», нібито людина є родичем головоногих молюсків чи деяких ракоподібних, у яких кров дійсно має синє забарвлення. То якого кольору кров у людини насправді?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Кістковий мозок міститься в кістках людини. Чому він буває різного кольору? Навіщо потрібен такий мозок, якщо ним не можна думати?

2 З 1830-х років медики почали використовувати так званий фізіологічний розчин (мал. 24.1), який залишається актуальним дотепер (у 2020 році в США було виписано близько 1 млн рецептів на цей препарат). Як він пов'язаний з людською кров'ю? У яких випадках його використовують?



Мал. 24.1. Фізіологічний розчин

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Характерною особливістю живих організмів є здатність підтримувати відносну сталість і властивості свого внутрішнього середовища (гомеостаз). У людини, як і в інших ссавців, сталість внутрішнього середовища організму підтримується за різними параметрами — постійністю температури, хімічного складу, pH тощо. Одну з головних ролей у підтриманні цього стану відіграють рідини, які й утворюють таке середовище, — кров, лімфа, тканинна рідина.

Ці рідини постійно перетворюються одна в одну. Кров циркулює в судинах кровоносної системи. Її рідка частина (плазма) просочується крізь стінки судин у тканини і там формує тканинну рідину, яка збирається в лімфатичні капіляри й утворює лімфу. Лімфа ж по лімфатичній системі надходить у кровоносні судини і знову вливається у кров.

Кров — рідка тканина, що циркулює кровоносними судинами. *Перегляньв* ЕЛЕКТРОННОМУ ДОДАТКУ *відео про склад і функції крові (завдання 24.1).*



Мал. 24.2. Склад крові

Вона складається з рідкої частини (плазми) і формених елементів (еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів) (мал. 24.2).

Плазма крові на 91–92 % складається з води, вміст білків у ній 6–8 %. Також плазма містить глюкозу, сечовину, жири, солі, йони тощо (мал. 24.3). Загальна концентрація солей у плазмі становить близько 0,9%. Вона підтримується організмом стабільно. За необхідності (при крововтраті, інфекційних хворобах) використовують водний розчин відповідних солей та йонів такої ж концентрації. Його називають *фізіологічним*.

Формені елементи крові представлені як клітинами (еритроцити і лейкоцити), так і фрагментами клітин (тромбоцити — кров'яні пластинки). *Еритроцити* — червоні клітини крові. У зрілому стані вони не мають ядра і майже повністю заповнені білковими молекулами гемоглобіну. Їх основне завдання — перенесення кисню від легень до тканин організму. Саме від еритроцитів залежить забарвлення крові. Якщо молекули гемоглобіну сполучені з киснем, то вони забезпечують яскраво-червоне забарвлення крові (це артеріальна кров). Коли ж гемоглобін віддає кисень у тканинах, то забарвлення крові має темно-червоний відтінок (це венозна кров). Еритроцити мають форму увігнутого диска. Така



Мал. 24.3. Речовини, розчинені у плазмі крові

форма забезпечує якнайефективніше захоплення і виділення молекул кисню еритроцитом.

Лейкоцити — білі клітини крові — мають ядро, більшість здатні утворювати псевдоніжки. Тож можуть проникати крізь стінки кровоносних судин, поглинати бактерій, фрагменти зруйнованих клітин. Основним завданням лейкоцитів є захист організму від мікроорганізмів, чужорідних білків і токсинів та інших сторонніх речовин.

Тромбоцити є спеціалізованими фрагментами клітин і зазвичай не мають ядра. Вони відіграють важливу роль у процесі зсідання крові. Під час цього процесу формуються тромби, які закривають ушкоджені ділянки кровоносних судин і запобігають витіканню крові з організму (мал. 24.4).



Мал. 24.4. Утворення тромбу у ушкодженій судині

В 1 мл крові міститься 4–5 млн еритроцитів, 150–400 тис. тромбоцитів і лише 4–9 тис. лейкоцитів. Більшість формених елементів крові мають обмежену тривалість існування. В еритроцитів вона складає 100–120 діб, у тромбоцитів 5–7 діб. Більшість лейкоцитів існують 3–5 діб, деякі — кілька годин, а клітини імунної пам'яті — десятки років. Тому всі ці типи формених елементів в організмі постійно утворюються в органах кровотворення.

Основним джерелом їх утворення є червоний кістковий мозок. Він міститься в плоских кістках та епіфізах трубчастих кісток. Окрім нього, у процесі кровотворення (гемопоезі) задіяні селезінка й лімфатичні вузли. Але в них утворюються тільки лімфоцити. У селезінці також відбувається руйнація еритроцитів і тромбоцитів, які завершили свій життєвий цикл. Ще одна важлива функція селезінки — бути місцем накопичення формених елементів крові на випадок їх нестачі.

Завдяки рідкій міжклітинній речовині — плазмі — кров транспортує речовини від одних органів до інших *(виконай в* додатку *завдання 24.2)*. Кров відіграє важливу роль у терморегуляції та імунному захисті.

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Поняття *блакитна кров* з'явилося на території Іспанії. У людей зі світлою шкірою на руках можна легко розгледити поверхневі вени, кров у яких крізь шкіру видається синьою (насправді вона темно-червоного відтінку). Іспанська аристократія використовувала цей вислів, щоб показати, що її представники не мали родинних зв'язків із маврами (вони мали більш темний відтінок шкіри, крізь який поверхневі вени було видно гірше). Пізніше цей вислів поширився Європою як синонім аристократичного походження взагалі.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Гомеостаз є властивістю організму підтримувати відносну сталість свого внутрішнього середовища. Його формують кров, лімфа і тканинна рідина. Кров складається з рідкої частини (плазми) і формених елементів (еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів). Формені елементи крові утворюються в органах кровотворення — червоному кістковому мозку, селезінці і лімфатичних вузлах (в останніх двох утворюються тільки лейкоцити).

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Назви компоненти внутрішнього середовища організму, поясни взаємозв'язок між ними.
2. Які функції виконує кров? Доведи зв'язок будови складу крові з її функціями.
3. Які переваги для транспортування кисню надає форма еритроцитів і відсутність у них ядра?
4. Склади схему розміщення червоного кісткового мозку в скелеті людини.
5. Використовуючи малюнок 24.2 та/або додаткові джерела інформації, установи співвідношення різних компонентів крові. Запропонуй пояснення того факту, що їх частка в крові значно різниться.
6. На малюнку 24.4 показано процес утворення тромбу після ушкодження кровоносної судини. Поясни, які формені елементи крові беруть участь у цьому процесі і як вони у ньому задіяні.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 25 Групи крові (система АВО), резус-фактор і правила переливання крові. Зсідання крові

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Ідея про переливання крові від однієї людини до іншої у випадку значної крововтрати існувала ще здавна. Такі спроби лікарі робили неодноразово. Іноді навіть успішно. Чому ця практика набула поширення тільки на початку XX століття?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 На сьогодні відомо про існування понад сорока систем груп крові. Проте в більшості випадків під час переливання крові контролюють дві системи — АВ0 і резус-фактор. Чому?

2 Наприкінці XX століття набула поширення псевдонаукова теорія про харчування за групами крові. Її прибічники вважали, що першою у давніх мисливців виникла I група крові, другою (у давніх землеробів) — II група, згодом у давніх кочівників — III група. Отже, і харчуватися треба за групами. Більше споживати м'яса, зерна чи молочних продуктів, залежно від номера групи крові. Проте навіть елементарних знань із біології людини достатньо, щоб зрозуміти, що з наукового погляду це повна нісенітниця. Поясни, чому ця теорія хибна.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Кровоносна система людини є замкненою. Відповідно, кров не може безпосередньо виходити із неушкоджених судин у порожнини тіла або з організму назовні. Крізь стінки тонких судин може просочуватися плазма крові, утворюючи тканинну рідину. Лейкоцити можуть виходити крізь стінки капілярів, бо це необхідно для виконання функції захисту організму. Проте еритроцити і тромбоцити завжди повинні залишатися всередині судин. Ушкодження цілісності судин небезпечне для людини, бо зменшення кількості крові в кровоносній системі не дасть їй змоги виконувати свої функції.

Для запобігання тяжким наслідкам існує спеціальний механізм гемостазу (припинення кровотечі), у процесі якого спочатку відбувається звуження кровоносних судин біля місця кровотечі для зменшення втрат крові. Тоді тромбоцити реагують на ушкодження стінок кровоносних судин і скупчуються у місці ушкодження, утворюючи тимчасовий згусток. Одночасно запускається механізм зсідання крові. Суть його полягає в тому, щоб під впливом великої кількості речовин (факторів зсідання крові) перетворити молекули білка плазми фібриногену у нерозчинний фібрин. У нитках фібрину затримуються тромбоцити та еритроцити, що завершує формування тромба. Тромб надійно перекриває місце ушкодження і зупиняє крововтрату.



Мал. 25.1. Утворення тромбу

Великий набір факторів зсідання крові потрібен для надійного контролю процесу. Адже утворення тромбів всередині судин може перекрити кровоток і спричинити смерть людини. На жаль, утворення тромбів тривалий час перешкоджало застосуванню практики переливання крові. Люди давно розуміли, що великі крововтрати можна компенсувати завдяки крові іншої людини. Проте спроби переливання закінчувалися загибеллю пацієнтів.

Розібратися в цьому питанні вдалося на початку XX століття. У 1901 році Карл Ландштейнер відкрив групи крові, а пізніше Ян Янський зробив це відкриття повторно і незалежно від нього. Після цього стає зрозумілим, що переливати кров можна лише згідно відповідних правил.

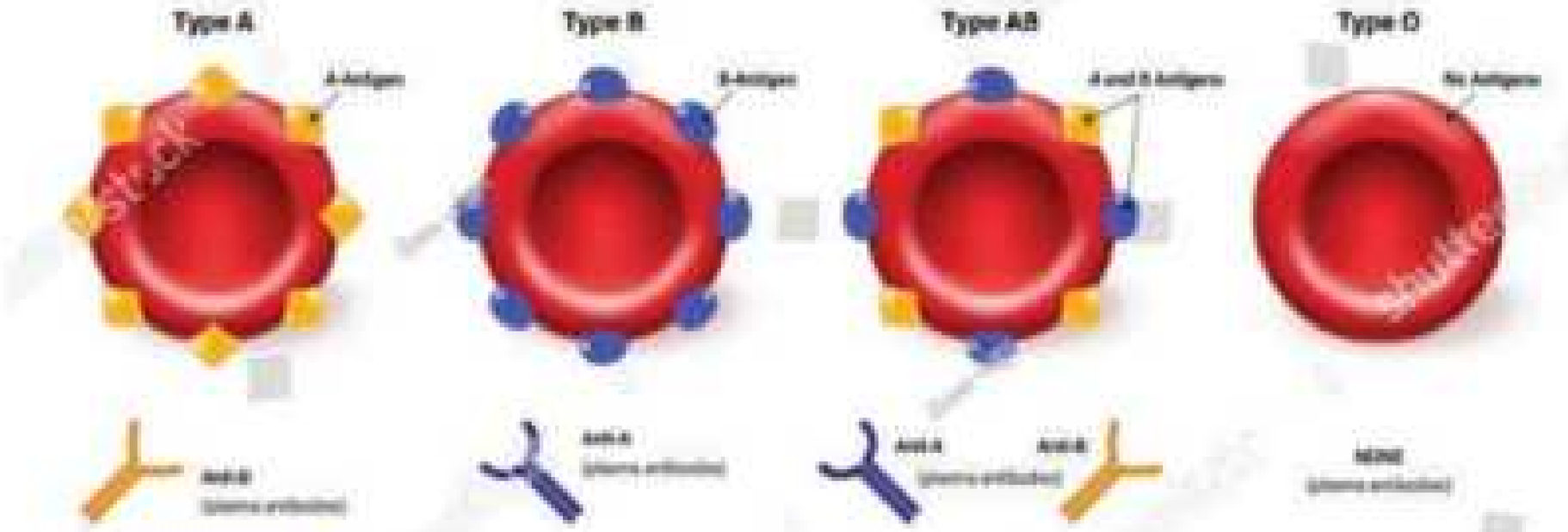
Поділ на групи крові відбувається за наявності на мембранах еритроцитів антигенів (зазвичай особливих білків), що спричиняють реакцію імунної системи організму. Ця реакція відбувається через наявність у плазмі крові інших специфічних молекул — антитіл, які взаємодіють з антигенами викликають реакцію злипання еритроцитів — *аглютинацію*. Якщо на еритроцитах людини наявні певні антигени, то в її плазмі крові немає відповідних антитіл. А якщо таких антигенів немає, то антитіла зазвичай є. Відповідно, при переливанні крові іншої групи відбувається аглютинація (склеювання еритроцитів), що врешті може призвести і до тромбоутворення і спричинити смерть.

Наявність антигенів визначається спадково. Вони кодуються певними генами (ділянками ДНК). Кожен ген може бути представлений кількома варіантами (алелями). Кожен алель може кодувати лише

один антиген. Встановлено кілька варіантів поділу на групи крові за генетичними ознаками. Найбільше практичне значення мають два варіанти: система АВО та резус-система.

Карл Ландштейнер і Ян Янський відкрили саме систему АВ0. Ген цієї системи існує в трьох варіантах. Перший із них кодує антиген А (аглютиноген А), другий — антиген В (аглютиноген В), а третій ніякого антигену не кодує (так званий нульовий алель). Відповідні до них антитіла іноді називають аглютинінами α і β.

Кожна людина отримує два алелі кожного гена (по одному від батька і від матері). Поєднання алелей дає чотири групи крові у системі АВО (мал. 25.2). Група крові А (II група) має лише антиген А й антитіла до В. Група крові В (III) — антиген В і антитіла до А. Група АВ (IV) має антигени А і В, а група О (I) не містить антигенів на еритроцитах, а лише антитіла у плазмі.



Мал. 25.2. Розташування аглютиногенів на поверхні еритроцитів для різних груп крові системи АВ0

Резус-систему груп крові відкрили пізніше, у 1937 році. Вона визначається наявністю на поверхні еритроцитів особливого антигену, що має назву резус-фактор (Rh). Якщо такий фактор у людини є, то вона вважається резус-позитивною, а її група позначається як Rh−. Людям з Rh− кров'ю не можна вливати кров Rh+, бо у відповідь на антиген Rh виробляться антитіла, що при повторному потраплянні Rh+ крові спричинить аглютинацію. Поєднання резус-фактора із системою АВ0 дає вісім можливих комбінацій груп крові (мал. 25.3).



Мал. 25.3. Системи груп крові Rh та АВ0

Переливання крові широко застосовують у сучасній медицині. Людей, у яких беруть кров, називають донорами, а тих, кому кров переливають, — реципієнтами. Без шкоди для здоров'я донори можуть одноразово здавати до 400 мл крові. Сучасні правила переливання крові віддають перевагу переливанню тієї крові, яка збігається за обома цими системами. У такому випадку ризик негативної реакції імунної системи буде найменшим. Часто для переливання використовують тільки певні компоненти крові (плазму, еритроцити тощо).

Виконай в Є-ДОДАТКУ *завдання 25.1.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Зсідання крові забезпечує перекриття витоку крові у випадку ушкодження кровоносних судин. У його процесі утворюється тромб, який перекриває місце ушкодження. Наявність на еритроцитах молекул-антигенів є причиною поділу крові на різні групи. Найбільш значимими для людини є дві системи груп крові — АВ0 і резус-система. Під час переливання крові слід відстежувати, щоб донор і реципієнт мали однакові групи крові.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

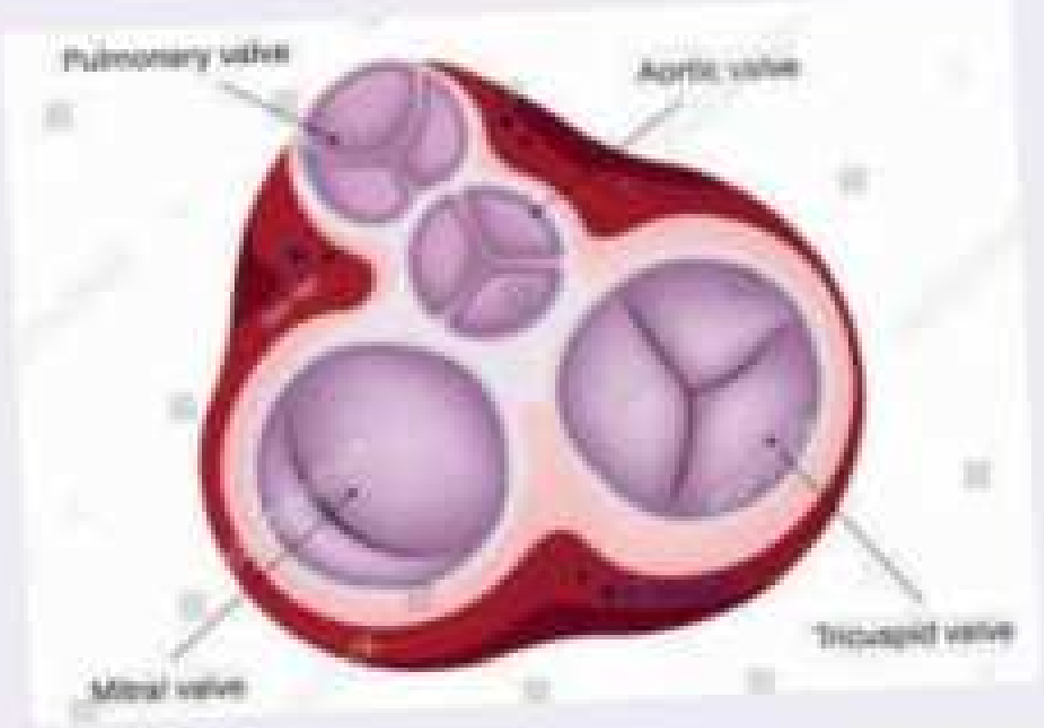
1. Чому здатність крові до зсідання має важливе значення для людини?
2. Які наслідки для людини під час поранень може мати надто низький вміст тромбоцитів у крові?
3. Система груп крові АВ0 існує не тільки в людини, а й у людиноподібних мавп. Чи спостерігатиметься реакція імунної системи за цією системою груп крові, якщо перелити кров людини мавпі шимпанзе, за умови, що групи крові донора і реципієнта будуть однаковими?
4. На еритроцитах людей з групою крові 0 аглютиногенів немає. Тому імунна система людини з іншою групою крові на них реагувати не буде. Водночас якщо перелити значну кількість такої крові, то конфлікт може виникнути. Чому?
5. Підготуй повідомлення про причини і наслідки резус-конфлікту матері і плода.
6. Ознайомся з інформацією про донорство в Є-ДОДАТКУ (завдання 25.2). Поясни, чому донорство є важливим, а міфи про нього — небезпечними.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 26 Система кровообігу. Серце: його будова і функції

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

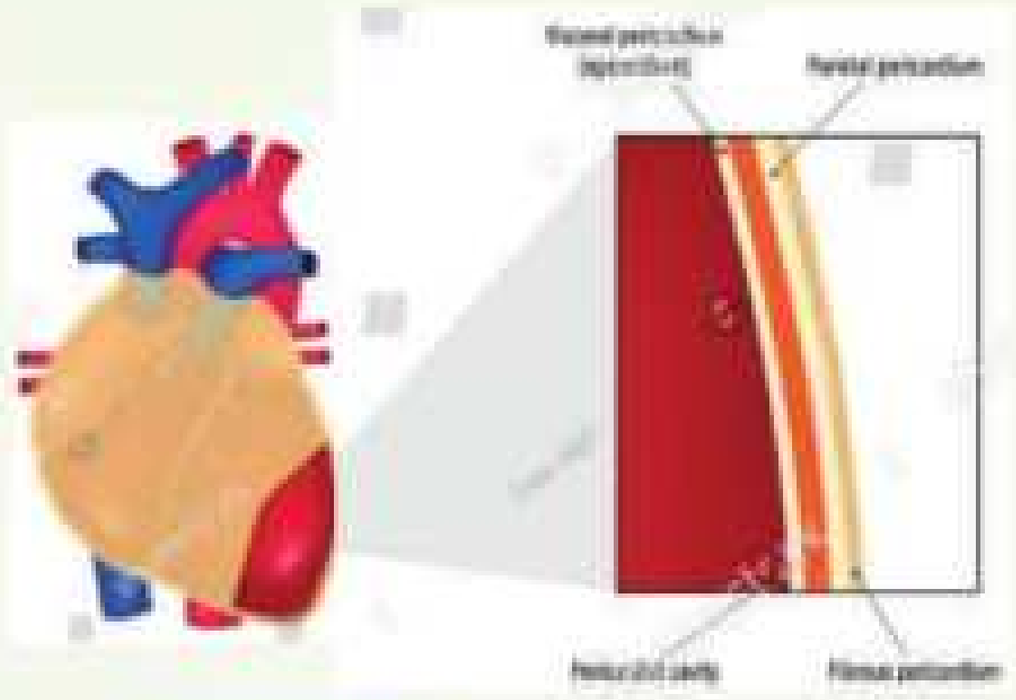


Відомо, що в серці немає кісток. Водночас учені стверджують, що скелет у серці таки є. Із чого він може бути утворений і для чого він?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Перегородка між передсердями в серці людини тонша, ніж перегородки між шлуночками. Чому?

2 Зовні серце оточене спеціальним мішком — перикардом (мал. 26.1). Навіщо цей мішок потрібен, якщо серце і так всередині тіла людини?



Мал. 26.1. Шари перикарда

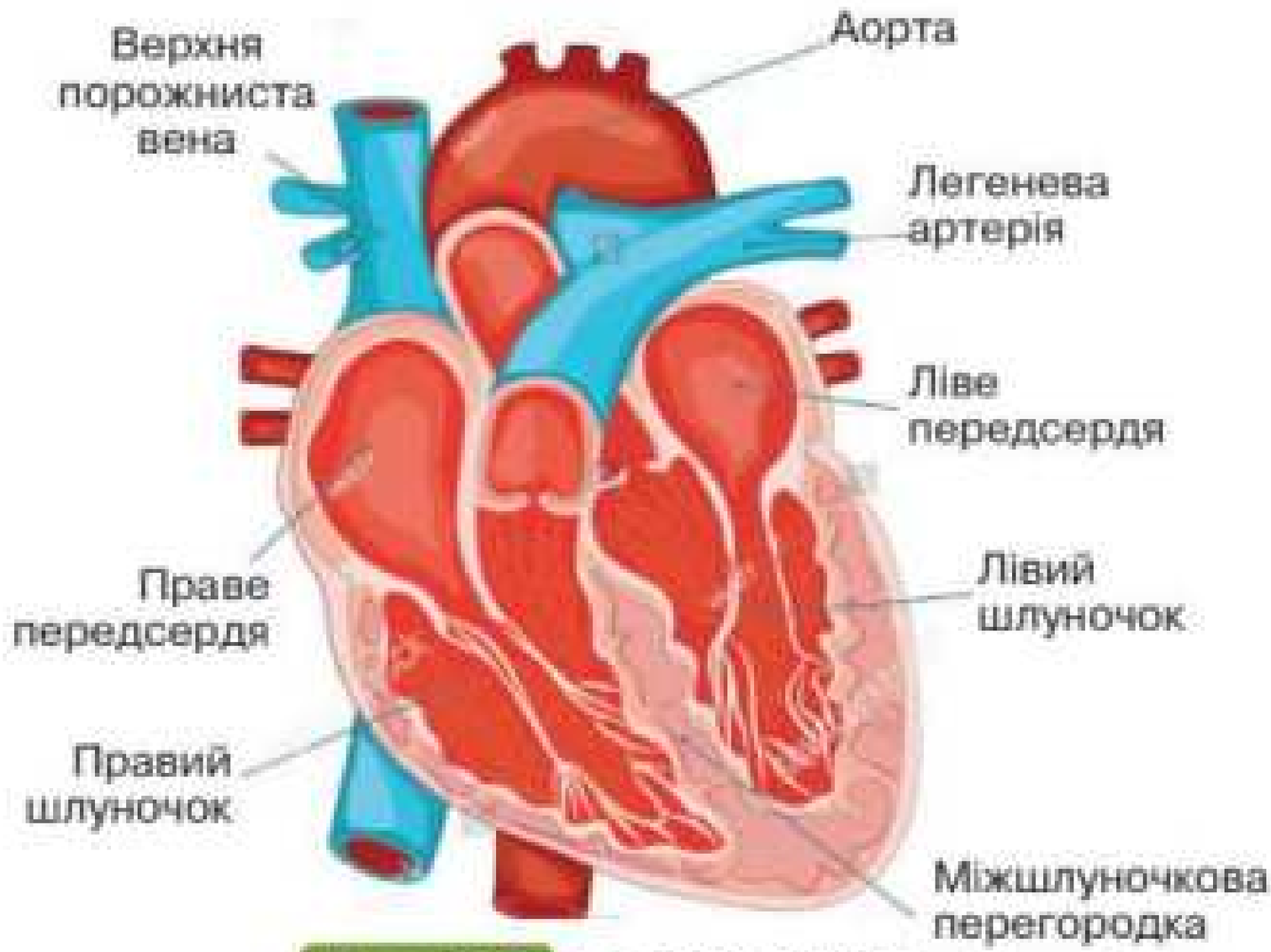
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Система кровообігу людини повинна постійно забезпечувати перенесення речовин між органами і тканинами тіла. Для цього кров у ній повинна постійно рухатися. Рух крові забезпечує серце — м'язовий орган, розташований у грудній клітці людини. Від інших органів серце відокремлює навколосерцева сумка — перикард, який є тонкою щільною оболонкою, утвореною сполучною тканиною. Він не дає змоги серцю зсуватися і надто сильно розтягуватися під час фізичних навантажень. У щілині між зовнішнім шаром серця і перикардом міститься близько 25 мл рідини, яка утворюється шляхом фільтрації з крово-

носних судин і містить певні білки. Ця рідина забезпечує зниження тертя під час роботи серця.

Анатомічно серце поділено на чотири камери: два передсердя (ліве і праве) і два шлуночки (лівий і правий) (мал. 26.2). Передсердя проштовхують кров у шлуночки, а вони — далі у кровоносну систему тіла. Тому товщина м'язової стінки шлуночків більша. Права і ліва половини серця між собою безпосередньо не пов'язані. У правій половині серця міститься венозна кров, а у лівій — артеріальна.

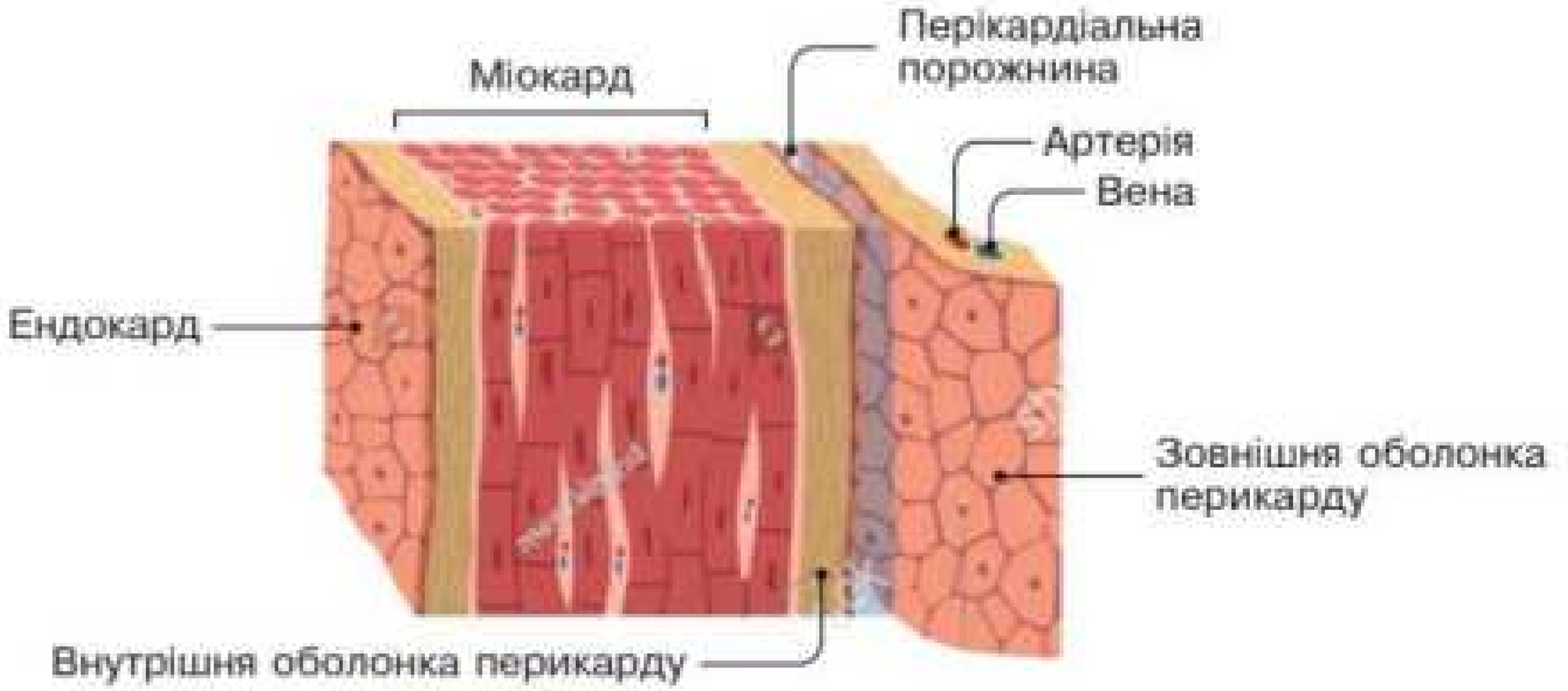
Для регуляції потоку крові в серці є спеціальні клапани. Між лівими передсердям і шлуночком розташовано двостулковий (мітральний) клапан, а між правими — тристулковий клапан. Між лівим шлуночком і аортою — аортальний клапан, а між правим шлуночком і легеневим стовбуром — півмісяцевий клапан легеневої артерії.



Мал. 26.2. Будова серця

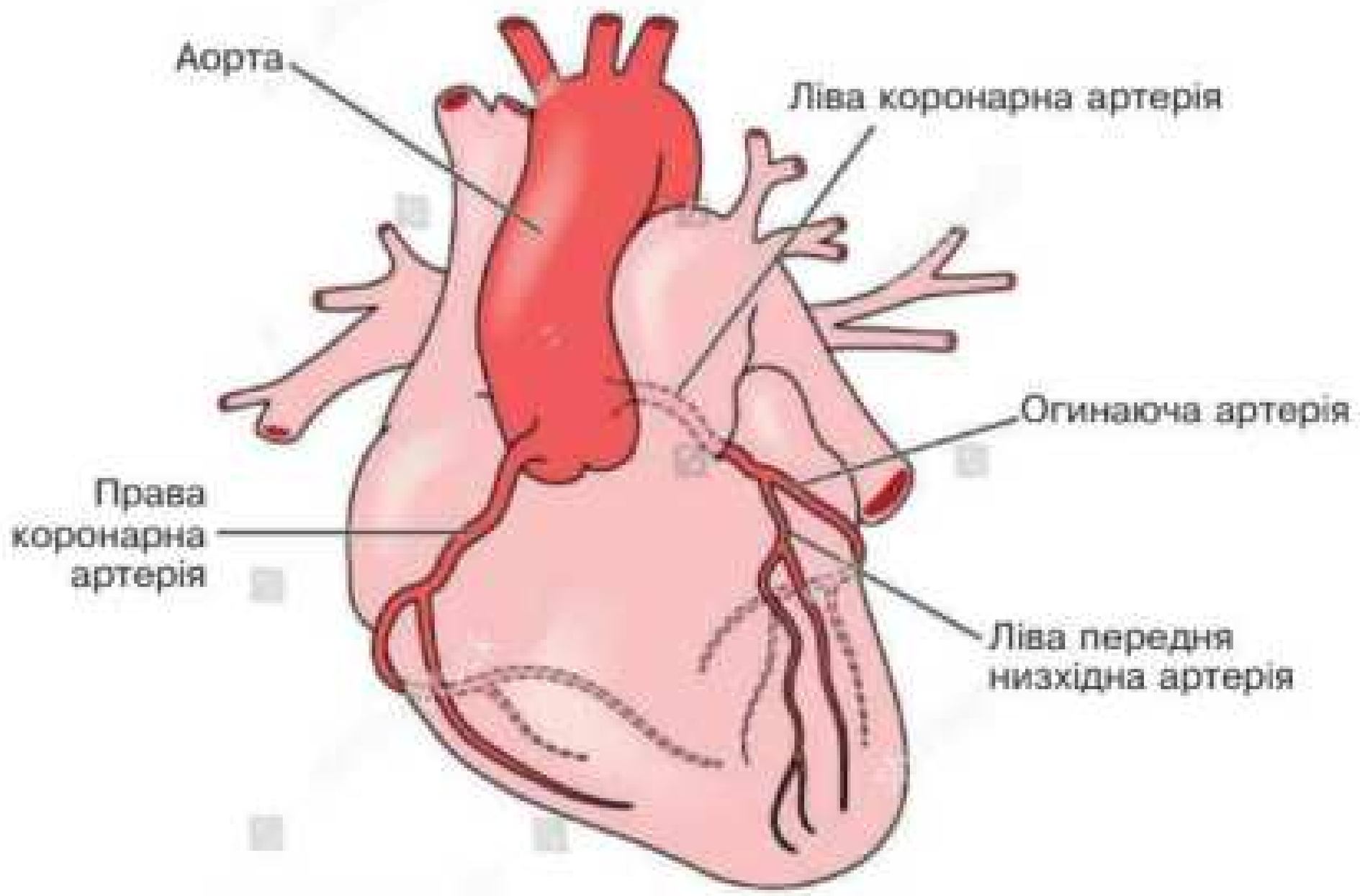
Серце є порожнистим органом, стінка якого складається з трьох шарів — зовнішнього (епікард), середнього (міокард) і внутрішнього (ендокард) (мал. 26.3). Ендокард і епікард є тонкими сполучнотканинними шарами, а міокард — м'язовим шаром, який становить основну частину серцевої стінки і забезпечує роботу цього органа. Міокард утворений серцевою м'язовою тканиною. *Переглянь в* е-додатку *відео про особливості будови серця (завдання 26.1).*

Серце є м'язовим органом і кісток не містить. Але скелет у серця таки є. Він складається зі сполучної тканини, що утворює клапани серця і каркас, у якому ці клапани закріплюються. Крім того, шар сполучної тканини відокремлює передсердя від шлуночків та електрично ізолює їх.



Мал. 26.3. Шари стінки серця

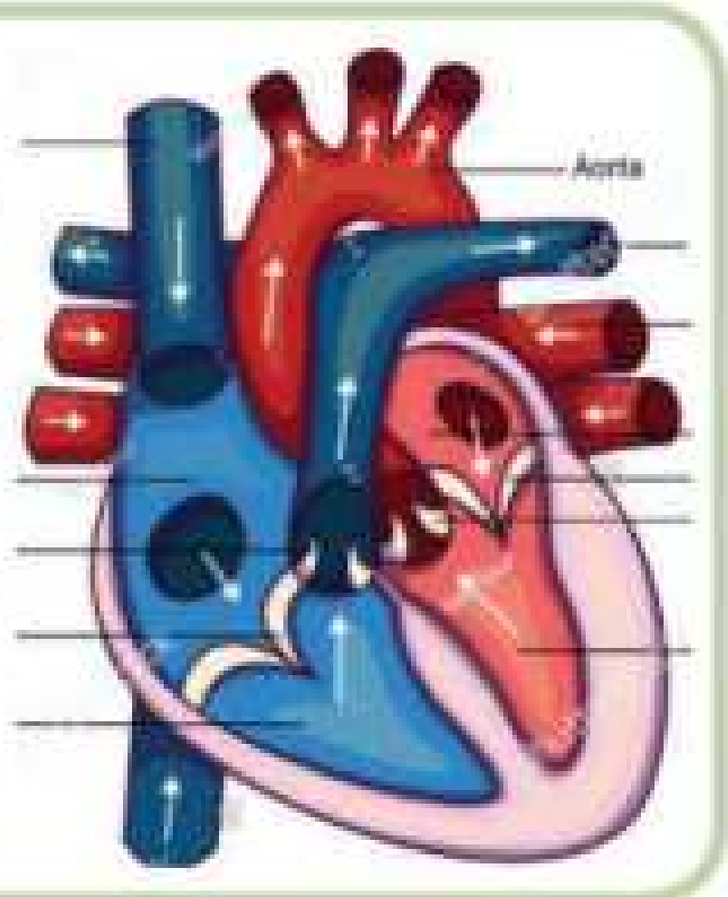
Важливим компонентом серця є система коронарних (вінцевих) артерій, які забезпечують кровопостачання власне серцевого м'яза (мал. 26.4). Ці артерії відходять від аорти. Їх функцією є постачання кисню і поживних речовин до серцевого м'яза. Слід зазначити, що ці артерії можуть певною мірою відрізнятися в різних людей. Будова системи коронарних артерій має індивідуальні властивості. Наприклад, ліва вінцева артерія може галузитися як на дві, так і на три артерії.



Мал. 26.4. Кровоносні судини серця

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Робота серця організована так, що кров у ньому може рухатися тільки в одному напрямку (мал. 26.5). Рухові в зворотному напрямку перешкоджає система клапанів, які розташовані між камерами серця та камерами і судинами, якими кров надходить і виходить із серця.



Мал. 26.5. Напрямок руху крові в серці

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Серце є порожнистим м'язовим органом, який забезпечує рух крові у кровоносній системі. Воно розташовано в навколосерцевій сумці — перикарді. Серце поділяється на чотири камери: два передсердя і два шлуночки. До його складу входять також серцеві клапани. Стінка серця складається з трьох шарів — епікарда, міокарда і ендокарда. Міокард займає основну частину стінки серця і утворений серцевою м'язовою тканиною. Живлення міокарда забезпечують коронарні (вінцеві) артерії.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. На які камери поділяється серце людини?
2. Яка кров перекачується правою половиною серця, а яка — лівою? Чим ці різновиди крові відрізняються між собою?
3. Які функції виконують клапани серця?
4. Навіщо потрібна рідина між епікардом і перикардом?
5. Ендокард гладкий за структурою. Чому ця гладкість важлива?
6. Трапляються випадки, коли між серцем і перикардом накопичується більше рідини, ніж зазвичай. До яких проблем це може призвести?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 27 Властивості серцевого м'яза. Робота серця. Регуляція роботи серця

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Кожний із нас відчуває, як працює його серце, і нам важко уявити, що якийсь орган може працювати без відпочинку. Тож чи відпочиває серце? А якщо і відпочиває, то як це відбувається?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Лікар під час обстеження може запропонувати людині зробити кардіограму (мал. 27.1). Що це таке і про що можна дізнатися з кардіограми?

2 Частота серцевих скорочень у людини змінюється під впливом сигналів вегетативної нервової системи. Але чи змінюватиметься вона, якщо нерви зазнають ушкодження і сигнали до серця не потраплятимуть?



Мал. 27.1. Кардіограма

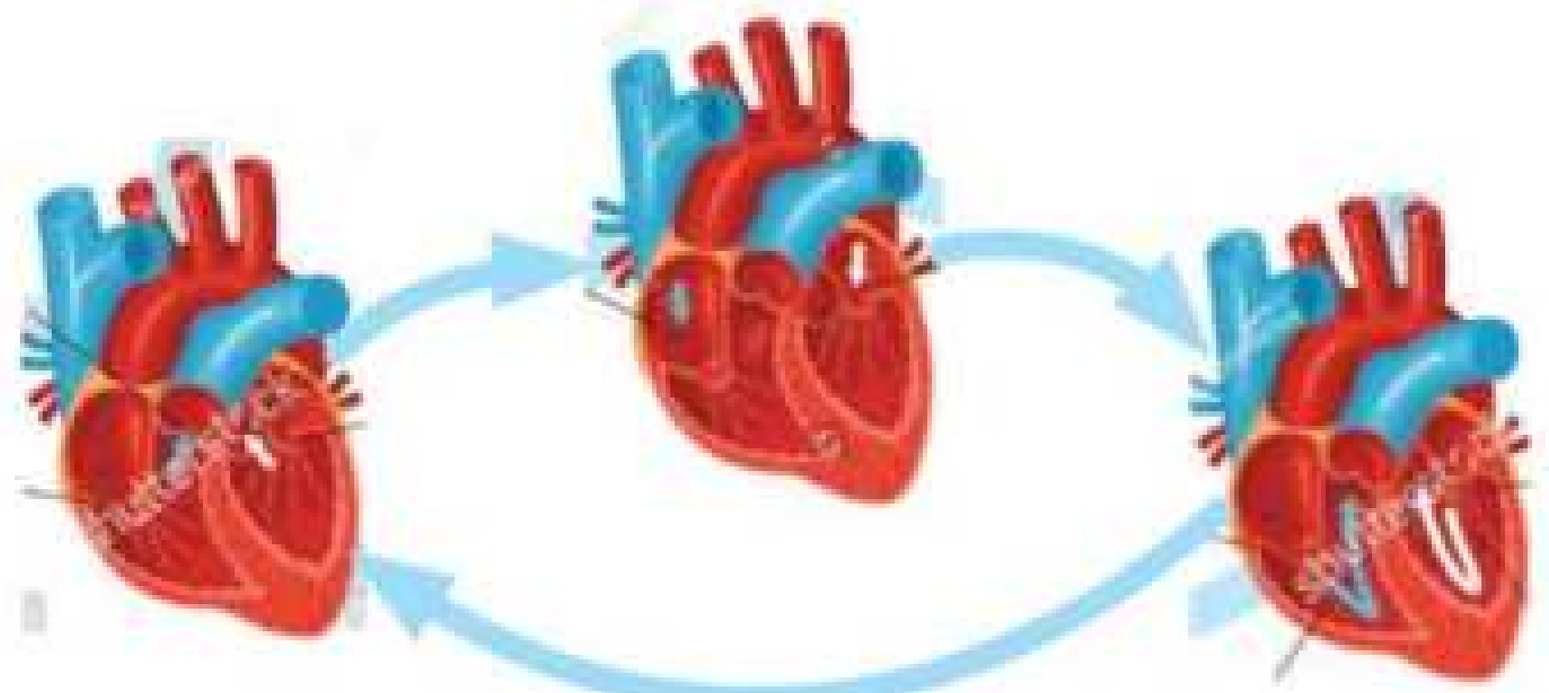
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Серцевий м'яз працює упродовж усього життя людини. Крім того, інтенсивність його роботи значно змінюється залежно від обставин. Це можливе завдяки властивостям цього м'яза — збудливості, провідності, скоротливості та автоматії.

Збудливість є здатністю серцевого м'яза переходити зі стану спокою до роботи під впливом зовнішніх змін і швидко реагувати на різні подразники. Провідність проявляється у здатності поширювати

по всьому серцю збудження, що виникає в певній його ділянці. Скоротливість — це здатність м'яза скорочуватися під упливом його збудження. Автоматія є здатністю м'яза серця скорочуватися під упливом імпульсів, які виникають у самому серці. Остання властивість забезпечує роботу серця навіть у випадку, якщо до нього взагалі не будуть надходити жодні сигнали ані від мозку, ані від гуморальної системи. *Переглянь в* **е-додатку** *відео про роботу серця (завдання 27.1).*

Робота серця організована у формі серцевого циклу (мал. 27.2) — сукупності процесів, які відбуваються від одного скорочення серця до наступного. Він складається з трьох фаз, які відбуваються у певній послідовності, а потім повторюються знову.



Мал. 27.2. Серцевий цикл

Фази серця		
Назва фази	**Процеси, що відбуваються**	**Тривалість фази**
Систола (скорочення м'язів) передсердь	М'язи передсердь скорочуються, а м'язи шлуночків перебувають у розслабленому стані, кров із передсердь через клапани надходить до шлуночків	0,1 с
Систола (скорочення м'язів) шлуночків	М'язи шлуночків скорочуються, м'язи передсердь розслаблені, кров з лівого шлуночка надходить в аорту, а з правого — у легеневу артерію	0,3 с
Діастола (розслаблення м'язів) серця	М'язи шлуночків і передсердь розслаблені, відпочивають і відновлюються, кров із вен надходить до передсердь	0,4 с

Слід зазначити, що м'язи передсердь і шлуночків у серці скорочуються незалежно. Це можливо завдяки перегородці зі сполучної тканини між ними. Вона не має такої властивості, як провідність, і збудження між цими частинами серця не передає. Завдяки чергу-

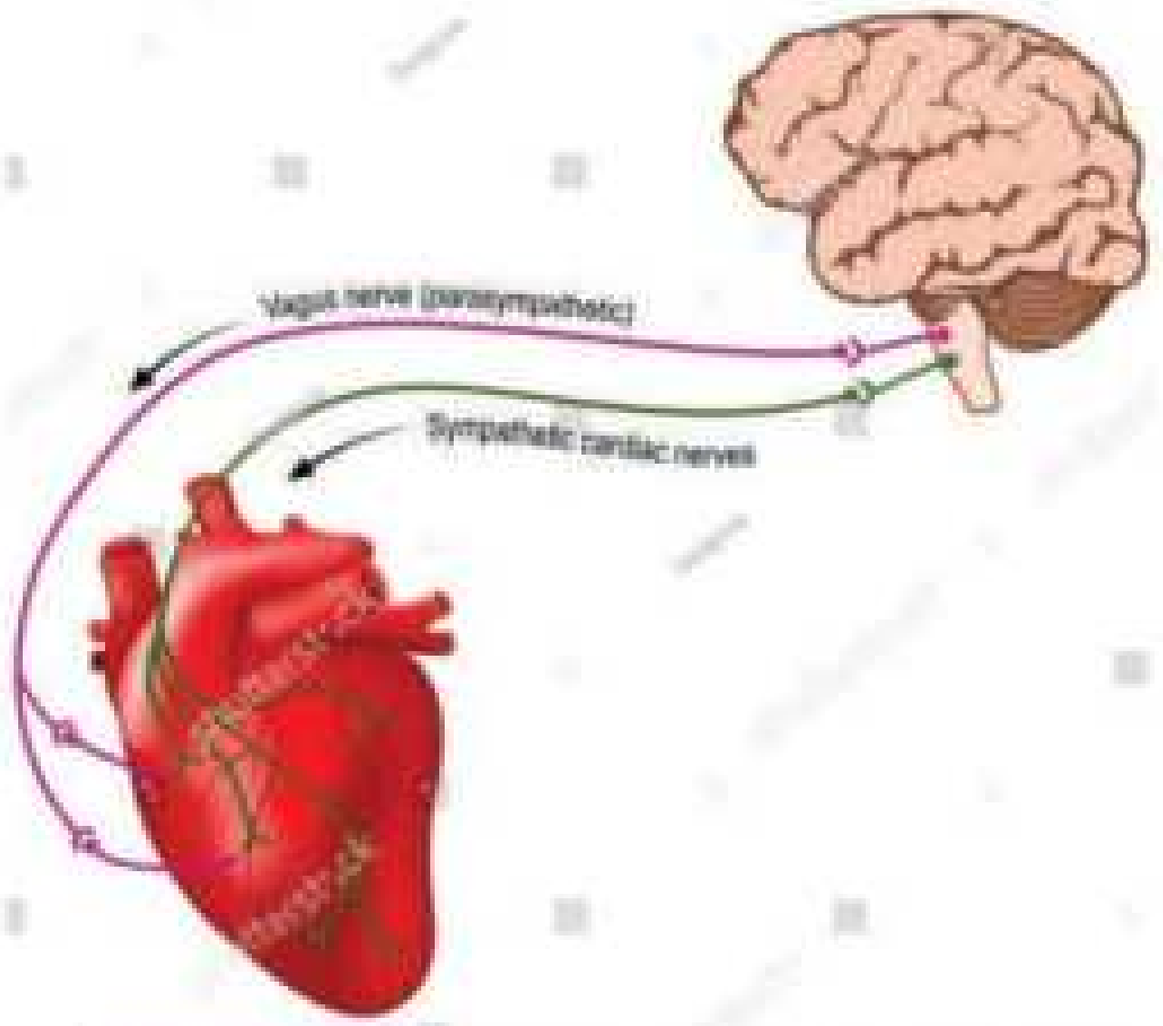
ванню фаз більшу частину циклу м'язи серця відпочивають і відновлюються.

Показниками, за допомогою яких можна оцінити роботу серця, є частота серцевих скорочень, кров'яний тиск, хвилинний та систолічний об'єми крові. Хвилинний об'єм крові показує, скільки крові серце виштовхує у кров'яне русло упродовж хвилини, а систолічний — протягом одного скорочення.

Серце повинно забезпечувати нормальну роботу організму в будь-яких умовах. Тому важливо, щоб серце працювало з такою інтенсивністю, яка потрібна організму. Це забезпечується завдяки механізмам регуляції роботи серця, яка відбувається двома способами — нервовим і гуморальним. Нервова регуляція здійснюється завдяки сигналам, які надходять від серцево-судинних центрів довгастого мозку (мал. 27.3). Сигнали, які надходять по нервах симпатичної системи, прискорюють роботу серця. А сигнали, які приходять по нервах парасимпатичної нервової системи, її сповільнюють. Нервова регуляція є найшвидшим способом регуляції роботи серця.

Гуморальна регуляція роботи серця здійснюється як за допомогою гормонів (адреналін, наприклад, прискорює роботу серця), так і за допомогою інших речовин (органічних і неорганічних). Наприклад, роботу серця прискорює збільшення концентрації в крові йонів Кальцію, а пригнічує збільшення концентрації йонів Калію.

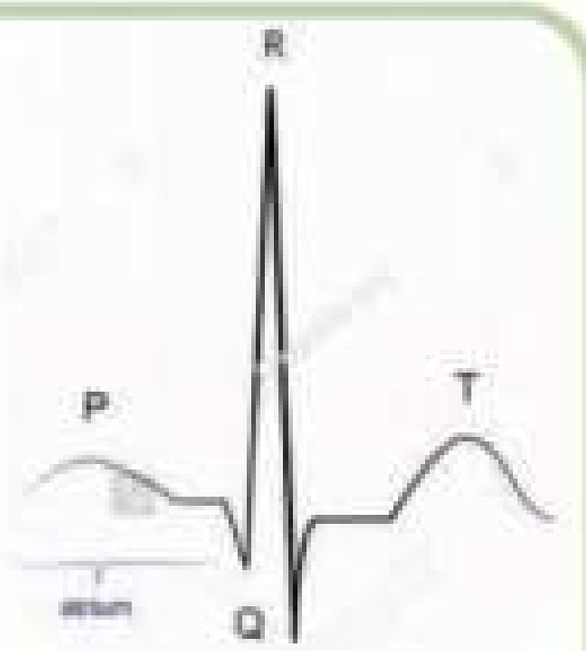
Важливо пам'ятати, що сигнали як нервової, так і гуморальної регуляції не є причинами серцевих скорочень. Вони лише змінюють їх частоту. Серцеві скорочення виникають завдяки генерації сигналів клітинами самого серця. Сигнали утворюють і передають спеціалізовані клітини міокарда, що формують провідну систему серця (сукупність вузлів і провідних шляхів). Саме ця система і забезпечує автоматизм роботи серця.



Мал. 27.3. Регуляція роботи серця

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Електрокардіограма є результатом електрокардіографії — методу графічної реєстрації електричних явищ у серцевому м'язі. Це запис коливань різниці потенціалів, що виникають у серці під час його роботи. На електрокардіограмі виділяють зубці та інтервали, кожний з яких відповідає певній фазі поширення хвилі збудження у міокарді. Це дає змогу з високою точністю виявляти місце і величину патологічних процесів у міокарді (мал. 27.4).



Мал. 27.4. Патологічні процеси в міокарді (на крадіограмі)

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Основними властивостями серцевого м'яза є збудливість, провідність, скоротливість та автоматія. Робота серця організована у формі серцевого циклу, який складається з двох систол (скорочень передсердь і шлуночків) та діастоли (періоду розслаблення всього серця). Регуляція роботи серця відбувається двома способами — нервовим і гуморальним. Скорочення серця виникають завдяки генерації імпульсів клітинами провідної системи серця.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

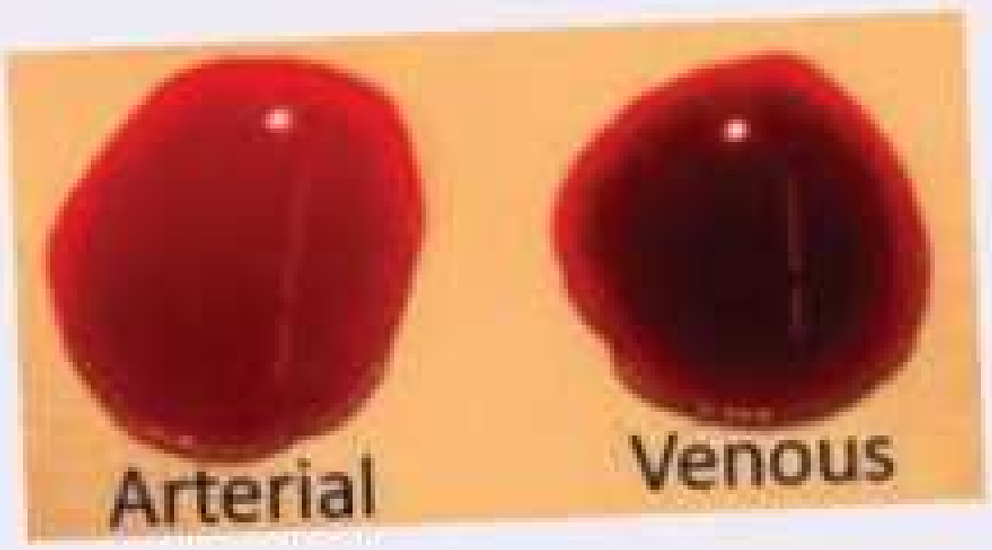
1. Які процеси у серці відбуваються протягом систоли шлуночків?
2. Який час упродовж серцевого циклу, який триває 0,8 с, м'язи передсердь і шлуночків перебувають у розслабленому стані?
3. Назви основні властивості серцевого м'яза і поясни їх значення для роботи серця.
4. Завдяки чому інтенсивність роботи серця може збільшуватись?
5. Порівняй нервову і гуморальну регуляцію роботи серця.
6. Сполучнотканинна перегородка між передсердями і шлуночками перешкоджає проходженню електричних сигналів. Яке це має значення для роботи серця?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 28 Будова та функції кровоносних судин. Рух крові: велике і мале коло кровообігу

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

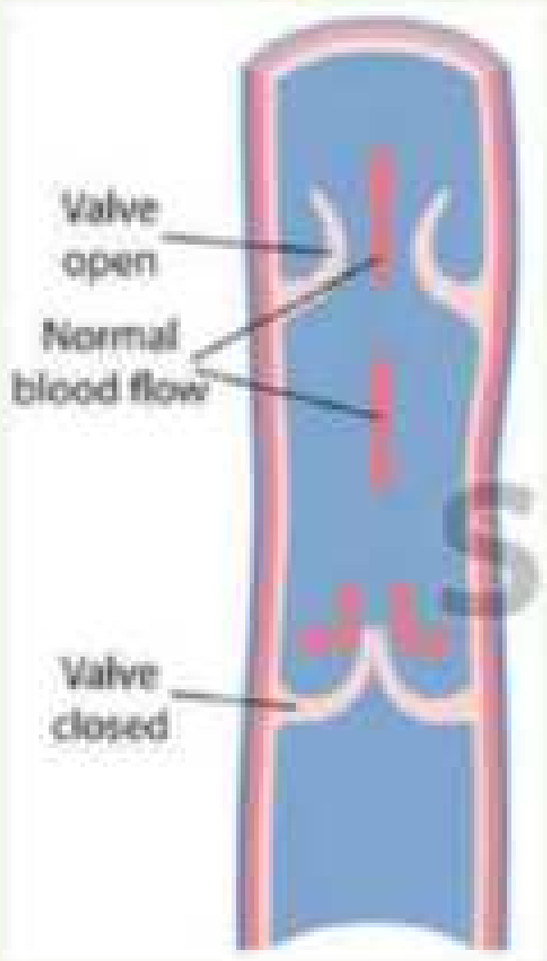


Артеріальна кров має таку назву, бо під час поранень виливається саме з артерій, а венозна, відповідно, з вен. Проте іноді венозна кров може текти по артеріях, а артеріальна — по венах. Коли це відбувається і чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Характерною відмінністю вен від артерій є наявність у них спеціальних клапанів (мал. 28.1). Чому ці клапани є у венах, проте їх немає в артеріях?

2 Вени від багатьох органів черевної порожнини (шлунка, кишківника, підшлункової залози тощо) несуть кров до ворітної вени, яка транспортує цю кров до печінки і там розпадається на дрібну сітку венозних капілярів. Для чого це потрібно?



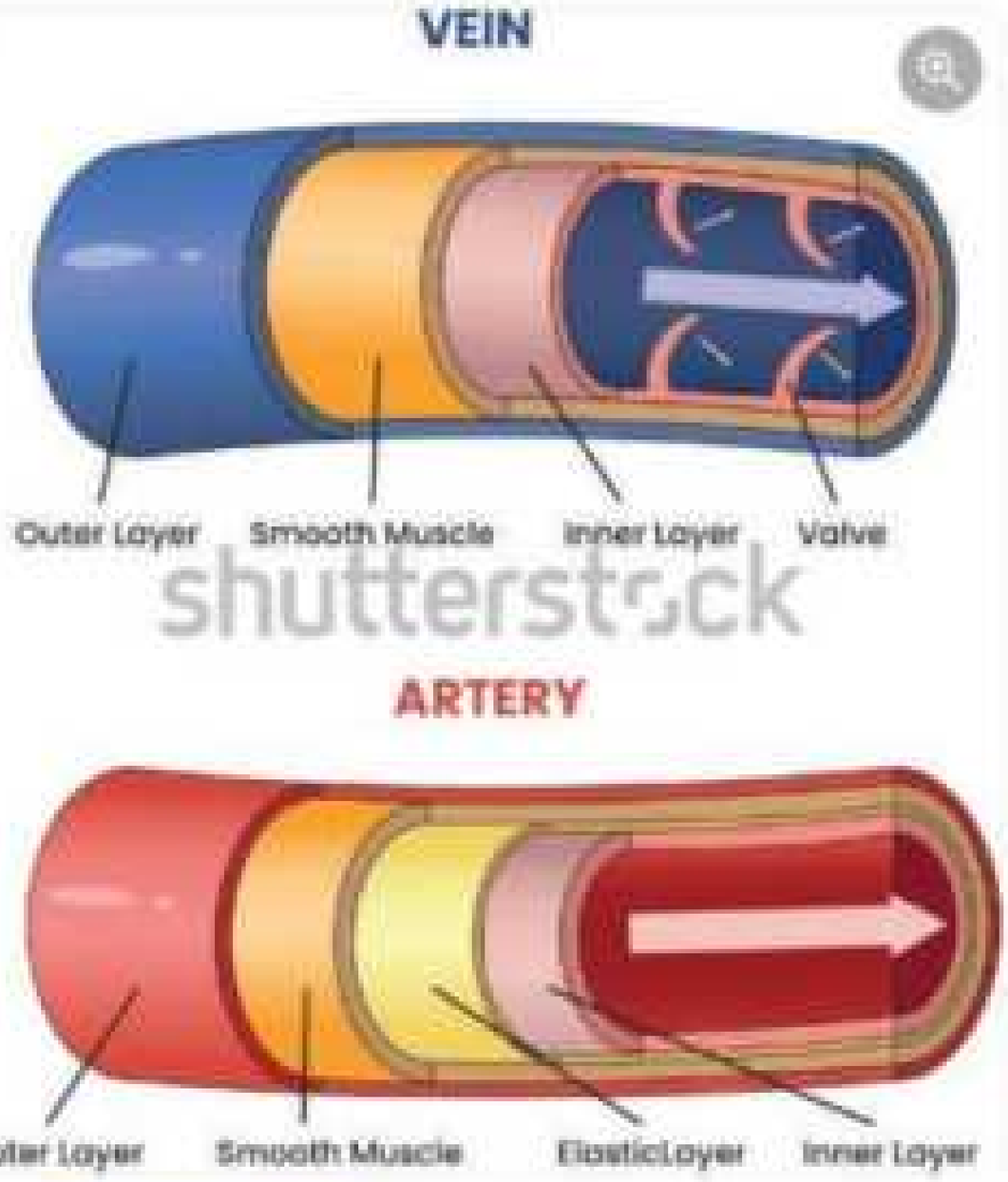
Мал. 28.1. Клапани у венах

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Із серця кров людини надходить у судини кровоносної системи. Виокремлюють три типи судин: артерії, вени і капіляри. Артерії і вени можуть бути різного діаметра. Дрібні артерії називають артеріолами, а дрібні вени — венулами.

Будова артерій і вен схожа, але кожному типу судин притаманні свої особливості (мал. 28.2). Стінка цих судин складається з трьох шарів. Внутрішній шар (ендотелій) є найтоншим і представлений одним шаром плоских епітеліальних клітин. Середній шар містить гладенькі м'язові клітини і прошарки еластичних волокон сполучної тканини.

М'язова складова цього шару більше розвинена в артеріях і менше у венах. У венах також відсутній прошарок сполучної тканини між середнім і зовнішнім шарами. Зовнішній шар утворений сполучною тканиною і найбільше розвинений у венах. Також усередині вен містяться клапани. Їх призначення — запобігати зворотному потоку крові (особливо важливо це для нижніх кінцівок).

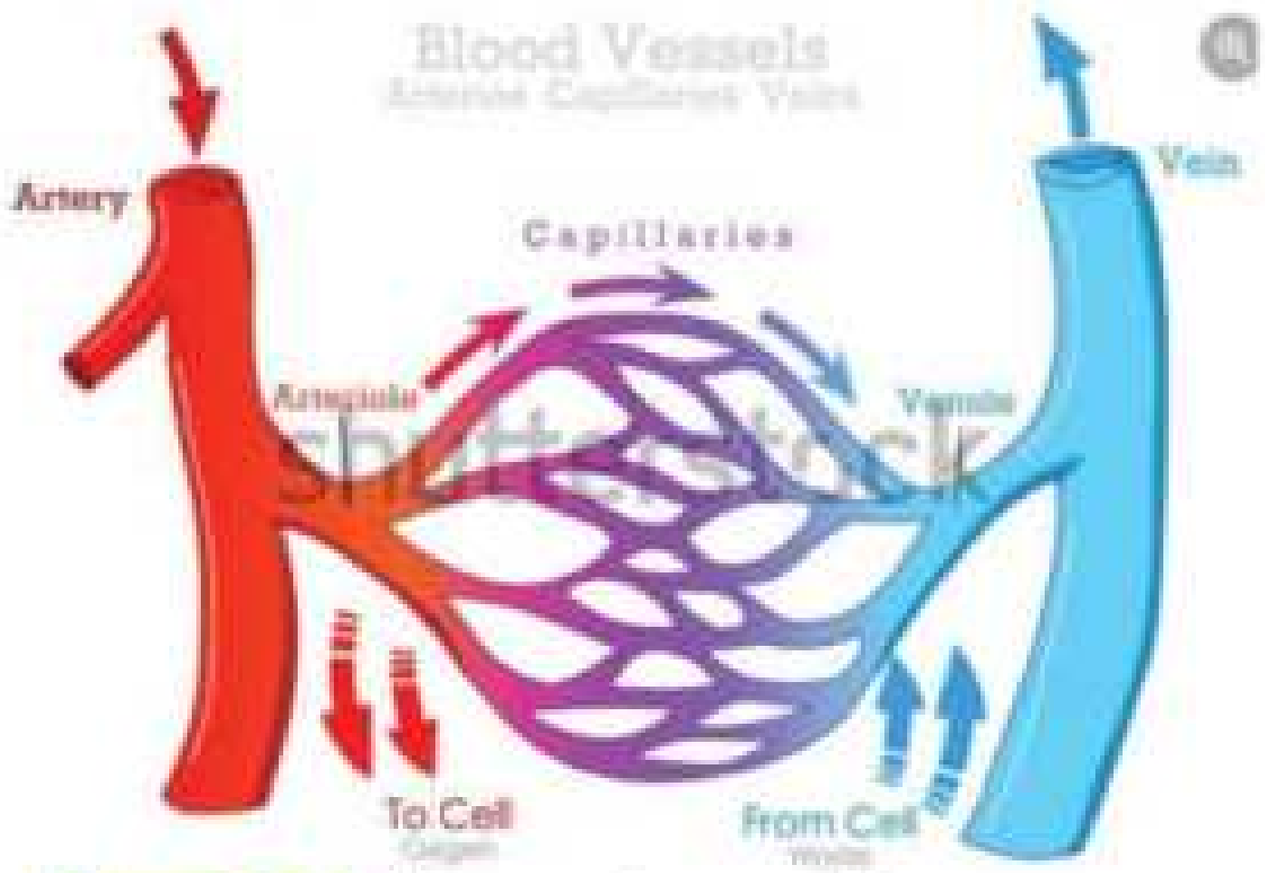


Мал. 28.2. Будова вен і артерій

Артеріоли є судинами малого діаметра, які відгалужуються від артерій і транспортують кров до капілярів. Зовні від ендотелію в них є невеликий прошарок непосмугованих м'язових клітин, які можуть змінювати діаметр артеріоли у результаті скорочення. Завдяки скороченням м'язових волокон артеріол організм може регулювати рух крові через певні органи або ділянки тіла.

Венули — також судини малого діаметра, які збирають кров від капілярів і транспортують її до вен. Найдрібніші венули на своїй поверхні, крім ендотелію, мають тільки певні клітини сполучної тканини. Більші венули мають невеликі шари непосмугованих м'язових волокон (більш тонкі, ніж в артеріол) і невеликий зовнішній шар сполучної тканини.

Капіляри є найтоншими кровоносними судинами з дуже тонкими стінками, утвореними пласкими клітинами ендотелію, вкритими зовні тонкою плівкою. Вони з'єднують артеріоли з венулами (мал. 28.3). Саме капіляри завдяки своїм тонким стінкам забезпечують обмін речовин між кров'ю і тканинами.



Мал. 28.3. Рух крові по дрібних судинах

У системі кровообігу людини виокремлюють два кола кровообігу — велике і мале. Велике коло кровообігу забезпечує циркуляцію крові через усі системи органів. Воно починається у лівому шлуночку серця і закінчується у правому передсерді. З лівого шлуночка до великого кола потрапляє артеріальна кров, яка розноситься артеріями по всіх органах тіла. Там, у капілярному кровотоці, кров віддає тканинам кисень і насичується вуглекислим газом, перетворюючись на венозну.

Венозна кров збирається у вени. У деяких органах (наприклад, у печінці) вени можуть знову роз'єднуватися на дрібні судини, утворюючи капілярну сітку. Це дає змогу клітинам печінки знешкоджувати токсичні речовини, що містяться в крові. Венозна кров через вени потрапляє в праве передсердя, у якому закінчується велике коло кровообігу.

Мале коло кровообігу розпочинається у правому шлуночку і закінчується в лівому передсерді. У ньому кров циркулює через легені, де збагачується киснем, і виділяє в альвеоли легень вуглекислий газ. Саме в легенях венозна кров перетворюється на артеріальну.

Під час скорочення серця виникають коливання стінок артерій, які синхронізовані із цими скороченнями. Ці коливання відчуваються як пульс. Частота пульсу й інші його особливості є важливими діагностичними показниками, за якими лікар може оцінити стан серця й особливості його роботи.

Скорочення серця виштовхує в судини кров із великою силою, тому вона у цей момент перебуває під тиском. Кров'яний тиск є найвищим під час систоли шлуночків (систолічним тиском), а найнижчим — під час діастоли (діастолічний тиск). Саме кров'яний тиск є причиною відмінності у будові вен та артерій. По артеріях кров рухається від серця з високою швидкістю, і тиск у них високий (до 150 мм рт. ст.). Тому їх стінки повинні мати можливість протистояти такому тиску. У венах тиск найменший серед усіх судин (від −5 до +5 мм рт. ст.). Тому їх стінки можуть бути тонкими, але потребують механізмів, що забезпечуватимуть рух крові лише в одному напрямку. Тиск у капілярах теж невисокий (до 15 мм рт. ст.).

Повільний рух крові в капілярах і її низький тиск порівняно з артеріями зумовлені особливостями їх будови. Кожний окремий капіляр значно тонший за артерію. Проте сумарна площа їх перерізів значно перевищує площу перерізу артерії. Тому кров з артерії розподіляється більшою площею, що стає причиною падіння і швидкості кровотоку і тиску крові.

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 28.1, 28.2, 28.3.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Основними типами кровоносних судин в організмі людини є артерії, вени і капіляри. Артерії мають найтовстішу стінку, і в них кров перебуває під найбільшим тиском. Капіляри мають найменший діаметр і найтоншу стінку. Вони забезпечують обмін речовин між кров'ю і тканинами тіла. Кров у кровоносній системі циркулює по двох колах кровообігу — великому і малому. Велике коло кровообігу забезпечує циркуляцію крові через усі системи органів. У малому колі кровообігу кров циркулює через легені, де збагачується киснем і виділяє в альвеоли легень вуглекислий газ.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які типи кровоносних судин існують в організмі людини?
2. Склади перелік ознак, за якими судину можна визначити як артерію.
3. Порівняй артеріоли і венули.
4. Навіщо потрібні м'язи в стінках артеріол і венул?
5. Які особливості повинно мати місце на тілі людини, у якому можна прощупати пульс?
6. Розглянь малюнок 28.4 і поясни, як скелетні м'язи можуть допомагати роботі серця.



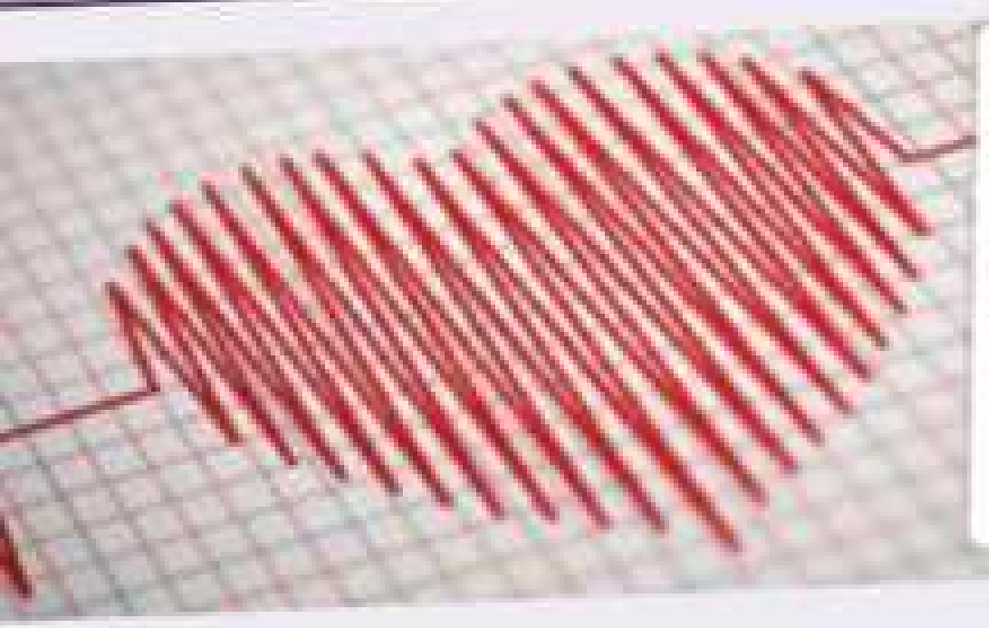
Мал. 28.4. Рух крові по венах

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 29 Кровотечі: надання першої допомоги в разі кровотеч. Серцево-судинні хвороби та їх профілактика

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У 2019 році причиною смерті 31% людей у світі стали серцево-судинні захворювання. Але 85% цих людей загинули внаслідок розвитку двох захворювань серцево-судинної системи. Яких саме? Чому кількість смертей від них є такою великою?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У випадках артеріальної і венозної кровотеч перша допомога повинна бути різною. Чому?

2 Раніше популярним засобом для зупинки кровотечі був гумовий джгут Есмарха. Але зараз більш поширеними є спеціальні турнікети (мал. 29.1). Завдяки чому ці засоби стали більш популярними?



Мал. 29.1. Турнікет

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Проблеми з кровоносною системою у людини можуть виникати внаслідок травм або захворювань. Нормальна робота кровоносної системи можлива лише за умови руху крові неушкодженими судинами. Наслідком ушкодження судин є кровотечі, які (особливо значні) становлять небезпеку для життя людини. Відповідно до типу ушкоджених судин розрізняють три основні види кровотеч: артеріальну, венозну і капілярну.

Капілярна кровотеча виникає внаслідок ушкодження капілярів. У такому випадку кров витікає не інтенсивно. Зазвичай кровотеча не становить прямої небезпеки для життя людини і може зупинятися самостійно за рахунок процесів зсідання крові. Перша допомога: забинтувати місце ушкодження стерильним бинтом.

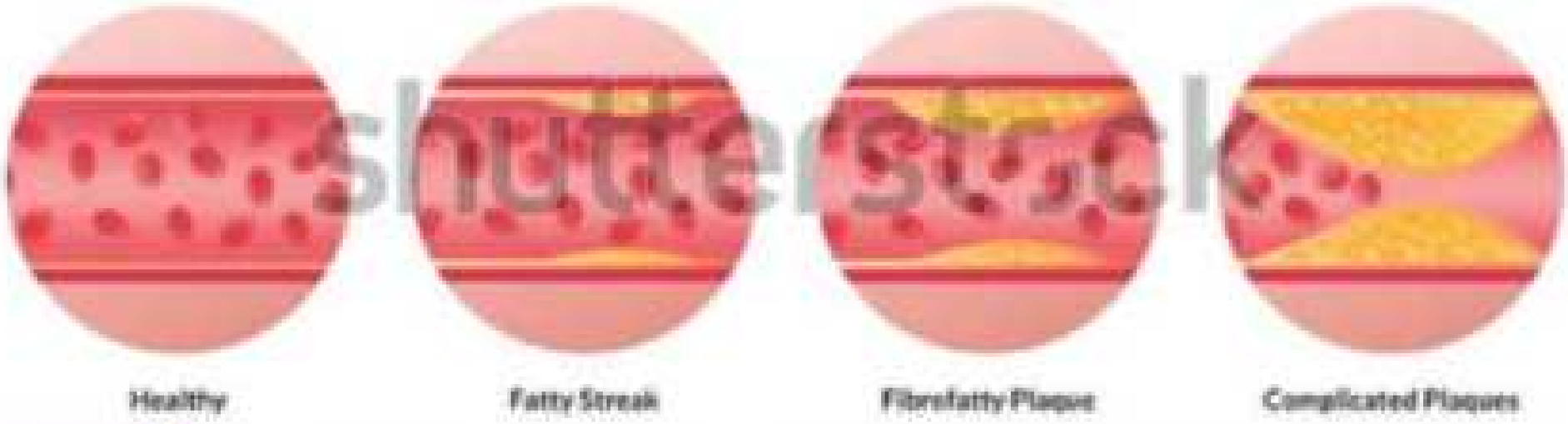
У разі венозної кровотечі кров повільно, але досить широким струменем (бо тиск крові у венах низький) витікає через ушкоджені вени і має темно-червоне забарвлення. Така кровотеча може бути небезпечною для життя і потребує термінової допомоги. Часто венозну кровотечу можна зупинити, наклавши тугу пов'язку на рану. Але в більш серйозних випадках виникає потреба перекриття кровотоку нижче місця ушкодження (бо кров по венах рухається до серця).

Артеріальна кровотеча виникає у разі ушкодження артерії. Кров у такому випадку витікає швидко, часто пульсуючи, бо швидкість руху крові і її тиск в артеріях є високими. Вона має яскраво-червоний колір. Це дуже небезпечна ситуація, у якій першу допомогу слід надавати негайно. Для цього треба перекрити кровоток вище місця ушкодження (бо кров по артеріях рухається від серця).

Для перекриття кровотоку традиційно використовували джгут. Але зараз більш сучасним і ефективним засобом є турнікет. Власне турнікет є одним із різновидів джгута, у якому для припинення кровопостачання затягування кінцівки роблять за допомогою спеціальної закрутки. Порівняно з традиційними варіантами гумових джгутів перекриття кровотоку здійснюється більш рівномірно та якісно. Також немає ризику, що гумовий джгут розірветься.

Механічними ушкодженнями судин проблеми кровоносної системи людини не обмежуються. Існує низка захворювань, які уражають цю систему органів. Деякі з них пов'язані з порушенням складу крові. Наприклад, нестача еритроцитів є причиною анемії, а їх надлишок — поліцитемії.

Захворювання судин становлять велику проблему для багатьох людей, адже можуть уражатися як артерії, так і вени. Поширеною проблемою артерій є атеросклероз. Під час такого захворювання на внутрішніх стінках артерій відкладається жирова речовина та солі Кальцію (утворюються так звані атеросклеротичні бляшки). Результатом є звуження внутрішнього простору артерій і погіршення (навіть припинення) кровотоку через них (мал. 29.2).



Мал. 29.2. Формування атеросклеротичних відкладень на стінках судин

Проблеми з венами часто виникають на ногах. Це є наслідком того, що по венах ніг кров підіймається проти сили тяжіння, що ускладнюється низьким тиском крові у венах. У таких умовах може розвиватися варикозне розширення вен, що спричиняє їх нерівномірне розширення, застій крові, набряки, біль тощо. Подальший розвиток процесу стає причиною тромбофлебіту — запалення ділянки вени, на якій розпочинається процес злипання еритроцитів і виникнення тромбів.

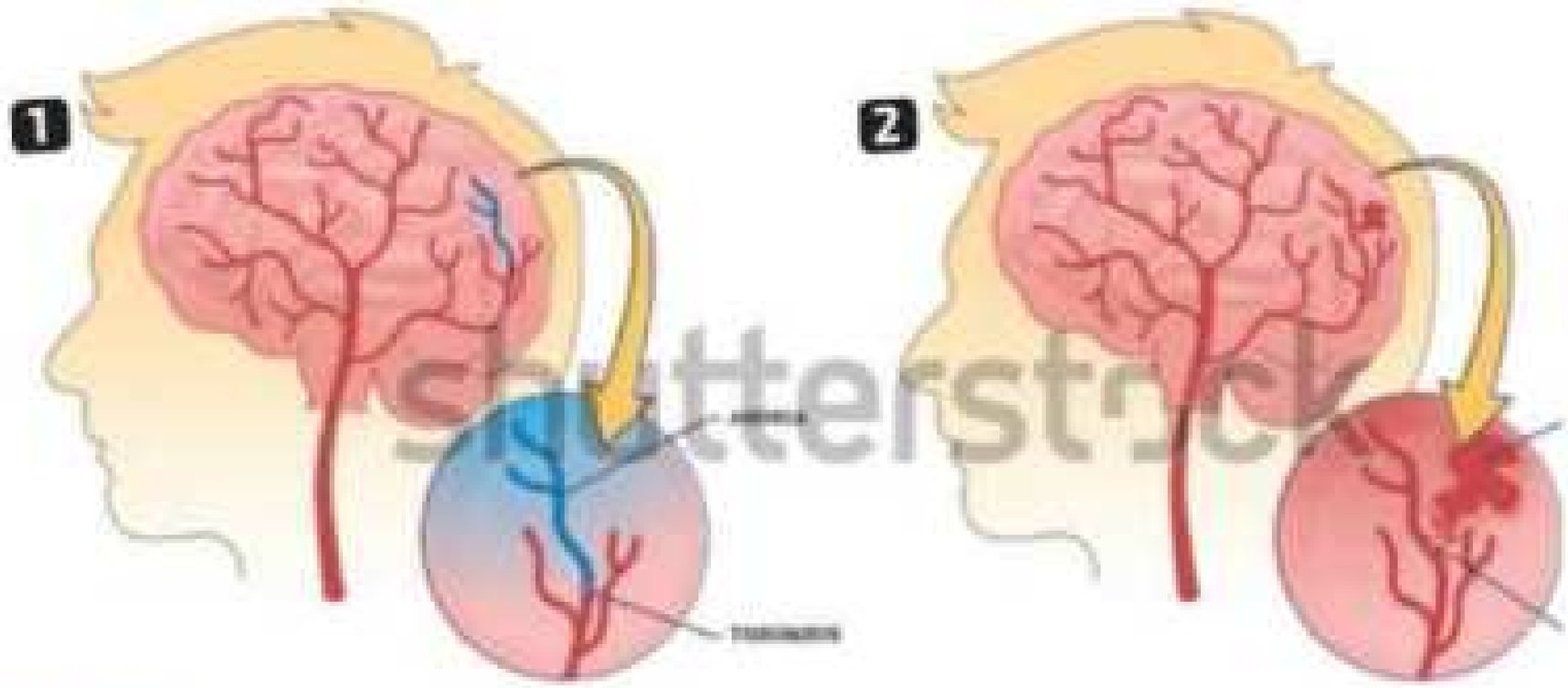
До захворювань кровоносної системи відносять також гіпертонічну хворобу. Вона проявляється високим артеріальним тиском, що не знижується тривалий час, головним болем, прискореним серцебиттям тощо. Причина цього захворювання пов'язана з порушенням діяльності центрів мозку, які регулюють роботу серця, нирок, судин та інших органів.

Тяжкими захворюваннями кровоносної системи є захворювання серця: ішемічна хвороба серця та аритмія. Ішемічна хвороба виникає у разі порушення руху крові в коронарних артеріях (зазвичай як наслідок атеросклерозу), що робить забезпечення серцевого м'яза киснем і поживними речовинами недостатнім. Аритмія проявляється у порушенні ритмічності, послідовності і сили скорочень серцевого м'яза. Вона виникає як результат захворювань міокарда, порушення процесів регуляції роботи серця або інфекційних захворювань.

Утім, найбільшою проблемою для людства є два захворювання кровоносної системи — інсульт та інфаркт міокарда. Саме вони поміж серцево-судинних захворювань є найчастішою причиною смерті. Інсульт виникає як результат порушення кровообігу в головному мозку. Наслідком цього є загибель клітин мозку через припинення кровопостачання. Залежно від причини порушення кровообігу існує два типи інсульту: ішемічний інсульт (виникає як результат закупорки артерії через атеросклероз, тромб або іншу причину) і геморагічний інсульт (виникає як результат крововиливу в мозок через розрив кровоносної судини) (мал. 29.3).

Інфаркт міокарда уражає серцевий м'яз унаслідок порушення кровопостачання його ділянки. Причиною інфаркту може бути потрапляння тромбу в коронарну артерію або припинення кровотоку через неї внаслідок атеросклеротичних процесів (зазвичай як наслідок розвитку ішемічної хвороби серця).

Для зменшення ризику розвитку серцево-судинних захворювань потрібно дотримуватися заходів профілактики. До них належать активний спосіб життя, раціональне харчування, правильне чергування роботи і відпочинку, контроль артеріального тиску, уникнення шкідливих звичок (куріння, зловживання алкоголем тощо).



Мал. 29.3. Різні види інсультів у людини: 1 — ішемічний; 2 — геморагічний

Виконай в е-ДОДАТКУ *завдання 29.1.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Наслідком травм людини може бути виникнення артеріальної, венозної чи капілярної кровотеч. Кожен із цих видів кровотеч потребує певної першої допомоги. Поширеними захворюваннями серцево-судинної системи є атеросклероз, тромбофлебіт, гіпертонічна хвороба, інсульт, ішемічна хвороба серця, аритмія, інфаркт міокарда. Для запобігання їх розвитку слід дотримуватися правил профілактики.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які види кровотеч виокремлюють у людини?
2. Під час накладання джгута обов'язково вказують час, коли це було зроблено. А через певний проміжок часу його хоча б тимчасово слід ослабляти. Навіщо це потрібно?
3. Малорухомий спосіб життя вважається одним із головних чинників ризику розвитку захворювань серцево-судинної системи. Поясни можливі причини цього.
4. Склади перелік захворювань серця та заходів їх профілактики.
5. Як можна зменшити ризик захворювання вен нижніх кінцівок?
6. Одним із сучасних способів лікування ішемічної хвороби серця та інфаркту міокарда є стентування. Знайди в додаткових джерелах інформацію про цей спосіб лікування і зроби його презентацію.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 30 Лімфатична система: її будова та функції. Лімфа та її склад

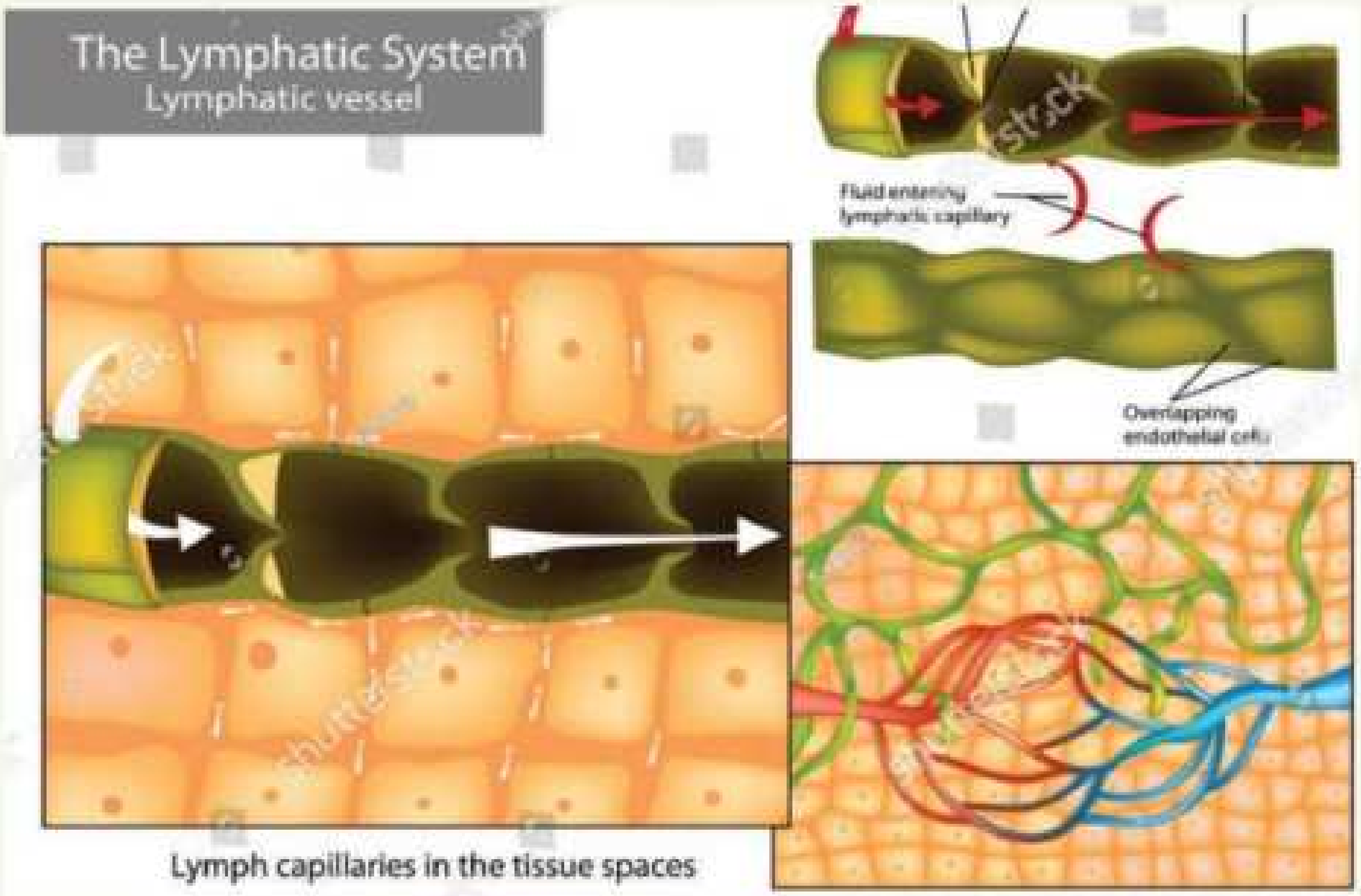
БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У результаті зараження паразитичними червами, філяріями у людини може розвиватися набряк окремих частин тіла (наприклад, кінцівок). Ці черви мікроскопічні і великих скупчень не утворюють. Тоді завдяки чому кінцівка людини може так сильно збільшитися в розмірах?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Лімфатичні капіляри сліпо замкнені і мають усередині систему клапанів. Але лімфа по них рухається цілком успішно (мал. 30.1). Як забезпечується рух лімфи в капілярах?

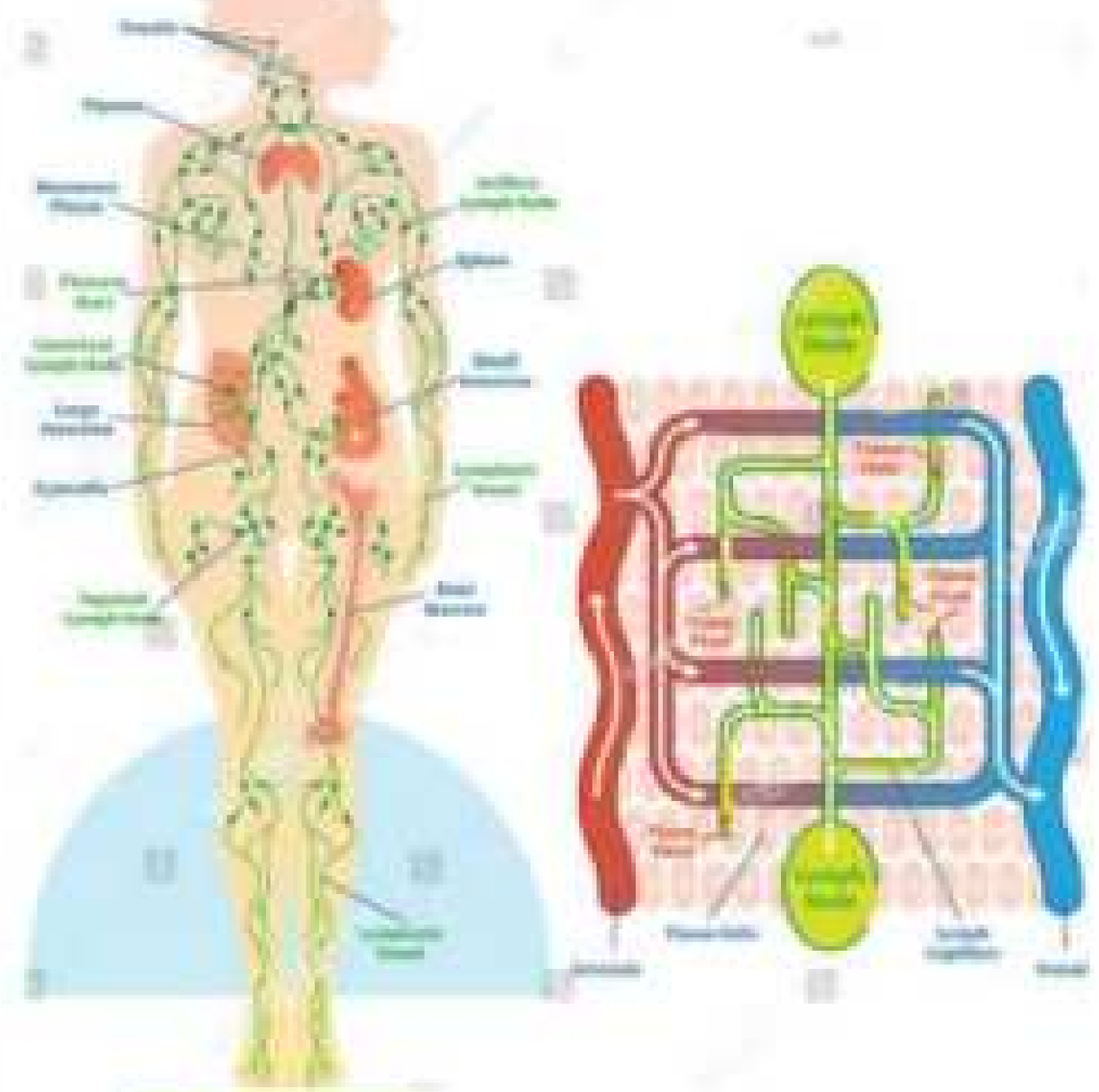


Мал. 30.1. Рух лімфи в капілярах

2 Лімфатичні судини відкрив італійський лікар Гаспаре Аселлі в 1622 році. Біля тонкої кишки він побачив судини, що містили білу речовину. Чому в цих судинах лімфа мала білий колір?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Лімфа в більшості випадків є прозорою рідиною, схожою за складом на тканинну рідину. Але вона містить велику кількість лімфоцитів і рухається по судинах лімфатичної системи (мал. 30.2). Лімфа утворюється в лімфатичних капілярах, які містяться в тканинах, із тканинної рідини, яка до цих капілярів дифундує. В організмі дорослої людини зазвичай 1–2 л лімфи.



Мал. 30.2. Лімфатична система

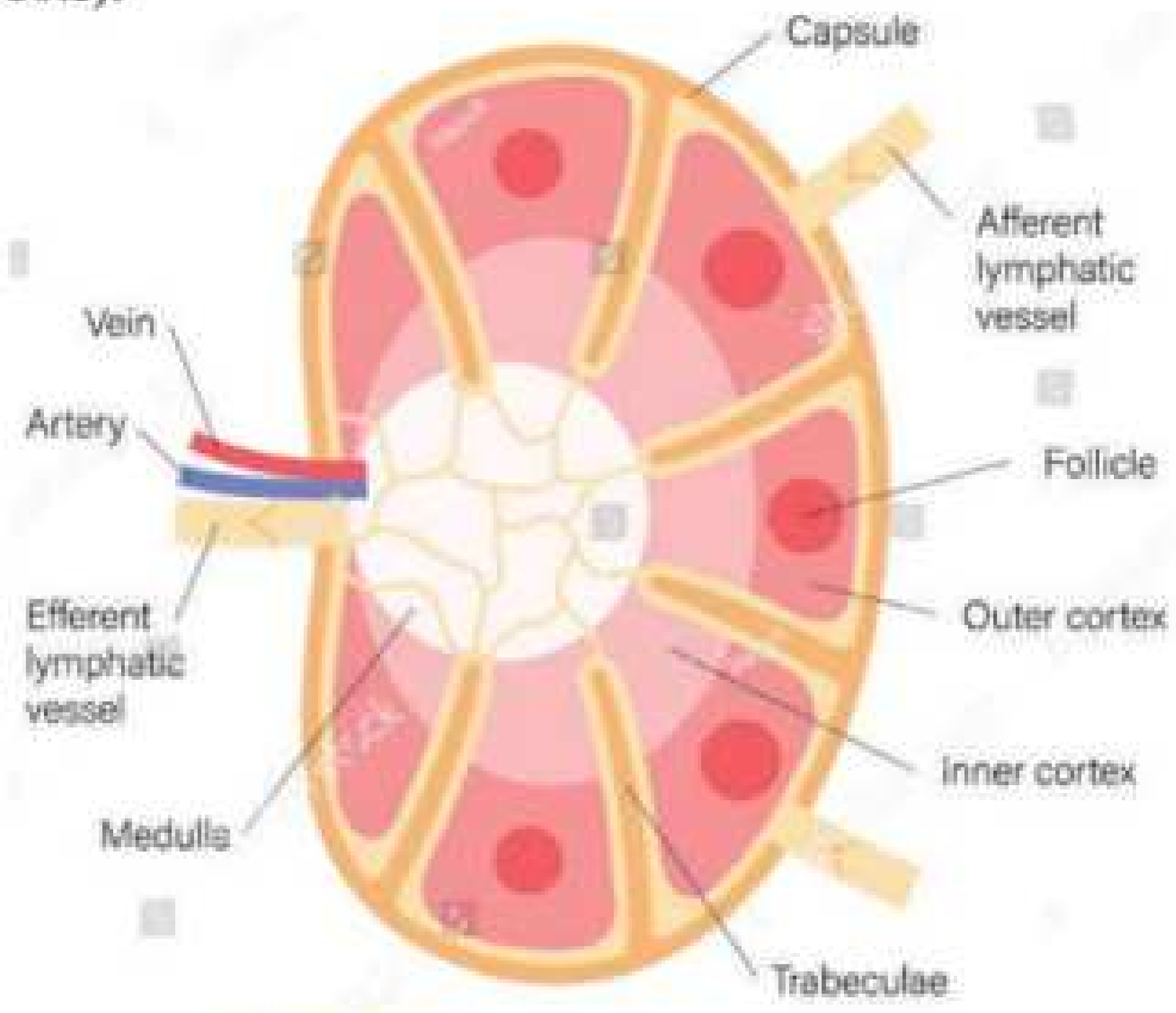
Лімфатичних капілярів немає у головному і спинному мозку, частках печінки тощо. Такі капіляри мають трохи більший діаметр, ніж кровоносні, і сліпо замкнені з одного кінця. Їх стінки, як і стінки кровоносних капілярів, утворені одним шаром плоских епітеліальних клітин (ендотелієм). Усередині лімфатичних капілярів розташовані клапани. Вони забезпечують рух лімфи тільки в одному напрямку – до лімфатичних судин, бо можуть відкриватися лише в один бік. Рідина, яка просочується в капіляри з тканин, створює в них підвищений тиск. Коли цей тиск стає достатньо високим, клапани відкриваються і лімфа тече до лімфатичних судин.

Коли відтік лімфи по капілярах або судинах ускладнений (наприклад, у випадку закупорки деякими паразитичними червами, накопичення тканинної рідини тощо), утворюється набряк.

Лімфатичні судини збирають лімфу від лімфатичних капілярів і проводять її далі. Ці судини часто утворюють сітки, окремі судини в яких зв'язані між собою поперековими протоками. Це дає змогу перерозподіляти потік лімфи й ефективно регулювати її рух. У лімфатичних судинах зовні від ендотелію розташований шар сполучної тканини, який робить їх стінки товщими.

Лімфатичні судини збирають лімфу до грудної протоки, яка впадає у вену. Там лімфа змішується з венозною кров'ю і стає її частиною. Характерною особливістю лімфообігу є те, що він здійснюється тільки в одному напрямку — від тканин до кровоносної системи.

Важливим компонентом лімфатичної системи є лімфатичні вузли (мал. 30.3). Вони розташовані за ходом лімфатичних судин, по яких лімфа потрапляє у вузол, що зовні вкритий капсулою зі сполучної тканини. Усередині вузлів міститься велика кількість лімфоцитів. Лімфа у вузлах затримується, а лімфоцити забезпечують фільтрацію і вилучення з неї чужорідних часток і ракових клітин. В організмі людини налічується близько 300 лімфатичних вузлів. З віком ця кількість зменшується. *Переглянь в* e-ДОДАТКУ *відео про лімфатичну систему (завдання 30.1).*



Мал. 30.3. Лімфатичний вузол

ФУНКЦІЇ ЛІМФИ І ЛІМФАТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Захист організму від чужорідних часток (підтримка гомеостазу)

Повернення в кров води, солей і білків із тканин організму

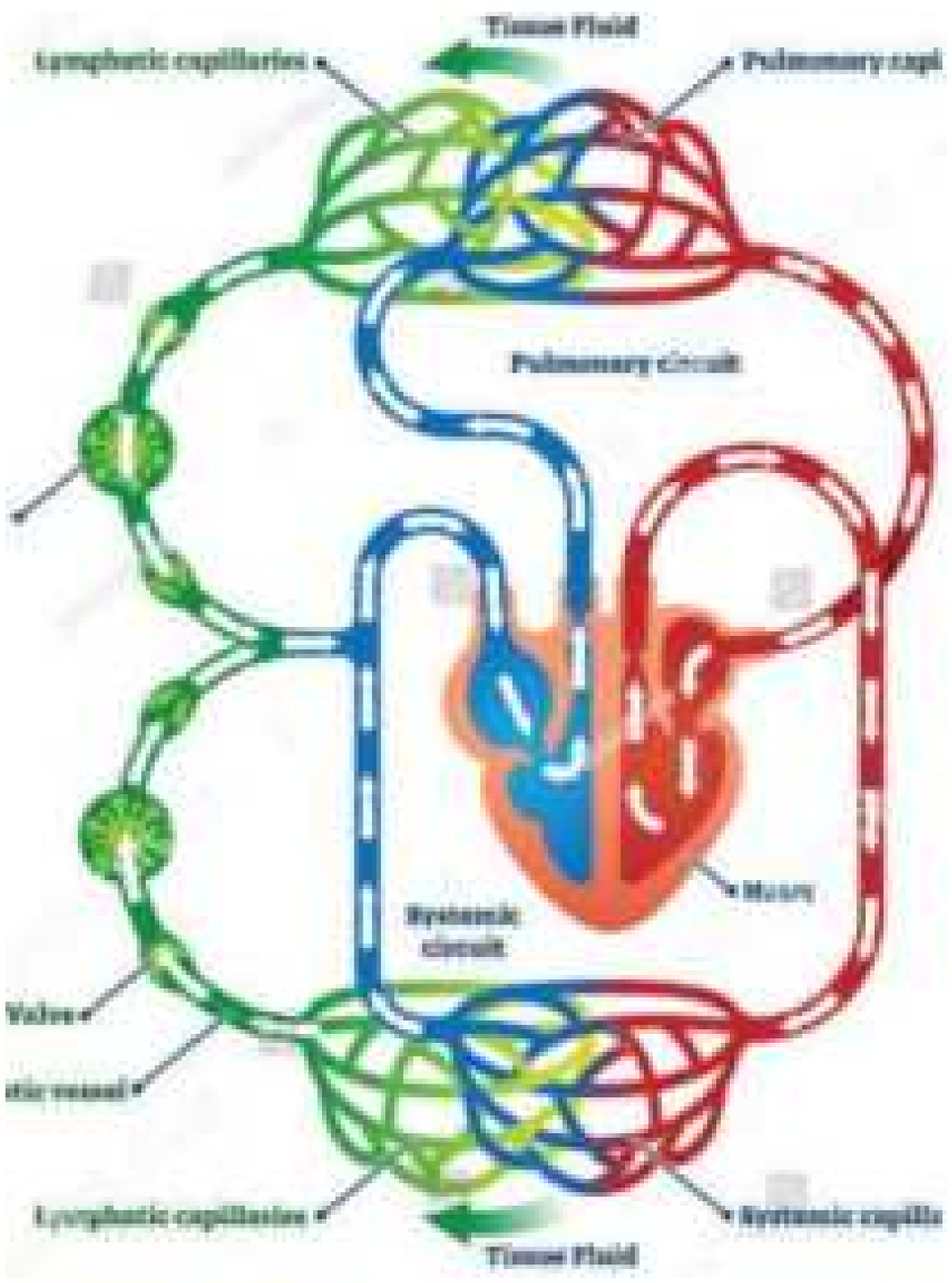
Транспорт жирів із травної системи у кров. Саме жирові краплі, які транспортуються лімфою від кишківника, забезпечують її біле забарвлення в певних лімфатичних судинах

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Лімфа є рідиною, що утворюється з тканинної рідини в лімфатичних капілярах і потім рухається по судинах лімфатичної системи до грудної протоки, яка впадає у вену. Важливу роль у роботі лімфатичної системи відіграють лімфатичні вузли. Основними функціями лімфи і лімфатичної системи є захист організму від чужорідних часток, повернення в кров із тканин організму води, солей і білків, транспорт жирів із травної системи у кров.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Як утворюється лімфа?
2. Порівняй будову лімфатичного і кровоносного капіляра.
3. Навіщо в організмі людини потрібні лімфатичні вузли?
4. Як пов'язана робота травної та лімфатичної систем?
5. Під час деяких захворювань певні лімфатичні вузли збільшуються. Із чим це може бути пов'язано?
6. Розглянь малюнок 30.4 і опиши циркуляцію лімфи в організмі людини. Поясни, чим вона відрізняється від циркуляції крові.



Мал. 30.4. Циркуляція лімфи в організмі людини

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 31 Імунна система: її будова та функції. Імунітет. Поняття про вакцини та сироватки

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

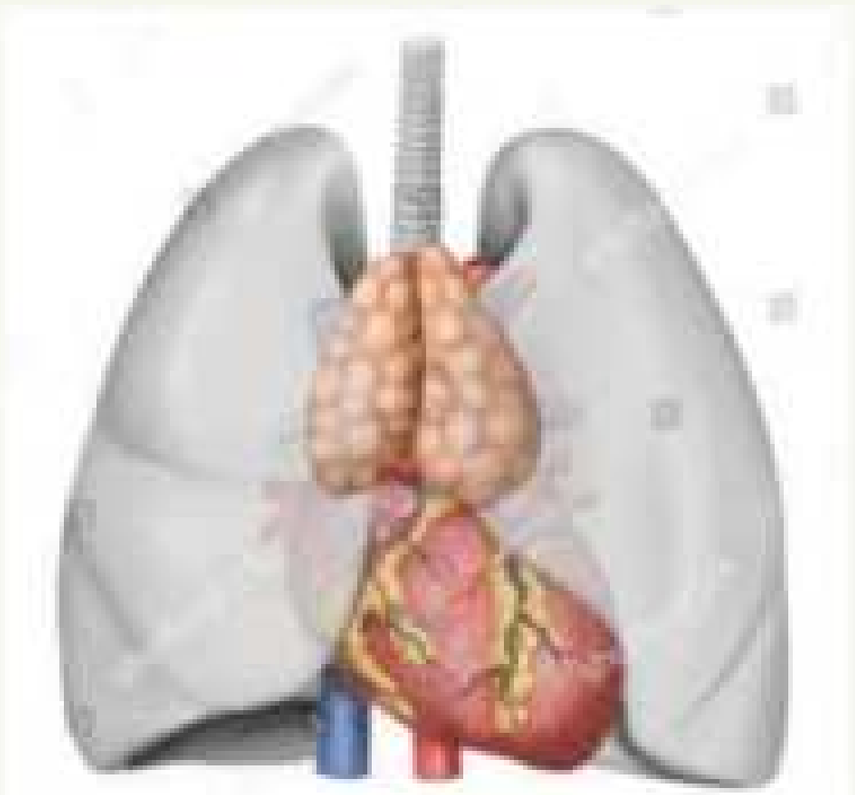


Під час європейської колонізації Америки було зафіксовано надзвичайно високу смертність з-поміж корінного населення (близько 90 % у деяких регіонах) від захворювань, які привезли європейці, — віспи, кору, грипу, тифу тощо. Європейські переселенці також хворіли, але смертність з-поміж них була значно нижчою. Із чим це могло бути пов'язано?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У разі укусів отруйних змій чи членистоногих у кров людини вводять спеціальні сироватки. Що це за препарати і за яким принципом вони діють?

2 Тимус є однією із залоз організму людини (мал. 31.1). Найбільших розмірів він досягає в дитячому віці, а після 16 років його розмір поступово зменшується. Із чим це може бути пов'язано?



Мал. 31.1. Тимус людини

БІОСЛОВО

Вакцина — це препарат, який містить вбитих чи ослаблених збудників інфекційних захворювань, продукти їхньої життєдіяльності чи їхні синтетичні аналоги та забезпечує в організмі формування імунітету до цього захворювання.

Сироватка лікувальна — це препарат, що містить антитіла проти певних антигенів збудника захворювання або токсичних речовин і забезпечує швидке короткочасне підвищення імунітету до них. Сироватка виробляється з плазми крові тварин, які мають імунітет до відповідних антигенів. На відміну від вакцин після використання сироваток не формується імунологічна пам'ять.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Імунна системи виконує важливу функцію захисту організму людини від хвороботворних організмів і шкідливих речовин. До її складу належить низка органів і структур, які розподілені по всьому організму людини.

Органи і структури імунної системи людини

Орган або структура	Особливості будови і функції
Кістковий мозок	Міститься в кістках; є основним джерелом утворення лейкоцитів
Тимус	Місце дозрівання і «навчання» Т-лімфоцитів, які після цього набувають здатності розпізнавати певні антигени
Селезінка	Найбільший орган імунної системи, містить багато В-лімфоцитів. Бере участь у знешкодженні мікроорганізмів і токсичних речовин у крові, яка через неї проходить
Мигдалики	Скупчення лімфоїдної тканини на межі ротової порожнини і глотки; протидіють мікроорганізмам, які потрапляють в організм через рот і ніс
Лімфатичні вузли	Розташовані вздовж лімфатичних судин по всьому організму людини; знищують сторонні частки в лімфі
Пеєрові бляшки	Невеликі лімфатичні вузли в слизовій оболонці тонкої кишки, у яких В-лімфоцити «навчаються» розпізнавати певні антигени
Апендикс	Резервуар корисних бактерій кишківника, бере участь в імунному захисті

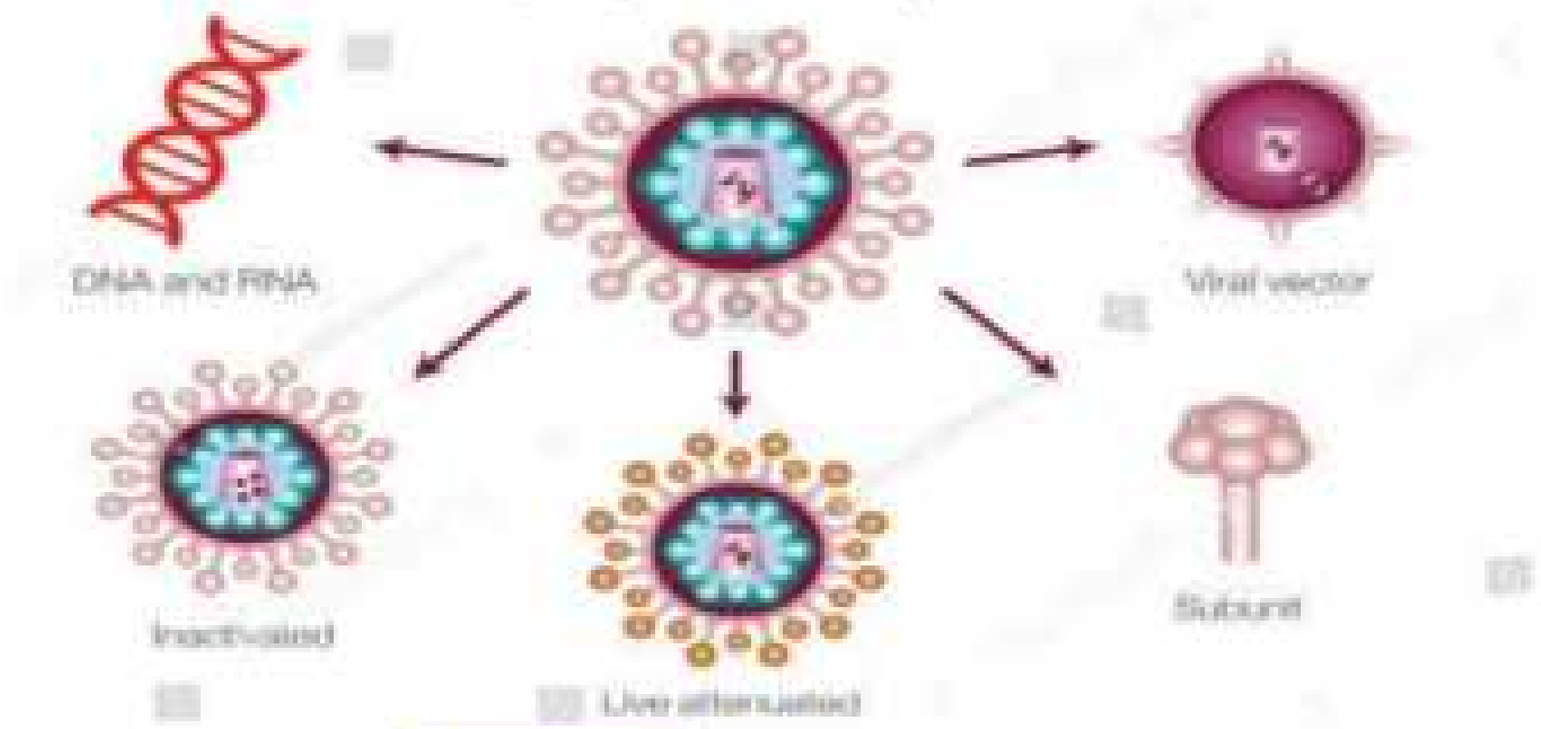
Імунітет — це здатність організму захищати свою цілісність, зберігати гомеостаз під час дії чужорідних біологічних факторів (організмів, клітин, токсинів тощо). Імунітет у тварин може бути вродженим або адаптивним. Вроджений імунітет притаманний усім тваринам, а адаптивний властивий тільки для хребетних тварин (зокрема, і для людини).

Особливостями вродженого імунітету є неспецифічна, але негайна реакція. Імунною відповіддю в цьому варіанті є процес запалення і фагоцитоз. У випадку адаптивного імунітету реакція є специфічною, а між розпізнаванням патогену та реакцією минає певний час. В обох варіантах для імунної відповіді на появу патогену використовуються механізми і клітинного (завдяки діяльності певних клітин), і гуморального (вироблення певних речовин) імунітету.

Важливу роль в імунній відповіді при адаптивному імунітеті відіграють спеціалізовані клітини — *Т-лімфоцити* і *В-лімфоцити*. Т-лімфоцити забезпечують реакції клітинного імунітету і знищують клітини з певним антигеном на поверхні (який вони можуть розпізнавати після свого «навчання»). В-лімфоцити забезпечують реакції гуморального імунітету. Вони виробляють спеціальні антитіла (специфічні білкові молекули), які взаємодіють з певними антигенами і знешкоджують їх. *Переглянь в* e-ДОДАТКУ *відео про антитіла (завдання 31.1).*

Особливістю адаптивного імунітету є те, що після контакту з новим антигеном в організмі формується імунологічна пам'ять щодо нього. І під час повторного контакту специфічні імунні реакції адаптивного імунітету розпочинаються дуже швидко. На цій властивості засновано використання вакцин. За їх допомогою в організмі людини формується адаптивний імунітет до захворювань, на які вона ще не хворіла.

Існує кілька типів вакцин (мал. 31.2).



Мал. 31.2. Типи вакцин

Атенуйовані вакцини	містять живі, але ослаблені мікроорганізми, які нездатні викликати тяжку форму захворювання
Інактивовані вакцини	містять мертві клітини патогену, які мають на своїй поверхні антигени, що здатні сприяти формуванню імунітету до захворювання
Субодиничні вакцини	містять не цілісні частки патогену, а тільки окремі його фрагменти (наприклад, поверхневі білки вірусу)

Вакцина на основі вірусного вектора використовує фрагмент безпечного для людини вірусу, до якого прикріплюється ген небезпечного вірусу. За допомогою вектора цей ген проникає в деякі клітини організму і починає виробляти вірусний білок, який розпізнає імунна система і виробляє імунітет. Саме так працюють деякі вакцини проти ковіду і лихоманки Ебола.

РНК- і ДНК-вакцини діють за таким самим принципом, але для транспортування вірусних генів у клітини (у вигляді молекул РНК чи ДНК) вони використовують інші механізми (зазвичай ліпідні наночастинки усередині яких містяться ці молекули). Обидва ці типи вакцин також використовуються проти ковіду.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Імунна системи захищає організм від хвороботворних організмів і шкідливих речовин та забезпечує його імунітет. Імунітет — це здатність організму захищати свою цілісність, зберігати гомеостаз під час дії чужорідних біологічних чинників. Імунітет у тварин може бути вродженим або адаптивним. Особливістю адаптивного імунітету є те, що після контакту з новим антигеном в організмі формується імунологічна пам'ять щодо нього. На цій властивості засновано використання вакцин.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які органи входять до складу імунної системи людини?
2. Органи імунної системи зазвичай поділяють на центральні і периферичні. До центральних органів відносять тимус і кістковий мозок, а всі інші — до периферичних. Запропонуй своє пояснення такого розподілу.
3. Печінку зазвичай не відносять до органів імунної системи, проте важливу функцію у захисті організму вона виконує. Яка це функція?
4. Перш ніж чужорідні біологічні чинники потраплять в організм і розпочнуть реакцію імунної системи, їм доведеться подолати поверхневі бар'єри організму, які запобігають потраплянню в організм сторонніх біологічних об'єктів. Склади їх перелік і поясни, як вони працюють.
5. У яких ситуаціях використання сироваток є більш раціональним, ніж застосування вакцин?
6. Підготуй доповідь про типи вакцин, які застосовують для профілактики ковіду. Використовуй додаткові джерела інформації.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 32 Проблеми імунної системи

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Досить часто кажуть: у мене алергія на пил. Та насправді власне пил не є причиною алергічної реакції. А що тоді?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Укуси отруйних комах, як-от шершнів або бджіл, зазвичай викликають біль і дискомфорт. Проте для більшості людей це несмертельно (мал. 32.1). Щоб виникла небезпека життю людини, таких укусів потрібно дуже багато. Однак в окремих випадках навіть один укус може стати серйозною загрозою. Чому?

2 Чи може імунна система атакувати здорові клітини власного організму? Якими будуть наслідки такого процесу для людини?

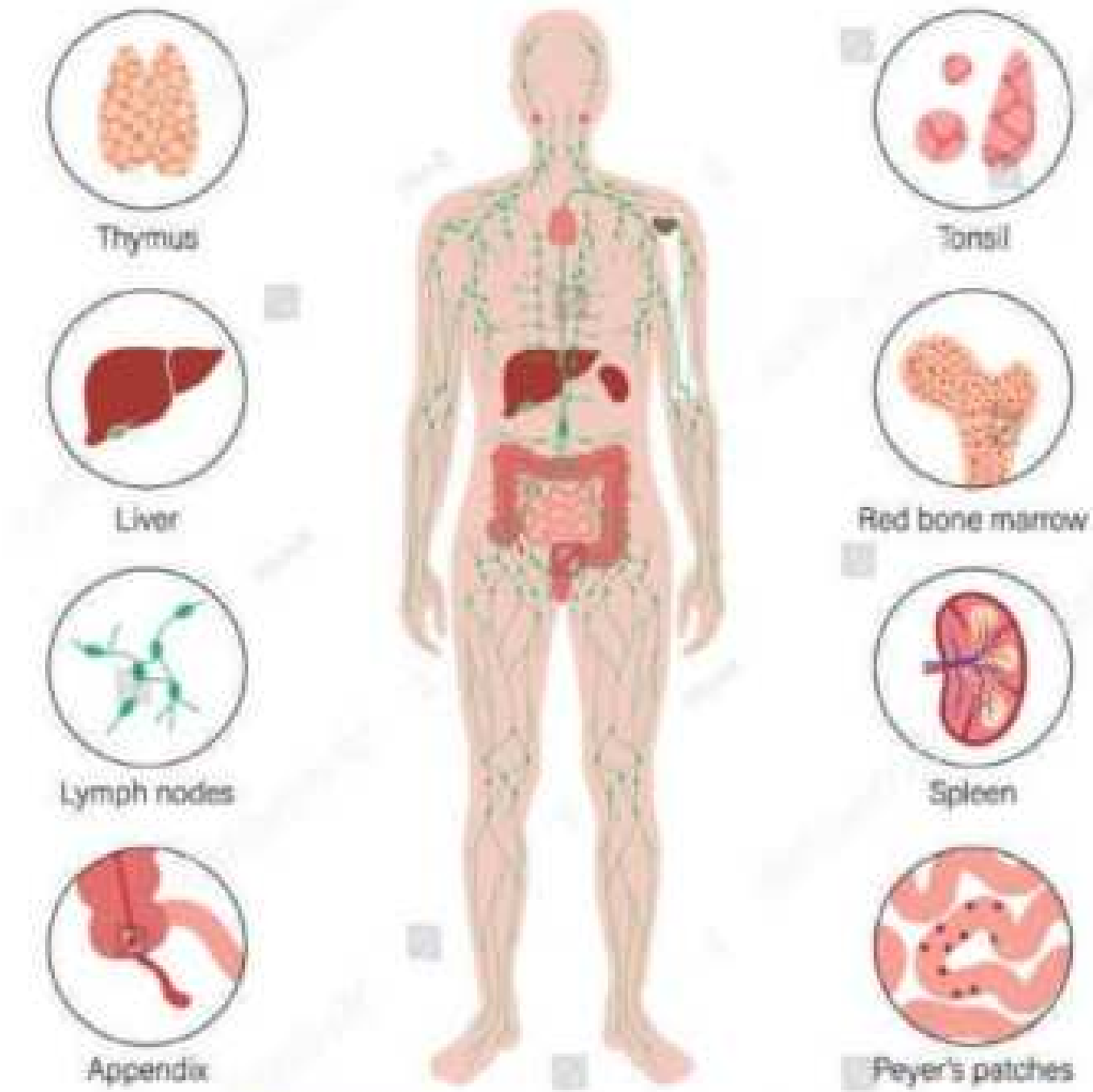


Мал. 32.1. Укус бджоли

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Дослідження імунної системи людини (мал. 32.2), особливостей її роботи і проблем, які в ній можуть виникати, здійснює окремий розділ медицини — імунологія. Галузями імунології, у свою чергу, є імунотерапія та імунокорекція. Імунотерапія досліджує питання застосування і створення імунобіологічних препаратів (вакцин, сироваток, інтерферонів, бактеріофагів тощо).

Імунокорекція опікується питаннями порушень роботи імунної системи, їх профілактикою, розробляє способи і методи лікування. Сукупність цих способів і методів лікування також називають імунокорекцією. Під час імунокорекції використовують так звані імунотропні препарати, які можуть впливати на імунні реакції. Наприклад, імуностимулятори ці реакції підсилюють, а імунодепресанти — пригнічують.



Мал. 32.2. Імунна система людини

Проблеми імунної системи пов'язані з недостатньою або надмірною ефективністю імунних реакцій. У випадку їх недостатньої ефективності спостерігається явище імунодефіциту (імунодепресивного стану). Він проявляється у вигляді втрати або зниження опірності організму до інфекцій і розвитку злоякісних пухлин.

ІМУНОДЕФІЦИТ

Вроджений	Набутий
Є наслідком спадкових порушень, через які виникають проблеми у роботі лейкоцитів, тимусу, кісткового мозку тощо	Може виникати як результат дії фізичних, хімічних або біологічних чинників. Наприклад, однією з причин тимчасового імунодефіциту може бути значна втрата крові (з лімфоцитами, які в ній містяться) через кровотечу

Прикладом фізичних чинників виникнення імунодефіцитів є дія гамма-променів, хімічних — важких металів, біологічних — вплив на організм деяких паразитичних червів, найпростіших або грибів.

Одними з найсильніших чинників виникнення імунодефіцитів є дія вірусів, як-от кору, грипу, ентеровірусів тощо. Найвідомішими з-поміж них є ретровіруси, які уражають клітини імунної системи, зокрема вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), що є причиною СНІДу.

Надмірна ефективність імунних реакцій також стає причиною значних проблем в організмі людини. Найвідомішим прикладом такої надмірної реакції є алергія. Це реакція імунної системи на дію безпечного стимулу, який у своєму складі має певний антиген (відомий як алерген). *Переглянь в* **е-додатку** *відео про алергічний риніт (завдання 32.1).*

Проявляється вона у вигляді набряку, запалення, спазму непосмугованих м'язів, порушення циркуляції крові тощо. У складних випадках алергічна реакція може створювати загрозу для життя людини.

Джерела алергенів дуже різноманітні (мал. 32.3). Найпоширенішими є шерсть тварин, пил у приміщеннях, пилок рослин, укуси тварин (зокрема, комах), деякі лікарські препарати, косметологічні засоби, їжа, одяг тощо. Насправді алергеном може бути незначна частка речовин із цих джерел. Наприклад, причиною алергії на пил є не власне частки пилу, а пилові кліщі, які в ньому живуть. Саме вони виробляють той алерген, який і викликає алергічну реакцію на пил.



Мал. 32.3. Джерела алергенів

Прояви алергії залежать від індивідуальних особливостей людини. Ті алергени, що викликають алергію в однієї людини, можуть зовсім не викликати її в іншої.

Лише невелика частина людей має гостру алергічну реакцію на укуси комах, що може призвести до серйозних наслідків, навіть від одного укусу. Тоді як у більшості людей такі укуси викликають лише місцеву реакцію.

Коли імунна система помилково ідентифікує власні клітини організму як чужі і починає їх атакувати, намагаючись знищити, виникають автоімунні реакції.

Це може спричинити різноманітні захворювання, оскільки ушкоджуються здорові тканини, наприклад ревматоїдний артрит, системний червоний вовчак, цукровий діабет I типу тощо.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Дослідження імунної системи людини здійснює окремий розділ медицини — імунологія. Галузями імунології є імунотерапія та імунокорекція. Проблеми імунної системи пов'язані з недостатньою або надмірною ефективністю імунних реакцій. У випадках їх недостатньої ефективності спостерігається явище імунодефіциту. Надмірна ефективність імунних реакцій стає причиною таких проблем, як алергії та автоімунні реакції.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Що є об'єктом досліджень імунології?
2. Порівняй імунотерапію та імунокорекцію.
3. У яких випадках у людини можливе виникнення набутого імунодефіциту?
4. Чому виникають аутоімунні захворювання? Наведи приклади таких хвороб.
5. Склади рекомендації для людини з алергією на пил, які допоможуть полегшити їй життя.
6. Створи презентацію «Імунодефіцит людини», у якій спробуй пояснити, чому важко розробити вакцину проти цієї інфекції.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 33 Інфекційні захворювання. Вірусні хвороби людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Кліщовий енцефаліт передається через укуси кліщів, які можуть переносити вірус цього захворювання на різних ссавців. В одному європейському містечку стався спалах цієї хвороби. Незважаючи на те, що поблизу були ліси, де мешкали заражені кліщі, багато людей, які ніколи їх не відвідували, теж постраждали. До того ж хвороба часто вражала кількох членів однієї родини. одночасно. Запропонуй і обґрунтуй гіпотезу, яка пояснює можливий механізм зараження людей.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Для лікування бактеріальних захворювань сучасна медицина широко використовує різноманітні антибіотики. А от знайти препарати проти вірусних інфекцій значно важче. Чому?

2 Натуральна віспа — тяжке вірусне захворювання. Це єдине захворювання, якого людство спромоглося позбутися (мал. 33.1). Чому вдалося подолати саме віспу?



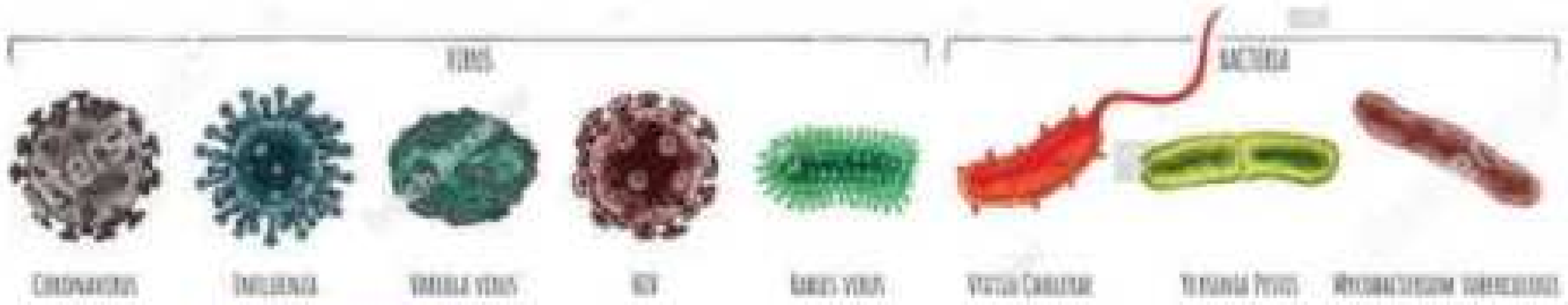
Мал. 33.1. Вакцинація бідних мешканців Нью-Йорка проти віспи у 1872 році

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Головним завданням імунної системи людини є захист організму від інфекційних захворювань. Інфекційними називають захворювання, причиною виникнення яких є потрапляння в організм людини паразитичних організмів. Частіше термін *інфекційні захворювання* застосовують для позначення хвороб, збудниками яких є віруси і бактерії. А захворювання, збудниками яких є еукаріотичні організми, називають інвазійними, або інвазіями.

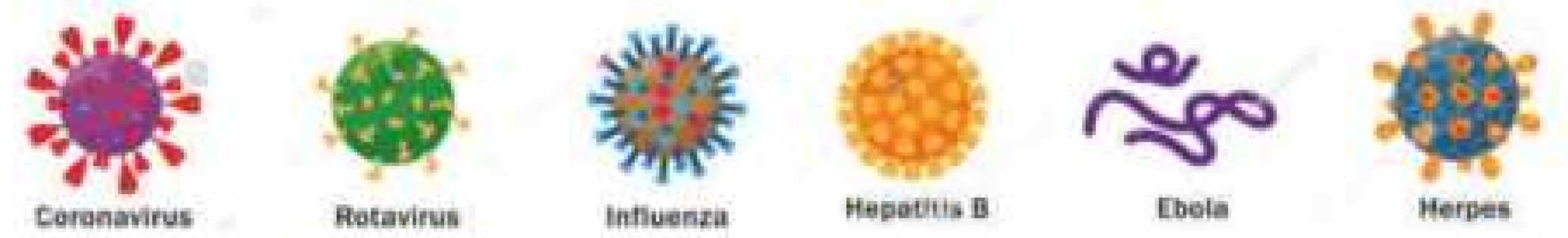
Збудниками інвазій можуть бути одноклітинні еукаріоти (малярія, сонна хвороба, лейшманіози, трихомоноз), багатоклітинні паразитичні тварини, наприклад плоскі або круглі черви (аскаридоз, теніоз, ехінококоз), комахи (педикульоз) або гриби (кандидоз, оніхомікоз).

Збудники інфекцій людини дуже різноманітні (мал. 33.2). Значна їх частина належить до хвороботворних бактерій. Бактеріями є збудники таких захворювань, як холера, чума, туберкульоз, сальмонельоз, черевний і висипний тиф, сифіліс тощо. Для лікування бактеріальних інфекцій широко застосовують антибіотики та інші препарати.



Мал. 33.2. Збудники інфекційних захворювань людини

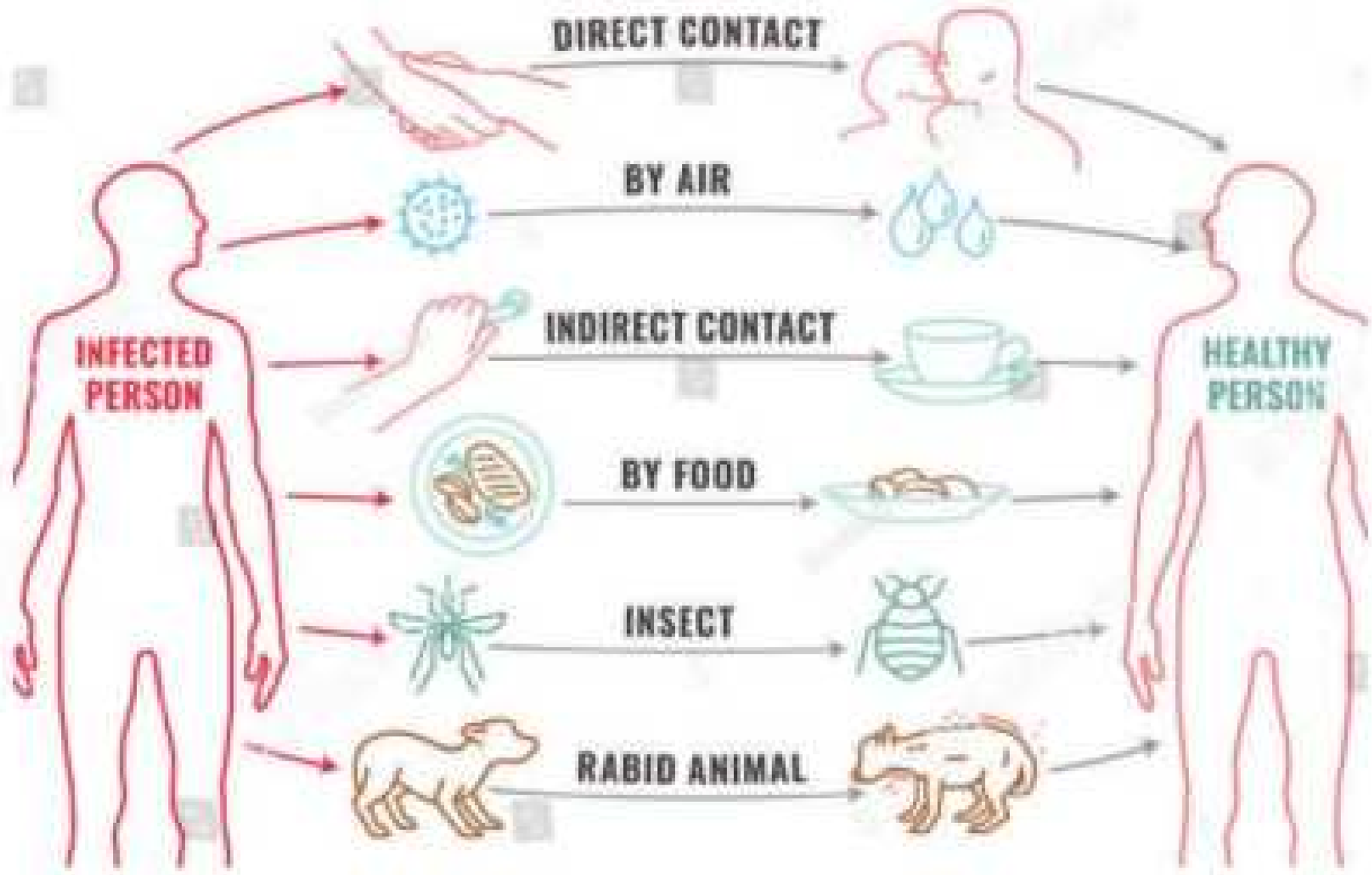
Вірусні інфекції людини також є численними. До захворювань, збудниками яких є віруси, належать грип, кір, сказ, гепатити А і В, енцефаліт, коронавірус, вірус імунодефіциту людини тощо (мал. 33.3). Лікувати їх складно. Антибіотики в такому разі не дуже підходять для лікування. Одним з основних принципів дії антибіотиків є те, що вони порушують певні біохімічні процеси в клітинах мікроорганізмів, які відрізняються від процесів у клітинах людини. А от віруси використовують для свого відтворення біохімічні процеси клітин людини. Тому підібрати для них ефективну протидію складніше.



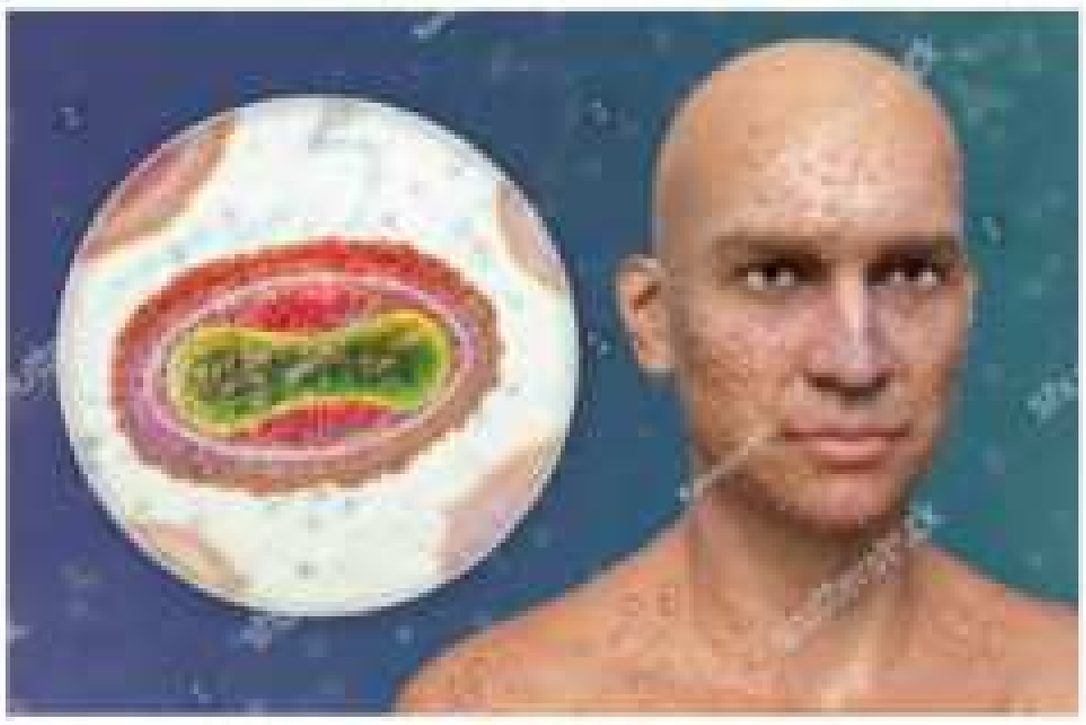
Мал. 33.3. Збудники вірусних захворювань людини

Найбільш надійним способом боротьби з інфекціями є профілактика. Для профілактики слід розуміти особливості життєдіяльності патогену та способи його проникнення в організм людини. Збудники інфекцій можуть проникати в організм людини різними шляхами (мал. 33.4). Деякі з них потрапляють через укуси тварин (кліщів, комарів, вошей тощо). Так можна заразитися збудниками бореліозу, енцефаліту, чуми, малярії тощо. Через рот (оральним шляхом) людина може заразитися збудниками холери, черевного тифу, сальмонельозу. Через ушкоджену шкіру в організм може проникнути збудник правця.

Багато збудників проникають в організм через дихальні шляхи (збудники грипу, кору, ковіду тощо).



Мал. 33.4. Шляхи потрапляння збудників захворювань в організм людини



Мал. 33.5. Вірус натуральної віспи та наслідки його дії на організм людини

Прикладом використання знань про особливості життєдіяльності патогену для профілактики захворювань можуть бути натуральна віспа та енцефаліт. Збудник віспи передавався тільки від людини до людини (мал. 33.5). Тому поширення щеплень і дотримання карантинних заходів дало змогу перемогти хворобу. Збудник енцефаліту може передаватися через укуси кліщів і травний тракт (з молоком хворих тварин). Тому запобігти зараженню можна, якщо застосовувати засоби проти кліщів та знезаражувати молоко.

Профілактика інфекційних захворювань може бути двох типів — неспецифічна (для запобігання великій кількості захворювань) і специфічна (спрямована проти одного конкретного захворювання). До неспецифічної профілактики відносять індивідуальні заходи, як-от загартовування організму (що зміцнює імунітет), дотримання правил

гігієни, уникання контактів з хворими людьми тощо. Є й колективні заходи неспецифічної профілактики — облаштування каналізації у населених пунктах, карантинні заходи, пропагування здорового способу життя.

Прикладами специфічних заходів профілактики є застосування сироваток і проведення вакцинації.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Інфекційними називають захворювання, причиною виникнення яких є потрапляння в організм людини паразитичних організмів (зазвичай вірусів або бактерій). До захворювань, збудниками яких є віруси, належать грип, кір, сказ, гепатити А і В, енцефаліт, коронавірус, вірус імунодефіциту людини тощо. Збудники інфекцій можуть проникати в організм людини різними шляхами: через травну або дихальну системи, ушкодження шкіри, укуси тварин тощо. Існують заходи профілактики, які можуть знизити ризик зараження, а саме: загартовування організму (що зміцнює імунітет), дотримання правил гігієни, уникання контактів з хворими людьми, облаштування каналізації в населених пунктах, карантинні заходи, пропагування здорового способу життя. Дужа важливим і ефективним заходом профілактики є вакцинація.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які захворювання називають інфекційними? Наведи приклади таких захворювань.
2. Що таке інвазії? Наведи приклади інвазійних захворювань.
3. Які вірусні захворювання поширені в Україні?
4. Які існують способи профілактики захворювань, що потрапляють в організм людини через дихальну систему?
5. Запропонуй перелік заходів, що знизять можливість зараження людини інфекційними захворюваннями через травну систему.
6. Поясни, які переваги має профілактика інфекційних захворювань порівняно з їх лікуванням.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження руху крові в організмі

Відтвори траєкторію руху одного з еритроцитів кровоносною системою. Для цього розташуй послідовно номери структур зі списку, в яких цей еритроцит перебував. Побудова траєкторії руху розпочинається в момент перебування еритроцита в лівому шлуночку серця.

Біля кожного номера познач «+», якщо в цей момент гемоглобін еритроцита утримував молекули кисню, або «−», якщо молекул кисню в ньому не було.

У тій структурі, де відбувається втрата або захоплення молекул кисню гемоглобіном, познач «+/−».

Виконай завдання в зошиті.



Перелік структур

Варіант 1		Варіант 2	
1. Аорта		1. Аорта	
2. Верхня порожниста вена		2. Капіляр альвеоли	
3. Капіляр альвеоли		3. Капіляр кравецького м'яза	
4. Капіляр мозку		4. Легенева артерія	
5. Легенева артерія		5. Легенева вена	
6. Легенева вена		6. Ліве передсердя	
7. Ліве передсердя		7. Лівий шлуночок серця	
8. Лівий шлуночок серця		8. Нижня порожниста вена	
9. Праве передсердя		9. Праве передсердя	
10. Правий шлуночок серця		10. Правий шлуночок серця	
11. Сонна артерія		11. Стегнова артерія	
12. Яремна вена		12. Стегнова вена	

6 ДИХАЛЬНА СИСТЕМА ТА ГАЗООБМІН



§ 34 Значення газообміну. Система органів дихання

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

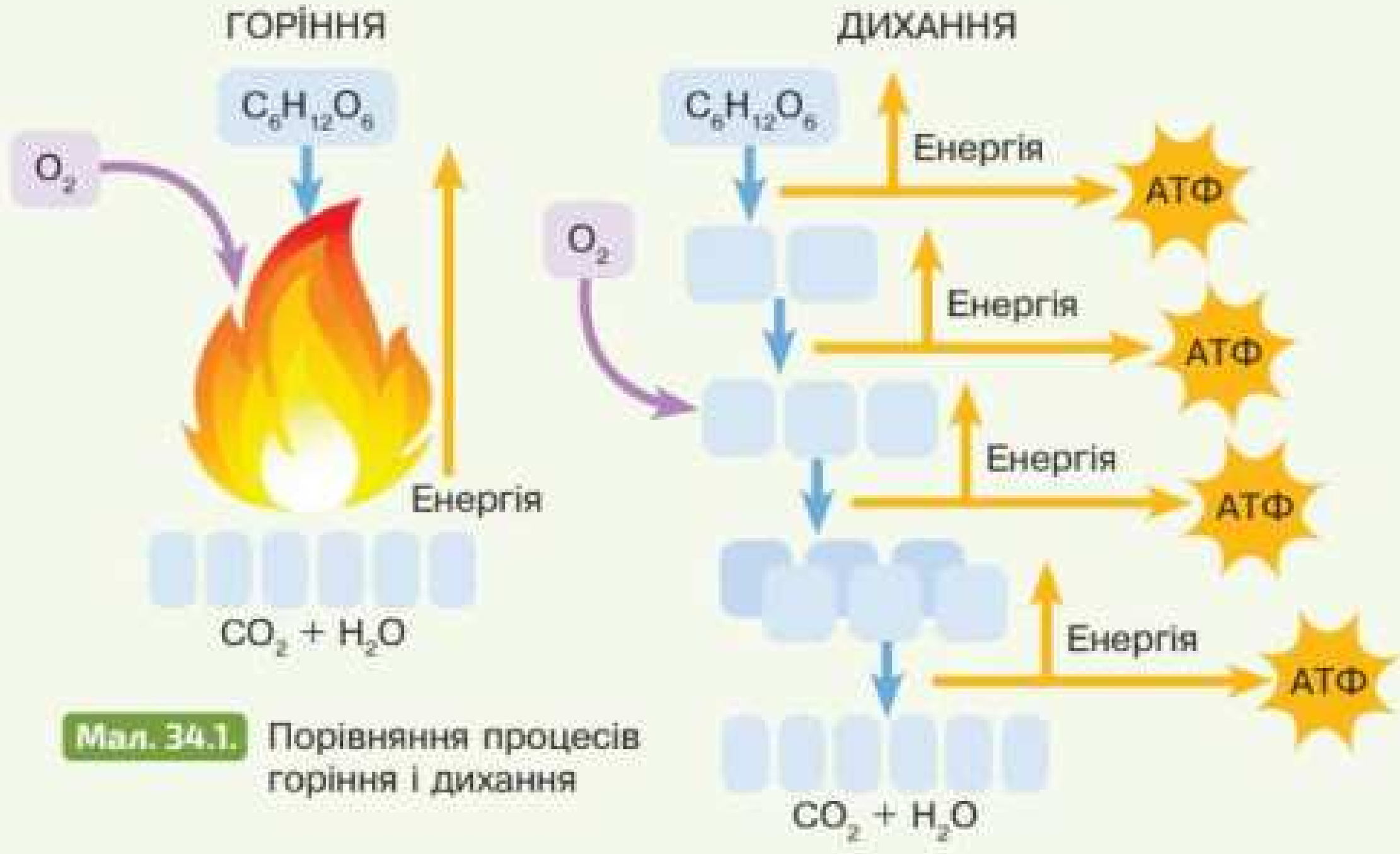


Поміркуй, що спільного в будові класичного пилососа і повітроносних шляхів.

Пригадай інші побутові пристрої, схожі за будовою на органи людини.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Чи доводилося тобі біля багаття відчувати енергію палаючої деревини? Один зі способів загасити вогонь — перекрити доступ повітря (кисню). Без кисню припиняється дихання. За малюнком 34.1 вияви подібні й відмінні ознаки горіння і дихання.



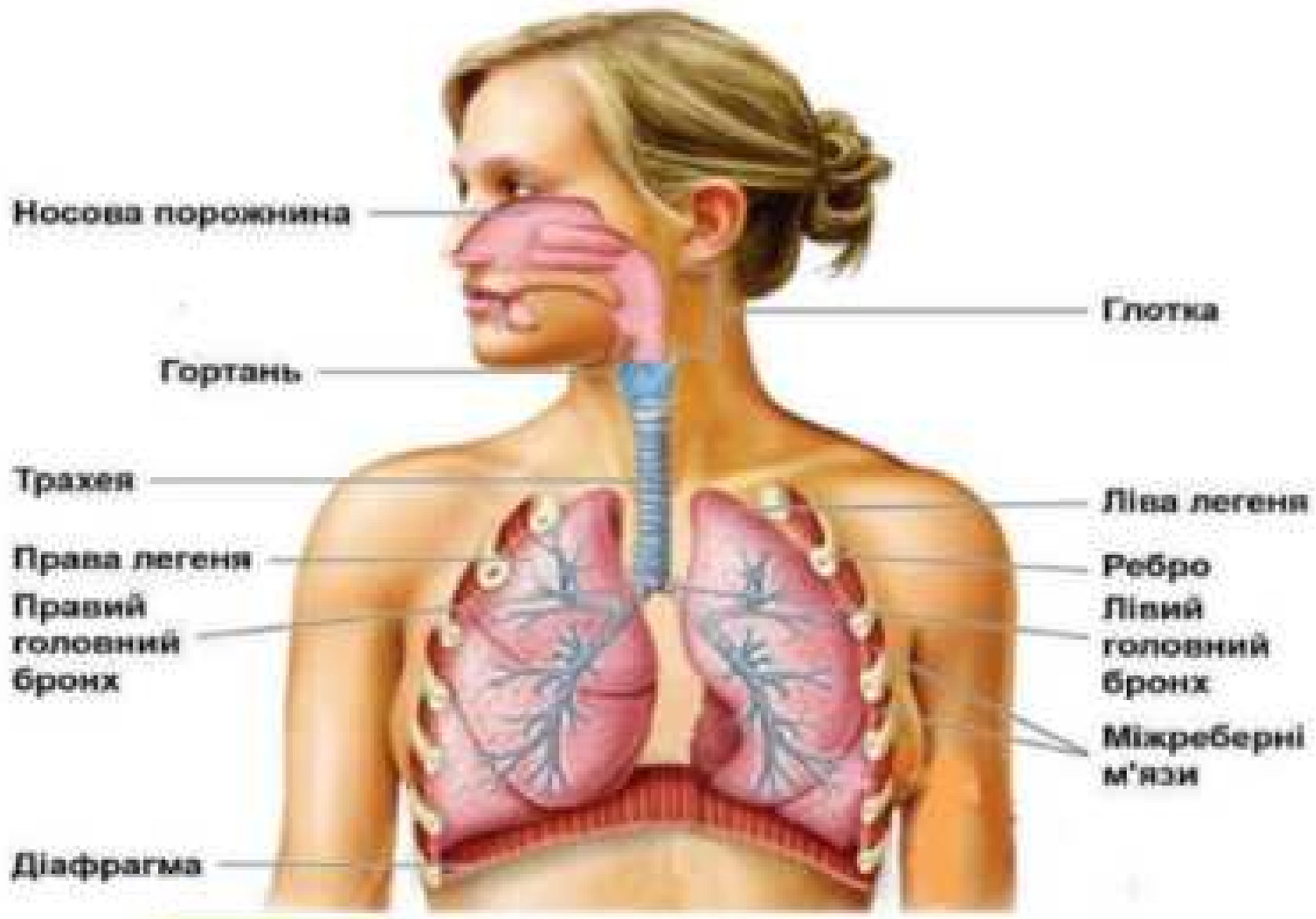
Мал. 34.1. Порівняння процесів горіння і дихання

2 Якщо помістити у склянку з водою шматочки легень і м'язів тварин, вони опиняться на різній глибині. Поміркуй, який шматочок опиниться на дні, а який — плаватиме на поверхні. Обґрунтуй свою думку.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Без кисню людина не може прожити і 15 хвилин. Кисень використовується у мітохондріях для окиснення органічних речовин. У результаті послідовних реакцій вивільняється велика кількість енергії, що акумулюється в молекулах АТФ, які переносять її туди, де вона необхідна (для роботи м'язів, мозку тощо). У результаті дихання з глюкози та жирів вивільняється вуглекислий газ — один з остаточних продуктів обміну.

Надходження кисню у кров і виділення в зовнішнє середовище вуглекислого газу забезпечує система органів дихання. Її утворюють повітроносні шляхи і легені (мал. 34.2). Повітроносні шляхи поділяють на верхні (носова порожнина, глотка, гортань) і нижні (трахея, бронхи).



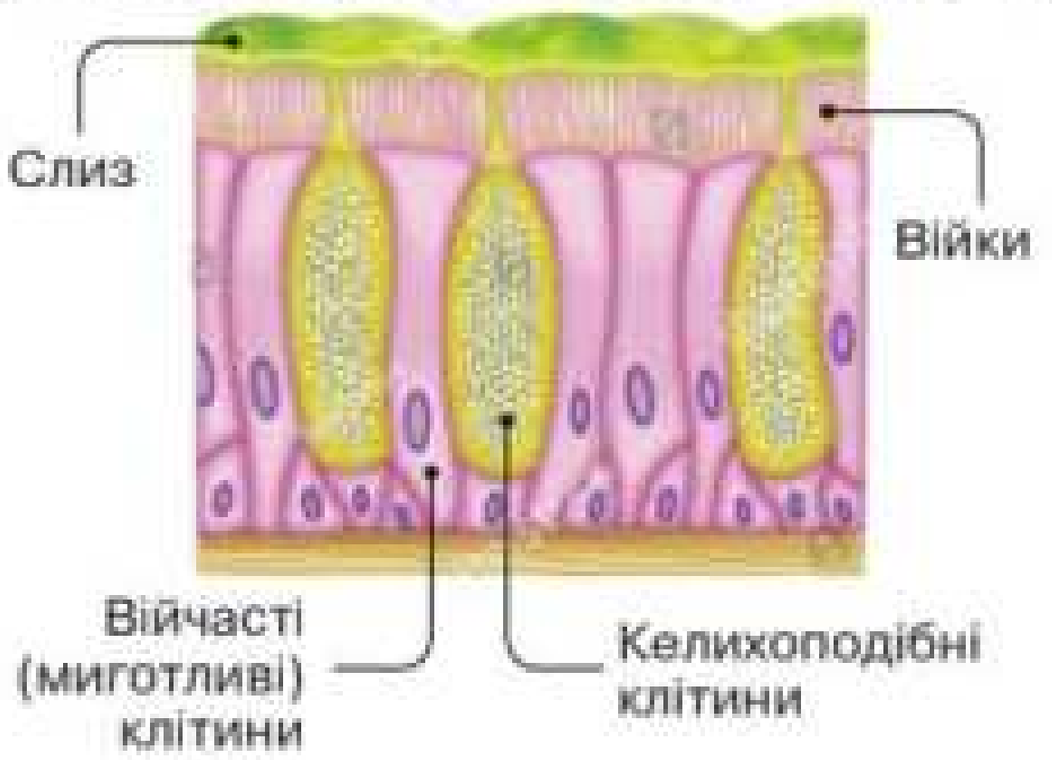
Мал. 34.2. Будова системи органів дихання

Майже вся поверхня повітроносних шляхів ізсередини вистелена війчастим епітелієм (мал. 34.3). На верхній поверхні його клітини містять війки. Також в епітелії розташовані келихоподібні клітини, що виділяють слиз. Часточки пилу, мікроорганізми з вдихуваного повітря захоплюються війками і прилипають до слизу. Коливання війок забезпечує переміщення слизу із цими часточками назовні (у носовій порожнині) або до глотки (з гортані і трахеї). Після ковтання мікроорганізми знешкоджуються шлунковим соком.

Передусім вдихуване повітря надходить у носову порожнину, що має велику площу поверхні завдяки звивистим ходам. Вона сполучена з придатковими пазухами (гайморовими, лобними). У носовій по-

рожнині повітря зволожується, очищується і знезаражується завдяки війчастому епітелію і слизу. Тут працюють імунні клітини, що вловлюють і знешкоджують антигени. Під епітелієм міститься розгалужена система кровоносних судин, що суттєво сприяє зігріванню вдихуваного повітря. Носова порожнина відіграє важливу роль у сприйнятті запахів, позаяк містить нюхові рецептори.





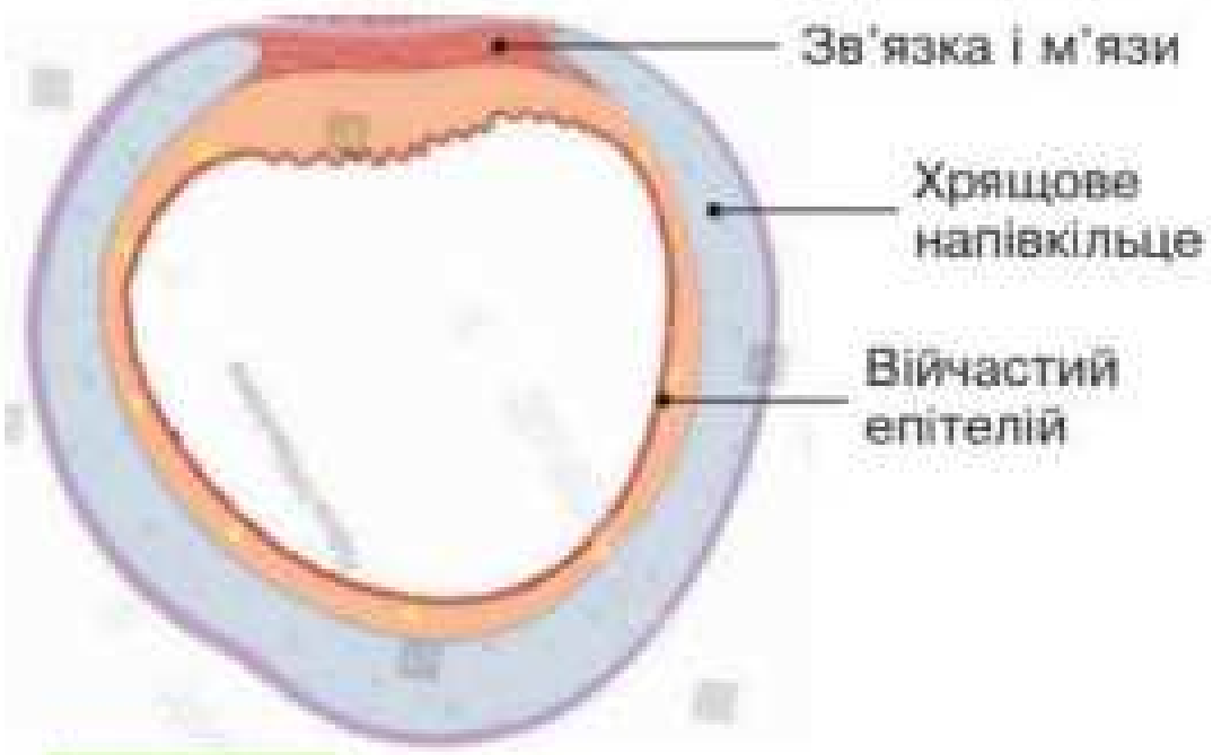
Мал. 34.3. Війчастий епітелій повітроносних шляхів

З носової порожнини повітря надходить у глотку. Саме в її нижній частині перетинаються дихальний і травний шляхи. Під час ковтання надгортанний хрящ рефлекторно перекриває вхід у гортань і запобігає потраплянню в неї їжі та води.

Гортань — орган із подвійною функцією: важливий компонент повітроносного шляху й орган голосоутворення. Про роль гортані у формуванні голосу ознайомся в § 36.

Основу гортані утворюють кілька хрящів, найбільший з них щитоподібний. Хрящі формують еластичний скелет гортані, що підтримує відповідну форму і є опорою для прикріплення голосових зв'язок.

З гортані повітря надходить у трахею. Це еластична трубка, внутрішній діаметр якої становить 12–18 мм, а довжина — 10–15 см. Стінка трахеї містить хрящі, м'язи і зв'язки. Хрящі трахеї у вигляді С-подібних кілець не дають її стінкам спадатися (мал. 34.4). Позаду до трахеї прилягає стравохід. Тож у цій частині стінка трахеї під час проходження харчової грудки по стравоходу вгинається всередину.



Мал. 34.4. Поперечний переріз трахеї

Трахея розділяється на лівий і правий бронхи, що розгалужуються, утворюючи бронхіальне дерево. Важливу роль виконують м'язи, що можуть звужувати просвіт

бронхів, наприклад, під час надходження холодного або забрудненого повітря. Насамкінець галуження утворюються крихітні бронхіоли діаметром 0,5–1 мм, що доставляють повітря в легеневі міхурці — альвеоли.

Легені — парний орган, де здійснюється газообмін. Для ефективності цього процесу легені мають велику площу поверхні (до 140 м^2). Це досягається утворенням численних міхурців — альвеол, у які з бронхіол надходить багате киснем повітря. Альвеоли обплетені кровоносними капілярами, що і забезпечує ефективний газообмін.

Легені розміщені у грудній клітці і вкриті плеврою (про роль плеври дізнаєшся в § 36). Ліва легеня менша за праву, оскільки зліва міститься серце. Від першого вдиху новонародженого легені наповнюються повітрям і постійно містять певну його кількість.

Виконай в e-ДОДАТКУ *завдання 34.1.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Кисень необхідний для окиснення речовин з вивільненням енергії, що акумулюється в молекулах АТФ. Система органів дихання складається з повітроносних шляхів (носова порожнина ⟶ глотка ⟶ гортань ⟶ трахея ⟶ бронхи) і легень як органу газообміну. Повітроносні шляхи вистелені війчастим епітелієм. Гортань, трахея, бронхи містять хрящову тканину. Легені мають систему альвеол, що збільшує площу поверхні газообміну.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

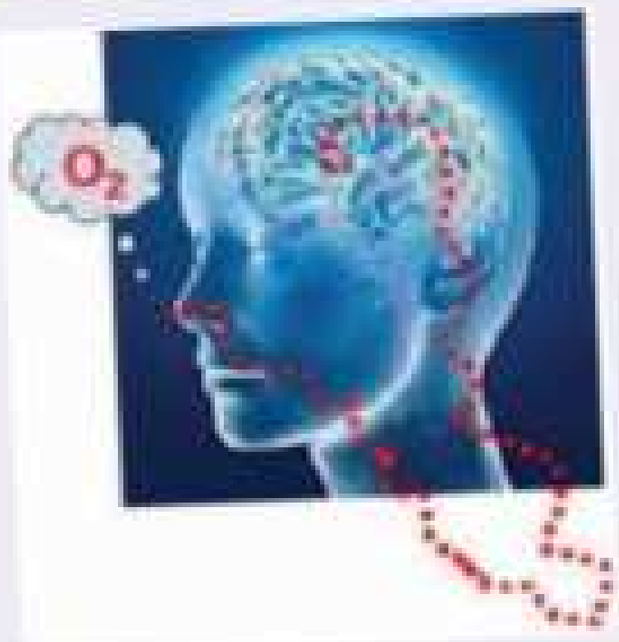
1. Розмісти органи дихання у правильній послідовності під час вдиху і під час видиху повітря.
2. Обґрунтуй, чому не варто сміятися або говорити, коли їси.
3. Доведи, що вдихати повітря носом значно краще, ніж ротом.
4. Доведи зв'язок будови трахеї з виконуваними функціями.
5. Як формується бронхіальне дерево і які функції воно виконує?
6. STEM-проєкт. Об'єднайтесь у групи. Створіть моделі органів дихання (гортані, трахеї, стінки носової порожнини) із підручних матеріалів (картону, дроту, пластикових гофрованих труб тощо).

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 35 Етапи дихання. Газообмін у легенях і тканинах

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Простеж шлях молекули кисню від носової порожнини до нейрона мозку. Скористайся матеріалами в е-додатку (завдання 35.1).

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Часто чуємо помилкове твердження, що в легенях кисень перетворюється на вуглекислий газ. Аргументовано спростуй його.

2 Для порятунку людини, що зазнала отруєння чадним газом, використовують барокамери, у яких створюється підвищений тиск повітря, насиченого киснем. Як такі пристрої допомагають доправити кисень до клітин?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Для забезпечення потреб у кисні недостатньо лише наповнити легені повітрям. Необхідно доставити його в усі пункти призначення — до мітохондрій кожної клітини тіла. Цей процес відбувається у кілька етапів (мал. 35.1).

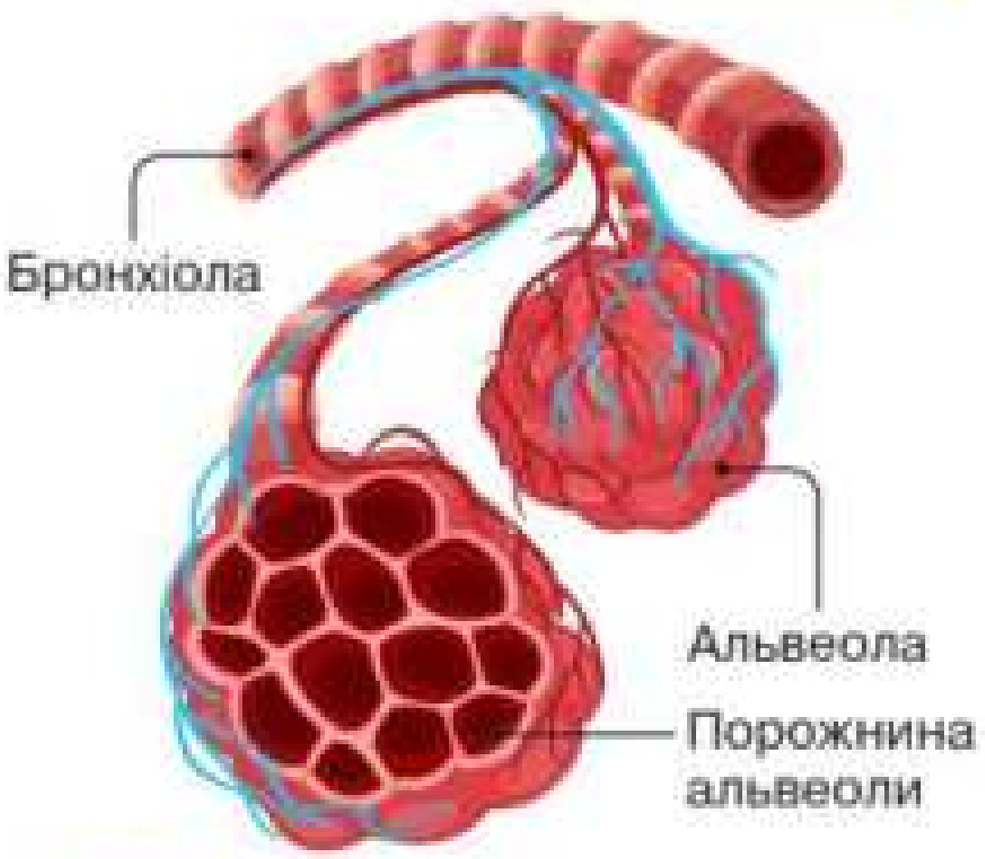
Надходження повітря в легені здійснюється повітроносними шляхами. В альвеолах легень відбувається газообмін між повітрям і кров'ю, що рухається капілярами легень. Система альвеол, до яких повітря доставляється бронхіолами, має велику площу поверхні (мал. 35.2). Стінки альвеол складені одним шаром плоских епітеліальних клітин, як і стінки капілярів, що їх обплітають. Крізь ці шари гази легко дифундують (мал. 35.3). *Переглянь в е-додатку відео про газообмін у легенях (завдання 35.2).*

Як же визначається напрямок дифузії? Газ переміщується із середовища, де його більше, туди, де його менше. Для наукового обґрунтування дифузії газів використовують поняття *парціального тиску (детальніше ознайомся в е-додатку (завдання 35.3))*. Уміст кисню

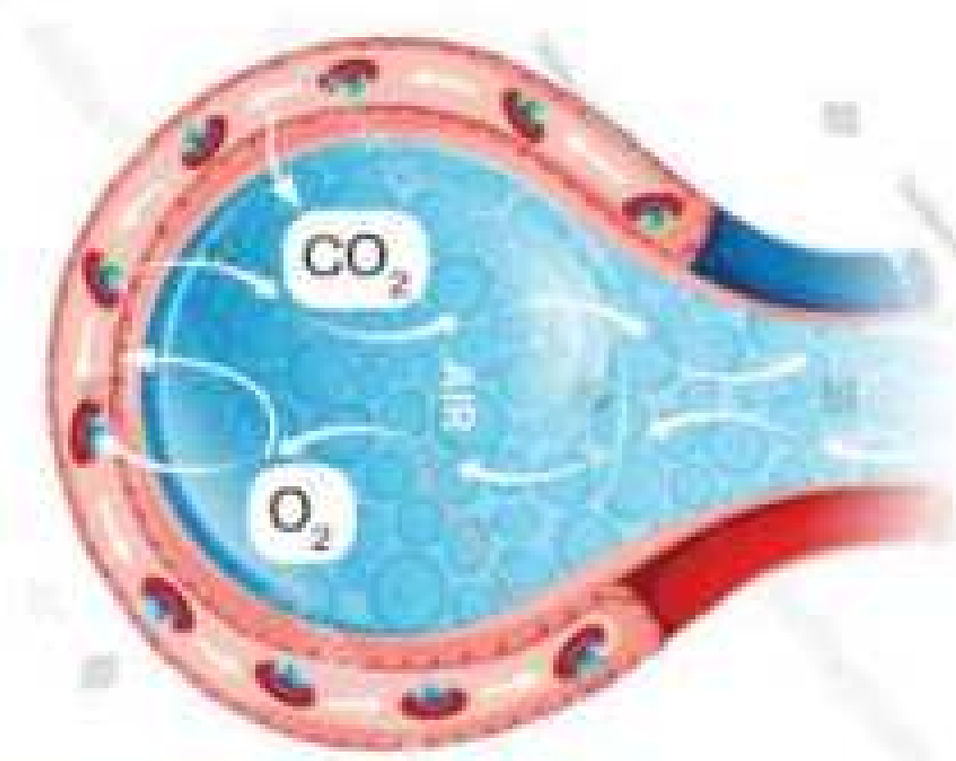
в альвеолярному повітрі більший, ніж у крові. Тож кисень проникає з повітря у кров (таким чином вона стає артеріальною), а вуглекислий газ із крові — в альвеоли (мал. 35.3).



Мал. 35.1. Етапи дихання



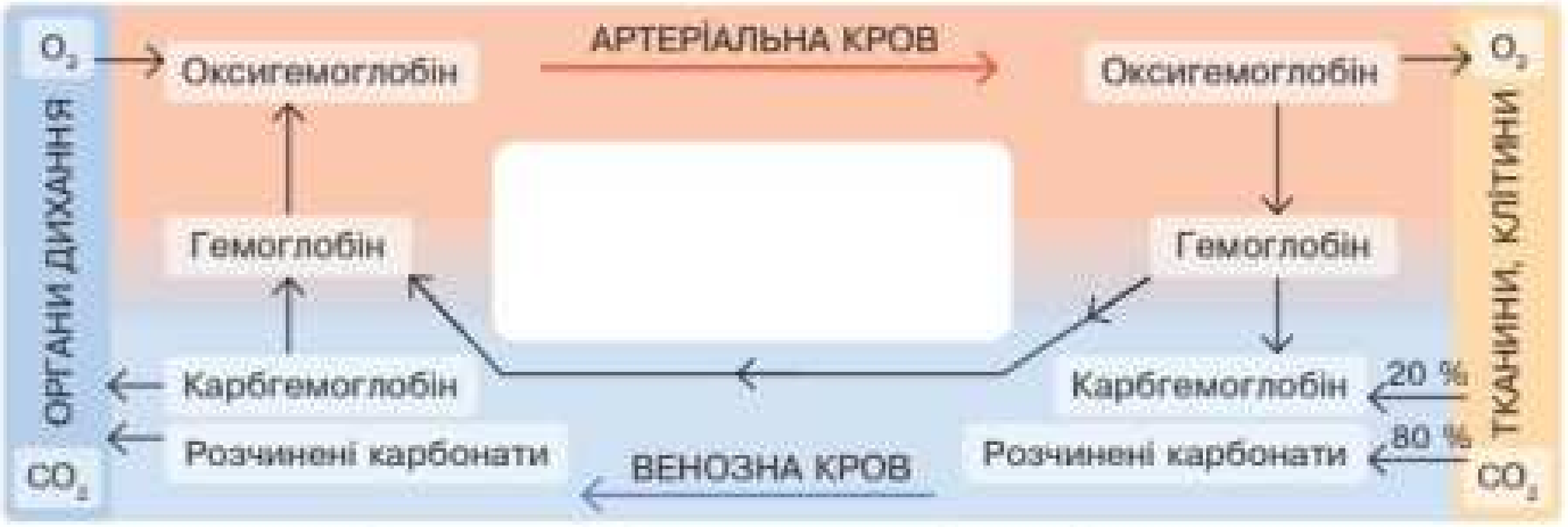
Мал. 35.2. Будова ділянки газообміну легені



Мал. 35.3. Газообмін у легенях

Судинами великого кола кровообігу артеріальна кров надходить до тканин, де відбувається газообмін. Унаслідок клітинного дихання у тканинах виникає високий уміст вуглекислого газу і низький — кисню. Тож із артеріальної крові кисень проникає у тканини, тоді як вуглекислий газ — із тканин надходить у кров. Так тканини забезпечуються киснем і позбуваються вуглекислого газу.

Кров транспортує кисень з легень до тканин, а вуглекислий газ у зворотному напрямку (мал. 35.4).



Мал. 35.4. Транспорт газів кров'ю

БІОСЛОВО

Оксигемоглобін — нестійка сполука гемоглобіну з киснем, утворюється у легенях.

Карбгемоглобін — нестійка сполука гемоглобіну з вуглекислим газом.

Карбоксигемоглобін — стійка сполука гемоглобіну із чадним газом (CO).

У капілярах легень кисень проникає всередину еритроцитів, де утворюється нестійка сполука гемоглобіну з киснем — оксигемоглобін. Насичена киснем (артеріальна) кров рухається від легень до серця, звідки надходить у велике коло кровообігу і доставляється до тканин і органів. У капілярах великого кола оксигемоглобін дисоціює з вивільненням кисню.

Вуглекислий газ транспортується у зворотному напрямку — від органів до легень. Лише частина CO_2 (10–20 %) утворює нестійку сполуку з гемоглобіном — карбгемоглобін. Більша частина вуглекислого газу переноситься у вигляді розчинених солей, йонів (зазвичай HCO_3), а 5 % CO_2 безпосередньо розчиняється у плазмі крові.

Чадний газ, що може накопичуватися в повітрі в результаті неповного згорання природного газу, вугілля, у разі несправності газових приладів, двигунів, є дуже небезпечним. Проникаючи з вдихуваного повітря у кров, він утворює з гемоглобіном стійку сполуку — карбоксигемоглобін. Навіть за відносно швидкого доставлення постраж-

далої людини до лікарні й інтенсивної вентиляції легень повітрям з високим умістом кисню відновити тканинне дихання буває складно, позаяк еритроцити заповнені стійким карбоксигемоглобіном. У таких випадках пацієнта можуть поміщати у барокамеру, в яку повітря з киснем подається під підвищеним тиском, і кисень безпосередньо розчиняється у плазмі крові, яка й доносить його до клітин.

Усі етапи дихання забезпечують надходження кисню до клітин, де і відбувається клітинне дихання — безпосереднє його використання для окиснення речовин і накопичення енергії в молекулах АТФ.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Виділяють такі етапи дихання: вентиляція легень, газообмін у легенях, транспорт газів кров'ю, газообмін у тканинах, клітинне дихання. У легенях з альвеол кисень проникає у кров, а вуглекислий газ, навпаки, з крові — в альвеолярне повітря. Кисень транспортується кров'ю у складі оксигемоглобіну. Вуглекислий газ переважно переноситься у вигляді гідрокарбонатних йонів, розчинених у плазмі крові, частково — у вигляді карбгемоглобіну. У капілярах великого кола кровообігу кисень проникає у тканини, а вуглекислий газ реміщується у кров. Отруєння чадним газом небезпечне, позаяк CO утворює стійку сполуку з гемоглобіном.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

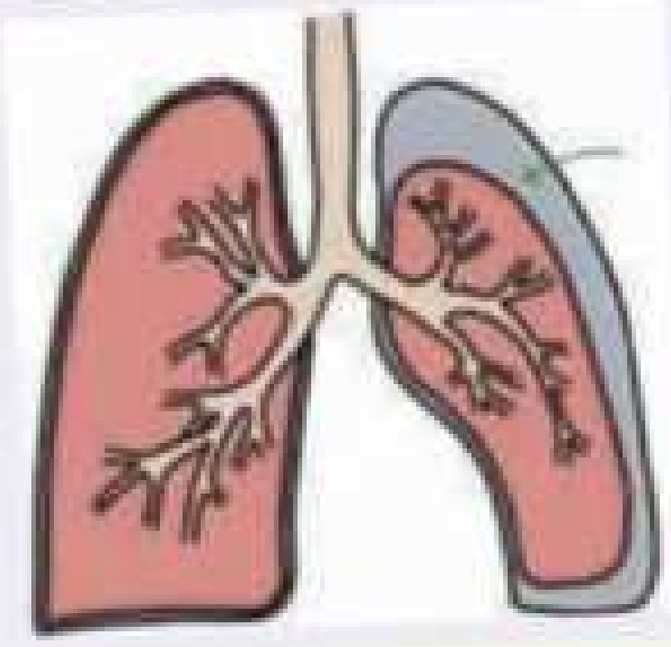
1. Назви етапи дихання і коротко схарактеризуй їх.
2. Як будова легень пристосована до здійснення газообміну?
3. Порівняй газообмін у легенях і тканинах.
4. Унаслідок окиснення глюкози у клітинах утворюється вуглекислий газ. Опиши ланцюжок подій, що описує його шлях по організму людини (можна підготувати пригодницьку розповідь).
5. Робота з медіаресурсами. Доведи, що отруєння чадним газом смертельно небезпечне. Скористайся матеріалами в e-ДОДАТКУ (завдання 35.4). Розкажи, як запобігти отруєнню.
6. Поміркуй, як змінюється насичення крові киснем із підйомом у гори. Досліди це в e-ДОДАТКУ (завдання 35.4) за допомогою віртуальної симуляції.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§36 Дихальні рухи. Голосовий апарат. Нейрогуморальна регуляція процесів дихання

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Поміркуй, що трапиться з легенями, якщо ушкодити стінку грудної порожнини, і в ній утвориться дірка. Як можна зарадити ускладненням, що виникнуть у результаті такого ушкодження?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Чому зазвичай у чоловіків голос нижчий, ніж у жінок, а у дітей вищий, ніж у дорослих? Запропонуй створення моделі з підручних матеріалів, що продемонструє твоє пояснення. Скористайся рекомендаціями в Є-додатку (завдання 36.1).

2 Пригадай із власного досвіду, як змінюється частота і глибина твого дихання, коли ти: 1) радісно смієшся; 2) гніваєшся; 3) сумуєш і плачеш. Установи відповідність між схемами (А, Б, В) (мал. 36.1) і зазначеними емоціями.



Мал. 36.1. Частота і глибина дихання в умовах спокою та у різних емоційних станах

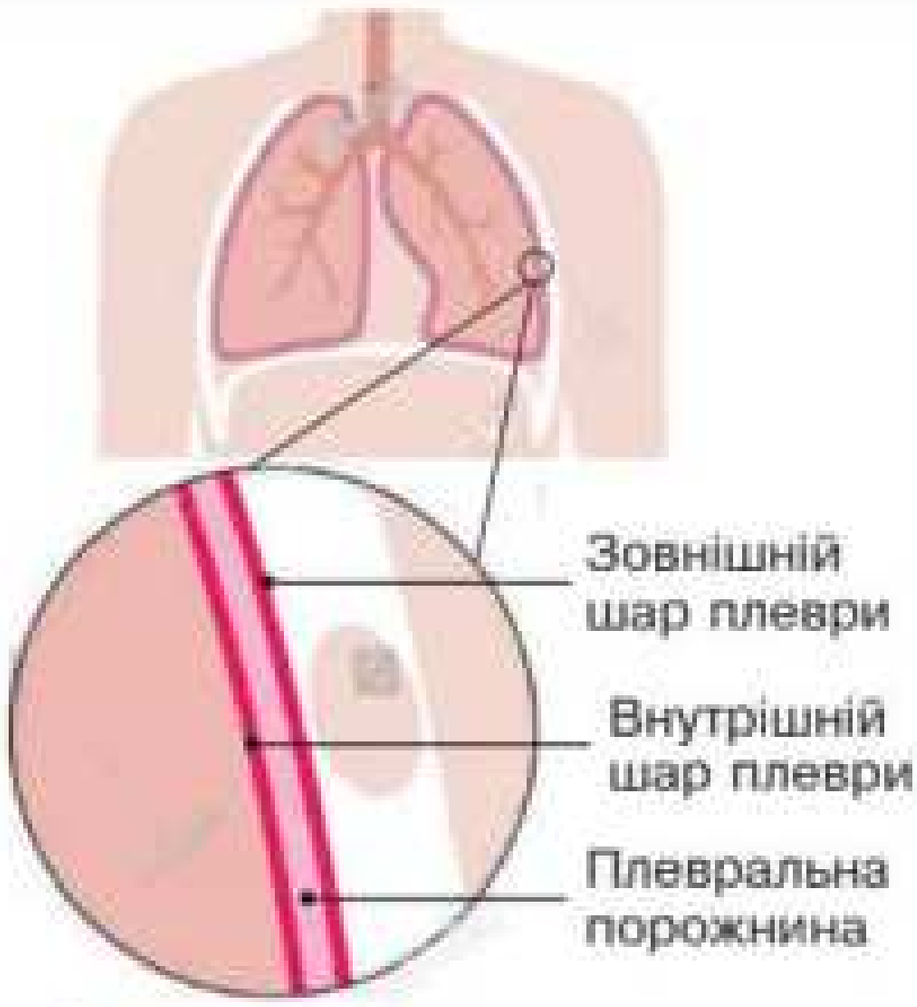
БІОСЛОВО

Плевра — сполучнотканинна оболонка, що вкриває легені і внутрішню поверхню грудної клітки.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) — максимальний об'єм повітря, який людина може видихнути після найглибшого вдиху.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Наповнення легень повітрям здійснюється за особливим механізмом, важливу роль у якому відіграє плевра (мал. 36.2). Зовнішній шар (листок) плеври зростається зі стінкою грудної порожнини і діафрагмою, а внутрішній — із зовнішньою поверхнею легень. У результаті кожна легеня герметично упакована у двошаровий «мішечок», між шарами якого утворюється плевральна порожнина. У ній міститься невелика кількість рідини, яка змащує поверхню плеври зсередини, що зменшує тертя під час вдиху і видиху. Тиск у плевральній порожнині дещо нижчий за атмосферний (на 5–6 мм рт. ст.), і це відіграє ключову роль у наповненні легень повітрям.



Мал. 36.2. Розташування і будова плеври

Підвищення вмісту вуглекислого газу в крові збуджує дихальний центр у стовбурі мозку, що у відповідь надсилає імпульси до зовнішніх міжреберних м'язів і діафрагми. Унаслідок їх скорочення ребра піднімаються, об'єм грудної клітки збільшується, що веде до розширення плевральної порожнини і зниження тиску в ній. У результаті внутрішній листок плеври «підтягується» за зовнішнім, і легеня наповнюється повітрям. Відбувається вдих. Розтягнення легень подразнює рецептори бронхів, імпульси від яких гальмують центр вдиху, тож здійснюється видих (мал. 36.3).



Мал. 36.3. Дихальні рухи

У здорової дорослої людини частота дихальних рухів у спокої становить 12–18 за хвилину, у дітей — вища. На частоту і глибину дихання впливають як зовнішні (уміст CO_2 в повітрі, температура), так і внутрішні (фізичне навантаження, емоції, стан здоров'я) чинники.

Процеси дихання регулюються дихальним центром у стовбурі мозку, що реагує передусім на зміни вмісту CO_2 у крові. За його підвищення частота збільшується, якщо ж відбулася гіпервентиляція (посилене дихання), частота знижується. Симпатична нервова система, адреналін, тироксин посилюють дихання, парасимпатична — сповільнює.

Дихальні рухи відіграють важливу роль у голосоутворенні. Голосові зв'язки, що розміщені у гортані, під час говоріння чи співу натягуються, і голосова щілина звужується (мал. 36.4). Під час видиху повітря під тиском проходить крізь щілину, при цьому голосові зв'язки вібрують і створюються коливання повітря — звук.



Мал. 36.4. Розташування голосових зв'язок

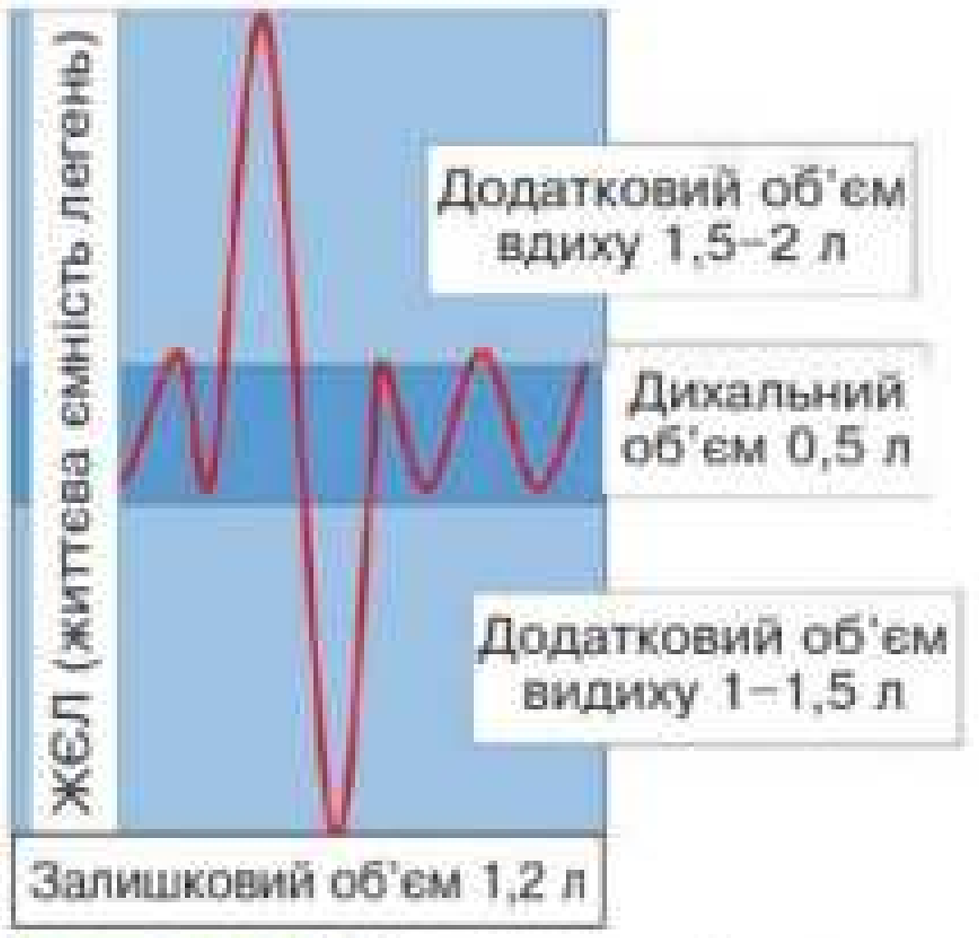
Людина використовує голос для спілкування. У промовлянні слів, співі важливу роль виконує глотка, носова порожнина, язик, губи, м'язи, що змінюють положення усіх цих компонентів. *Ознайомся в* e-ДОДАТКУ *з роботою голосового апарату та його віковими змінами (завдання 36.2).*

Промовляння і спів відбуваються під час видиху повітря. Тож досвідчені співаки, сопілкарі, трубачі мають великий об'єм легень, щоб створювати тривалий звук.

Життєва ємність легень (ЖЄЛ) — важливий показник фізичного розвитку людини (мал. 36.5). Її вимірюють спірометром: людина видихає у прилад увесь об'єм повітря після найглибшого вдиху. Але навіть після найглибшого видиху в легенях лишається повітря (залишковий об'єм, його не включають до ЖЄЛ).

У спокої людина вдихає і видихає близько 0,5 л повітря.

ЖЄЛ залежить від багатьох чинників: віку, статі, зросту, фізичної тренованості, куріння, захворювання органів дихання. Високі показники ЖЄЛ свідчать про хороший фізичний розвиток і вищий рівень адаптації до навантаження. У підлітковому і юнацькому віці фізична активність суттєво сприяє збільшенню об'єму легень, тоді як куріння призводить до його зменшення.



Мал. 36.5. Життєва ємність легень

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Під час вдиху скорочуються зовнішні міжреберні м'язи і діафрагма, що приводить до розширення грудної клітки і наповнення легень повітрям. Після вдиху відбувається видих. Регуляція дихання здійснюється нервовим (дихальний центр у стовбурі мозку, автономна нервова система, довільна регуляція) і гуморальним (уміст CO_2 у крові, адреналін, тироксин) шляхами. Гортань із голосовими зв'язками відіграє важливу роль у голосоутворенні.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Як змінюється тиск у грудній порожнині під час вдиху і видиху?
2. Опиши будову і значення плеври.
3. Поясни, як працюють дихальні м'язи під час вдиху і видиху.
4. Запропонуй гіпотезу, як зміна вмісту вуглекислого газу в навколишньому повітрі впливатиме на частоту дихання. Уклади план дослідження для перевірки твоєї гіпотези. Проведи дослідження (за умови, що твій план безпечний для здоров'я).
5. За малюнком 36.4 поясни, як змінюється стан голосових зв'язок і голосової щілини під час мовлення та мовчання.
6. За малюнком 36.5 назви об'єми, що утворюють ЖЄЛ. Які чинники впливають на ЖЄЛ? Як можна її підвищити?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 37 Профілактика захворювань дихальної системи. Перша допомога в разі зупинки дихання

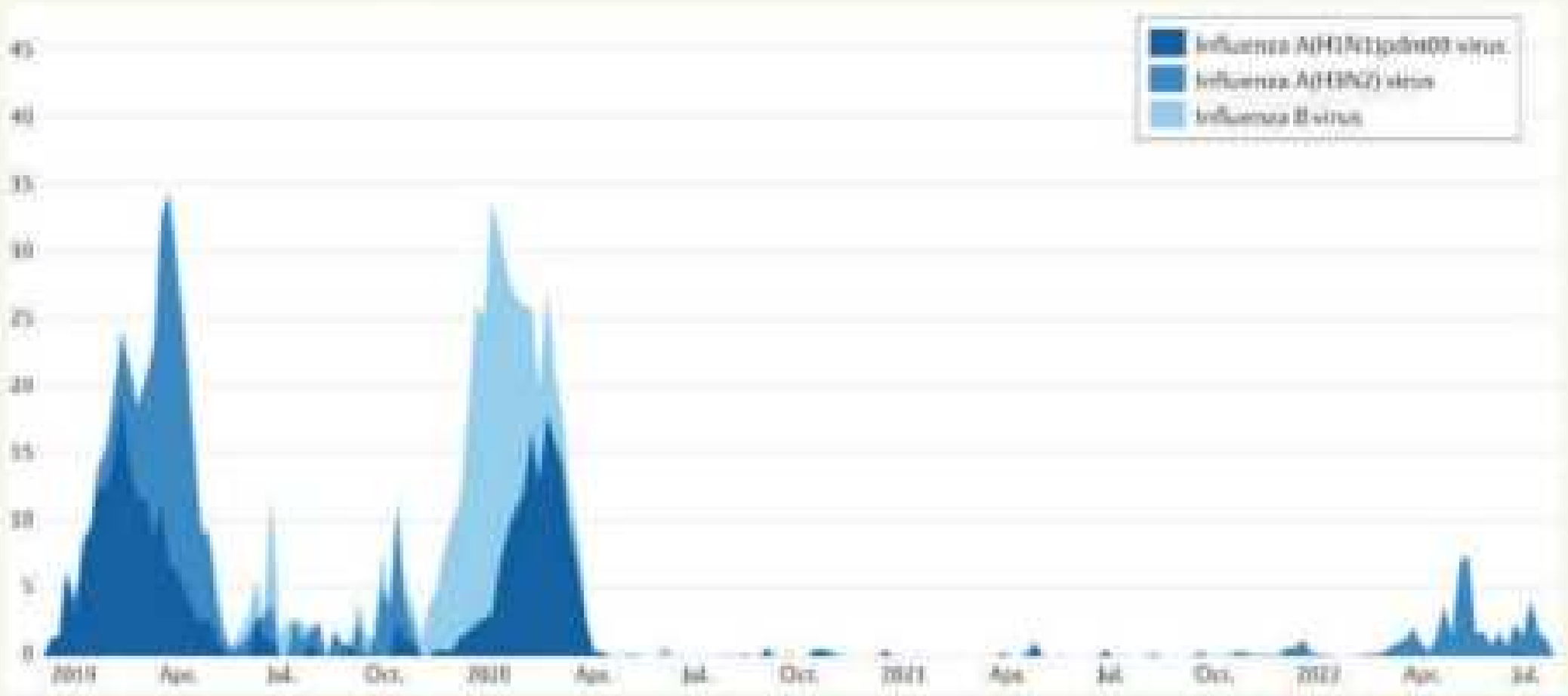
БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Останніми роками людство звикло до використання медичних масок. А коли з'явилися перші засоби захисту від інфекцій, які можуть передаватися повітряно-крапельним шляхом? Який вигляд та ефективність вони мали? Простеж удосконалення технологій виготовлення масок. Поміркуй, як зміняться засоби захисту від інфекцій у майбутньому.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Розглянь малюнок 37.1. У яку пору року кількість випадків захворювань на грип вища (2019–2020 рр.)? Як це можна пояснити? Які причини могли зумовити різке зниження захворюваності на грип наприкінці 2020-го і в 2021 році?



Мал. 37.1. Динаміка захворюваності на грип у Сіетлі (США) у 2019—2022 рр. (Nature, 2022)

2 Під час штучного дихання потерпілому в дихальні шляхи вдувають повітря, що видихається з органів дихання людини, яка надає допомогу. Але ж видихуване повітря містить багато вуглекислого газу! Як саме таке повітря може допомогти людині?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

На Землі немає людини, яка жодного разу не стикалася із захворюваннями органів дихання.

Часто спостерігаються ознаки вірусних респіраторних інфекцій: нежить, біль у горлі, підвищена температура, чхання, кашель. Іноді як ускладнення вірусних інфекцій можуть розвинутися бронхіт (запалення бронхів) і пневмонія (запалення легень), що зазвичай пов'язано з розмноженням хвороботворних бактерій. Пневмонія супроводжується високою температурою, кашлем, задишкою, болем у грудях. Під час цієї хвороби обов'язково слід звернутися до лікаря.

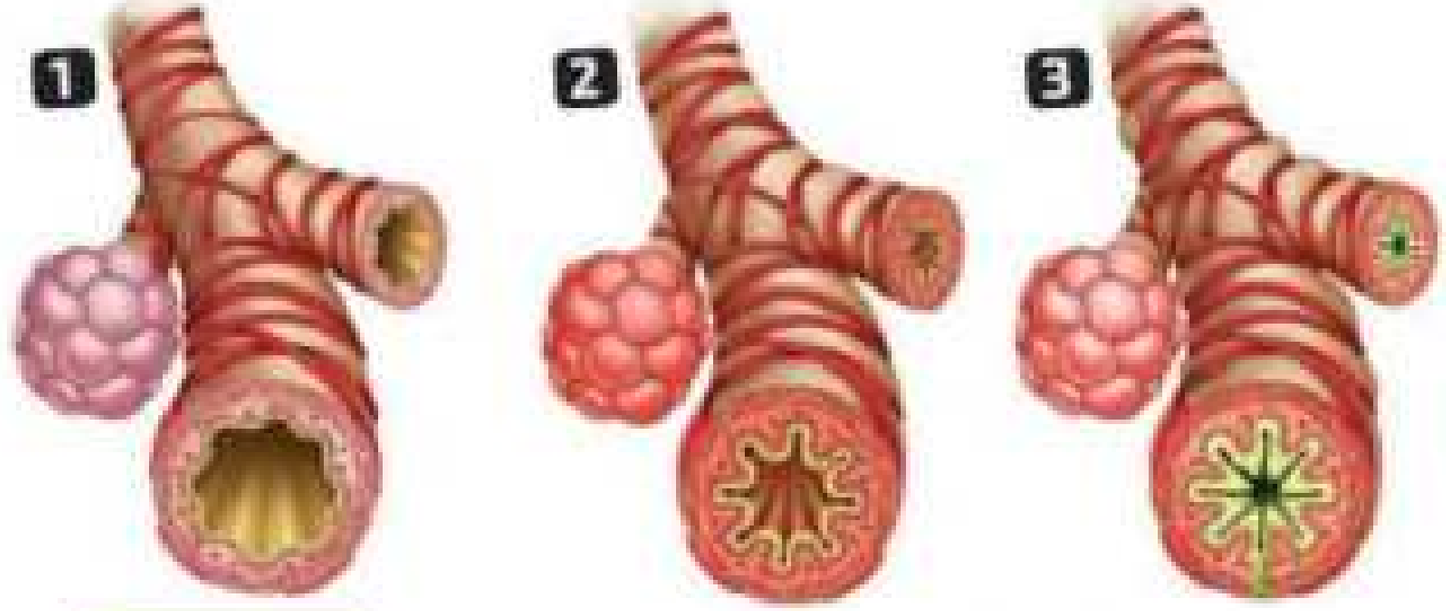
Ознайомся в **е-ДОДАТКУ** *(завдання 37.1) з деякими прикладами інфекційних захворювань і засобами їх профілактики.*

Для полегшення перебігу всіх згаданих захворювань необхідно вживати більше рідини (води, чаю, узвару, морсів), що сприяє зниженню інтоксикації. За підвищення температури понад 38,5 °С використовують жарознижувальні ліки. Для запобігання хворобам необхідно дотримуватися заходів індивідуального захисту (мал. 37.2).



Мал. 37.2. Засоби захисту для запобігання хворобам

Деякі захворювання органів дихання мають алергічну природу. Ознаками алергічного риніту є нежить, закладеність носа, чхання, кашель, свербіння очей і сльозотеча. У хворих на бронхіальну астму звужується просвіт бронхів (мал. 37.3). Характерний симптом — це напад задухи. Люди, схильні до алергій, повинні мати відповідні засоби протидії — протиалергічні пігулки, аерозолі (інгалятори).



Мал. 37.3. Бронхи: 1 — здорової людини; 2, 3 — хворих на бронхіальну астму

Забруднення повітря негативно впливає на органи дихання. Тож необхідно уникати забруднених місць, за потреби використовувати маски та респіратори.

Особливим шкідливим чинником є куріння. Шкідливі речовини із сигаретного диму ушкоджують легені та бронхи, спричиняють захворювання легень, астму та рак. Із часом легені курців чорніють від накопичених смол, частина дрібних бронхів перекривається, що суттєво знижує ЖЄЛ. *Ознайомся в* **е-додатку** *з міфами і фактами про куріння (завдання 37.2).*

Сьогодні серед молоді популярні електронні сигарети. Їх ілюзорна безпечність приваблює підлітків, однак вони несуть реальну загрозу: містять нікотин, що викликає залежність.

Гіпоксія (кисневе голодування) життєво важливих органів є вкрай небезпечною. Під час зупинки дихання необхідно уміти надати першу допомогу (мал. 37.4).



Мал. 37.4. План дій у разі зупинки дихання

Передусім необхідно викликати екстрену медичну допомогу, звільнити дихальні шляхи від сторонніх предметів.

Виконати прийом «закидання голови / підняття підборіддя», щоб попередити або усунути западання кореня язика, перевірити дихання і пульс. У випадку їх відсутності розпочинати непрямий масаж серця. Рятівник кладе одну руку долонею вниз вище від краю грудини, іншу — поверх неї, і здійснює натискувальні рухи так, щоб нижній край грудної клітки зміщувався на 4–6 см у напрямку до хребта. При цьому тиск передається на серце, переповнене кров'ю, і воно стискається між грудиною і хребтом. Кров проштовхується із серця в кров'яне русло. Після натискання серце знову розтягується і наповнюється кров'ю. Повторювати натискування потрібно не менше 60 разів за 1 хв.

Якщо людина, котра надає допомогу, має відповідні навички, варто проводити штучне дихання «рот в рот» або «рот в ніс», використовуючи серветки (дія 4). Перша порція повітря, що видихається, надходить з дихальних шляхів рятувальника, тож містить достатню кількість кисню. Дії, позначені на малюнку цифрами 4 і 5 потрібно почергово здійснювати аж до прибуття медиків. Рятувальникам без належної підготовки можна виконувати лише непрямий масаж серця (дія 5).

Переглянь відео в e-ДОДАТКУ *(завдання 37.3) щодо плану дій під час надання першої допомоги під час зупинки дихання.*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Інфекційні захворювання органів дихання можуть спричинювати віруси (грип, коронавірусна інфекція) і бактерії (туберкульоз, дифтерія, пневмонія). Засобами профілактики є вакцинація, носіння масок, миття рук з милом. Забруднене повітря, куріння, електронні цигарки призводять до ушкодження органів дихання. Усі види куріння формують залежність від нікотину, підвищують ризик раку легень, інфаркту та інсульту. Перша допомога під час зупинки дихання і серцебиття — непрямий масаж серця та штучне дихання.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Назви вірусні та бактеріальні захворювання органів дихання.
2. Порівняй заходи з профілактики грипу і туберкульозу (скористайся таблицею із завдання 37.1 в e-ДОДАТКУ).
3. Для чого потрібно мити руки з милом для запобігання хворобам, що передаються повітряно-крапельним шляхом?
4. Поясни особливості перебігу захворювань, що мають алергічну природу. Які заходи профілактики та допомоги застосовують?
5. Опрацюй матеріали в e-ДОДАТКУ (завдання 37.4) і поясни, які проблеми зі здоров'ям спричинюють електронні сигарети.
6. Опиши алгоритм надання першої допомоги в разі зупинки дихання і серцебиття.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

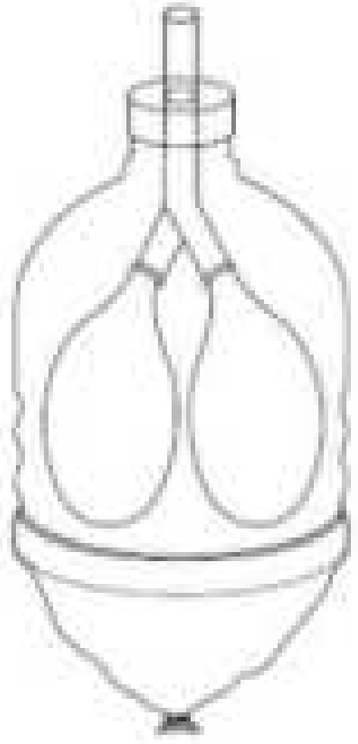
Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Створення моделі легень *(за матеріалами Інженерного тижня)*

ФАКТ

У 2018 році команда докторки Джоан Ніколс виростила й пересадила свиням штучні легені. Це перший випадок, коли біотехнічні легені прижилися, а піддослідні вижили. Ніколс вважає, що перші пацієнти зі штучними легенями можуть з'явитися вже через п'ять—десять років. Цікаво, що біореактор, у якому команда вирощувала легені, науковці сконструювали з підручних матеріалів: акваріума, пластику та насосів.



Створи модель легень за інструкцією.

ТОБІ ЗНАДОБЛЯТЬСЯ: повітряна кулька (3 шт.), пластикова пляшка із широким горнятком та кришкою (0,5 л), лінійка, клейка стрічка, соломинка для напоїв, ножиці.

ХІД РОБОТИ:

1. Розріж пляшку, як показано на схемі 1 (2/3 довжини від горнятка і 1/3 дно).
2. Розріж соломинку на дві частини та встроми одну в іншу збоку. У тебе має вийти фігура, схожа на Y. Заклей клейкою стрічкою місце з'єднання, щоб воно не пропускало повітря.
3. Дві кульки надійно прикріпи до соломинок. Пам'ятай про повітря.
4. Зроби отвір у кришці. Просунь кінець соломинки через горнятко, а потім через отвір у кришці. Закрути кришку і заклей усі можливі щілини.
5. Розріж другу кульку на дві частини, як показано на схемі 2.
6. Зав'яжи кінець кульки у вузол (2/3 довжини від хвостика і 1/3 від дна).
7. Натягни вільний край кульки на нижню частину пляшки.

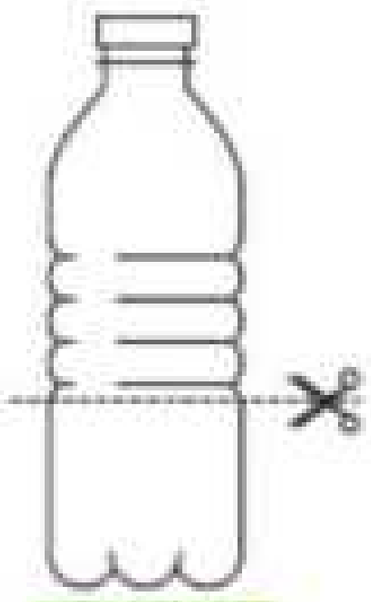


Схема 1

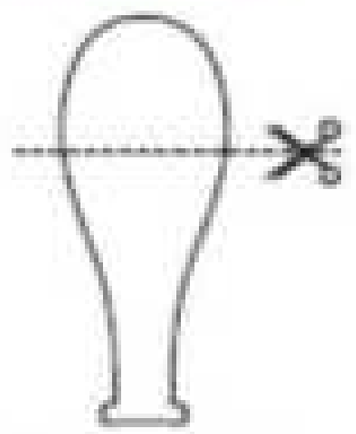


Схема 2

Підказка

Обклей клейкою стрічкою край пляшки, щоб не порвати кульку об нерівності.

7 ПРОЦЕСИ ВИДІЛЕННЯ І ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ

§ 38 Виділення. Будова і функції сечовидільної системи

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Усім відомо, що кора — оболонка, яка захищає стебло. У тілі людини є органи, кора яких не виконує захисних функцій. Які органи людини, що мають кору, тобі відомі? Яку роль вона виконує? Що спільного в кори органів людини з корою дерева? У якого органа видільної системи теж є незахисний кірковий шар?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Чому людям з нирковою недостатністю рекомендують дієту зі зниженим умістом білків?

2 На діаграмах (мал. 38.1) відображено кількість води (у мл), яку було виведено організмом зазначеними органами протягом однієї (А) та іншої (Б) доби. Порівняй діаграми А і Б (вони стосуються тієї самої людини у різних умовах) і визнач причину відмінностей розподілу внеску органів у виділенні води.

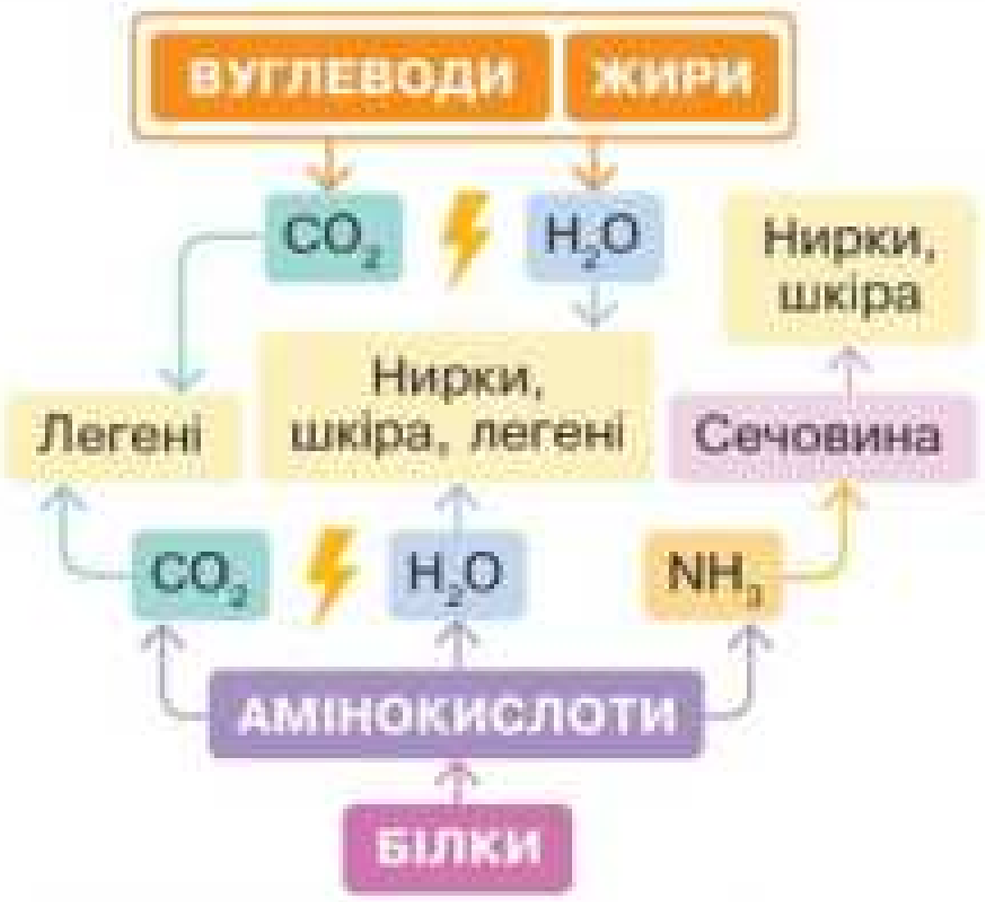


Мал. 38.1. Добові втрати води різними органами людини у двох різних умовах (А і Б)

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

У процесах катаболізму (§ 18) у кожній клітині утворюються продукти обміну, які необхідно вивести з організму. (Не плутай продукти обміну з неперетравленими рештками.) Ці продукти з клітин проникають у міжклітинний простір, у лімфу і кров, яка транспортує їх до органів виділення.

За малюнком 38.2 пригадай, які речовини є остаточними продуктами катаболізму вуглеводів, жирів, білків.

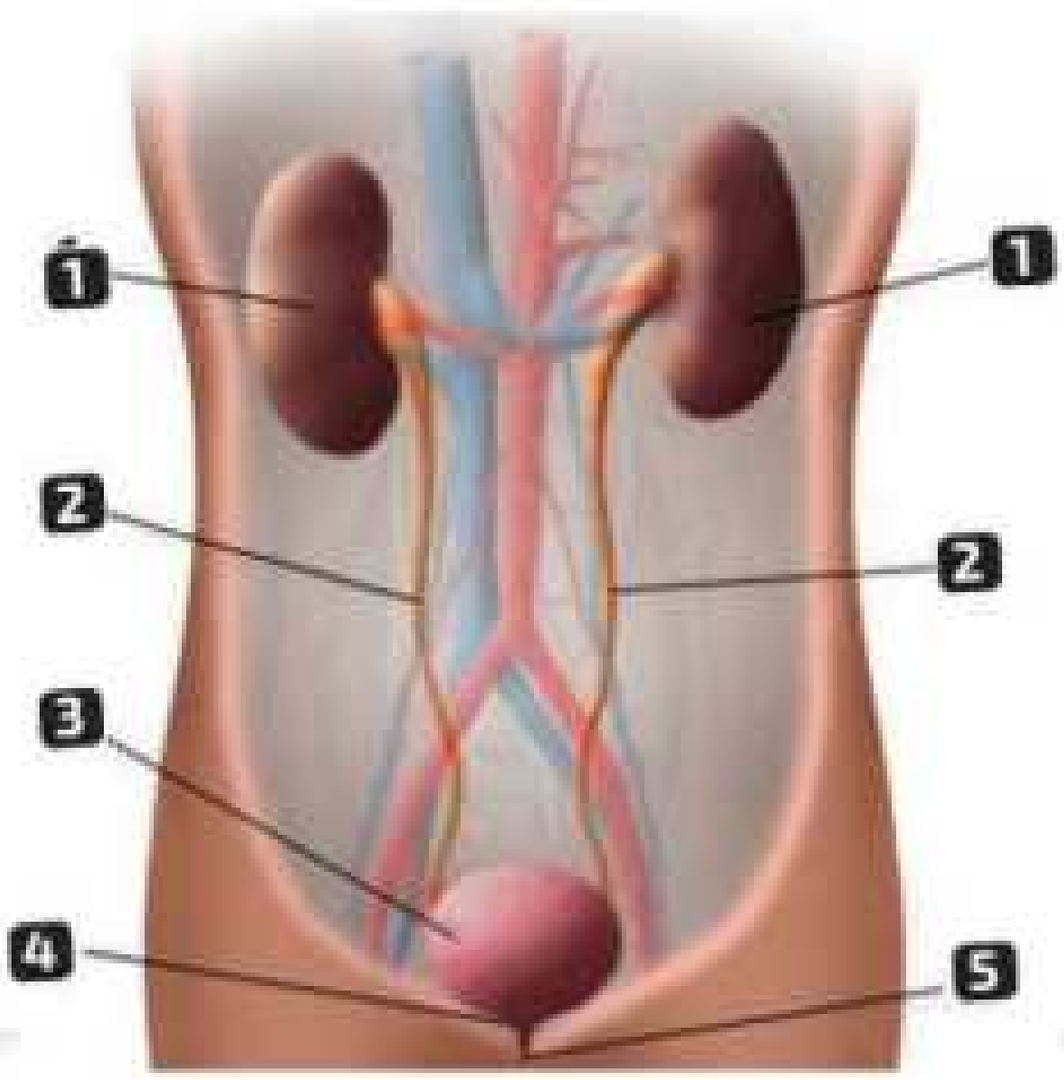


Мал. 38.2. Продукти обміну і шляхи їх виділення

Зрозуміло, що більша частина вуглекислого газу видаляється легенями, вода — нирками, шкірою і легенями (у вигляді водяної пари). Аміак із клітин надходить у печінку, де перетворюється на сечовину, яка транспортується кров'ю до нирок. Саме нирки відіграють головну роль у виділенні сечовини, сечової кислоти.

У процесах обміну утворюються й інші сполуки, наприклад продуктом розпаду гемоглобіну є жовчні пігменти (білірубін). Вони та інші речовини виділяються печінкою разом із жовчю у травний канал, звідки виводяться назовні. Ліки, продукти їх перетворення, підсолоджувачі (цукрозамінники) тощо теж потребують виведення (екскреції) з організму.

На малюнку 38.3 позначено органи сечовидільної системи.



Мал. 38.3. Будова сечовидільної системи:
1 — нирки; 2 — сечоводи;
3 — сечовий міхур;
4 — сфінктер сечового міхура;
5 — сечівник

Нирка — парний орган, у якому утворюється сеча. Нирки мають квасолеподібну форму завбільшки з кулак. Розташовані по обидва боки від хребта, під діафрагмою, захищені нижніми ребрами, жировою тканиною, вкриті сполучнотканинною оболонкою.

Верхній шар нирки — кірковий — темнішого кольору, ніж мозковий (мал. 38.4). У кірковому шарі нирки розташована більшість капсул нефронів *(про їх будову дізнаєшся в § 39)*, а в мозковому — звивисті канальці. Мозковий шар утворений 6–10 конусоподібними пірамідками. Під ними міститься ниркова миска — порожнина, у яку збирається сеча. З неї вона надходить у сечовід. Ділянку, якою у нирку входить ниркова артерія, а виходить ниркова вена і сечовід, називають воротами нирки.



Мал. 38.4. Будова нирки

Нирки — багатофункціональний орган. Окрім утворення сечі, вони виконують важливу роль у збереженні гомеостазу, регуляції артеріального тиску, перетворенні вітаміну D в активну форму, секретують речовини (еритропоетини), що стимулюють утворення еритроцитів.

Сеча, що утворюється у нирці, надходить у сечовід. Сечовід — парний трубчастий орган довжиною 25–30 см. У стінках сечоводів є непосмугована м'язова тканина, хвилеподібні скорочення якої сприяють транспортуванню сечі до сечового міхура, де вона накопичується.

Місткість сечового міхура 0,5–0, 7 л. Вихід з міхура контролюється двома кільцевими м'язами — внутрішнім і зовнішнім сфінктерами. У міру наповнення міхура сечею м'язи його стінки розтягуються, подразнюються рецептори, які інформують мозок про необхідність видалення сечі.

Назовні сеча виділяється сечовидільним каналом (уретрою), що в чоловіків має більшу довжину, ніж у жінок.

Сечовиділення у немовлят відбувається мимовільно, а з 3–4 років дитина починає контролювати цей процес.

Протягом доби виділяється 1,5–2 л сечі. Її об'єм залежить від споживаної рідини, температури повітря, фізичного навантаження та інших чинників.

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Гемодіаліз — це життєво важлива процедура очищення крові від продуктів обміну, токсинів і зайвої рідини за допомогою спеціального пристрою, крізь який проходить кров пацієнта. Крізь спеціальні мембрани діалізатора з крові у діалізний розчин проникають продукти обміну та надлишок води.

Ця процедура на десятиліття продовжує життя людей з хронічною нирковою недостатністю, коли нирки не можуть виконувати свою роботу належним чином, а також рятує у випадках гострих отруєнь.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Остаточними продуктами обміну, що підлягають видаленню з організму, є вуглекислий газ, вода, аміак, сечовина та інші сполуки. Вони виводяться з внутрішнього середовища легенями, нирками, шкірою. Деякі продукти обміну виділяються печінкою та кишківником. Нирки — парний орган, у якому утворюється сеча. У структурі нирки розрізняють кірковий і мозковий шари. Утворена сеча збирається у ниркові миски нирки, звідки сечоводами транспортується у сечовий міхур. Періодично з міхура по сечівнику вона виділяється назовні.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які органи беруть участь у виділенні остаточних продуктів обміну?
2. На виведенні яких речовин (гідрофільних чи гідрофобних) спеціалізуються нирки, а на яких — печінка? Поміркуй чому.
3. Які з органів сечовидільної системи парні, а які — непарні? Розташуй їх у порядку утворення і виділення сечі.
4. Опиши будову та функції нирок.
5. У яких органах сечовидільної системи є м'язова тканина? Яку роль вона відіграє? Як регулюється її робота?
6. Товщина стінки сечового міхура періодично змінюється упродовж доби від 3 до 15 мм. Поміркуй, як це може відбуватися і чому.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 39 Нефрон як структурно-функціональна одиниця нирок. Процеси утворення сечі

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Нирки мають масу 120–200 грамів. Разом дві нирки становлять 0,3 % маси тіла. Проте вони використовують 10 % кисню для клітинного дихання з накопиченням енергії в АТФ. Навіщо ниркам стільки енергії?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Нирки вважають найчутливішим органом до суттєвого зниження артеріального тиску. Падіння тиску нижче 80 мм рт. ст. є критичним для їх функціонування. Чому в умовах низького тиску нирки не можуть виконувати свою роботу?

2 Лабораторне дослідження сечі індивіда *X* показало наявність у ній глюкози. Про що це може свідчити?

БІОСЛОВО

Ниркове тільце — компонент нефрона, який складається з капсули і капілярного клубочка, де відбувається перший етап утворення сечі — фільтрація.

Реабсорбція у ниркових канальцях — зворотне всмоктування з первинної сечі у кров глюкози, амінокислот, більшої частини води, солей, іонів тощо.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Структурною і функціональною одиницею нирки є нефрон. Кожна нирка містить близько 1 млн нефронів. Саме в нефронах із крові утворюється сеча.

До його складу входять капсула з розташованим усередині капілярним клубочком та звивистий каналець, обплетений кровоносними судинами (мал. 39.1).

Нирки інтенсивно постачаються кров'ю: щохвилини по ниркових артеріях протікає більше як 1 л крові. До кожного нефрона кров надходить по приносній артеріолі, яка розгалужується на дрібні капіляри,

утворюючи капілярний клубочок (мал. 39.2). З капілярів кров збирається у виносну артеріолу, що має менший діаметр, ніж приносна. Відповідно, у капілярному клубочку підвищується тиск крові.



Мал. 39.1. Будова нефрона

Стінка капілярів клубочка має особливу будову: у ній утворюються невеликі щілини (фенестри), що допомагає малим молекулам проникати в капсулу. Підвищений тиск і особливість будови капілярів забезпечують процес фільтрації — перший етап сечоутворення.

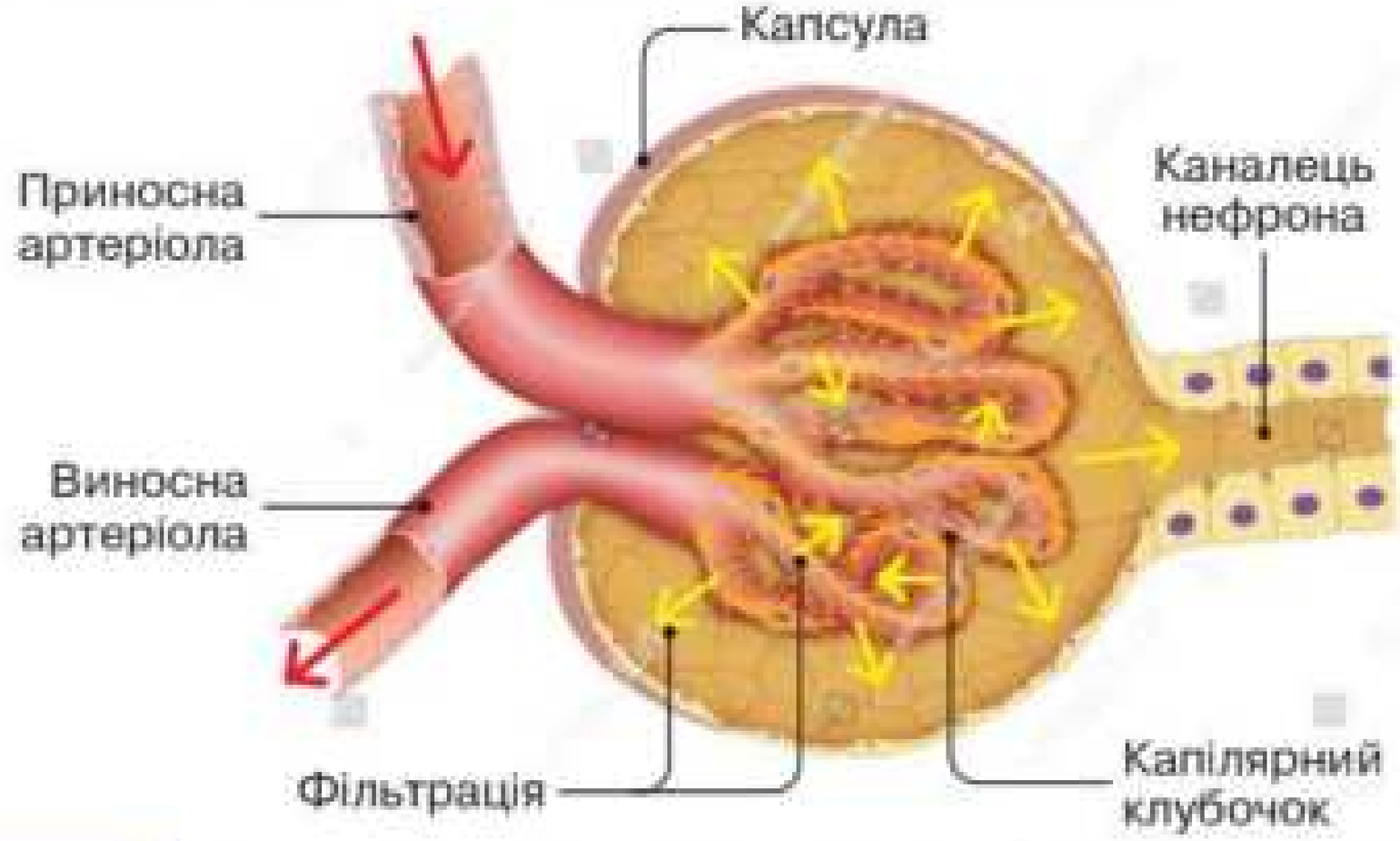
Кров складається з формених елементів (клітин) і плазми. Чи можуть клітини крові пройти крізь капілярну стінку під час фільтрації? Звісно, що ні. А чи всі компоненти плазми здатні проникнути? У здоровій нирці це під силу лише малим молекулам. Тож фільтруються у капсулу вода, солі, іони, глюкоза, амінокислоти, сечовина, сечова кислота тощо. Так у капсулу ниркового тільця потрапляє фільтрат, який іще називають первинною сечею.

Клітини крові і великі молекули не фільтруються і разом з невеликою кількістю води надходять у виносну артеріолу.

Протягом доби внаслідок фільтрації утворюється 150–180 л первинної сечі (фільтрату). Але як це можливо, якщо у тілі людини лише близько 5 л крові?

Річ у тім, що з капсули фільтрат потрапляє у звивистий каналець, де значна частина речовин постійно всмоктується назад у кров.

Цей процес називають реабсорбцією. Виносна артеріола повторно розгалужується на дрібні капіляри (мал. 39.2), крізь стінку яких з канальця зворотно в кров всмоктуються (реабсорбуються) більша частина води, солей, іонів, уся глюкоза, амінокислоти та інші речовини. Якщо людина споживає надто багато солодощів за короткий проміжок часу, реабсорбція глюкози може не бути 100-відсотковою.



Мал. 39.2. Ниркове тільце — місце, де відбувається фільтрація

Нирковий каналець є звивистим (довжина канальця одного нефрона близько 5 см), утворює петлю для ефективнішого всмоктування. Стінки канальців складені епітелієм з мікроворсинками, що збільшує площу всмоктування. Транспорт багатьох речовин крізь мембрани можливий лише із затратою енергії (АТФ).

У віддаленій ділянці канальця відбувається ще один процес — секреція речовин. Він теж потребує затрат енергії. З крові в епітелій канальців спеціально відбираються певні молекули та йони, які за рахунок енергії АТФ переправляються у просвіт канальця і виводяться (екскретуються) із сечею. Так відбувається секреція іонів Калію, гідрогену, сечовини, деяких гормонів і ліків (наприклад, пеніциліну).

У результаті в ниркових канальцях залишається вторинна сеча.

Порівняй її склад зі складом плазми та первинної сечі (с. 175).

Якщо добовий об'єм первинної сечі, що безперервно утворюється шляхом фільтрації, становить 150–180 л, то внаслідок реабсорбції в канальцях лишається лише 1,5–2 л вторинної сечі. Збірні трубки збирають сечу від багатьох нефронів і доставляють її в ниркову миску, звідки вона надходить у сечовий міхур. Склад вторинної сечі може змінюватися залежно від умов: температури довкілля, фізичного навантаження, спожитої їжі, рідини, приймання ліків тощо.

Компоненти	Плазма крові (%)	Первинна сеча (фільтрат) (%)	Вторинна сеча (%)
Білки	7–8	–	–
Глюкоза	0,12	0,12	–
Йони натрію	0,3	0,3	0,4
Йони хлору	0,37	0,37	0,7
Йони калію	0,02	0,02	0,15
Сечовина	0,03	0,03	1,8
Сечова кислота	0,004	0,004	0,2

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Нефрон — структурна і функціональна одиниця нирки. Одна нирка містить близько 1 млн нефронів. Нефрон складається з капілярного клубочка, що занурений у капсулу нефрона, та звивистого канальця, обплетеного кровоносними судинами. У капсулі відбувається фільтрація, внаслідок якої щодоби утворюється 150—180 л первинної сечі. У звивистому канальці відбувається зворотне всмоктування багатьох речовин. У результаті з канальця у збірні трубки надходить концентрована вторинна сеча, добовий об'єм якої становить 1,5–2 л.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. З яких компонентів складається нефрон?
2. Як і де у нефроні відбувається фільтрація? Як особливості будови ниркового тільця сприяють цьому процесу?
3. Чому глюкоза є компонентом первинної сечі, а білки — ні?
4. Порівняй склад плазми крові, первинної і вторинної сечі (за таблицею). Поясни, які процеси у нефронах зумовили ці відмінності.
5. Чому звивистий каналець має таку велику довжину?
6. Концентрація яких речовин у вторинній сечі вища порівняно з первинною? Скористайся таблицею. Визнач, у скільки разів концентрація кожної з них збільшилася.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 40 Регуляція процесів виділення. Захворювання органів виділення та їх профілактика

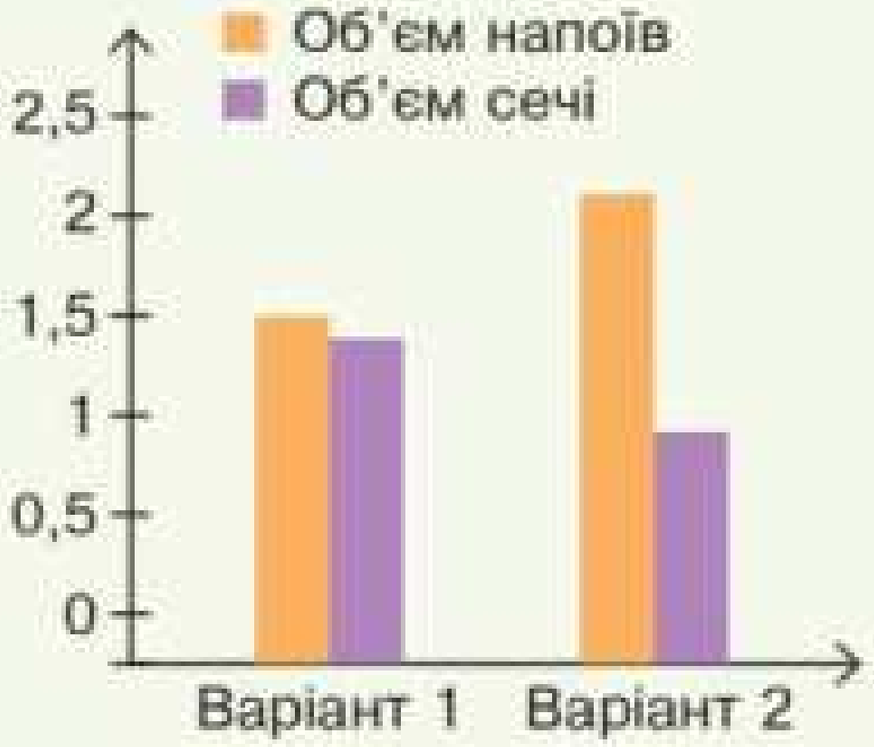
БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Чому більшість молодих людей спить не прокидаючись до ранку, тоді як протягом дня щокілька годин сечовий міхур наповнюється сечею і доводиться йти до туалету? А чи утворюється сеча вночі?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Людина зазвичай споживає близько 1,5 літра рідини у вигляді напоїв (вода, чай, сік тощо), що становить близько 60–70 % добового надходження води в організм (решта надходить з їжею та утворюється в процесі метаболізму). Добовий об'єм виділеної сечі зазвичай становить близько 1,5 літра. Трапляються інші варіанти співвідношення об'ємів рідини, що надійшла з напоями і виділяється із сечею. За яких умов таке співвідношення відповідає варіанту 2 на малюнку 40.1? (Підказка: проаналізуй умови середовища (температуру повітря) та особливості харчування, фізичного навантаження, стан здоров'я). Запропонуй інші варіанти, відмінні від варіантів 1 і 2.



Мал. 40.1. Співвідношення об'єму спожитих за добу напоїв та об'єму виділеної сечі за різних варіантів умов

2 Чому сеча може мати різне забарвлення? За якого кольору можна бути спокійним за стан здоров'я? Коли треба терміново звернутися до лікаря?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Утворення сечі відбувається постійно, проте її кількість і склад регулюються залежно від умов. Основними регуляторами сечоутворення є гормони гіпофізу і надниркових.

На малюнку 40.2 відображено деякі механізми збереження водно-сольового гомеостазу. Якщо людина втрачає воду (наприклад, унаслідок потовиділення) або споживає надто солону їжу, концентрація солей у крові зростає. Сигнали про такі зміни надходять до гіпоталамуса (Гт), який у відповідь стимулює гіпофіз (Гф) посилено виділяти вазопресин (антидіуретичний гормон). Мішенню цього гормону є звивисті канальці нефронів і збірні трубки. Вазопресин стимулює посилення реабсорбції. У результаті зменшується об'єм виділеної сечі. За умови надлишку води відбуваються протилежні процеси.



Мал. 40.2. Роль нирок та вазопресину в регуляції водно-сольового обміну

У нормі за добу об'єм виділеної сечі (добовий діурез) становить 1,5–2 літри. У спеку чи за підвищення температури тіла діурез може істотно зменшуватися, під контролем вазопресину. Звідси й інша назва — антидіуретичний гормон.

Гормон надниркників альдостерон посилює реабсорбцію йонів Натрію і збільшує об'єм рідини в тілі. Його секреція пов'язана зі змінами артеріального тиску.

У регуляції водно-сольового обміну важлива роль поведінкових реакцій. Наприклад, сигнали про нестачу води чи надлишок солей у крові збуджують відповідні центри гіпоталамуса і виникає чуття

спраги, що стимулює людину пити воду. Люди похилого віку можуть не відчувати спрагу. Тож потурбуйся про стареньких, нагадуючи їм про необхідність споживати достатньо води.

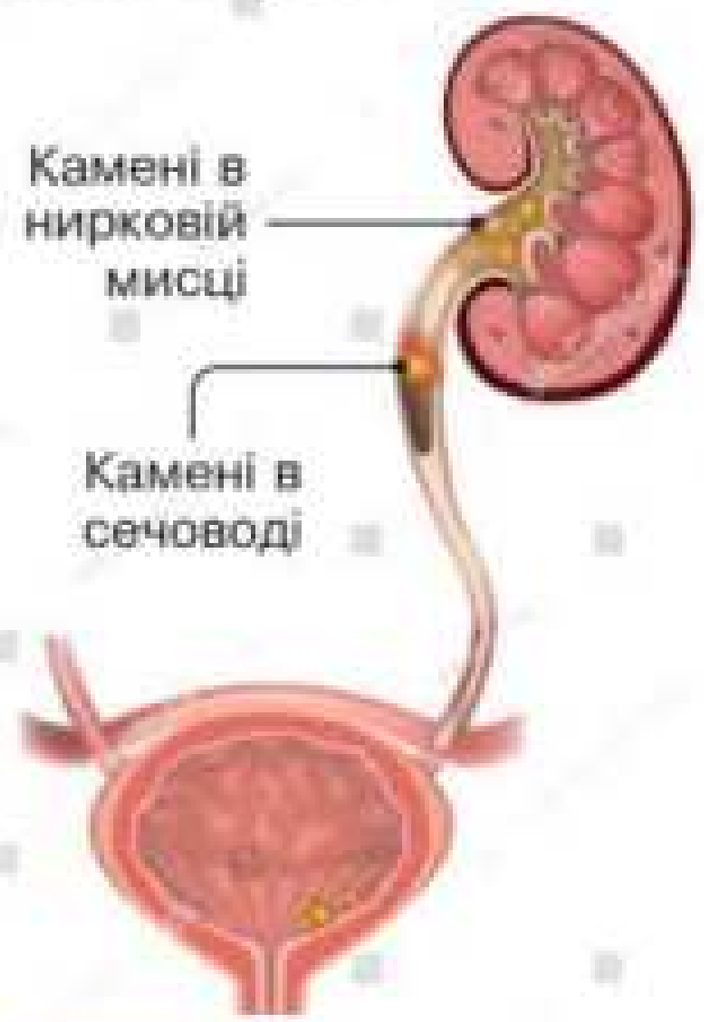
Порушення роботи органів виділення небезпечне для організму. Зручним і дієвим методом діагностики є лабораторне дослідження сечі. Збирати сечу для аналізу потрібно вранці натщесерце, після відповідних гігієнічних процедур. У нормі сеча прозора, має світло-жовтий колір. Наявність у сечі крові, білків, глюкози, осаду та мікроорганізмів свідчить про розвиток захворювання.

Часто захворювання сечовидільної системи розвиваються після перенесених інфекційних хвороб — ангіни, скарлатини, коли імунітет ослаблюється і патогени переносяться кров'ю до нирок чи сечового міхура. Також збудники можуть потрапити через сечовидільний канал унаслідок недотримання особистої гігієни, купання в забруднених водоймах тощо. Поширеним захворюванням сечового міхура, що зазвичай спричинюється бактеріями, є цистит. Він супроводжується болями внизу живота, частим, іноді болючим сечовипусканням.

Унаслідок порушення обміну речовин, споживання недостатньої кількості води, неправильного харчування може розвинутися сечокам'яна хвороба (мал. 40.3).

Характерною ознакою цієї недуги є болі в поперековій зоні (ниркова коліка), викликані порушенням відтоку сечі й механічним подразненням стінок внутрішнього шару ниркової миски, сечоводів.

Унаслідок аутоімунних збоїв, тяжких інфекцій може розвинутися гломерулонефрит — захворювання, за якого порушуються процеси фільтрації. Капіляри ниркових клубочків мають отвори, крізь які можуть проникати імунні комплекси, що помилково знищують власні клітини організму, приймаючи їх за небезпечних сторонніх збудників. Тривалий перебіг хвороби призводить до ниркової недостатності. У тяжких випадках для лікування проводять гемодіаліз — позаорганізмове очищення крові (апарат «штучна нирка»).



Мал. 40.3. Камені в сечовидільній системі

Виконай в е-додатку завдання 40.1.

Для запобігання нефритам та іншим захворюванням важливо вчасно лікувати інфекційні хвороби, споживати достатню кількість води, уникати пересоленої їжі, регулярно проходити медичні обстеження.

Є дослідження, які прогнозують зростання частоти хвороб нирок, зокрема сечокам'яної хвороби, за підвищення температури середовища та зміни харчових звичок серед дітей і підлітків. Заміна води на колу та інші безалкогольні напої, у яких високий вміст фосфору та оксалатів, є суттєвим чинником ризику розвитку цих хвороб.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Органи виділення відіграють важливу роль у збереженні водно-сольового гомеостазу. За нестачі води гіпоталамус стимулює гіпофіз до виділення гормону вазопресину (антидіуретичного гормону), що посилює реабсорбцію води в нирках і відповідно, зменшує об'єм сечі. За надлишку води рівень вазопресину знижується, і об'єм сечі збільшується. Поширеними захворюваннями сечовидільної системи є цистит (запалення сечового міхура), сечокам'яна хвороба. Гломерулонефрит (ураження ниркових тілець нефронів) може призвести до ниркової недостатності. Для порятунку людей з нирковою недостатністю використовують гемодіаліз — позаорганізмове очищення крові (апарат «штучна нирка»).

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Яка роль гіпоталамусу в регуляції сечовиділення?
2. Які гормони беруть участь у регуляції водно-сольового обміну? Які залози їх виділяють у кров?
3. За малюнком 40.2 і текстом параграфа змоделюй механізми регуляції водно-сольового обміну: а) після споживання солоної риби; б) після важкої фізичної роботи; в) після вживання 0,6 літра несолодкого чаю.
4. Нецукровий діабет — захворювання, що розвивається за нестачі вазопресину. Поміркуй, які характерні ознаки цієї хвороби.
5. Які захворювання сечовидільної системи найпоширеніші? Які чинники сприяють їх виникненню?
6. Склади перелік правил запобігання захворюванням сечовидільної системи. Виконай в е-додатку завдання 40.2.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 41 Будова шкіри та її функції

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



З волоссям і нігтями люди здавна експериментують, намагаючись проявити власну індивідуальність: фарбують, лакують, нарощують, укорочують, додають блиск тощо. Чому такі дії людина може здійснювати з волоссям і нігтями, а з іншими структурами організму — ні?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Улітку, перебуваючи під сонячними променями, ми зазвичай засмагаємо, але взимку засмага зникає. Чому так відбувається і яке це має значення?

2 Пригадай тварин, для яких шкіра — важливий орган дихання. У людини шкіра зазвичай забезпечує 1–1,5 % газообміну і лише іноді сягає 5–6 %. Чому шкіра людини не може бути активною газообмінною поверхнею? За яких умов (зовнішніх і внутрішніх) роль шкіри у газообміні зростає?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Шкіра — наймасивніший орган нашого тіла: її маса може сягати 10 кг, площа поверхні становить 1,5–2 м^2. Часто шкіру та допоміжні структури — волосся, нігті, потові та сальні залози — називають *покривною системою організму* (англ. *integumentary system*). Разом вони виконують кілька важливих функцій.

Передусім шкіра — наш **захист**, бар'єр між зовнішнім середовищем і внутрішніми тканинами. Шкіра захищає їх від механічних ушкоджень, втрати води, ультрафіолетового випромінювання, проникнення патогенів (збудників хвороб).

Сенсорна функція шкіри пов'язана з розміщеними у ній чутливими клітинами (механо-) і терморецепторами. Тож шкіра інформує мозок про температуру середовища, сприймає дотик, тиск, вібрацію.

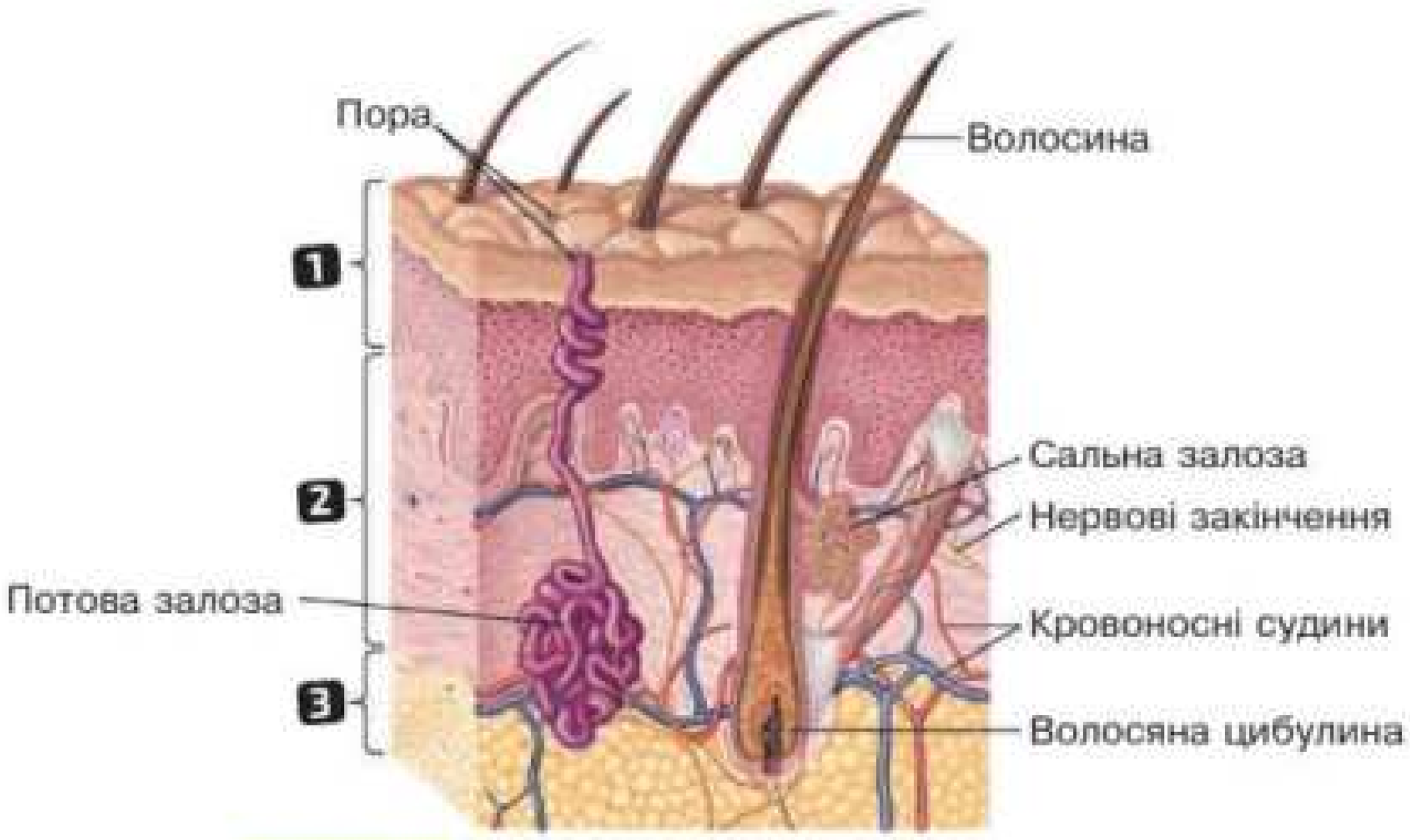
Видільну функцію шкіра здійснює завдяки потовим залозам. Разом із потом виділяються продукти обміну: сечовина, вода, солі.

Певною мірою шкіра бере участь у газообміні, особливо за підвищення температури, фізичного навантаження.

Шкіра сприяє збереженню гомеостазу — передусім терморегуляції — й запобігає проникненню сторонніх речовин і мікроорганізмів.

Також клітини шкіри синтезують важливі для організму речовини — вітамін D (регулює обмін Кальцію) і меланін (надає шкірі забарвлення і захищає від ультрафіолетового опромінення (УФО)).

У шкірі розрізняють три шари (мал. 41.1): епідерміс, дерму, підшкірну жирову клітковину.



Мал. 41.1. Будова шкіри: 1 — епідерміс; 2 — дерма; 3 — підшкірна жирова клітковина

Епідерміс утворений покривним багатошаровим епітелієм. Стовбурові клітини, що лежать у нижньому ростковому шарі, діляться раз на кілька діб. Одна з новоутворених клітин (та, що розміщена глибше) зберігає усі властивості стовбурової, а інша втрачає здатність до поділу і поступово відсувається до поверхні новоутвореними клітинами. Із часом шкірні епітеліоцити наповнюються кератином — білком, який є основою волосся, нігтів та усього зроговілого епітелію.

Позаяк в епідермісі немає кровоносних судин, живлення клітин у його зовнішньому шарі припиняється. Наповнення клітин кератином веде до їх зроговіння. Ці неживі клітини виконують роль бар'єра, вони із часом злущуються, і їхнє місце займають інші нащадки стовбурових клітин.

У нижньому шарі епідермісу є меланоцити — клітини, які під дією сонячного світла продукують меланін — пігмент, що надає забарвлення шкірі і захищає глибші тканини від шкідливої дії ультрафіолету. Тож улітку під сонячними променями шкіра зазвичай засмагає.

Дерма (власне шкіра) утворена сполучною тканиною. Між її клітинами є багато волокон колагену, що надають шкірі міцності, пружності. Дерма містить кровоносні і лімфатичні судини, які забезпечують її живлення та постачають речовини до нижнього шару епідермісу.

Дерма містить потові залози, які мають вигляд закручених у клубок трубочок, що контактують з капілярами. У залозах утворюється піт, який протокою крізь пори виділяється назовні. Потові залози відіграють важливу роль у терморегуляції та виділенні продуктів обміну.

У людини різні типи волосин розміщено майже по всьому тілу. Найкраще волосяний покрив розвинений на голові. Окрім важливої ролі у визначенні зовнішнього вигляду, волосся забезпечує захист від УФО, запобігає перегріванню або переохолодженню голови. Брови та вії захищають очі від потрапляння пилу, поту, сторонніх речовин.

Волосина складається з кореня (міститься у шкірі) і стрижня (підіймається над поверхнею) (мал. 41.2). Ріст і живлення волосся відбувається у волосяному фолікулі (цибулині), у нижній частині якого міститься волосяний сосочок з кровоносними судинами. Стовбурові клітини кореня волосини діляться, забезпечуючи її ріст. Забарвлення волосині надають пігменти, синтезовані меланоцитами. До волосяного фолікула підходять нервові закінчення.

У волосяні фолікули відкриваються протоки сальних залоз, які виділяють жироподібні речовини, що змащують волосся і поверхню шкіри, захищаючи її від намокання та висихання.

Волосся постійно, але поступово оновлюється.

Переглянь в **е-ДОДАТКУ** *анімацію із циклом розвитку волосяного фолікула (завдання 41.1).*

Одним з утворень шкіри є нігті (мал. 41.3), які захищають кінцеву частину фаланг пальців від травм. Нігті утворюються і ростуть у результаті поділу стовбурових клітин у зоні кореня нігтя. Утворені епітеліальні клітини відсуваються до краю нігтя, поступово заповнюються кератином, стають твердими й відмирають. Так формується нігтьова пластина. Вона лежить на нігтьовому ложі, що містить нервові



Мал. 41.2. Будова волосся

закінчення і є чутливим до ушкоджень, на відміну від нігтьової пластини.

Для манікюру і педикюру варто використовувати індивідуальні інструменти або ж переконатися у ретельності стерилізації інструментів у салоні, позаяк є ризики інфікування (гепатит B, C, ВІЛ тощо).

Під дермою розміщується підшкірна жирова клітковина, утворена жировою та пухкою сполучною тканиною, що містить кровоносні судини. Її функції — накопичення резервних жирів, теплоізоляція, амортизація (механічний захист), синтез важливих біологічно активних речовин, акумулювання вітамінів.



Мал. 41.3. Будова нігтя

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Шкіра виконує важливі функції: захисну, видільну, терморегуляторну, сенсорну. Розрізняють три шари шкіри: епідерміс, дерму, підшкірну жирову клітковину. Епідерміс утворений епітеліальною тканиною, нижній шар містить клітини, що діляться, а у верхньому клітини заповнюються кератином, роговіють і злущуються. Дерма утворена сполучною тканиною, багатою на колаген та еластин, містить кровоносні і лімфатичні судини, шкірні м'язи, потові та сальні залози. Похідними шкіри є нігті та волосся, основу яких становить кератин.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які функції виконує шкіра?
2. Чому клітини епідермісу із часом роговіють і злущуються?
3. Які особливі речовини синтезуються клітинами шкіри, яка їх роль?
4. Який основний білок міститься у зроговілому епідермісі, а який — у дермі? Які функції цих білків?
5. Які залози розміщені у шкірі? Які функції вони виконують?
6. Площа шкіри становить близько 2 $м^2$, а площа внутрішньої поверхні кишківника — близько 300 $м^2$. Як подібна різниця пов'язана з функціями цих органів?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 42 Терморегуляція. Перша допомога в разі термічних ушкоджень шкіри, теплового та сонячного удару. Захворювання шкіри та їх профілактика

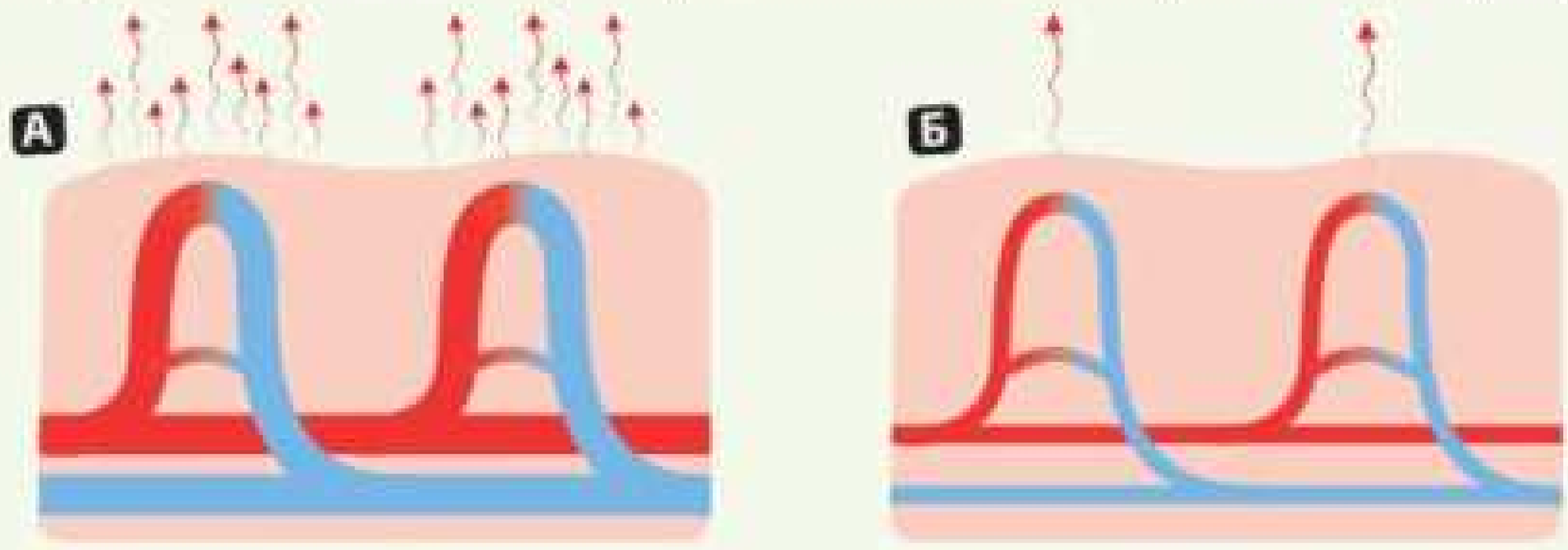
БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Людина — істота, яка витримує температуру зовнішнього середовища понад +100 °С у сауні і –70 °С в Антарктиді. Проте всередині тіла температура коливається в дуже вузьких межах. Як таке можливо?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Розглянь схему (мал. 42.1). Визнач, якою літерою позначено кровообіг у шкірі в умовах холоду, а якою — в умовах спеки. Поясни, які особливості кровопостачання шкіри сприяють виконанню її ролі в терморегуляції.



Мал. 42.1. Кровопостачання шкіри за різних температурних умов

2 Іноді необізнані люди під час переохолодження вживають алкоголь, намагаючись зігрітися, адже той розширює судини, створюючи ілюзію тепла. Проте часто такі дії мають фатальні наслідки. Аргументуй, чому вживання алкоголю за переохолодження може призвести до смерті.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Терморегуляція — сукупність фізіологічних процесів, що підтримують температуру тіла організму незалежно від зміни температурних

умов довкілля. Центральним органом терморегуляції людини є гіпоталамус, до якого надходить інформація про стан середовища (мал. 42.2). У відповідь на неї гіпоталамус надсилає відповідні сигнали («накази») органам, реалізація яких забезпечує підтримання сталої температури тіла. Окрім рецепторів шкіри, інформація до гіпоталамуса надходить ще й від терморецепторів артерій.



Мал. 42.2. Механізми терморегуляції

Тепло продукується в організмі в процесах катаболізму речовин, отриманих з їжею. Найбільше енергії продукують скелетні м'язи, внутрішні органи. Кров бере участь у перерозподілі теплової енергії по тілу.

Шкіра в терморегуляції є сенсорним і виконавчим органом. За різних умов вона забезпечує посилення або сповільнення тепловіддачі (мал. 42.3).



Мал. 42.3. Роль шкіри в терморегуляції

У спеку судини розширюються і більше крові надходить до шкіри, тож тепловіддача зростає. Посилює цей процес активне потовиділення:

завдяки високій енергії випаровування води поверхня тіла охолоджується (мал. 42.3). В умовах холоду судини шкіри звужуються, відповідно, знижується температура шкіри. Проте всередині тіла зберігається тепло.

Інфекційні хвороби часто супроводжуються лихоманкою. Коли температура тіла +39 °С, людина почувається, ніби їй дуже холодно, хоча її шкіра гаряча. *Чому так відбувається і як діяти за підвищеної температури, прочитай в* **е-ДОДАТКУ** *(завдання 42.1).*

Сильне перегрівання або переохолодження можуть бути небезпечними для людини і призвести до порушення терморегуляції — теплового і сонячного удару.

БІОСЛОВО

Тепловий удар — різке підвищення температури тіла після впливу екстремальних температур може статися у спекотну погоду, у закритому автомобілі, за фізичного навантаження.

Сонячний удар — порушення роботи головного мозку внаслідок тривалого впливу сонячних променів на не вкриту капелюхом голову.

Ознайомся в **е-ДОДАТКУ** *з порадами від громадського центру здоров'я щодо надання першої допомоги постраждалим від теплового і сонячного удару (завдання 42.2).*

Унаслідок контакту з вогнем, гарячою парою, рідиною, окропом, розпеченим предметом людина може отримати термічні опіки. Під час надання першої допомоги необхідно припинити контакт із джерелом опіку, але не чіпати речі, що прилипли до ураженої шкіри. За можливості слід одразу охолодити уражену ділянку під струменем холодної води протягом 20 хвилин. Не можна прикладати лід, використовувати олію, сік алое, препарати, що містять спирт. У разі великих опіків необхідно викликати екстрену медичну допомогу. Якщо внаслідок опіку сформувалися пухирі, їх не можна проколювати.

За переохолодження передусім треба перемістити постраждалу людину в тепле приміщення. Зігрівання в жодному разі не має бути швидким. Масажування, розтирання, швидке зігрівання може призвести до незворотного руйнування тканин. Потрібно сухими серветками обережно протерти вологі уражені холодом ділянки, огорнути їх ватно-марлевими, вовняними пов'язками, щоб зігрівання відбувалося поступово. Важливо вживати достатню кількість негарячої рідини.

Шкіра значною мірою віддзеркалює стан організму. Тож її проблеми можуть бути спричинені неправильним харчуванням (зловживанням солодкою, смаженою, жирною їжею), гормональними перебудовами, порушенням роботи печінки. Іноді проблеми завдають патогенні бак-

терії, кліщі (демодекс, коростяний свербун) та інші збудники. Використання кремів може лише посилювати проблему, а спиртовмісних розчинів — висушувати шкіру. За наявності проблем варто звернутися до дерматолога.

Прочитай е-ДОДАТКУ *про проблеми акне (завдання 42.3).*

Не слід зловживати сонячними ваннами: тривале перебування на сонці є ризиком розвитку раку шкіри. Меланома — це одна з найагресивніших злоякісних пухлин, яка розвивається з клітин, що виробляють меланін. Для запобігання розвитку раку шкіри необхідно використовувати сонцезахисний крем, обмежувати тривалість перебування на сонці, особливо опівдні.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Центральним органом терморегуляції людини є гіпоталамус, який забезпечує підтримання сталої температури тіла. В умовах спеки розширюються судини шкіри, активується потовиділення, що збільшує тепловіддачу. В умовах холоду судини шкіри звужуються, скорочуються шкірні і скелетні м'язи, посилюються процеси катаболізму (збільшується теплопродукція). Проблеми шкіри можуть бути пов'язані з неправильним харчуванням, гормональними перебудовами, порушення функцій печінки, патогенними мікроорганізмами, тривалим перебуванням під сонячними променями.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Де міститься центр терморегуляції? Як він отримує інформацію про температурні умови?
2. Поясни за малюнком 42.3, як реалізуються механізми терморегуляції у спеку? А як — у холод?
3. Чому в умовах холоду спостерігається гусяча шкіра?
4. Обґрунтуй, чому за теплового удару потрібно вживати достатньо прохолодної рідини.
5. Робота з медіаресурсами. Виконай в е-ДОДАТКУ завдання 42.4. Запиши у зошит і обґрунтуй по чотири рекомендовані дії і ті, які не можна робити у разі опіків.
6. Виконай в е-ДОДАТКУ завдання 42.5.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Причини, ознаки і наслідки водного отруєння

Поміркуй, чи можна отруїтися чистою водою?

Виявляється, вода в надлишку може призвести до водного отруєння.

1. Склади ланцюжок подій (процесів), за яких може трапитися водне отруєння. Скористайся підказками у правому стовпчику таблиці. Зваж, що тут містяться не лише відповідні, але й зайві варіанти. Вибери ті, що відповідають зазначеним подіям чи процесам, додай свої варіанти.

Подія / процес	Підказки для роздумів
За яких умов людина споживає дуже багато води?	Спекотна погода, холод, інтенсивне фізичне навантаження, відпочинок, робота в гарячому цеху / в ходильній установці, деякі ліки (спробуй означити механізм дії), інше
Зазвичай надмірне споживання спричинене посиленою втратою води. Як людина втрачає воду за цих умов?	Запропонуй свої ідеї
Які речовини втрачаються разом з водою?	Білки і жири, / солі та йони, / глюкоза й амінокислоти
Яких змін зазнає водно-сольовий баланс?	Лишається незмінним, / зміщується в бік збільшення концентрації солей та йонів, / зміщується в бік зменшення їх концентрації
Які можливі наслідки таких змін і якими є симптоми водного отруєння? Чому?	Запропонуй свої ідеї

2. Для діагностики водного отруєння можна провести дослідження сечі і плазми крові. Якими будуть результати дослідження під час водного отруєння?

Колір сечі	Світлий / темний
Концентрація солей, йонів у сечі	Висока / низька
Концентрація солей, йонів у плазмі крові	Висока / низька

3. Запропонуй заходи для запобігання водному отруєнню.

8 СЕНСОРНІ СИСТЕМИ



§ 43 Загальний принцип роботи сенсорних систем. Типи рецепторів

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У полі нашого зору зелені крони дерев. Слух бентежить гудіння бджіл-трудівниць. Аромат липового цвіту навіює спогади. Таку різноманітну інформацію сприймає людина. А в якому вигляді ця інформація прямує до мозку — в однаковому чи різному? Чим імпульси, що йдуть від ока, відрізняються від імпульсів, що йдуть від вуха? А може, вони схожі? Розплутай цей клубок питань.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Наше око сприймає зорові сигнали. Проте інколи під час удару головою здається, що аж «іскри в очах», хоча насправді навколо немає світлових блисків. Якщо в експерименті волокна зорового нерва подразнювали електричним струмом, то у відповідь людина бачила яскраві спалахи світла. Як можна пояснити такі результати експериментів і життєвих спостережень?

2 Є звуки, які людина не чує. Є світло, яке людина не бачить. Проте конструктори створили прилади, які допомагають не лише виявляти, а й використовувати ультразвуки та різні спектри «невидимого» світла. Тепловізор — багатофункціональний пристрій (мал. 43.1). Поясни, як людина розширила можливості своїх сенсорних систем за його допомогою.



Мал. 43.1. Візуалізація температури за допомогою тепловізора

БІОСЛОВО

Сенсорна система (аналізатор) — система, що забезпечує сприйняття інформації із середовища, її проведення до мозку та формування відчуттів.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Сприйняття навколишнього світу з його барвами, звуками, ароматами здійснюється завдяки роботі сенсорних систем (від лат. *sensus* — почуття, відчуття), які ще називають *аналізаторами*.

Принципи будови та функціонування аналізаторів однакові (мал. 43.2). Периферичний відділ сенсорної системи містить рецептори, інформація від яких провідниковими шляхами надходить до центрального відділу в головний мозок.

Функції компонентів сенсорних систем відображено в таблиці.

Периферична частина (орган чуття)	Провідниковий шлях (чутливий нерв)	Центральна частина (у головному мозку)
Містить рецептори, що сприймають сигнал із середовища	Складається з чутливих нервових волокон (аксонів)	Підкіркові центри і сенсорна зона кори мозку
У відповідь на подразник генерує нервові імпульси. Закодовує інформацію	Проводить імпульси від органа чуття до мозку	Інтегрує, аналізує, розкодовує отриману інформацію, формує відчуття

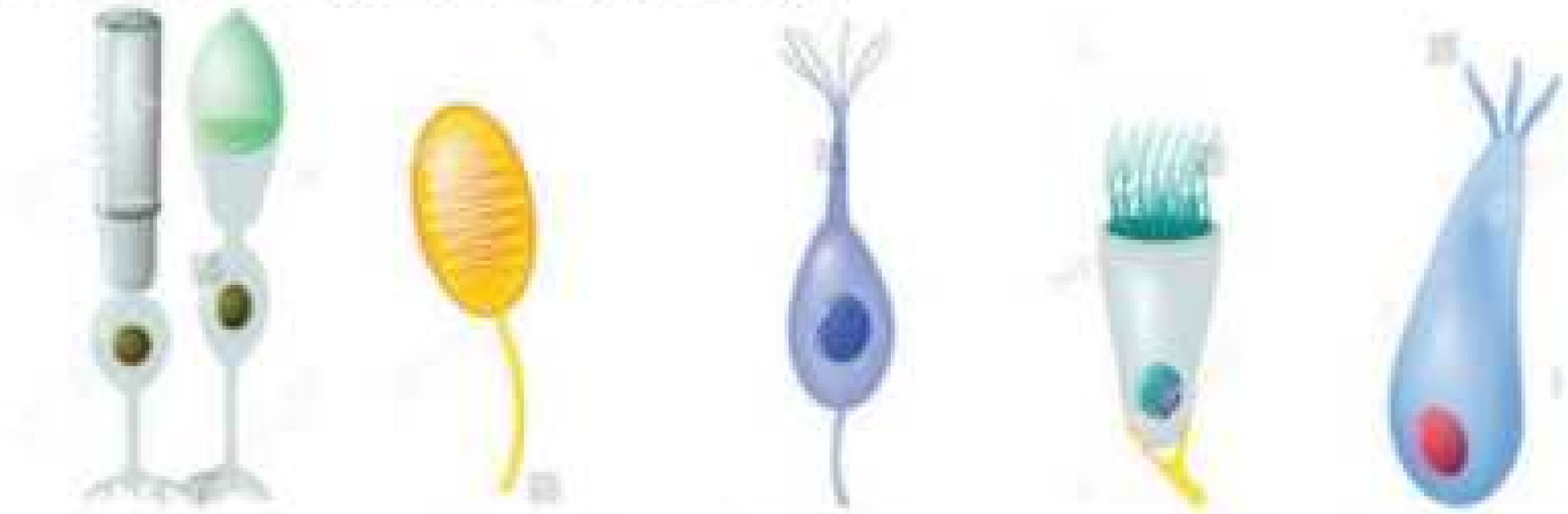
Будь-яке сприйняття починається з рецепторів. Зазвичай це сенсорні нейрони, або спеціалізовані епітеліальні клітини, що мають здатність у відповідь на адекватний (відповідний) стимул (світло, речовину, що пахне, тиск тощо) генерувати нервовий імпульс.



Мал. 43.2. Структура сенсорної системи (на прикладі зорової)

Залежно від характеру подразника, що викликає збудження, рецептори поділяють на п'ять груп: **механорецептори** — сприйняття звуку, положення і руху тіла, дотику, вібрації, тиску, розтягнення; **хеморецептори** — сприйняття смаку, запаху; **фоторецептори** — сприйняття світла й кольору; **терморецептори** — сприйняття холоду, тепла; **ноцицептори** (больові рецептори) — сприйняття болю.

Рецепторні клітини зазвичай мають розгалужені відростки або спеціальні волоски (мал. 43.3) (с. 192).



Зорові Дотикові Нюхові Слухові Смакові

Мал. 43.3. Основні групи рецепторів (за модальністю відчуттів)

Рецептори можуть бути розташовані окремо (наприклад, больові рецептори шкіри) або об'єднані в органах чуття (зорові рецептори в сітківці ока, слухові — у завитці внутрішнього вуха).

Коли сила стимулу (світла, речовини, що пахне) досягає певної порогової величини, рецептор генерує сигнал і збудження передається наступним нейронам на шляху до мозку.

Поріг — це найнижче значення енергії подразника, що призводить до збудження рецепторів і формування відчуттів. Наприклад, найменша концентрація солі чи цукру, яку людина може відчути; найслабший звук, що розрізняє людина. Величина сенсорного порога може змінюватися залежно від стану людини.

Незалежно від типу рецептора нервові імпульси однакові. У головному мозку здійснюється аналіз, розкодування інформації. Сигнали, що надійшли від конкретних рецепторів викликають збудження тих ділянок у чутливих зонах кори мозку, що відповідають за формування конкретного відчуття. Позаяк у тілі людини мільйони рецепторів, кожен з яких має здатність реагувати на певну якість відповідного стимулу, а в корі мозку мільйони нейронів, поєднаних синапсами, люди можуть сприймати світ із сотнями відтінків кольорів, смаків, запахів.

Якщо імпульси однакові, як же ми можемо розрізняти сильний і слабкий звук або тиск? Тут важлива частота і кількість імпульсів, які надсилаються до мозку. Що сильніша дія, то більше рецепторів збуджуються у відповідь і вища частота сигналів.

Важливою ознакою роботи сенсорних систем є здатність до адаптації. Чутливість рецепторів може підвищуватися за відсутності дії сильного подразника чи знижуватися за його тривалої дії. Наприклад, чутливість до світла знижується за яскравого освітлення, а в темряві, навпаки, підвищується. Пригадай, коли ти заходиш з яскраво освітленого приміщення в темну кімнату, то деякий час нічого не бачиш,

згодом очі адаптуються і ти можеш розрізняти предмети. З іншого боку, завдяки адаптації рецепторів до постійної дії подразника ми не відчуваємо дотик одягу до нашого тіла.

Важливо розуміти, що сформовані відчуття є індивідуальними. Вони є суб'єктивним відображенням реального світу, що здійснюється сенсорними системами. У різних людей спостерігаються істотні відмінності сенсорних порогів. На основі відчуттів формується сприйняття сенсорної інформації з певною інтерпретацією із залученням індивідуального досвіду. Тож люди по-різному сприймають навколишній світ.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Сприйняття зовнішнього світу та внутрішнього середовища організму забезпечується сенсорними системами (аналізаторами). Сенсорна система складається з периферичного відділу (окремі рецептори чи органи чуття), провідникового шляху (чутливі нервові волокна) та центрального відділу (сенсорні ділянки мозку). Залежно від характеру подразника розрізняють: механорецептори — сприйняття звуку, положення і руху тіла, дотику; хеморецептори — сприйняття смаку, запаху; фоторецептори — сприйняття світла й кольору; температурні рецептори — сприйняття холоду, тепла; больові рецептори. Кора мозку є вищим центром аналізу сенсорної інформації.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

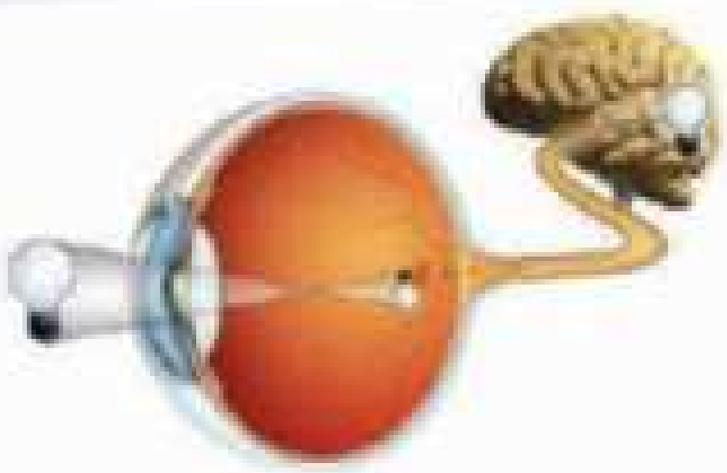
1. Назви компоненти сенсорної системи, поясни їх функції.
2. На які групи поділяють рецептори за характером подразника?
3. Які відчуття забезпечують механорецептори та хеморецептори?
4. Пригадай, які ділянки мозку відповідають за різні види чуттів (с. 36).
5. Коли людина зайшла в приміщення, то відчула різкий запах фарби, який невідчутний для майстра, котрий другу годину фарбує стіни. Поясни, чим зумовлена різниця нюхових відчуттів у двох людей.
6. Трапляється, що пізно ввечері ми чуємо звуки фільму, який переглядають сусіди. Проте в розпал дня ми не помічаємо значно гучніших звуків. Поясни відмінності у роботі сенсорної системи у двох випадках.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 44 Зорова сенсорна система. Будова ока. Акомодація

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Кажуть, що око дивиться, а мозок бачить. На сітківці ока фокусується зменшене, перевернуте вниз, обернене в інший бік зображення предмета. Водночас ми бачимо речі такими, якими вони є. Поясни, як це відбувається.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У центрі забарвленої райдужної оболонки міститься отвір — зіниця. Її розміри змінюються залежно від умов. Очевидно, у райдужній оболонці є м'язи. Поміркуй, скільки груп м'язів забезпечують зміну розміру зіниці. Накресли схему або змоделюй їх розташування і продемонструй роботу м'язів у разі звуження і розширення зіниці.

2 Око і фотоапарат (мал. 44.1) мають багато спільного і відмінного. Запропонуй якомога більше подібностей і відмінностей органа зору і пристрою, створеного на його основі.





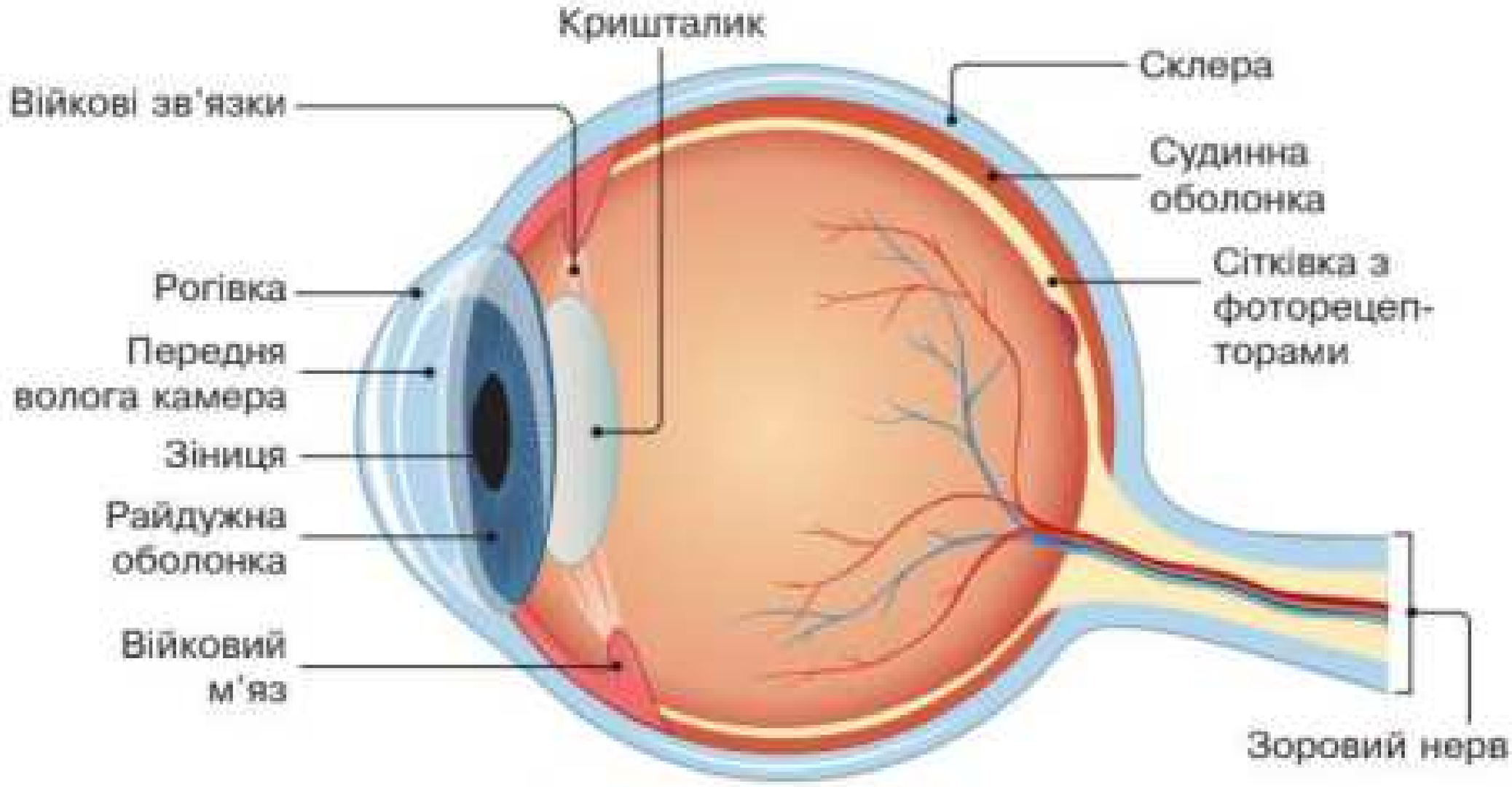
Мал. 44.1. Око і фотоапарат

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Понад 70 % усієї інформації людина отримує завдяки зоровій сенсорній системі. Її компонентами є орган зору — око, зоровий нерв та зорова кора (ділянка мозку в потиличній частці півкуль).

Око має складну будову (мал. 44.2). Його форма подібна до кулястої. Усередині око заповнене склистим тілом — желеподібною прозорою речовиною, головними компонентами якої є вода (98 %), гіалуронова кислота і білки. Стінка очного яблука утворена трьома оболонками.

Зовнішня білкова оболонка — **склера** — утворена сполучною тканиною, містить багато колагену, надає форми очному яблуку, захищає внутрішні структури ока. Передня прозора її частина — **рогівка** — заломлює і пропускає світлові промені.



Мал. 44.2. Будова ока

Судинна оболонка містить кровоносні судини, що живлять очне яблуко. У передній її частині розташована **райдужна оболонка** — особлива ділянка ока, що містить пігменти: від блакитного до темно-коричневого. У центрі райдужки є отвір — **зіниця**, що пропускає світло вглиб очного яблука. Райдужна оболонка регулює надходження світла до сітківки, звужуючи і розширюючи зіницю.

Між райдужною оболонкою і рогівкою утворюється передня волога камера, заповнена водянистою вологою, у яку із судин райдужки надходять поживні речовини, що забезпечує живлення рогівки зсередини. Відтік рідини здійснюється крізь спеціальну сітку. Так підтримується сталий тиск усередині очного яблука.

Позаду райдужної оболонки міститься **кришталик** — особливий прозорий утвір, «жива лінза», здатний не лише заломлювати світло, а й змінювати силу заломлення. Кришталик кріпиться до очного яблука війковим (циліарним, від лат. *cilia* — війка) тілом, утвореним війковими м'язами і зв'язками.

Внутрішня оболонка ока — **сітківка** — сприймає світло, містить фоторецептори (палички і колбочки) та інші нервові клітини. Саме тут у відповідь на зорові подразники формуються нервові імпульси, які по зоровому нерву надсилаються до мозку.

У проміжному мозку зорові нерви перехрещуються, проте інформація до обох півкуль надходить від кожного ока. У зоровій корі півкуль інформація обробляється остаточно і формуються зорові відчуття. Тут одночасно працюють тисячі нейронів — детекторів ознак, кожен з яких виконує спеціальну функцію (обробляють інформацію про

форму, колір, розташування об'єктів тощо). На основі відчуттів формується сприйняття, і до цього процесу долучається попередній досвід людини та інформація від інших сенсорних систем.

Функціонуванню ока сприяє допоміжний апарат. Зволоження і очищення поверхні ока, зокрема рогівки, забезпечує слізний апарат (мал. 44.3). Слізна рідина не лише запобігає висиханню, а й захищає від інфекцій завдяки лізоциму.

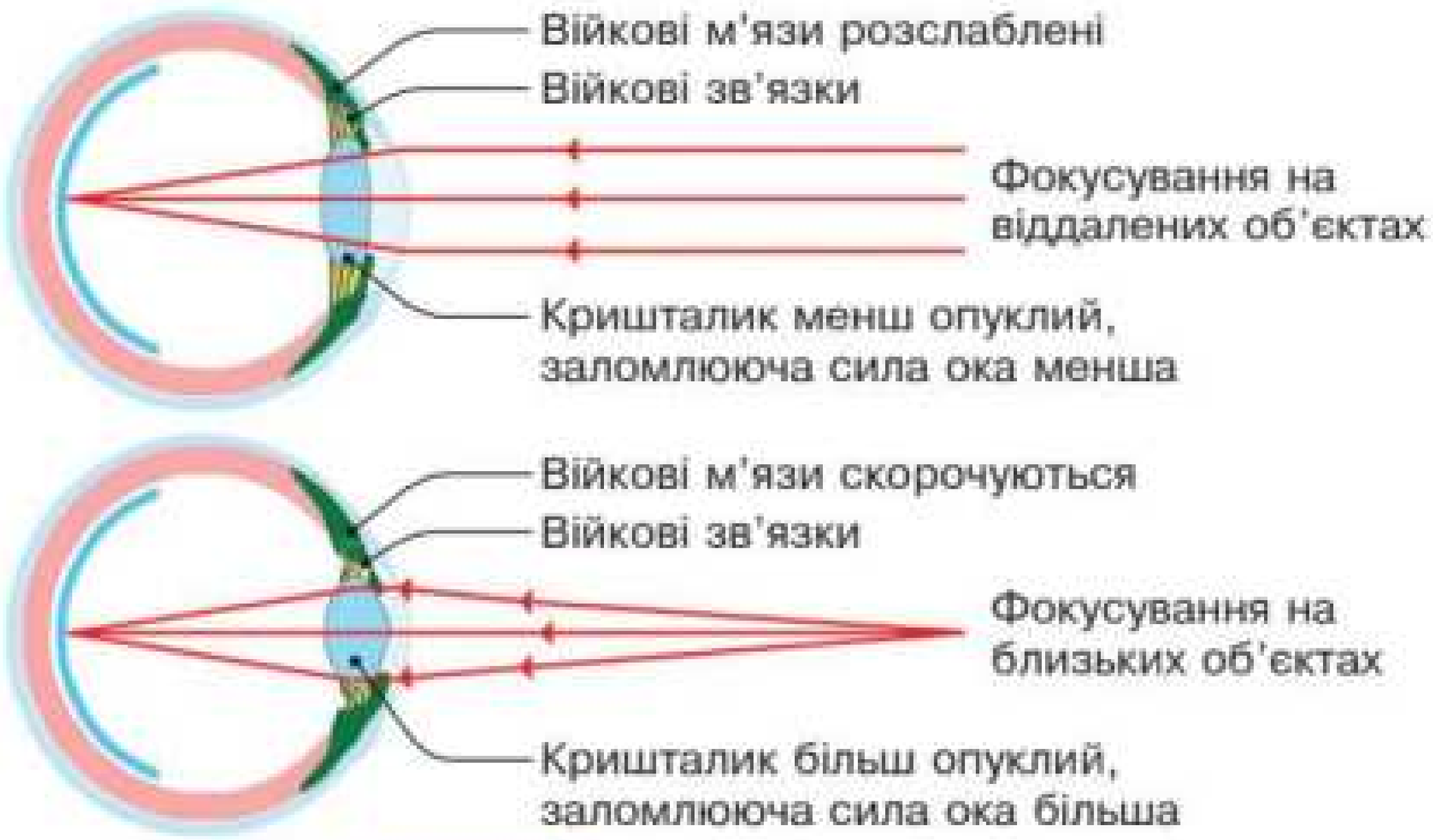


Мал. 44.3. Будова слізного апарату

Брови відводять піт із лоба, вії і повіки захищають око від пилу, надмірного освітлення. Окорухові м'язи сприяють переведенню погляду з одного об'єкта на інший. Внутрішня поверхня повік і склера вкриті кон'юктивою — сполучнотканинною оболонкою, що захищає їх та розподіляє слізну рідину.

Оптична система ока забезпечує фокусування на сітківці променів від об'єктів, що розглядаються.

Розглянь на малюнках 44.2 (с. 195) і 44.4 шлях світла крізь око: рогівка → передня волога камера → зіниця → кришталик → склисте тіло → сітківка з фоторецепторами.



Мал. 44.4. Механізми акомодації

Головну роль у заломленні світла відіграють рогівка і кришталик. На сітківку фокусується зменшене обернене зображення об'єкта. Промені від віддалених і близьких об'єктів надходять до рогівки під різними кутами (мал. 44.4). Тож якщо ми фокусуємося на близькому, віддалені об'єкти нечіткі, «розмиті», і навпаки.

Око людини загалом налаштоване на розгляд віддалених об'єктів. Для чіткого фокусування променів від близьких предметів потрібно збільшити заломлюючу силу ока. Тож під час розглядання близьких об'єктів рефлекторно скорочуються війкові м'язи, що стискають кришталик і надають йому більш опуклої форми. Це посилює заломлення і дає змогу чітко бачити літери у книзі чи смартфоні. *Переглянь в* **е-ДОДАТКУ** *анімацію щодо механізмів акомодації (завдання 44.1) і проведи лабораторне дослідження акомодації (завдання 44.2).*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Стінка очного яблука утворена трьома оболонками: білковою (склерою), судинною і сітківкою. Усередині очного яблука міститься склисте тіло і кришталик. Світлові промені проходять шлях: рогівка → передня волога камера → зіниця → кришталик → склисте тіло → сітківка з фоторецепторами. Головну роль у заломленні світла відіграють рогівка і кришталик. Акомодація — це пристосування ока до чіткого бачення предметів, розташованих на різній відстані, здійснюється завдяки зміні форми кришталика.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

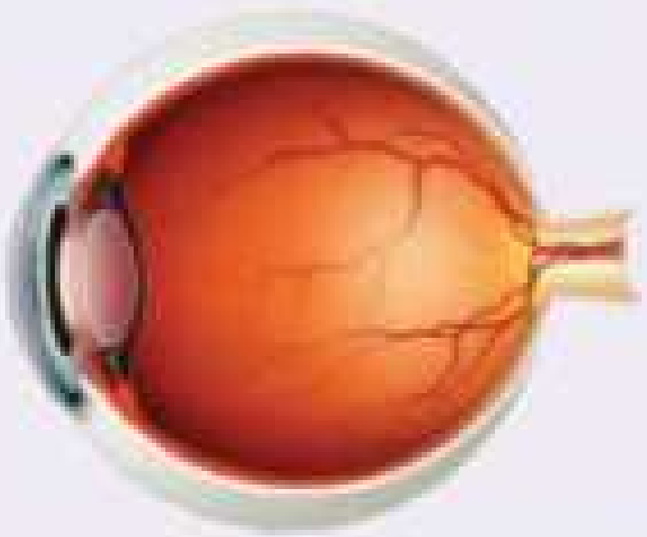
1. Якими оболонками утворене очне яблуко? Які функції виконує кожна з них?
2. Як будова райдужки пов'язана з її функціями?
3. Які структури відносять до допоміжного апарату ока?
4. Опиши роботу слізного апарату за малюнком 44.3.
5. Поясни роботу оптичної системи ока: опиши шлях світла та заломлення променів.
6. Опрацюй анімації щодо механізмів акомодації. На їх основі створи модель з побутових матеріалів і презентуй їх у класі.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 45 Сприйняття простору і кольору. Порушення зору. Гігієна зору

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Око людини має складну структуру, яка сформувалася у процесі еволюції. Проте у «дизайні ока людини» можна виявити чимало недоліків. Віднайди їх і поясни, як за такого неідеального дизайну цей орган добре виконує свою роботу. Чи існують тварини, у яких око позбавлене недоліків, притаманних людському?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У риб зір монокулярний, а в людини — бінокулярний. Яка перевага такого зору для людини? Чому монокулярний зір для багатьох тварин є більш вдалим варіантом?

2 Чи однакове поле зору лівого і правого ока? Чи однакове поле кольорового зору для різних кольорів? Разом з однокласниками та однокласницями сплануйте і проведіть дослідження, що дадуть відповіді на ці запитання. Скористайтеся схемою, яскравими об'єктами (наприклад, кімнатними рослинами), які можна переміщувати в кабінеті (мал. 45.1).



Мал. 45.1. Матеріали для дослідження поля зору

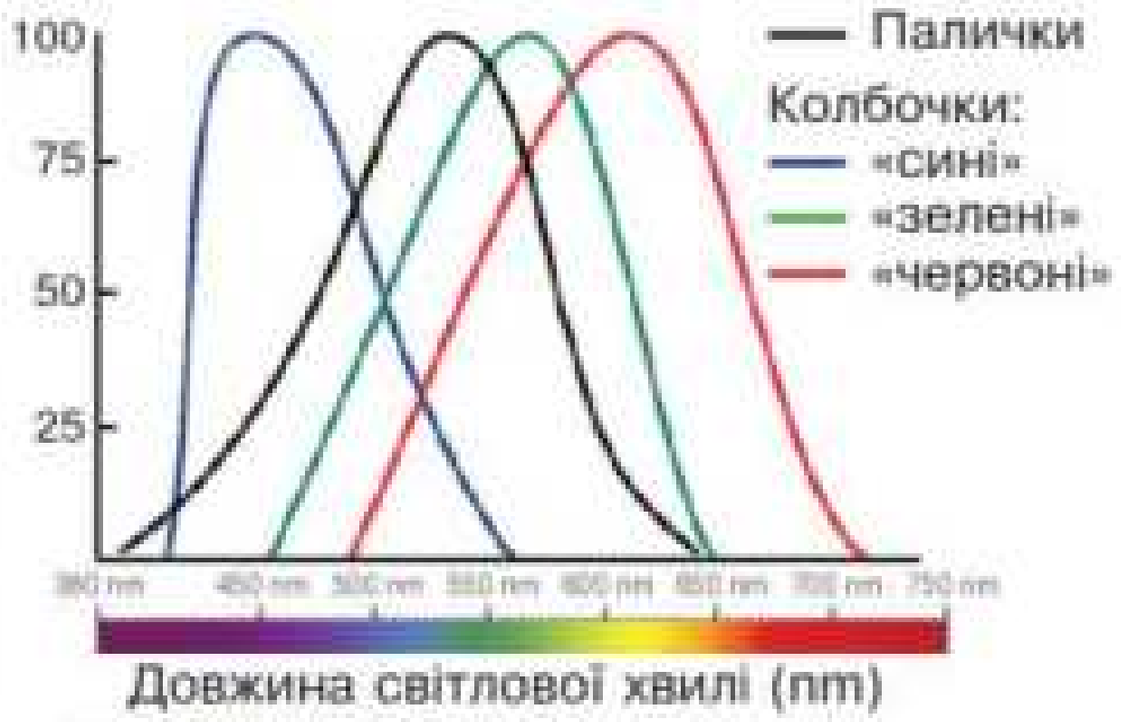
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Сітківка — світлосприймальна оболонка ока. Фоторецептори сітківки поділяють на два типи: палички і колбочки. Вони містять зорові пігменти: палички — родопсин, а колбочки — один із трьох варіантів йодопсину. Коли світло потрапляє на фоторецептор, відбувається

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

каскад молекулярних реакцій і формується електричний сигнал. Тому механізм сприйняття світла називають фотохімічним.

Людське око здатне сприймати світло довжиною хвилі від 380 до 720 нанометрів (мал. 45.2). Палички реагують на широкий спектр світла і не здатні розпізнавати кольори. Кожен тип колбочок реагує лише на певну ділянку спектра. Залежно від кольору, який колбочки сприймають, їх умовно називають синіми, зеленими, червоними, хоча насправді вони не забарвлені в такі кольори. Збудження кількох типів колбочок у відповідних співвідношеннях дає нам можливість сприймати тисячі відтінків. *(Переконайся у цьому, виконуючи завдання 3 на с. 201.)*



Мал. 45.2. Спектр сприйняття світла фоторецепторами

Спадкову нездатність розпізнавати червоні і зелені кольори називають *дальтонізмом. Переглянь в* ⓔ*-додатку відео про те, як бачать світ дальтоніки (завдання 45.1).*

Палички	Колбочки
Розміщені переважно на периферії сітківки	Розміщені в центральній частині сітківки
Краще працюють за слабкого освітлення	Працюють лише за яскравого освітлення
Один тип клітин, один пігмент	Три типи клітин, три види пігментів
Реагують на будь-які спектри видимого світла. Кольори не розрізняються	Вибірково реагують на червоне, зелене або синє світло. Забезпечують колірний зір
Створюють менш чітке зображення: групи паличок передають інформацію на один аксон нерва	Створюють чіткіше зображення: кожна колбочка жовтої плями передає інформацію на один аксон нерва
Кількість в оці — 90–120 млн	Кількість в оці — 4–7 млн

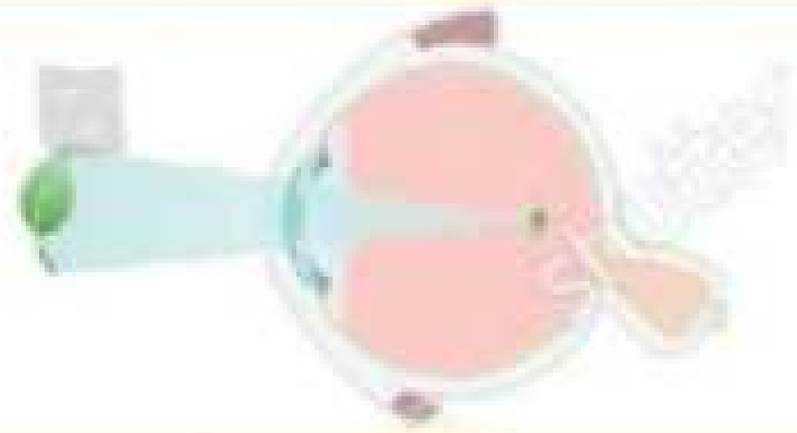
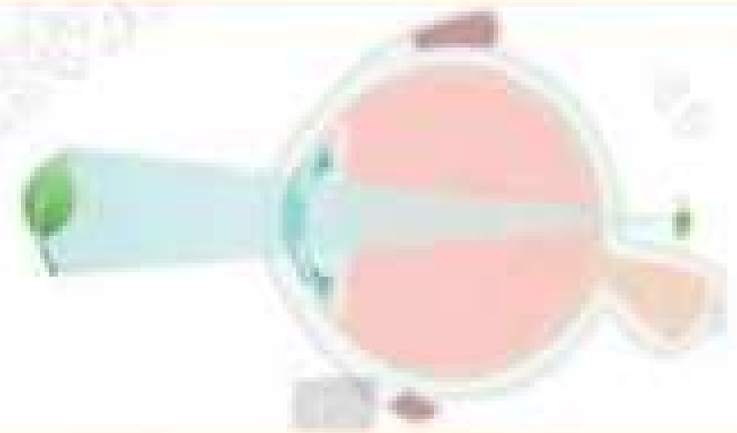
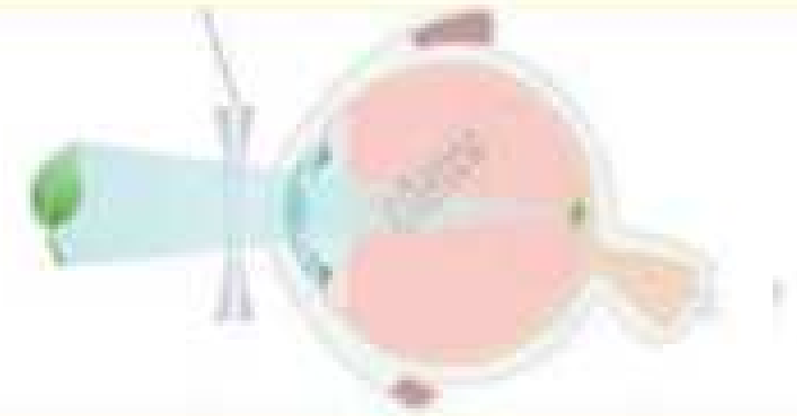
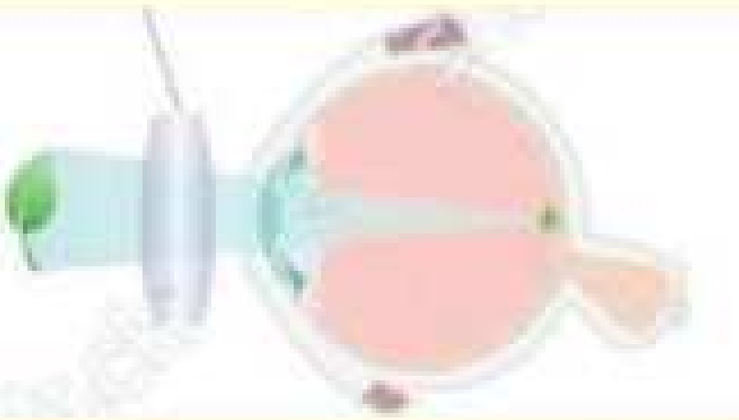
Тож у кожному оці мільйони фоторецепторів! Зображення від об'єкта, на якому ми зосереджуємо погляд в конкретний момент, фокусується у жовтій плямі (макулі), де містяться лише колбочки.

Сітківка людини, як і всіх хребетних, інвертована («вивернута»): фоторецептори лежать під двома шарами нервових клітин (мал. 45.3). Світло проходить крізь них, діє на зорові пігменти, внаслідок чого збуджуються рецептори. Інформація від них передається на аксони зорового нерва. Місце, де зоровий нерв виходить з очного яблука, називають *сліпою плямою*. У цій ділянці ока немає фоторецепторів.



Мал. 45.3. Шари сітківки

У людини бінокулярний зір: поля зору двох очей перекриваються. Інформація від кожного ока надходить до обох півкуль мозку. Її зіставлення дає можливість сприймати світ об'ємним, точно визначати відстань до об'єктів у 3D-вимірі.

Короткозорість (міопія)	Далекозорість (гіперметропія)
	
	
Надмірна заломлювальна сила	Недостатня заломлювальна сила
Зображення фокусується перед сітківкою	Зображення фокусується за сітківкою
Зазвичай порушений далекий зір	Зазвичай порушений близький зір
Корекція увігнутими лінзами («−»)	Корекція опуклими лінзами («+»)

На жаль, у людей часто спостерігаються порушення зору. Найбільш поширені — короткозорість і далекозорість.

Щоб зберегти зір, потрібно дотримуватися певних правил:

- стежити за умовами читання (зокрема, під час роботи з гаджетами);
- робити перерву кожні 20 хвилин і переводити погляд на віддалені до 20 метрів предмети протягом 20 секунд (вправа «20 — 20 — 20»);
- щороку проходити обстеження в офтальмолога.

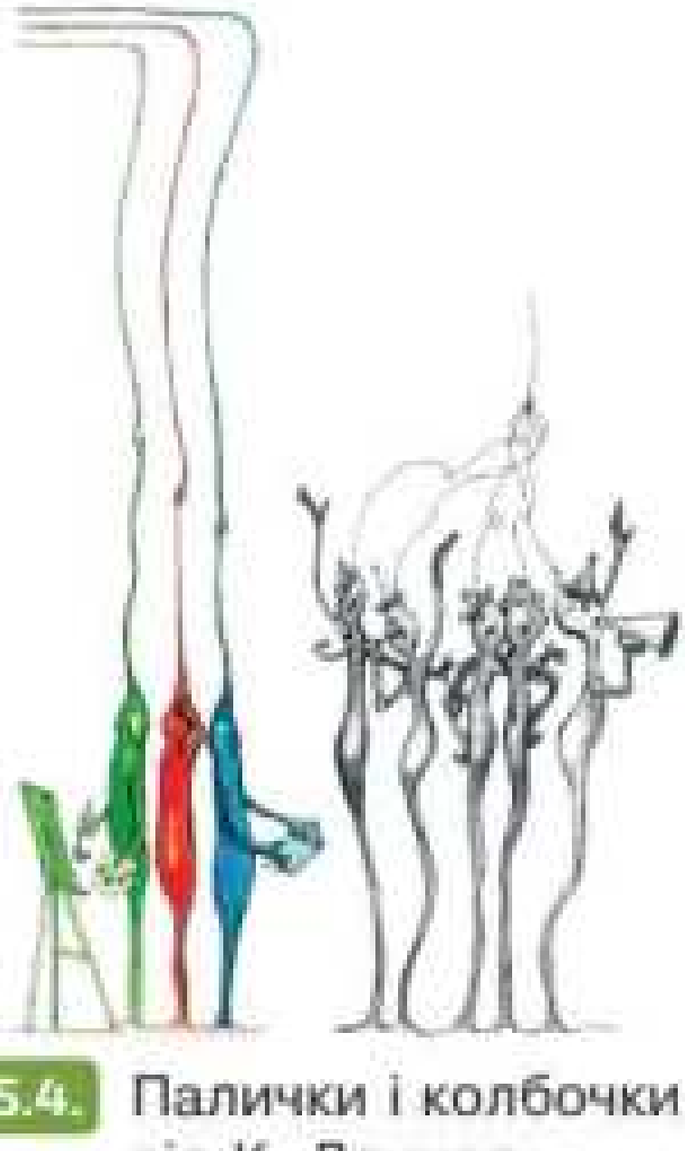
З іншими правилами ознайомся в e-ДОДАТКУ *(завдання 45.2).*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

На сітківці є два типи фоторецепторів: палички і колбочки. Палички не розрізняють кольори, реагують на слабке освітлення. Колбочки збуджуються лише за яскравого освітлення. Є три типи колбочок, що вибірково реагують на світло червоного, зеленого, синього спектра. Найчастіше зустрічаються такі порушення зору: короткозорість і далекозорість. Необхідно дотримуватися правил збереження зору.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Порівняй два види фоторецепторів людини (скористайся таблицею).
2. Розглянь зображення паличок і колбочок з «Магічної книги анатомії» Керол Доннер (мал. 45.4). Які ознаки фоторецепторів авторка відобразила на малюнку?
3. Проведи дослідження колірного сприйняття з симуляцією на PHET. Скористайся інструкцією в e-ДОДАТКУ (завдання 45.3).
4. Поясни, чому в оці людини є сліпа пляма. Виконай в e-ДОДАТКУ завдання 45.4.
5. Порівняй ознаки короткозорості і далекозорості.
6. Сформулюй правила збереження зору. Обґрунтуй їх доцільність, спираючись на розуміння будови і функціонування зорової сенсорної системи, і матеріали в e-ДОДАТКУ (завдання 45.5).



Мал. 45.4. Палички і колбочки від К. Доннер

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 46 Слухова сенсорна система. Вухо. Гігієна слуху

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Лікар-отоларинголог (ЛОР) лікує горло, вухо й ніс. Ці органи мають різні функції. Чому ж їх лікуванням займається один спеціаліст?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Між середнім і внутрішнім вухом є два отвори, затягнуті перетинками: овальне і кругле вікно. Роль овального вікна — передавати коливання від слухових кісточок на внутрішнє вухо. А навіщо ще одне вікно?

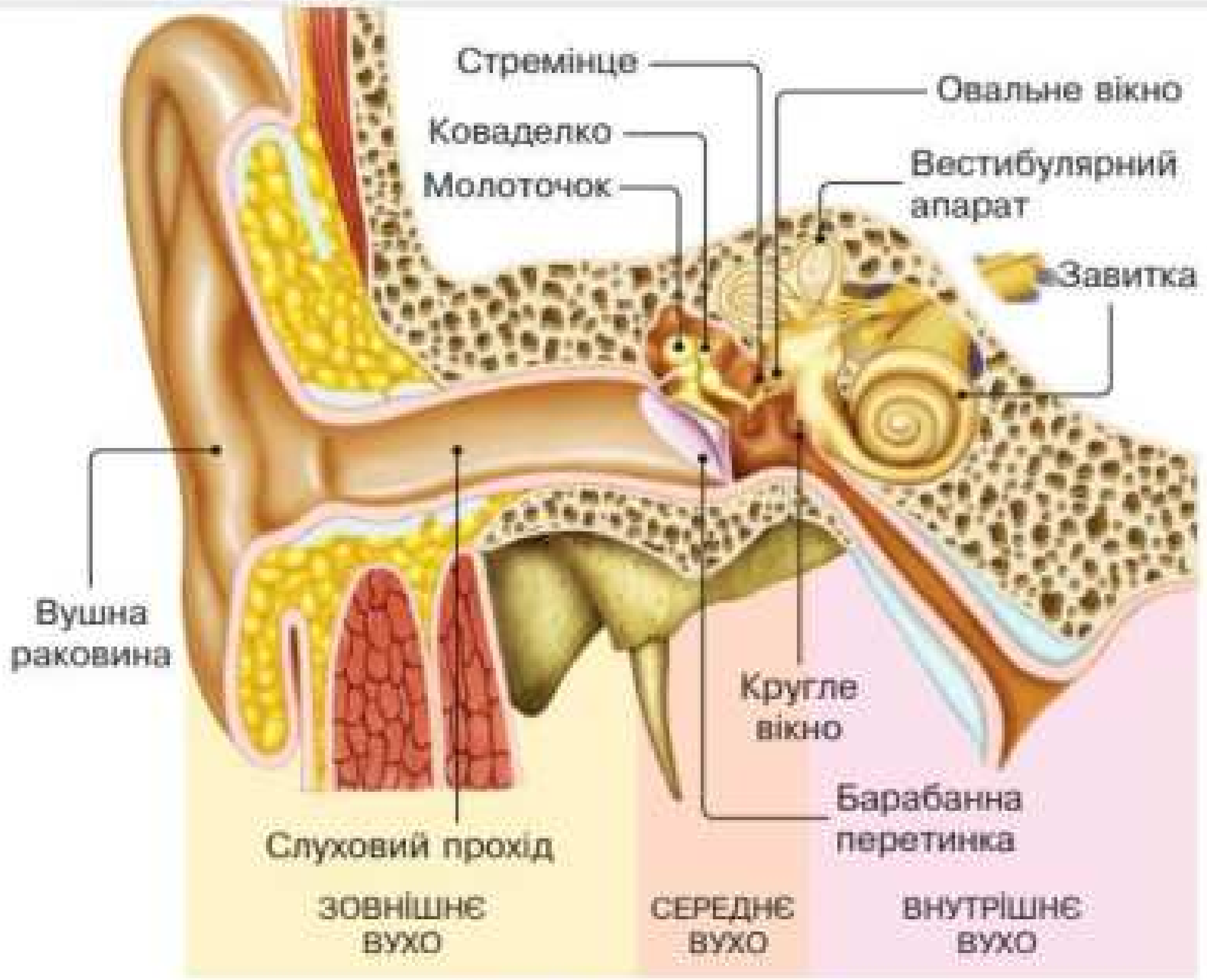
2 Для покращення слуху створюють слухові апарати. Проте відносно недорогими апаратами, що посилюють увесь звуковий спектр, багато людей відмовляються користуватися. Для створення комфортніших апаратів вищої якості залучені нові технології. Поміркуй, чому перша названа група апаратів створює проблеми користувачам. Як ці проблеми розв'язуються завдяки новим технологіям? Спрогнозуй, які засоби покращення слуху зможуть з'явитися в майбутньому.

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Слухова сенсорна система складається з **органа слуху** (вуха), що містить слухові рецептори, **слухового нерва** і **слухового центру** кори головного мозку, розміщеного у скроневій частці півкуль. Тут інформація, що надходить від обох вух, аналізується і формуються слухові відчуття.

Вухо складається з трьох відділів: зовнішнього, середнього і внутрішнього (мал. 46.1). Компонентами **зовнішнього вуха** є вушна раковина і слуховий прохід, основна роль яких полягає у спрямуванні звукових хвиль до барабанної перетинки. У слуховому проході є залози, що виділяють вушну сірку, яка захищає від пересихання, пилу та мікроорганізмів.

Межею між зовнішнім і середнім відділами вуха є **барабанна перетинка.**



Мал. 46.1. Будова вуха

Середнє вухо сполучене з носоглоткою слуховою (євстахієвою) трубою. Тому за зміни тиску повітря (різкий підйом чи зниження висоти, вибухи чи гучні крики) тиск на барабанну перетинку урівноважується з обох боків, що сприяє збереженню її цілісності. Водночас із носоглотки до вуха по слуховій трубі можуть поширюватися збудники інфекції, спричиняючи отит — запалення середнього вуха.

У середньому вусі містяться три слухові кісточки. Коливання барабанної перетинки передаються на молоточок, далі на коваделко і стремінце, що впирається в овальне вікно, площа якого значно менша площі барабанної перетинки. У результаті коливання посилюються більш ніж у 20 разів.

БІОСЛОВО

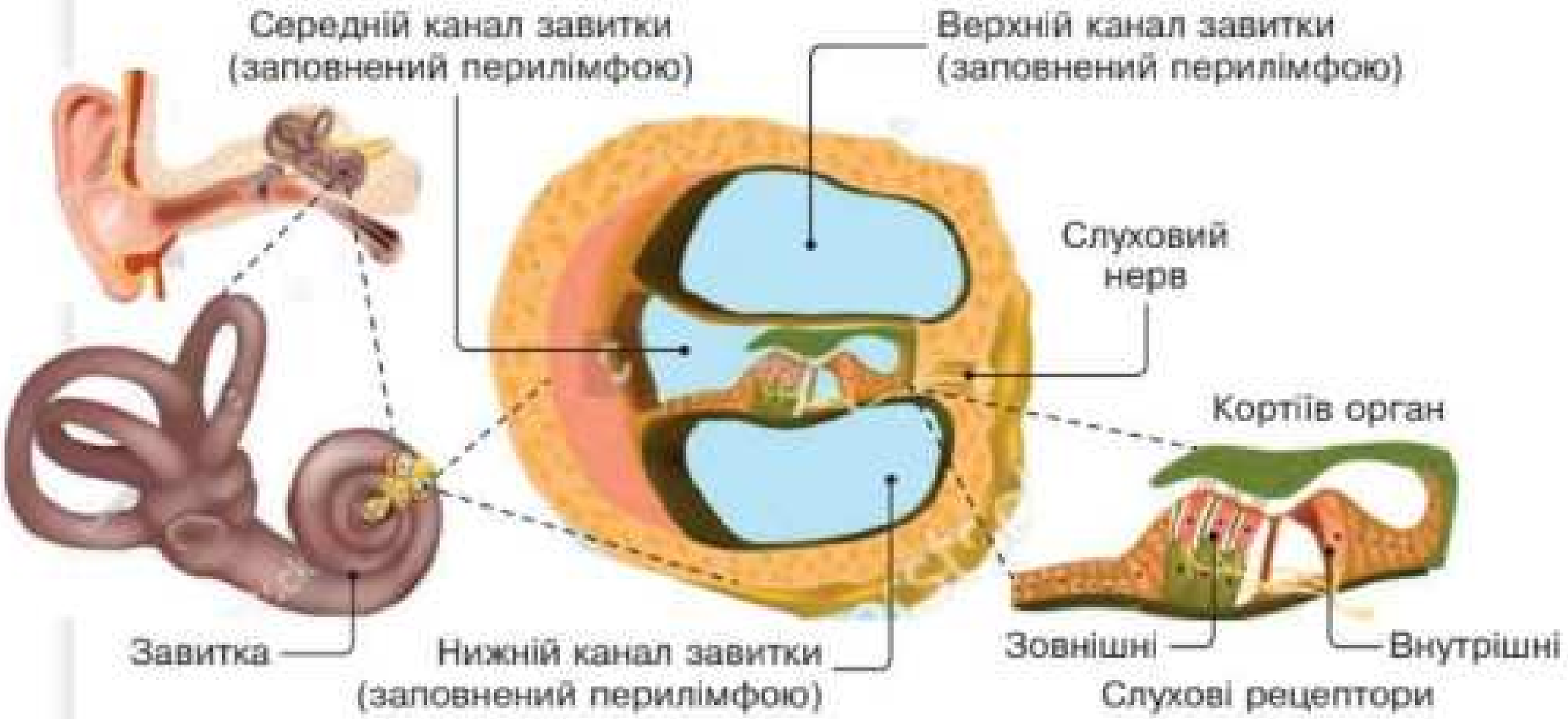
Завитка — слухова частина внутрішнього вуха, кісткова трубка, що закручена у формі равлика.

Кортіїв орган — рецепторний орган слуху, містить слухові рецептори (волоскові клітини), розміщений у завитці.

Зовнішнє і середнє вухо заповнені повітрям, а внутрішнє — рідиною. Компонентами внутрішнього вуха є завитка і вестибулярний апарат.

Внутрішнє вухо розташоване всередині скроневої кістки (мал. 46.2) (с. 204). Завитка розділена перетинками на три канали. Коливання

овального вікна спричиняє коливання рідини у верхньому каналі завитки. Хвиля повертається нижнім каналом, тому коливається перетинка круглого вікна.



Мал. 46.2. Завитка і кортіїв орган

У середньому каналі на основній мембрані розміщені волоскові клітини — слухові рецептори. Вони разом з допоміжними клітинами утворюють кортіїв орган. Над війками слухових рецепторів розташована покривна мембрана.

Коли внаслідок рухів стремінця коливається рідина у верхньому каналі, рухається й еластична основна мембрана, на якій розміщені рецептори. Їх війки впираються у покривну мембрану, внаслідок чого рецепторні клітини збуджуються і передають сигнал на волокна слухового нерва.

Переглянь в ДОДАТКУ *анімації про механізм слухового сприйняття (завдання 46.1).*

Людина сприймає звуки частотою від 20 Гц до 20 000 Гц. Високі звуки сприймаються рецепторами, розміщеними в основі завитки, а низькі — на верхівці. Що гучніший звук, то більше рецепторів відповідної частоти збуджується.

На схемі (мал. 46.3) узагальнено механізм сприйняття звукового сигналу. Зовнішнє вухо вловлює і спрямовує звук, у результаті коливається барабанна перетинка, слухові кісточки посилюють коливання, передаючи його на овальне вікно. У результаті виникають коливання рідини внутрішнього вуха, що спричинює згинання війок відповідних частоті звуку слухових рецепторів. Саме вони перетворюють коливання в нервовий імпульс, який передається у мозок по слуховому нерву.



Мал. 46.3. Механізм звукосприйняття

Слух необхідно берегти, позаяк це чуття не лише дає нам змогу сприймати різні сигнали про стан довкілля, насолоджуватися мелодійними звуками, а є основою спілкування.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Слухова сенсорна система складається з органа слуху (вуха), слухового нерва і слухового центру кори мозку. Зовнішній і середній відділи вуха заповнені повітрям, внутрішній — рідиною. Слухові кісточки посилюють і передають коливання з барабанної перетинки на овальне вікно і рідину внутрішнього вуха. У завитці розташовані слухові рецептори, що генерують імпульси. Інформація по слуховому нерву надходить у слухову кору, де здійснюється її обробка. Необхідно дотримуватися правил збереження слуху.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

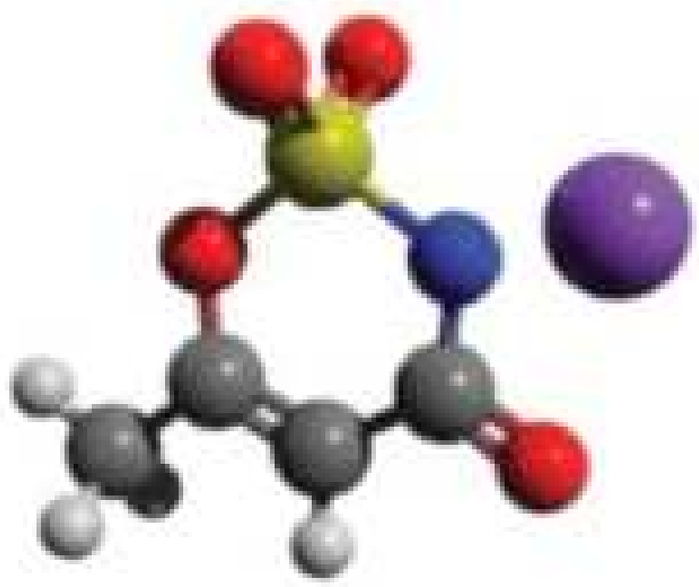
1. Назви компоненти слухової сенсорної системи, визнач їх функції.
2. З яких відділів складається вухо? Які з них заповнені повітрям, а які — рідиною?
3. Яка будова і функції середнього вуха?
4. Опиши механізм слухового сприйняття за малюнком 46.3 і відео в е-додатку (завдання 46.1).
5. Як людина розрізняє звуки різної частоти і сили?
6. Ознайомся з деякими правилами збереження слуху в е-додатку (завдання 46.2). Доповни їх.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 47 Сенсорні системи смаку, нюху, рівноваги, руху, дотику, температури, болю

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У 1967 році німецький хімік Карл Клаус випадково торкнувся язиком пальця, щойно зануреного у порошкоподібний ацесульфам калію і відчув солодкий смак! Так був відкритий ще один вид нецукрових підсолоджувачів (англ. *non-sugar sweeteners*, *NSS*). Зауваж, що ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я) НЕ рекомендує вживати такі речовини для контролю маси тіла. Ацесульфам калію не метаболізується в організмі людини, не є джерелом енергії, цукром або іншим вуглеводом. Чому тоді ця речовина солодка?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Ментол, отриманий з м'яти, не лише дає приємний м'ятний аромат, а ще й охолоджує. Капсаїцин, речовина перцю чилі, не лише дає пряний (англ. *spicy*) смак, а й має зігрівальну дію. Проаналізуй, де використовуються ці речовини, окрім кулінарії. Поміркуй, завдяки яким особливостям ментол та капсаїцин можуть викликати такий широкий спектр відчуттів.

2 Чи легко визначити, до якого смаку ти найчутливіший/найчутливіша? Ознайомся з деякими результатами досліджень учених щодо розпізнавання смаків. Проаналізуй дані таблиці і визнач, до якого смаку людина найбільш чутлива. Для якої речовини смаковий поріг найвищий?

Смак	Речовина	Мінімальна кількість речовини у міліграмах	
		Для виявлення наявності смакової речовини	Для розпізнавання виду речовини
Солодке	Сахароза	10,9	29,3
Солоне	NaCl	4,97	37,0
Кисле	Лимонна кислота	0,70	0,90
Гірке	Кофеїн	0,78	1,10
Умамі	MSG	1,38	4,11

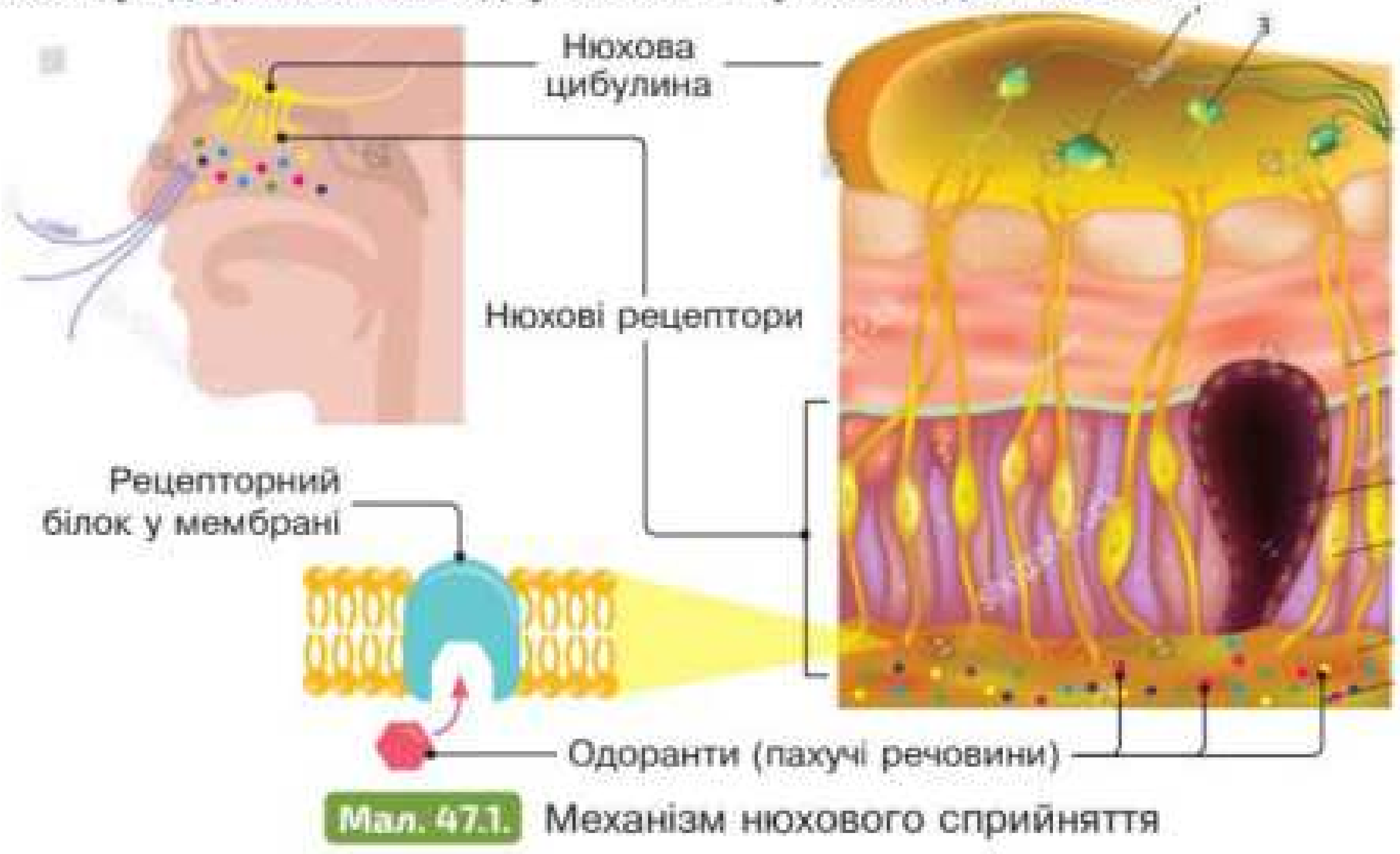
РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Людина сприймає запахи і смаки завдяки хеморецепторам. Збудження рецепторних клітин відбувається за умови, що молекула запаху або смаку потрапляє до мембрани і взаємодіє, як ключ із замком, зі спеціальними білковими молекулами (мал. 47.1, ліворуч).

У носову порожнину потрапляє багато молекул різних речовин, що пахнуть, — одорантів (мал. 47.1, праворуч). А слизова оболонка містить близько 1000 видів нюхових рецепторів, що мають розгалужені ворсинки з рецепторними білками у мембранах.

Тож людина відчуває різноманітні запахи. Різні хімічні молекули одорантів взаємодіють із різними рецепторними клітинами, і запахи сприймаються відповідно до впливу одорантів на комбінацію рецепторних клітин. Інформація від рецепторів обробляється у нюховій цибулині і остаточно розшифровується в нюховій корі мозку.

Чуття нюху важливе для розпізнавання якості довкілля (диму, отруйних газів) і їжі, посилює смакові відчуття і покращує травлення, насичує додатковими відчуттями нашу взаємодію зі світом.



Мал. 47.1. Механізм нюхового сприйняття

Рецептори смаку — хеморецептори, розташовані у смакових бруньках, розміщених у маленьких виростах на поверхні язика — сосочках. Ворсинки рецепторів виступають із поверхні цибулини в заглиблення сосочка, де контактують зі зволоженою слиною їжею. У результаті відповідної взаємодії генерується імпульс.

Науковці виділяють п'ять видів смаків: солоний, солодкий, кислий, гіркий і умамі. Останній асоціюється з м'ясом, сиром, грибами і популярним підсилювачем смаку — глутаматом натрію.

Зазвичай смакові рецептори живуть близько п'яти днів, далі їх місце займають нові клітини. З віком кількість смакових і нюхових рецепторів зменшується. У разі інфекційних хвороб та алергій, що супроводжуються набряком слизових оболонок, чуття нюху може тимчасово втрачатися.

Чуття дотику важливе у житті людини. Органом дотику є шкіра, яка містить різноманітні нервові закінчення. Найвища щільність механорецепторів — на кінчиках пальців, поверхні губ. Терморецептори шкіри сприймають температуру повітря та навколишніх об'єктів. У людини більше холодових рецепторів, ніж теплових, і вони розташовані ближче до поверхні.

Рухова сенсорна система забезпечує здатність відчувати положення та рух частин нашого тіла. Сприйняття здійснюється за допомогою спеціалізованих нейронів, розташованих у шкірі, суглобах, і сухожиллях, які передають повідомлення про розтягування та скорочення м'язів по всьому тілу.

БІОСЛОВО

Вестибулярний апарат (орган рівноваги) — орган чуття, який визначає положення голови та кутове прискорення, що виникає при поворотанні голови, забезпечує координацію рухів у просторі та рівновагу.

Отолітова мембрана — шар желеподібної речовини, що зазвичай містить кристали кальциту, розміщена над волосковими клітинами (вестибулорецепторами).

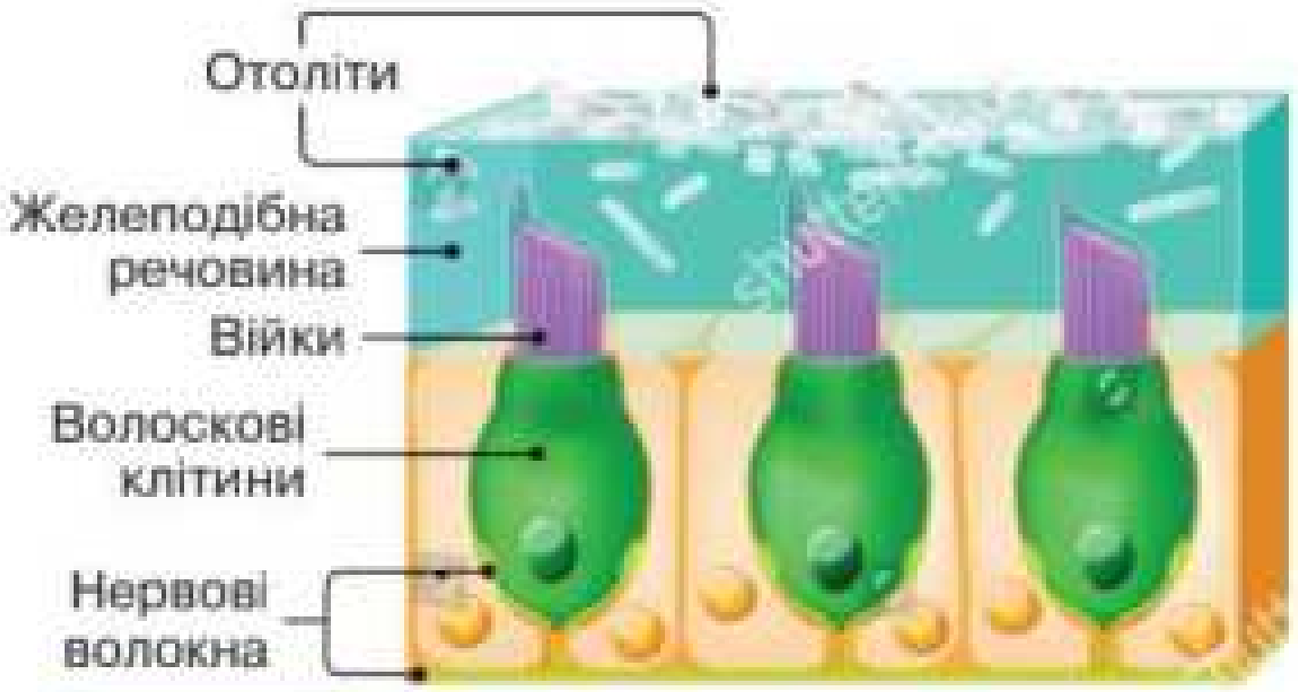
Вестибулярний апарат (мал. 47.2) складається з двох мішечків і трьох півколових каналів, що містять механорецептори — волоскові клітини.

Волоски рецепторів мішечків занурені в отолітову мембрану (мал. 47.3 на с. 209). Коли ти підіймаєшся в швидкісному ліфті, відчуваєш посилений тиск, а коли спускаєшся — чуття певної невагомості. Усе тому, що коли отолітова мембрана «зависає», імпульси посилаються рідше і навпаки.



Мал. 47.2. Будова вестибулярного апарату

Подібно працюють півколові канали. Волоски рецепторів у їх ампулах занурені в желеподібну речовину, що зміщується під час обертання. Це збуджує рецептори — імпульси надходять до мозку.



Мал. 47.3. Волоскові клітини і отолітова мембрана мішечків

Відчуття болю виникає у рецепторах, розташованих у шкірі, стінках судин і внутрішніх органах. Больові рецептори не здатні до адаптації. Наявність больових відчуттів виконує захисну функцію в організмі людини.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Нюхова і смакова сенсорні системи починаються хеморецепторами. Людина здатна розрізняти тисячі запахів і п'ять видів смаків: солоний, солодкий, кислий, гіркий та умамі.

Основним органом дотику є шкіра, що містить механо- і терморецептори. Вестибулярний апарат сприймає положення голови у просторі, міститься у внутрішньому вусі.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Схарактеризуй механізм нюхового сприйняття.
2. Які смаки розрізняє людина? Як це відбувається?
3. Навіщо у газ, що подається у будівлі по газових трубах або міститься в балонах, додають одоранти?
4. Як працює вестибулярний апарат? Поясни наші відчуття, коли авто швидко розганяється або швидко гальмує. Як змінюється частота імпульсів від вестибулорецепторів. Для кращого розуміння роботи вестибулярного апарату переглянь в е-додатку відео (завдання 47.1).
5. Чи може людина бути гарним приладом для вимірювання температури? Заплануй дослідження і проведи його. Скористайся відео в е-додатку (завдання 47.2).
6. Поміркуй, які переваги і недоліки наявності чуття болю.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Смакова чутливість до різних речовин

ОБЛАДНАННЯ І МАТЕРІАЛИ: склянки — 9 шт., мірна склянка (50 мл), палички для розмішування, ватні палички, електронні ваги, сіль, цукор, лимонна кислота, вода.

ПІДГОТОВЧИЙ ЕТАП

- Познач цифрами 9 склянок.
- Приготуй по три розчини різної концентрації для кожної з речовин. Зваж і висип в окремі склянки по 10 мг, 25 мг і 50 мг солі, цукру, лимонної кислоти. Додай 50 мл води в кожну склянку. Розмішай.

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

№	Сіль	№	Цукор	№	Лимонна кислота
1	10 мг (0,2 %)	4	10 мг (0,2 %)	7	10 мг (0,2 %)
2	25 мг (0,5 %)	5	25 мг (0,5 %)	8	25 мг (0,5 %)
3	50 мг (1 %)	6	50 мг (1 %)	9	50 мг (1 %)

Долучи до дослідження помічника/помічницю, який/яка пропонуватиме тобі зразки для оцінки чутливості у послідовності, невідомій тобі.
Три зразки розчинів однієї речовини потрібно оцінювати в послідовності від найменшої концентрації до найбільшої. Робити 1–2 хв перерви.
Твій помічник/твоя помічниця занурює ватну частину вушної палички в розчин, через 2–3 с дістає і пропонує тобі для оцінювання чутливості. Змочену розчином паличку потрібно прикласти до поверхні кінчика язика, до боків язика і оцінити відчуття:
0 — якщо жодних смакових відчуттів (крім чуття вологи) немає;
+ — якщо є відчуття смаку, але не зрозуміло, який він (пройдено поріг чутливості);
++ — якщо вдалося правильно розпізнати речовину (пройдено поріг розпізнавання).
Усі результати записуй у таблицю.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

- Проаналізуй, до якої речовини ти маєш вищу чутливість, до якої — нижчу. Чи потрібно провести додаткові дослідження? Які?
- Розмісти речовини у міру зростання порога чутливості/порога розпізнавання. Чи збігаються ці послідовності? Якщо ти вважаєш, що поріг є нижчим, яке додаткове дослідження ти запропонуєш?
- Чи однакова чутливість різних ділянок язика до солодкого, солоного і кислого?

9 ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ



§48 Поняття про вищу нервову діяльність та її типи. Нервові процеси (збудження, гальмування) та їх характеристики

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Коли люди випадково розбивають чашки, то реагують на це по-різному. Хтось може заплакати, інший залишиться спокійним, а дехто навіть посміється... Чому на одну і ту саму подію реакція людей може бути різною?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Водіям автобусів і вантажних автомобілів, які їдуть на далекі відстані, забороняється перебувати за кермом надто довго. Хоча сучасні транспортні засоби дають змогу їхати значно довше без надмірних фізичних навантажень. Із чим це може бути пов'язано?

2 Уяви ситуацію: ти дуже любиш шоколад. Перед тобою лежить ціла плитка шоколаду, яку ти можеш з'їсти в будь-який момент. Але ти вирішуєш спочатку зробити важливу справу. Твій мозок постійно отримує сигнали від очей і носа, що шоколад поруч, але ти не реагуєш на них і навіть не відчуваєш сильного бажання з'їсти смаколик. Яким чином тобі вдається не реагувати на сигнали органів чуття в такій ситуації?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

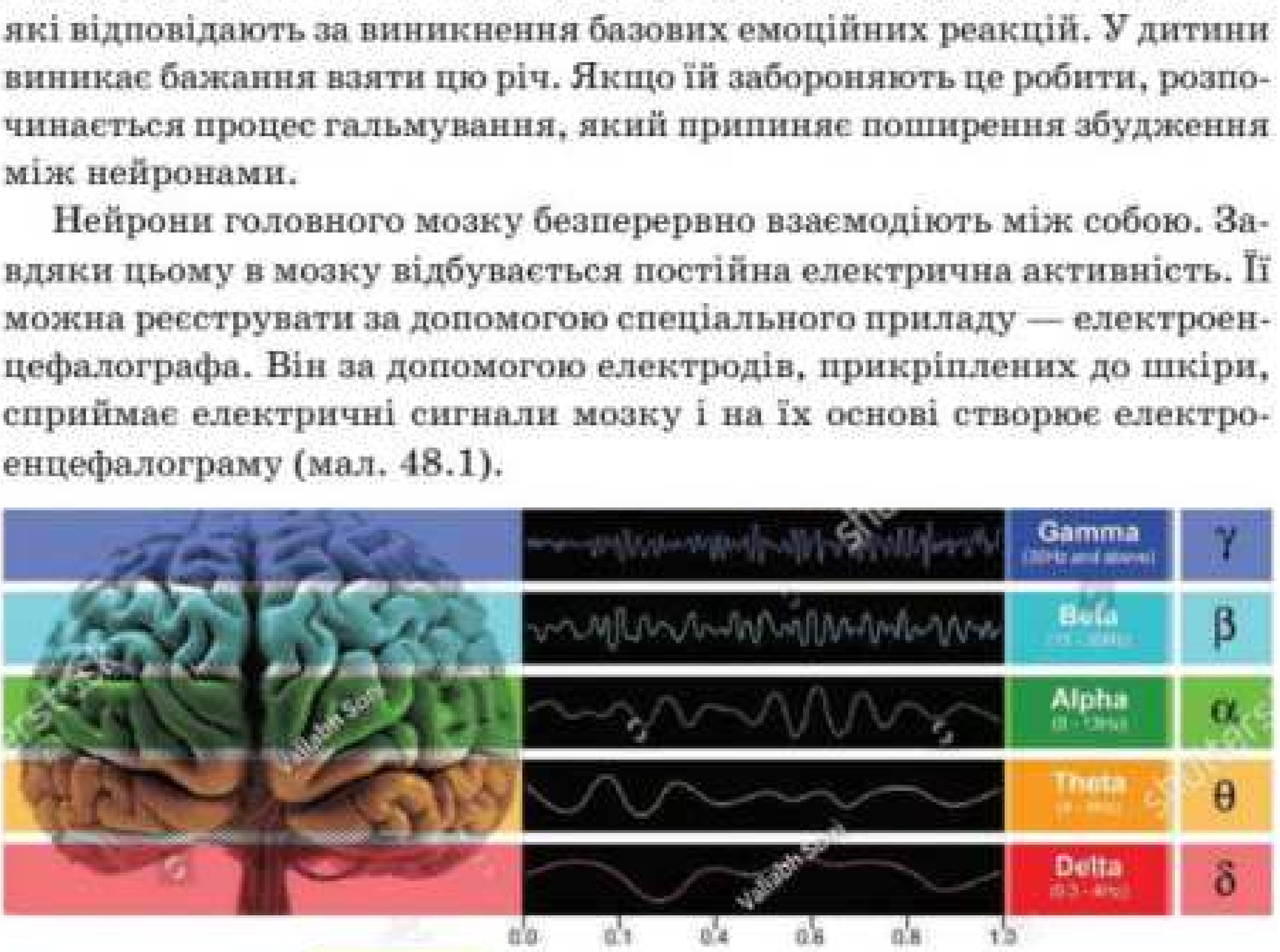
Вища нервова діяльність є сукупністю форм спільної діяльності кори головного мозку та його підкоркових структур. Вона забезпечує взаємодію організму з навколишнім середовищем, формуючи поведінкові реакції людини.

Основою вищої нервової діяльності є взаємодія двох процесів, які відбуваються в мозку, — **збудження** і **гальмування**. Під час процесу збудження окремі нейрони або групи нейронів утворюють сигнали, які поширюються на інші нервові клітини, а ті, у свою чергу, також

збуджуються і передають сигнали далі. У такий спосіб збудження може охоплювати ділянки мозку. Гальмування є процесом, протилежним збудженню. У процесі гальмування припиняється утворення сигналів, і вони перестають поширюватися між нервовими клітинами.

Прикладом взаємодії процесів збудження і гальмування є ситуація, коли маленька дитина бачить щось для неї цікаве (іграшку, солодощі тощо). У її мозок надходить сигнал від рецепторів. Кора мозку розпізнає те, що дитина бачить. Це запускає процес збудження нейронів, які відповідають за виникнення базових емоційних реакцій. У дитини виникає бажання взяти цю річ. Якщо їй забороняють це робити, розпочинається процес гальмування, який припиняє поширення збудження між нейронами.

Нейрони головного мозку безперервно взаємодіють між собою. Завдяки цьому в мозку відбувається постійна електрична активність. Її можна реєструвати за допомогою спеціального приладу — електроенцефалографа. Він за допомогою електродів, прикріплених до шкіри, сприймає електричні сигнали мозку і на їх основі створює електроенцефалограму (мал. 48.1).



Мал. 48.1. Електроенцефалограма

Нервові процеси, засновані на процесах збудження і гальмування, відбуваються у мозку всіх людей. Але їх конкретне проходження залежить від індивідуальних показників: сили, рухливості і врівноваженості. Сила є здатністю нервових клітин підтримувати активну роботу протягом тривалого часу. Рухливість визначає швидкість переходу клітин між станами збудження і гальмування. Урівноваженість визначається як співвідношення сили процесів гальмування і збудження.

Комбінація цих показників визначає чотири основні типи нервової діяльності. За своїми особливостями вони збігаються із чотирма типами темпераменту людини, які були виокремлені давньогрецьким лікарем Гіппократом.

Тип темпераменту	Тип нервової діяльності
Сангвінік	Сильний, врівноважений, рухливий
Флегматик	Сильний, врівноважений, інертний
Холерик	Сильний, неврівноважений
Меланхолік	Слабкий

Показники нервових процесів є кількісними. Тому їх вираженість відрізняється у різних людей, а їх комбінації створюють багато перехідних форм темпераменту. Жодний із типів темпераменту не є гіршим або кращим за інші. Усі вони дають людині змогу успішно жити і працювати, але надають її поведінці певних особливостей, які бажано враховувати під час вибору майбутньої сфери трудової діяльності.

Основною формою діяльності нервової системи є рефлекси. Як умовні, які утворюються протягом життя, так і безумовні, які є уродженими. Крім безумовних рефлексів, важливою формою уродженої поведінки є інстинкти. *Інстинкт* — це складна система, утворена безумовними рефлексами, що здійснюються послідовно, один за одним. Інстинкти проявляються у вигляді стереотипних дій, що виникають у відповідь на певне зовнішнє подразнення.

Інстинкти дуже корисні у стандартних умовах існування. Наприклад, комплекс рухів м'язів голови і глотки новонароджених зумовлений саме інстинктивною поведінкою. Саме він допомагає дитині успішно споживати материнське молоко.

В умовах, що змінюються, сенс інстинктивних дій часто може втрачатися. Наприклад, коли новонароджені міцно хапаються за пальці батьків, то це є проявом старого інстинкту, який забезпечував утримання новонароджених мавп за шерсть матері, щоб не впасти з дерева. Ми давно вже не живемо на деревах та й шерсті не маємо, а інстинкт ще й досі працює.

Вища нервова діяльність дає змогу коригувати деякі інстинктивні форми поведінки, що полегшує людині пристосування до нових умов існування. Так, у більшості приматів успішно працює інстинктивна програма захисту своєї території під час зустрічі з іншою групою мавп цього ж виду. Захист відбувається за рахунок ритмічних голосних криків, які одночасно здійснюють усі члени групи. У людини ця форма поведінки може проявлятися під час спортивних змагань, коли вболівальники разом кричать. У такому випадку нервова система просто використовує стару інстинктивну програму для нових цілей.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Вища нервова діяльність є сукупністю форм спільної діяльності кори головного мозку та його підкоркових структур, заснованих на взаємодії двох процесів: збудження та гальмування. Проходження нервових процесів залежить від індивідуальних показників: сили, рухливості і врівноваженості. Їх комбінація визначає чотири основні типи нервової діяльності, які за своїми особливостями збігаються із чотирма типами темпераменту людини.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які процеси з перелічених можна віднести до вищої, а які — до нижчої нервової діяльності (яка відбувається на основі безумовних рефлексів)?

   А Виділення шлункового соку під час надходження їжі у шлунок.
   Б Прискорення ЧСС під час фізичного навантаження.
   В Вивчення вірша напам'ять.
   Г Вітання під час зустрічі зі знайомими.
   Д Втеча від небезпеки.

2. Які існують типи темпераменту?
3. Що відбувається в мозку людини під час процесу збудження?
4. Порівняй процеси збудження і гальмування.
5. Склади перелік характерних рис людей з одним із типів темпераменту (тип темпераменту вибери самостійно).
6. Виконай в е-додатку завдання 48.1. Пройди тест на визначення професійних схильностей. Зроби коротке повідомлення про один із типів професій, який визначається цим тестом (тип професій для відповіді вибери самостійно).

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 49 Механізми формування умовних рефлексів. Гальмування умовних рефлексів

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



У собаки і шимпанзе спробували виробити умовний рефлекс на появу їжі після загоряння лампочки. Загоряння червоної лампочки означало, що їжі не буде, а зеленої — що їжу зараз дадуть. Після загоряння відповідної лампочки тварині треба було підійти до дверцят, за якими була їжа. У шимпанзе вдалося виробити такий умовний рефлекс, а у собаки — ні. Якими можуть бути причини цього?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Людина може виробляти умовні рефлекси протягом усього свого життя. І робить це в різних ситуаціях. А чи можна виробити умовний рефлекс під час глибокого сну?

2 Вироблення умовних рефлексів є важливим механізмом пристосування людини до різноманітних умов існування. Чи можуть умовні рефлекси із часом зникати? І якщо можуть, то які переваги це може надавати?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

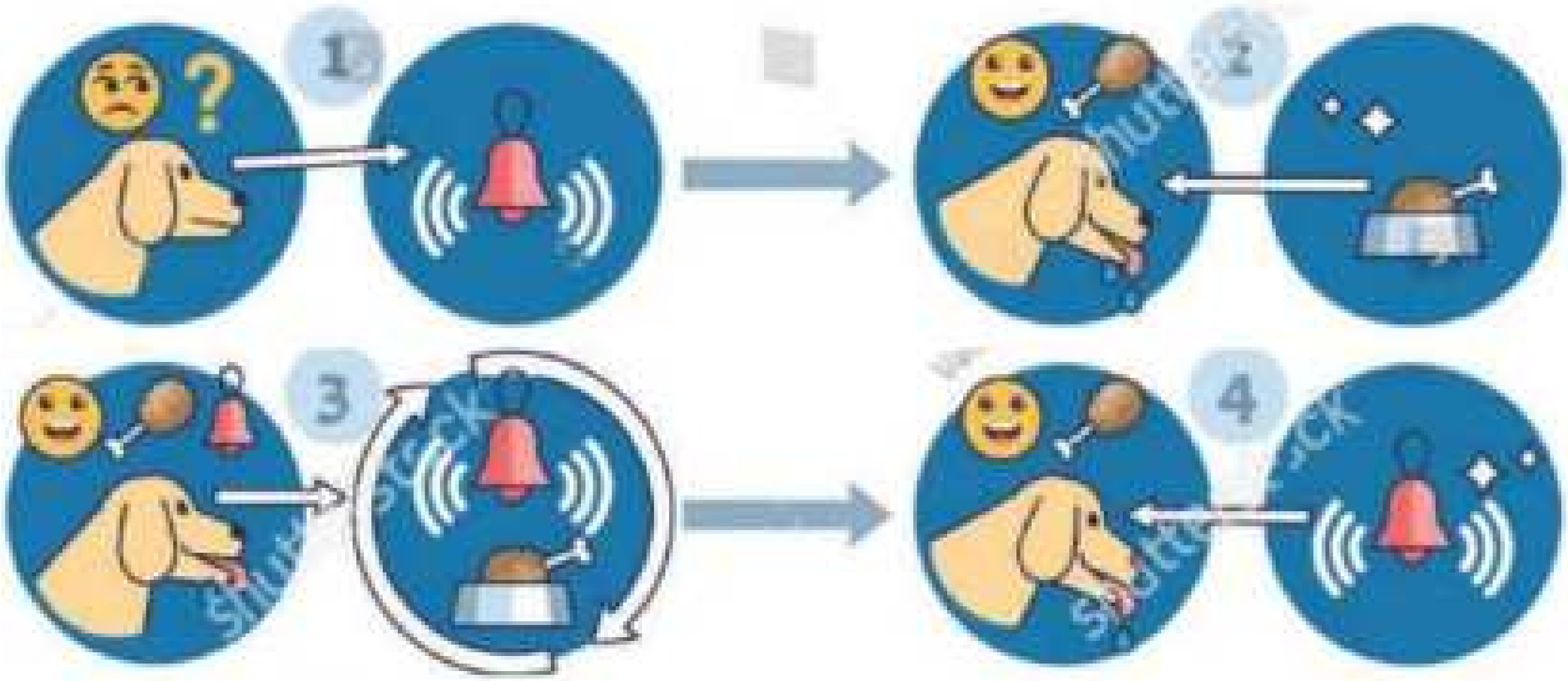
Основною формою діяльності нервової системи є рефлекси. У людини розрізняють безумовні (уроджені) та умовні (утворюються протягом життя і є індивідуальними для кожної людини) рефлекси. Фактично, умовні рефлекси є пристосувальними реакціями, які формуються на основі безумовних рефлексів в умовах конкретних життєвих ситуацій.

До основних особливостей умовних рефлексів належать:

- здатність виникати впродовж усього життя особини;
- індивідуальність (у кожної особини формуються власні умовні рефлекси, які не збігаються з рефлексами іншої особини);
- мінливість (умовні рефлекси можуть легко утворюватися і легко зникати залежно від умов);

- вирішальна роль кори головного мозку у формуванні будь-якого умовного рефлексу.

Механізм виникнення умовних рефлексів досліджено достатньо добре (мал. 49.1). Для його формування потрібне поєднання двох подразників: безумовного і умовного. Безумовний подразник має біологічне значення (наприклад, вид їжі спричиняє виділення слини в собаки). Умовний подразник є нейтральним і не пов'язаний із біологічним процесом (звук дзвінка в звичайних умовах ніяк не пов'язаний із процесом виділення слини в собак).



Мал. 49.1. Механізм формування умовного рефлексу

Умови для вироблення умовного рефлексу:

- ці два показники повинні поєднуватися в часі;
- умовний подразник повинен сприйматися перед безумовним (тобто звук дзвінка собака повинен чути перед тим, як побачить їжу, вид якої стимулюватиме виділення слини);
- неодноразове повторення сполучення умовного і безумовного подразника (тобто поява їжі після дзвінка повинна відбутися кілька разів);
- безумовний подразник має бути сильним (їжа в наведеному прикладі є біологічно сильним подразником), тоді як умовний — помірним.

Формування умовних рефлексів відбувається за активної участі кори головного мозку. Тому умовні рефлекси не можуть виробляться в ситуаціях, коли кора мозку є неактивною, наприклад під час сну або під дією наркозу. Формуванню рефлексів можуть заважати сторонні подразники, як-от сторонні звуки, яскраве світло, поява незвичних об'єктів тощо. Також несприятливо впливає на формування рефлексів сильна втома. Ще один чинник, який впливає на здатність









Мал. 49.2. Динамічні стереотипи: 1 — біг; 2 — танці, гра на музичних інструментах; 3 — плавання; 4 — катання на велосипеді

утворювати рефлекси, це можливість розрізняти умовні подразники. Якщо тварина не розрізняє кольори через відсутність відповідних рецепторів, то неможливо виробити у неї рефлекс на появу певного кольору.

Формування структури умовного рефлексу у мозку відбувається наступним чином. Умовний подразник викликає утворення слабкого осередка збудження в певній ділянці кори. Після цього осередок збудження утворює вже безумовний подразник. При цьому цей осередок є більш сильним і відволікає на себе імпульси умовного подразника. Результатом є утворення в корі тимчасового нервового зв'язку. У випадку багаторазового повторення цієї ситуації зв'язок між двома зонами збудження укріплюється за рахунок формування спеціальних синаптичних зв'язків. І сигнал умовного подразника буде спричиняти збудження відповідної ділянки кори вже без участі безумовного подразника.

У випадку зміни умов може спостерігатися згасання (гальмування) умовних рефлексів. Воно може бути внутрішнім або зовнішнім. Внутрішнє гальмування виникає, наприклад, у ситуації, коли умовний подразник перестає сполучатися з безумовним (після дзвінка собака перестає отримувати їжу). Зовнішнє гальмування виникає у випадку виникнення нових зон збудження в корі мозку в результа-

ті дії якихось сторонніх чинників (наприклад, під час звучання дзвінка собака може побачити іншу собаку або кішку). *Переглянь в* е-ДОДАТКУ *відео про безумовні і умовні рефлекси (завдання 49.1).*

На основі умовних рефлексів у людини можуть формуватися динамічні стереотипи — повторення однакових рухів і дій, актів поведінки, які відбуваються несвідомо, на підсвідомому рівні (мал. 49.2). До динамічних стереотипів належать манера ходи людини, її почерк, постава тощо.

Динамічні стереотипи стають основами навичок — здатностей виконувати певні дії відповідно до заданих критеріїв. Наприклад, навичками є вміння водити автомобіль або кататися на ковзанах чи велосипеді.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Умовні рефлекси є ефективним способом пристосування до мінливих умов середовища. Їх формування відбувається за умов багаторазової послідовної дії умовного і безумовного подразників. Біологічною основою механізму формування рефлексу є взаємодія осередків збудження нейронів в корі головного мозку. У випадку зміни умов може відбуватися гальмування умовних рефлексів аж до повного їх зникнення. Умовні рефлекси є біологічною основою для формування динамічних стереотипів і навичок.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які види рефлексів є у людини?
2. Які умови потрібні для формування умовного рефлексу?
3. Які процеси відбуваються у корі головного мозку під час утворення умовного рефлексу?
4. Склади перелік динамічних стереотипів, які людина використовує у своєму повсякденному житті.
5. На конкретному прикладі поясни, як утворюється навичка.
6. Інколи люди ототожнюють поняття навички і звички. Але це зовсім не одне й те саме. Поясни, у чому різниця між цими поняттями, використовуючи додаткові джерела інформації. Наведи приклади звичок.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 50 Фізіологічні основи мовлення. Перша і друга сигнальні системи

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Американську мову жестів (амслен) використовують у США, Канаді та деяких інших регіонах світу. Але вона геть відрізняється від британської мови жестів. А зі старофранцузькою мовою жестів має 58 % споріднених знаків. Із чим це може бути пов'язано?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Сільбо гомеро — мова свисту, яку використовують на Канарських островах, де її навіть вивчають у школах. Але це не єдина свистяча мова у світі. Подібні мови можна зустріти в Мексиці, Туреччині, Ефіопії та інших країнах. Які переваги могли отримувати люди у випадку використання подібних свистячих мов у повсякденному житті?

2 Тривалий час вважалося, що принциповою відмінністю між людиною і людиноподібними мавпами є нездатність цих мавп до опанування людської мови. Які проблеми не дають мавпам це зробити і чи існують способи їх подолання?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Нервова система людини взаємодіє з навколишнім світом завдяки складній системі безумовно-рефлекторних та умовно-рефлекторних зв'язків. Основне завдання цієї системи — отримання сигналів від середовища та забезпечення відповіді організму на них. Її називають сигнальною системою.

У людини розрізняють першу і другу сигнальні системи. Перша сигнальна система забезпечує формування конкретного уявлення про навколишню дійсність. Сигналами для неї є конкретні предмети, явища або їх властивості (колір, запах, температура тощо). Вона є основою безпосереднього відображення реальності у формі відчуттів і сприймання. Ця система забезпечує конкретне предметне мислення. Її використовують і тварини.

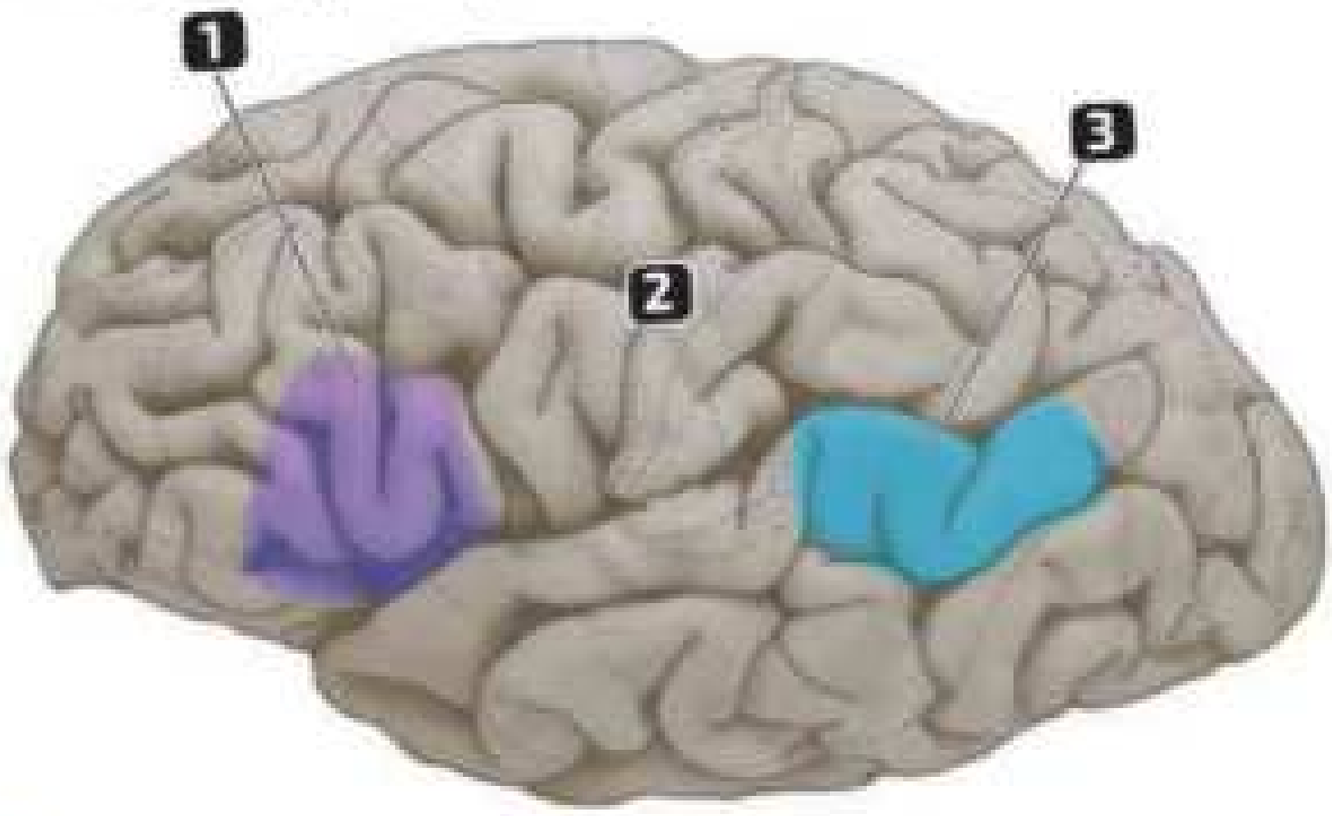
Друга сигнальна система є характерною ознакою людини та досягає у неї високого ступеня розвитку. Вона забезпечує відображення реальності шляхом узагальнення абстрактних понять за допомогою слів, символів, жестів. Ця система забезпечує абстрактне мислення.

Здатність формувати абстрактні поняття дає людині можливість використовувати мову як форму спілкування. Мова є системою особливих знаків і засобів спілкування між людьми. Вона формувалася в процесі еволюції людини насамперед основі звуків. Саме звукові форми слів формували основу абстрактних понять. Будова верхньої частини дихальних шляхів людини, її глотки і ротової порожнини пристосовані для формування звуків мови (дивись мал. 36.4 на с. 160).

Важливими компонентами голосового апарату людини є голосові зв'язки. Їх волокна пов'язані з волокнами кільцевих м'язів гортані. Скорочення цих м'язів дає змогу регулювати розмір щілини між зв'язками, через яку проходить повітря з легень. Коливання зв'язок утворюють звуки. У формуванні конкретних звуків мови також задіяні ротова і носова порожнини, язик, зуби і губи. *Переглянь в* e-ДОДАТКУ *відео про особливості людського мовлення (завдання 50.1).*

Людина не народжується зі знанням мови, а лише з умінням опановувати її. Цей процес повинен відбутися в ранньому дитинстві (не пізніше 10 років), інакше нормально оволодіти мовою людина не зможе. Це добре видно на прикладі дітей, яких у ранньому дитинстві виховували тварини.

Дуже важливими для процесу мовлення є дві ділянки в корі мозку людини: зони Брока і Верніке (мал. 50.1). Вони відіграють важливу роль у процесах розуміння інформації та відтворення мови. Ці зони розташовані в корі домінуючої півкулі головного мозку (лівої у праворуких і правої у ліворуких).



Мал. 50.1. Центри мовлення: 1 — зона Брока — організація артикуляції; 2 — зона Верніке — розуміння усної мови; 3 — центр читання

Мова у людини може бути внутрішньою (це основа процесу мислення) і зовнішньою (це спосіб повідомити іншим свої думки). Вона виникла в процесі еволюції людини як засіб спілкування переважно за допомогою звуків. Крім звуків, які утворюють слова, існують інші способи передачі інформації між людьми у вигляді певних знаків або символів. Найпоширенішою є писемність — графічна складова мови (мал. 50.2).



Мал. 50.2. Деякі варіанти писемності

У певних культурах формувалися такі системи символів, як мова кольорів або квітів. У багатьох регіонах планети можна зустріти мову свисту. Вона особливо актуальна в умовах складного рельєфу, бо допомагає передавати інформацію на досить значні відстані. Поширеним варіантом незвукових мов є мови жестів (мал. 50.3). Зазвичай вони виникали для розв'язання проблем спілкування у людей з вадами слуху. Але ними могли користуватися й інші люди.



Мал. 50.3. Вирази мовою жестів

Жестові мови незалежні від розмовних мов і можуть не збігатися з розмовними мовами певних територій. Наприклад, у США і Великій Британії розмовні мови дуже схожі між собою. А от британська і американська мови жестів значно відрізняються. Це й не дивно, бо американська мова жестів формувалася на основі французької мови жестів.

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Учені неодноразово намагалися навчити людиноподібних мавп людської мови. Але проблема полягає в тому, що голосовий апарат мавп має відмінну від нашого будову, що й робить малоймовірним опанування мавпами звукової мови. А от використання жестових мов принесло успіх. Мавпи виявилися спроможними опанувати ці мови і спілкуватися з людьми, хоч і на досить простому рівні (приблизно як трирічна дитина). Наприклад, самиця горили Коко розуміла близько двох тисяч слів англійської мови і використовувала більше тисячі знаків амслену (американської мови жестів).

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Нервова система людини взаємодіє з навколишнім світом завдяки першій і другій сигнальним системам. Перша забезпечує конкретне предметне мислення, а друга — абстрактне мислення. Вона дає людині змогу використовувати таку форму спілкування, як мова. Мова є системою особливих знаків і засобів спілкування між людьми.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які сигнальні системи використовує людина?
2. Що таке мова?
3. Які структури організму людини беруть участь в утворенні звуків під час процесу мовлення?
4. Порівняй мови жестів та звуків.
5. Склади свою класифікацію типів мов.
6. Із часом мови змінюються. Запропонуй та обґрунтуй гіпотезу, яка може пояснити цей факт.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§51 Навчання та пам'ять. Види пам'яті. Мислення та свідомість

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Одна людина дістала травму голови. У неї частково була ушкоджена кора головного мозку, але життєво важливі центри мозку залишилися неушкодженими. Після одужання виявилося, що людина не пам'ятає певних моментів свого життя. Із чим це може бути пов'язано?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Принцип показу кінофільмів засновано на швидкій зміні статичних кадрів на екрані. Але людина, коли дивиться фільм, бачить рух. Завдяки чому це вдається?

2 Досить часто людина, яка змушена працювати в умовах певного рівня шуму (наприклад, вуличного), через певний час перестає цей шум помічати. Як їй вдається навчитися такого корисного вміння?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Навчання і пам'ять — нерозривно пов'язані процеси. Це визначається тим, що і навчання, і пам'ять забезпечують роботу людського мозку з інформацією. Навчання є сукупністю механізмів набуття інформації, а пам'ять — механізмами збереження і подальшого відтворення цієї інформації.

Розрізняють мимовільне навчання, навчання в результаті активної діяльності та навчання шляхом спостереження. Мимовільне навчання відбувається без докладання спрямованих зусиль. Наприклад, люди, які живуть поруч із залізницею, мимовільно навчаються ігнорувати гуркіт поїздів.

Вид навчання	Форми активної діяльності
Догматичне	Знання здобуваються шляхом механічного запам'ятовування, без глибокого розуміння змісту
Пояснювально-ілюстративне	Сприйняття інформації відбувається одночасно з її розумінням та узагальненням. Цей метод широко використовує матеріали з ілюстраціями та схемами і практичні вправи
Проблемне	Передбачає засвоєння інформації у процесі розв'язання навчальних або реальних завдань

БІОСЛОВО

Пам'ять — важлива властивість нервової системи, яка полягає в здатності зберігати інформацію про події навколишнього середовища та в реагуванні організму на них після припинення їх дії.

Будь-яке навчання неможливе без процесу запам'ятовування. Пам'ять є основою для накопичення і використання людиною її життєвого досвіду. Основними характеристиками пам'яті є її тривалість, обсяг, міцність зберігання тощо.

Існує кілька класифікацій видів пам'яті, які відрізняються за характеристиками, що покладено в їх основу. Так, за часом зберігання інформації пам'ять поділяють на миттєву (сенсорну), короткочасну і довгострокову.

Миттєва пам'ять зберігає інформацію від 0,3 до 2 секунд і відображає дійсність на рівні рецепторів. Саме ця пам'ять є основою бачення кінофільмів людьми. Завдяки її інерційності швидка зміна окремих кадрів на плівці сприймається мозком як неперервний рух.

Короткочасна пам'ять протягом 15–30 секунд утримує інформацію, яка надходить до неї з миттєвої або довгострокової пам'яті. Вона зберігає те, на що спрямована увага людини.

Довгострокова пам'ять майже не обмежена за часом і обсягом зберігання інформації. У ній також постійно відбуваються процеси узагальнення і класифікації інформації.

Механізми утворення короткочасної та довгострокової пам'яті відрізняються. Короткочасна пам'ять формується як тимчасова циркуляція нервових імпульсів в існуючих нейронних мережах за рахунок підвищення ефективності синаптичного проведення збудження. Довготривала пам'ять формується та зберігається у корі головного мозку як результат хімічних, фізичних і анатомічних перебудов у синапсах, результатом чого є утворення нових зв'язків між нейронами.

ВИДИ ПАМ'ЯТІ ЗА ЗМІСТОМ МАТЕРІАЛУ, ЩО ЗАПАМ'ЯТОВУЄТЬСЯ

Емоційна	Рухова
Пам'ять емоцій	Пам'ять поз і рухів тіла

Образна	Словесно-логічна
Пам'ять на звукові, зорові, смакові та інші сенсорні образи	Пам'ять на думки, судження, закономірності тощо

Вищою формою психічного відображення у процесі пізнавальної діяльності людини є мислення. У процесі мислення мозок людини виконує складні розумові операції. Він використовує поняття, судження, умовиводи, формуючи припущення та прогнози, і ухвалює потрібні рішення. Тобто мислення є процесом опосередкування та узагальнення відображення дійсності мозком людини.

Мислення є продуктом діяльності всього мозку, хоча провідну роль у ньому відіграє кора. Для кори мозку характерна наявність певної функціональної асиметрії між півкулями. Одна з них (зазвичай ліва) відповідає за аналіз, логіку та інші подібні процеси. Також вона відповідає за мову. Інша півкуля відповідає за образне мислення, відчуття, уяву, артистизм тощо. Хоча всі ці процеси відбуваються в обох півкулях, але одна з них відіграє домінантну роль.

Вищою функцією мозку є свідомість — відображення у психіці людини реальної дійсності в різних формах психічної діяльності. Її не слід ототожнювати з усією психікою, але вона є важливою її частиною. Необхідним компонентом свідомості є знання. Усвідомлення будь-якого об'єкта відбувається шляхом включення його у систему знань людини. Інша важлива складова свідомості — переживання людиною того, що є для неї значущим.

Свідомість не притаманна людині від народження. Вона формується у процесі розвитку дитини. Вияв свідомості відбувається завдяки узгодженій роботі значної кількості структур мозку: кори та підкорових структур, лімбічної системи та ретикулярної формації. Для підтримки стану свідомості необхідний певний рівень активності центральної нервової системи. Якщо він надто низький (стан коми, наркоз тощо) або надто високий (стан люті, епілептичний припадок тощо), свідомість може відключатися.

Частина інформації, яка надходить у мозок, може не сприйматися людиною свідомо та опрацьовуватися нею на підсвідомому рівні. Підсвідомість також є результатом роботи всього мозку. Але в такому випадку у роботі з інформацією переважна роль належить підкорковим структурам.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Навчання і пам'ять є важливими взаємопов'язаними процесами, які відбуваються в мозку. За часом зберігання інформації пам'ять поділяють на миттєву (сенсорну), короткочасну і довгострокову. Вищою формою психічного відображення у процесі пізнавальної діяльності людини є мислення. Воно є однією зі складових свідомості — відображення у психіці людини реальної дійсності у різних формах психічної діяльності.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Що таке навчання?
2. Які існують види пам'яті?
3. Поясни, як утворюється довгострокова пам'ять.
4. Запропонуй один або кілька способів полегшення процесу запам'ятовування та поясни можливий механізм роботи цього способу.
5. Підготуй презентацію про підсвідомість і її значення для людини. Використовуй додаткові джерела інформації.
6. Розглянь малюнок 51.1. Перекладі назви українською мовою. Вибери один із наведених видів мислення та опиши його особливості.



Мал. 51.1. Види мислення

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 52 Сон і його види. Біоритми людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Спортсменам часто доводиться брати участь в змаганнях далеко від тих місць, де вони живуть. Наприклад, українські спортсмени можуть виступати на змаганнях в Америці. У таких випадках вони намагаються прибути до місця проведення змагань за кілька діб до початку. Для чого?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Чи може людина протягом однієї ночі побачити кілька снів? Обґрунтуй свою відповідь.

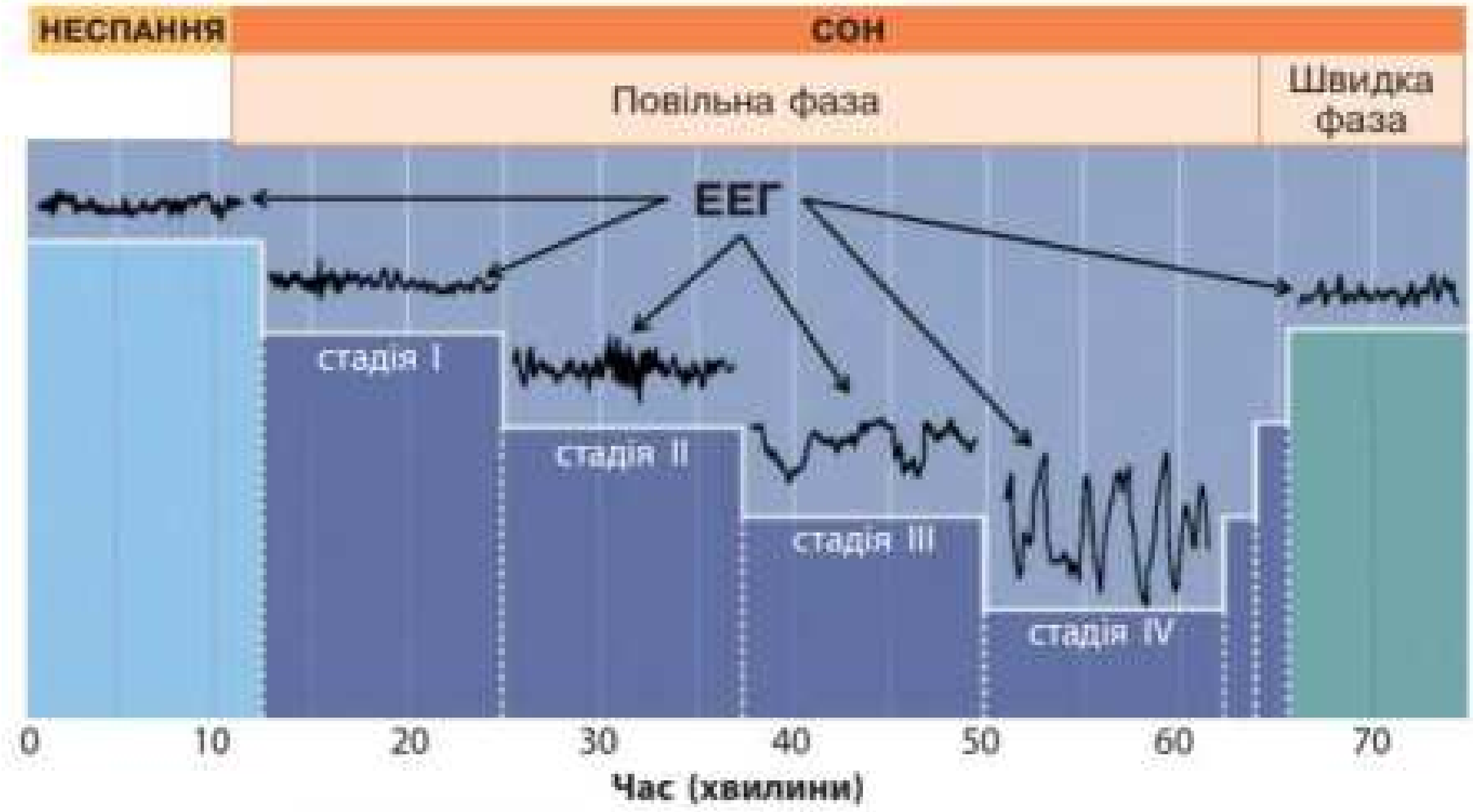
2 Сон є важливою складовою, яка забезпечує нормальний стан здоров'я людини. Проте інколи людина не може заснути. Які причини можуть приводити до неспання?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Сон є специфічним фізіологічним станом людини, під час якого знижується активність низки фізіологічних процесів та майже повністю відсутні реакції на зовнішні подразнення. Під час сну відновлюються функції та можливості організму, активізується процес переведення пам'яті з короткочасної у довготривалу. Сон є несвідомим станом.

Розрізняють нормальний (фізіологічний) сон і кілька різновидів патологічного сну (наприклад, летаргічний, наркотичний тощо). Потреба в сні залежить від віку. Наприклад, немовлята можуть спати до 21–22 годин на добу, тоді як у дорослих потреба в сні значно менша (у різних людей може відрізнятися). У дорослих середня потреба у сні становить 8 годин на добу, але може коливатися від 6 до 12 годин.

Сон не є однорідним станом. Він поділяється на фази і стадії, які відрізняються між собою різною електричною активністю головного мозку (мал. 52.1). Ці відмінності можна зареєструвати за допомогою спеціального приладу — електроенцефалографа.



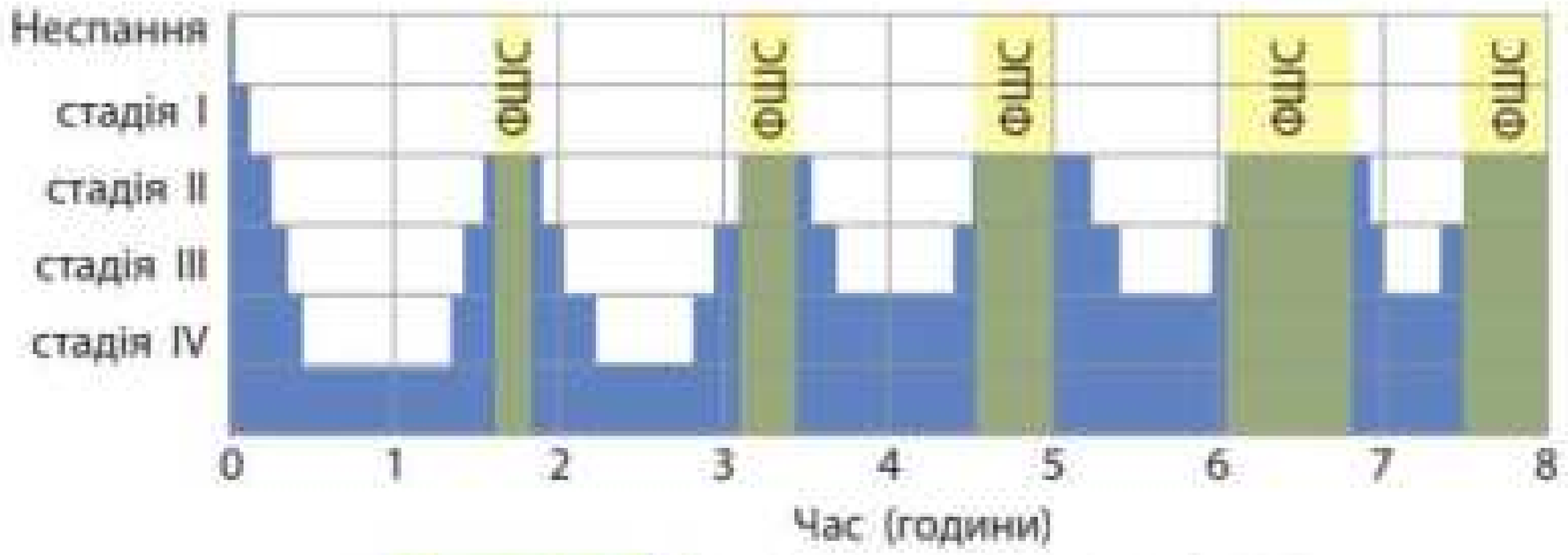
Мал. 52.1. Чергування фаз і стадій сну

Існують дві фази сну: фаза повільного сну (ФПС, що складається з чотирьох стадій) і швидкого сну (ФШС, що має одну стадію). Назви фаз з'явилися завдяки особливостям електричних хвиль, які продукує мозок і реєструє електроенцефалограма (ЕЕГ). У стані неспання мозок генерує швидкі коливання невеликої амплітуди (альфа- і бета-хвилі). Під час проходження стадій фази повільного сну вони замінюються на більш повільні тетра- і дельта-хвилі (звідси і назва). Під час фази швидкого сну електрична активність мозку подібна тій, яка реєструється у стані неспання.

На малюнку 52.1 можна оцінити і глибину різних стадій сну. Що менша висота відповідного стовпчика, то глибшим є сон і, відповідно, то важче розбудити людину під час цієї фази.

Фази сну відрізняються не тільки електричними показниками і глибиною сну. Під час фази швидкого сну трапляються швидкі рухи очних яблук і скорочення скелетних м'язів, збільшується частота серцевих скорочень і частота дихання. У фазі повільного сну всі ці показники на мінімальному рівні.

Упродовж ночі фази сну чергуються кілька разів (мал. 52.2), утворюючи цикли. При цьому тривалість різних стадій у різних циклах змінюється. Сновидіння людина зазвичай бачить (і запам'ятовує) у фазі швидкого сну. Також інколи можуть виникати напівсонні дрімотні марення під час стадії I ФПС, але людина їх зазвичай не запам'ятовує.



Мал. 52.2. Фази сну протягом 8 годин

Порушення сну погано позначаються на стані людини. Найпоширенішим розладом сну є *безсоння* — стан, коли людині тяжко заснути або її сон переривається без видимих причин. Крім безсоння, до розладів сну відносять надмірну сонливість у невластивий час (гіперсомнія), ходіння уві сні (сомнамбулізм), нічні жахи тощо. Причини виникнення розладів сну можуть бути різноманітними: дія сильних емоційних чинників, вживання алкоголю або деяких медикаментів, порушення регулярності циклу «сон — неспання», психологічна травма, наявність певного захворювання тощо.

Як і для інших організмів, для людини характерною є наявність біоритмів. *Біоритми* — це повторення стану живих систем через регулярні проміжки часу. Прикладами ритмічних процесів в організмі людини є серцевий цикл, дихальні рухи, перистальтика кишківника, секреція гормонів тощо. Залежно від тривалості біоритми поділяють на добові, місячні, сезонні, річні та багаторічні.

Прикладом добового (циркадного – з періодом коливань приблизно 24 години) ритму в людини є чергування сну і неспання. Цей ритм має внутрішнє походження, але він корелюється за допомогою зовнішнього чинника — рівня освітленості. Без такого корегування внутрішній добовий ритм людини розтягується до 28 годин. Прикладом місячного біоритму є менструальний цикл у жінок (у середньому він становить 28 діб).

У випадку порушення біоритмів організм людини реагує погіршенням свого стану. Зазвичай це проявляється у погіршенні самопочуття та ослабленні імунітету. Однією з поширених причин порушення біоритмів є зміна часового поясу. Вона викликає розбіжності між біоритмами людини і часом доби. Пристосування організму до нової ситуації займає кілька днів. Через це спортсменам перед змаганнями краще прибувати на місце змагань за кілька днів, щоб біоритми організму встигли прийти у відповідність до місцевих умов.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Сон є специфічним фізіологічним станом людини, під час якого знижується активність низки фізіологічних процесів та майже повністю відсутні реакції на зовнішні подразнення. Залежно від особливостей електричної активності мозку виділяють дві фази — повільного і швидкого сну. Сновидіння людина бачить під час фази швидкого сну. Для людини, як і для інших організмів, характерною є наявність біоритмів, які є повтореннями стану живих систем через регулярні проміжки часу.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Робота з медіаресурсами. Що таке сон і навіщо він потрібен людині? *Скористайся інформацією в* **е-додатку** *(завдання 52.1).*
2. Наведи приклади біологічних ритмів людини.
3. Поясни, чому мозок людини має високу електричну активність.
4. На цей час немає єдиної точки зору на причини виникнення у людини сновидінь. Знайди одне з можливих пояснень причин їх виникнення та наведи аргументи на його користь. Використовуй додаткові джерела інформації.
5. Склади перелік причин, які можуть порушувати біоритми людини та обґрунтуй внесення цих причин у список.
6. Розглянь стадії сну, зображені на малюнку 52.3. Перекладі назви українською мовою. Вибери одну зі стадій та опиши, що відбувається під час її перебігу.



Мал. 52.3. Стадії сну

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Особливості вищої нервової діяльності

1. Пройди в е-додатку тест Айзенка (завдання 48.2).
   У цьому тесті пропонується визначення особливостей нервової системи людини за двома шкалами: «екстраверсія — інтроверсія» та «нейротизм — емоційна стабільність».
   Під час проходження тесту ти визначиш показники своєї нервової системи за цими двома шкалами.

2. Після отримання результатів ти маєш змогу визначити свій тип темпераменту. Для цього використовується система координат, утворена двома шкалами, для яких і визначалися відповідні показники. Показники за обома шкалами можуть набувати значень від 0 до 24.
   Знайди точки, які відповідають твоїм результатам за кожною зі шкал, проведи лінії, перпендикулярні шкалам у цих точках, і знайди точку перетинання цих двох перпендикулярів. Ця точка і буде визначати твій тип темпераменту.

Зразок виконання



10 РЕПРОДУКЦІЯ ТА ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ



§ 53 Будова та функції репродуктивної системи людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Серед комах можна зустріти так званих гінандроморфів — особин, у яких одна половина тіла жіночої статі, а друга — чоловічої. У людини таке явище не зустрічається. Чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Археологи під час розкопок зазвичай розрізняють чоловічі і жіночі скелети за формою таза. Але обидві статі у людини ходять однаково. Чому ж тоді будова таза чоловіків і жінок так відрізняється?

2 Жирова тканина в організмі чоловіків і жінок розподіляється по-різному. Які переваги дає жінкам їхній тип розподілу жирової тканини в тілі?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Репродуктивна система людини виконує важливу функцію забезпечення процесу розмноження. Її головними завданнями є утворення і дозрівання статевих клітин, вироблення статевих гормонів і забезпечення процесу запліднення. Жіноча репродуктивна система, крім того, виконує ще функцію забезпечення розвитку і народження дитини.

Розмноження людини забезпечується завдяки поділу на статі. Особини різної статі відрізняються між собою за первинними і вторинними статевими ознаками. Первинні статеві ознаки включають різницю у будові статевих залоз і статевих провідних шляхів (які є внутрішніми статевими органами) та зовнішніх статевих органів. Вторинні статеві ознаки є анатомо-морфологічними особливостями організму, що відіграють певну роль у процесах його розвитку та регуляції фізіологічних процесів, які відбуваються по-різному в особин різної статі. *Переглянь в* **е-ДОДАТКУ** *відео про чоловічу і жіночу репродуктивні системи (завдання 53.1).*

Первинні статеві ознаки	
У чоловіків	**У жінок**
Внутрішні статеві органи	
Сім'яники (яєчка) Сім'явиносні канали Сім'яні міхурці та інші залози Передміхурова залоза (простата)	Яєчники Матка Фалопієві (маткові) труби Піхва
Зовнішні статеві органи	
Мошонка Пеніс	Статеві губи Клітор
Деякі вторинні статеві ознаки людини	
Нерозвинені молочні залози Часто посилений ріст волосся над верхньою губою, на підборідді, грудях, животі тощо Вузькі стегна Накопичення жирової тканини переважно на тулубі	Розвинені молочні залози Зазвичай відсутній ріст волосся над верхньою губою, на підборідді, грудях, животі Широкі стегна Накопичення жирової тканини переважно навколо стегон

Вторинні статеві ознаки можуть мати важливе значення для осіб певної статі. Наприклад, широкий таз і стегна значно полегшують жінкам процес пологів, бо у випадку вузького тазу дитині важко народжуватися (голова у людини є значно більшою, ніж у мавп). Також важливим є і розташування у жінок жирової тканини переважно навколо стегон. Ця тканина забезпечує додатковий захист внутрішніх статевих органів від механічних травм і переохолодження.

Внутрішні статеві органи жінок розташовані в малому тазі (мал. 53.1). Зовнішні статеві органи оточують статеву щілину і отвір сечовидільного каналу. Яєчники містяться по обидва боки від матки. У них утворюються жіночі статеві клітини (яйцеклітини). Крім того, вони виробляють жіночі статеві гормони (естроген, прогестерон). *Матка* є порожнистим м'язовим органом грушоподібної форми. Її звужена частина називається *шийкою*. У матці відбувається ріст і розвиток дитини, а скорочення її м'язів забезпечує процес народження.

Маткові труби — порожнисті м'язові трубки, які прилягають до яєчників. По них яйцеклітина потрапляє в матку. Зазвичай саме в маткових трубах відбувається процес запліднення. Піхва (вагіна) є м'язовою трубкою, яка проходить від статевої щілини до матки.

Саме в піхву проникає пеніс під час статевого акту. По ній сперма рухається до матки. Також піхва утворює пологовий канал, по якому дитина виходить назовні під час пологів.



Мал. 53.1. Будова жіночої статевої системи

До внутрішніх статевих органів чоловіків належать яєчка з придатками, сім'явиносні канальці і додаткові залози (мал. 53.2). У яєчках утворюються сперматозоїди та виробляється гормон тестостерон. Вони розташовані в особливій складці шкіри — мошонці, яка належить до зовнішніх статевих органів. Додаткові залози беруть участь у створенні сперми — рідини, яка містить сперматозоїди та різноманітні речовини, що створюють сприятливе для сперматозоїдів середовище. Сім'явиносні канальці забезпечують виведення сперми назовні.



Мал. 53.2. Будова чоловічої статевої системи

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Визначення статі у людини — це складний багаторівневий процес, у якому важливу роль відіграють і спадковість, і гормони, і психологічна складова. Саме тому в людини є неможливою

поява гінандроморфів, як у комах. У комах провідну роль у визначенні статі відіграють спадкові ознаки на рівні набору хромосом. Тому якщо під час першого поділу зиготи буде порушено розподіл статевих хромосом, цілком можливе утворення особини, у якої одна половина тіла буде розвинена як самиця, а інша як самець. У людини розвиток первинних і вторинних ознак регулюється дією гормонів, які діють на весь організм. Тому поділ тіла на дві половини різної статі неможливий.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Основними функціями репродуктивної системи людини є утворення і дозрівання статевих клітин, вироблення статевих гормонів і забезпечення процесу запліднення. Жіноча репродуктивна система, крім того, виконує ще функцію забезпечення розвитку і народження дитини. Жіночими статевими органами є яєчники, маткові труби, матка, піхва, статеві губи, клітор. Чоловічими статевими органами є яєчка з придатками, сім'явиносні канальці, додаткові залози, мошонка, пеніс.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які функції виконує репродуктивна система людини?
2. У чому полягає різниця між первинними і вторинними статевими ознаками?
3. Молочні залози є однією з характерних вторинних статевих ознак, за якою відрізняються жінки і чоловіки. Навіщо вони потрібні?
4. Доповни перелік вторинних статевих ознак, наведений у тексті параграфа для обох статей.
5. Вибери одну із вторинних статевих ознак і поясни, яке значення вона має для осіб певної статі.
6. Створи презентацію про додаткові залози чоловічої статевої системи, у якій опиши їх різноманіття та функції. Використовуй додаткові джерела інформації.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 54 Будова статевих клітин. Запліднення. Плацента, її функції

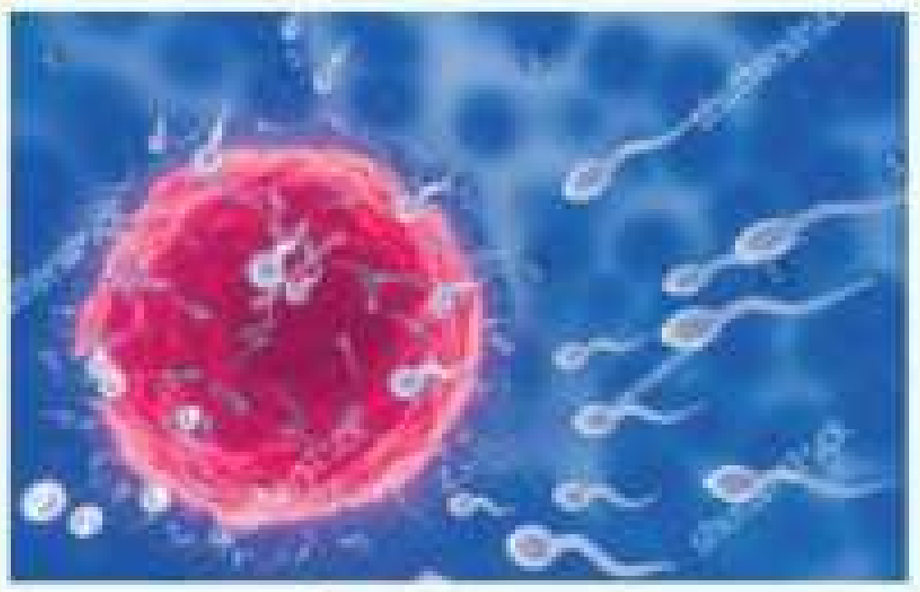
БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ

У жінок статеві залози розташовані в глибині тіла. Це сприяє їхньому захисту від ушкоджень. А от у чоловіків статеві залози винесено за межі тіла у спеціальній структурі — мошонці. Навіщо?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Теоретично для запліднення достатньо потрапляння в статеві шляхи жінки навіть одного сперматозоїда. Але в реальності цей процес відбувається за наявності величезної кількості цих статевих клітин (мал. 54.1). Чому?

2 Плацента є важливим органом, який забезпечує зв'язок організмів матері і плода. А хто утворює цей орган — мати чи плід?



Мал. 54.1. Яйцеклітина і сперматозоїди

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

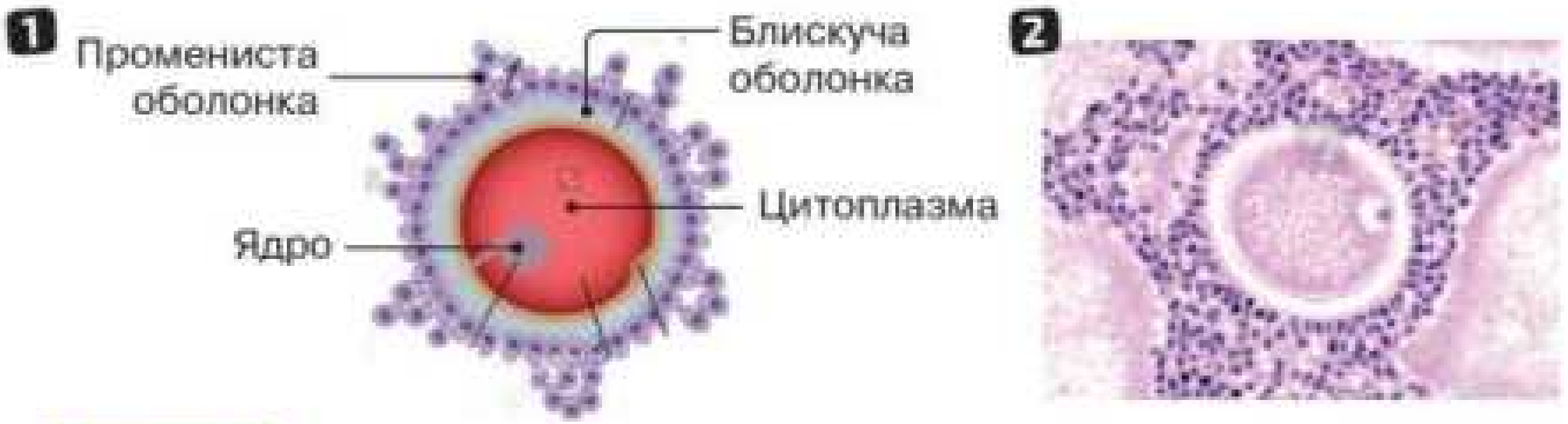
Чоловічими статевими клітинами у людини є сперматозоїди (мал. 54.2). Вони складаються з трьох відділів: головки, шийки та хвоста. У головці міститься спадковий матеріал, який сперматозоїд повинен доставити в яйцеклітину. На передній частині головки розташована спеціальна органела — акросома. Ферменти, що містяться в ній, розчиняють оболонку яйцеклітини, що забезпечує проникнення всередину спадкового матеріалу сперматозоїда. Шийка є місцем розміщення мітохондрій, які виробляють енергію, потрібну для руху клітини. А у хвості містяться спеціальні білки, які цей рух забезпечують.



Мал. 54.2. Будова сперматозоїда

Сперматозоїди утворюються в сім'яниках, починаючи з періоду статевого дозрівання і до припинення статевої активності організму. Для їх нормального формування потрібна температура дещо менша, ніж температура в черевній порожнині. Саме тому сім'яники розташовані в мошонці, де температура є нижчою на 2–3 градуси.

Жіночими статевими клітинами людини є яйцеклітини (мал. 54.3). Вони значно більші за сперматозоїди і мають округлу форму. Цитоплазма яйцеклітин містить запас поживних речовин, які забезпечують розвиток зародка у перший період після запліднення. Зовні яйцеклітина має оболонки, які утворюються у процесі її розвитку і перешкоджають проникненню більше одного сперматозоїда. Вона не має джгутиків і не здатна рухатися самостійно.



Мал. 54.3. Будова яйцеклітини: 1 — схема; 2 — гістологічний зріз яєчника зі зрілою яйцеклітиною

Яйцеклітини утворюються під час внутрішньоутробного розвитку зародка. Після народження яєчники містять від 1 до 2 млн незрілих яйцеклітин. Після початку періоду статевого дозрівання яйцеклітини починають почергово дозрівати і у жінок розпочинаються менструальні цикли. Менструальний цикл є закономірними циклічними змінами в організмі жінки, які повторюються через певні проміжки часу і спрямовані на підготовку організму до можливих запліднення і вагітності. Зовні менструальний цикл проявляється у вигляді менструацій — появи нерясних і нетривалих кров'янистих виділень зі статевих шляхів.

Менструальний цикл складається з кількох фаз. У яєчнику незрілі яйцеклітини містяться у захисних мішечках — фолікулах. Після початку чергового циклу одна з яйцеклітин разом зі своїм фолікулом починає збільшуватися в розмірах. У середині циклу відбувається овуляція — процес розриву фолікулу, у результаті якого яйцеклітина виходить назовні. Після цього яйцеклітина починає рухатися по маточній трубі (за рахунок руху війок клітин її епітелію), а фолікул перетворюється на жовте тіло (структуру, яка за допомогою вироблення гормонів забезпечує встановлення та підтримання вагітності).

Одночасно внутрішня поверхня матки потовщується за рахунок утворення ендометрію (збагаченого кровоносними судинами шару), який забезпечує прийняття ембріона у разі запліднення. У випадку, якщо вагітність не настає, жовте тіло редукується, а ендометрій руйнується. Кров із його зруйнованих судин і є причиною появи виділень під час менструації.

Запліднення може відбутися тільки в тому разі, коли сперматозоїди зустрінуться з яйцеклітиною. Але сперматозоїди можуть існувати в організмі жінки тільки нетривалий час. Сама яйцеклітина теж здатна до запліднення протягом досить короткого часу. Тому насправді запліднення може відбуватися лише кілька днів з усього циклу. *Перегляньв* e-ДОДАТКУ *відео про роботу жіночої статевої системи та процес запліднення (завдання 54.1).*

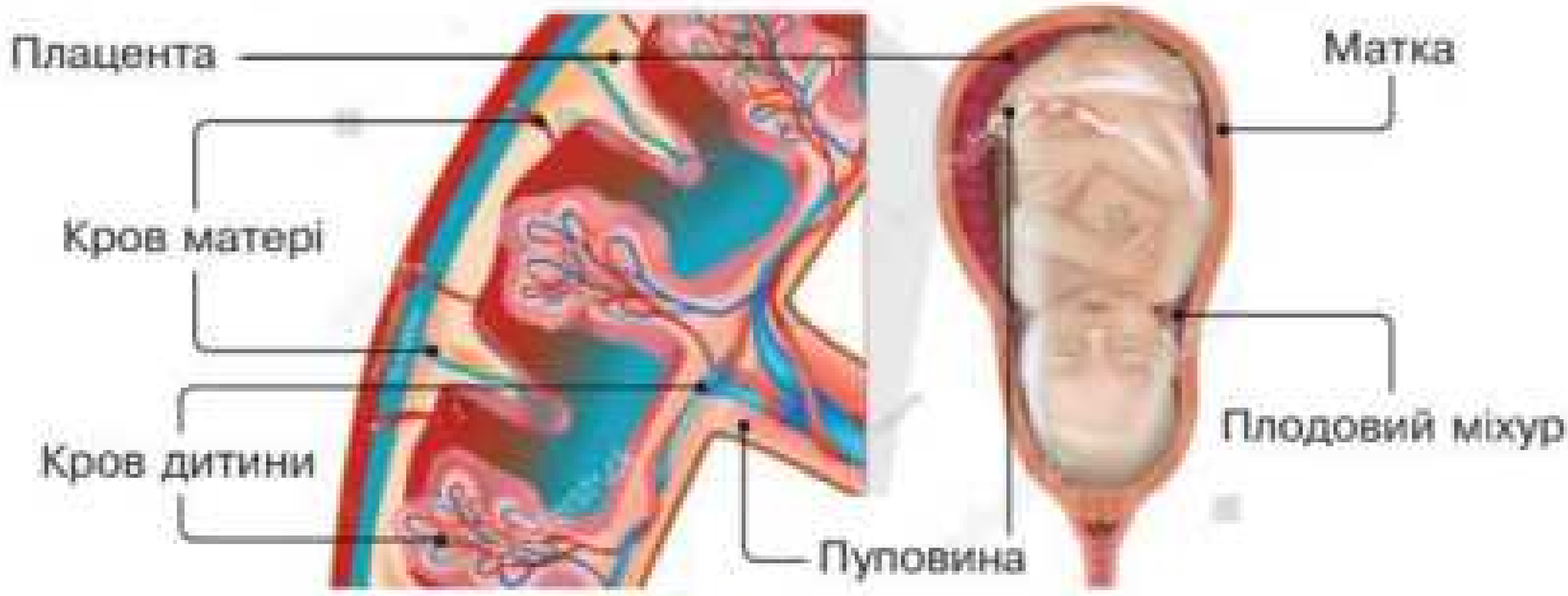
Під час статевого акту в піхву потрапляє близько 3–5 мл сперми, у якій міститься від 200 до 500 млн сперматозоїдів. З піхви вони переміщуються в матку, а звідти — у маткові труби. Там зазвичай і відбувається запліднення. Для того, щоб потрапити до яйцеклітини, сперматозоїд повинен проникнути крізь оболонки, які її оточують. Але для подолання зовнішньої оболонки потрібні ферменти багатьох сперматозоїдів. Тому поодинокий сперматозоїд здійснити запліднення не зможе. Після запліднення новоутворена зигота продовжує рухатися до матки. При цьому в ній уже розпочинаються перші поділи. У матці відбувається процес імплантації ембріона в її слизову оболонку (мал. 54.4).



Мал. 54.4. Процеси запліднення та імплантації ембріона

Після імплантації ембріона починає утворюватися плацента — спеціальний орган, який забезпечує обмін речовин між організмами матері та дитини й перешкоджає дії імунної системи матері на зародок.

Плацента формується і організмом матері, і організмом дитини одночасно. Її основу становлять кровоносні судини матері і дитини, що перебувають у тісному контакті між собою (мал. 54.5).



Мал. 54.5. Будова плаценти

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Чоловічими статевими клітинами у людини є сперматозоїди, а жіночими — яйцеклітини. У випадку зустрічі статевих клітин відбувається процес запліднення, під час якого статеві клітини зливаються і утворюють зиготу. Це можливо тільки в певний період менструального циклу жінки. Після запліднення відбувається імплантація ембріона в слизову оболонку матки, де починає формуватися плацента — спеціальний орган, який забезпечує обмін речовин між організмами матері і дитини.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які особливості будови притаманні сперматозоїдам людини?
2. Що таке менструальний цикл?
3. Які функції виконує плацента?
4. Порівняй чоловічі і жіночі статеві клітини людини.
5. Чому запліднення можливе тільки в певні дні менструального циклу?
6. У сучасних умовах велике значення для будь-якої родини має планування вагітності. Для цього активно використовують засоби контрацепції. Склади перелік таких засобів, вибери один із них і поясни, на чому засновано його дію.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 55 Вагітність. Ембріональний період розвитку людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Краснуха є вірусним захворюванням. У випадку захворювання матері на краснуху в першому триместрі вагітності дитина може народитися з вадами слуху. Захворювання на пізніших етапах вагітності такого ефекту не має. Чому?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Кістки черепа людини під час вагітності зростаються неповністю. Більш того, є деякі ділянки черепа, де кісток взагалі немає. Але череп повинен захищати мозок. Чому в людини він закінчує своє формування вже після народження?

2 Під час розвитку ембріон людини плаває в амніотичній рідині (мал. 55.1). Навіщо вона потрібна?



Мал. 55.1. Ембріон людини

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Після запліднення та імплантації ембріона в матці організм жінки переходить в особливий фізіологічний стан, який називається вагітністю. Зазвичай вагітність у жінки триває близько дев'яти місяців (40 тижнів, або 270–280 днів). З урахуванням особливостей розвитку зародка вагітність умовно поділяють на три частини — триместри (кожний із них триває близько трьох місяців). Під час вагітності в організмі жінки збільшуються розміри матки, зростає інтенсивність роботи нирок, активізується утворення клітин крові, посилюється газообмін тощо.

Ембріон у процесі розвитку утворює поза своїм тілом зародкові листки, одним з яких є амніон. Він формує амніотичну оболонку (плодовий міхур), яка повністю оточує зародок і заповнена амніотичною рідиною. Ця рідина створює необхідне для розвитку ембріона середовище та захищає від шкідливих зовнішніх впливів (струсів, ударів, потрапляння

шкідливих речовин). Інші зародкові листки беруть участь в утворенні плаценти, з якою зародок з'єднує пуповина. Через пуповину проходять кровоносні судини, по яких відбувається обмін речовин між зародком і плацентою.

Розвиток людини до народження називається ембріональним періодом. Упродовж цього часу з однієї клітини формується складний організм дитини з усім різноманіттям його клітин та органів. Ембріональний період поділяється на стадії зародка і плода (мал. 55.2). Стадія зародка триває з моменту імплантації в матку протягом восьми тижнів. Період з 9-го по 40-ий тиждень є стадією плода. *Переглянь в* e-ДОДАТКУ *відео про ембріональний розвиток людини (завдання 55.1).*



Мал. 55.2. Стадії ембріонального періоду людини

На стадії зародка після дроблення зиготи розпочинається утворення зародкових оболонок і листків. Із зародкових листків утворюються тканини та закладаються основні органи організму, тоді як розмір самого зародку залишається відносно невеликим (до 3–4 см). На стадії плода переважно відбувається ріст та остаточне формування структур організму. В кінці розвитку зріст плода зазвичай становить від 36 см до 51 см, а вага від 2,7 кг до 4,6 кг.

Формування органів у процесі ембріонального розвитку є складним процесом. Диференціація клітин і формування органів повинні відбуватися в чіткій послідовності. Провідну роль у цьому відіграють взаємодії сусідніх клітин між собою. Навіть незначні їх порушення можуть мати тяжкі наслідки у вигляді порушення формування органів, які не зможуть нормально виконувати свої функції після

народження. Причиною таких порушень може бути дія певних хімічних речовин (наприклад, наркотичних) або мікроорганізмів (наприклад, вірусів). Через те, що закладання і диференціація більшості органів відбувається на стадії зародка, особливо важливим є уникнення дії таких негативних факторів у першому триместрі вагітності.

Завершенням вагітності стають пологи (мал. 55.3). Пологи — це фізіологічний процес народження дитини, під час якого відбувається вихід зрілого плоду та посліду (плаценти та зародкових оболонок) із тіла матері. Вихід плода з тіла матері під час пологів забезпечують перейми і потуги. Перейми — це скорочення м'язів матки, які відбуваються з певною періодичністю. Потуги є періодичними скороченнями м'язів черевного пресу та спини матері, які долучаються до переймів.

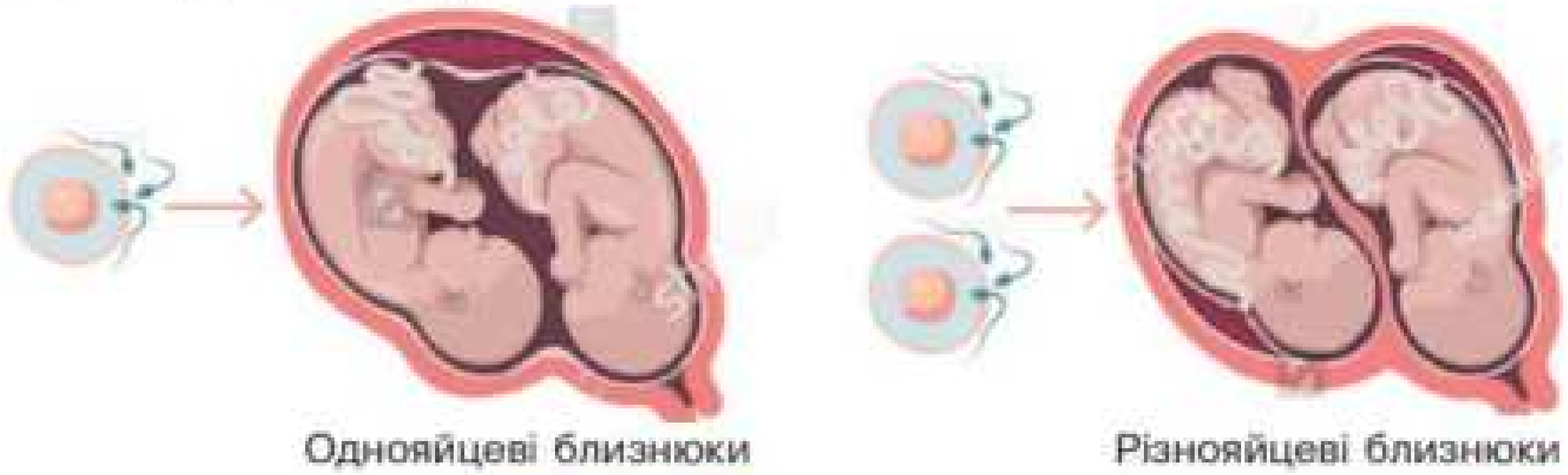


Мал. 55.3. Пологи

Особливістю пологів людини порівняно з пологами в інших ссавців є те, що голова плода є досить великою, а таз жінки відносно вузьким (через пристосування організму до прямоходіння). Одним зі способів подолання труднощів, які при цьому виникають, є особливості розвитку черепа дитини. Кістки черепа плода не зростаються повністю, що дає їм змогу під час пологів рухатися відносно одна одної. Це допомагає уникати травм голови і мозку під час народження.

Зазвичай у людини за одну вагітність народжується одна дитина. Але з певною частотою спостерігається одночасне народження двох і більше дітей. Таких дітей називають близнюками. Залежно від способу утворення близнят їх поділяють на *монозиготних (однояйцевих)* та *дизиготних (різнояйцевих)* (мал. 55.4). Різнояйцеві близнюки зароджуються у випадку, коли одночасно дозрівають і, відповідно, запліднюються дві різні яйцеклітини. Однояйцеві близнюки зароджуються,

якщо після запліднення і кількох перших поділів зародок поділяється на дві частини, які розходяться. Тоді з кожної такої частини утворюється окремий зародок.



Однояйцеві близнюки Різнояйцеві близнюки

Мал. 55.4. Зародження близнят

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Після запліднення й імплантації ембріона в матці організм жінки переходить в особливий фізіологічний стан, який називається вагітністю. Розвиток людини до народження називається ембріональним періодом. Він поділяється на стадії зародка і плода. Завершенням вагітності стають пологи — фізіологічний процес народження дитини, під час якого відбувається вихід зрілого плода та посліду з тіла матері.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Що таке вагітність?
2. Які процеси відбуваються на стадії зародка ембріонального періоду розвитку людини?
3. Як відбувається регуляція процесів пологів?
4. Чому під час вагітності в організмі матері зростає інтенсивність роботи нирок?
5. Порівняй стадії зародка і плода ембріонального періоду розвитку людини.
6. Склади перелік чинників, які можуть бути причиною порушень у розвитку зародка. Вибери один із цих чинників і поясни, які наслідки може мати його дія на зародок. Використовуй додаткові джерела інформації.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 56 Постембріональний розвиток людини. Репродуктивне здоров'я

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Шимпанзе є найближчими родичами людини. Вони стають статевозрілими у 6–9 років. Людина стає статевозрілою пізніше — в середньому у 13–15 років. Чому у людини таке довге дитинство?

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 У віці понад 50 років у людей частіше починають виникати проблеми з хребтом або суглобами. Із чим це може бути пов'язано?

2 Під час штучного запліднення у людини спостерігають підвищену, порівняно зі статистичними даними, частоту народження близнят. Із чим це може бути пов'язано?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Індивідуальний розвиток організму від моменту його зародження і до природної смерті називається онтогенезом. У людини *онтогенез* поділяється на два періоди розвитку: ембріональний (до народження) і постембріональний (після народження). Сам термін онтогенез було запропоновано Ернстом Геккелем у 1866 році. Онтогенез є процесом послідовної реалізації спадкової інформації, який відбувається під значним впливом зовнішнього середовища.

Постембріональний період онтогенезу людини поділяється на кілька вікових періодів: дитячий, підлітковий, юнацький, дорослий і період старіння. Кожен із них, у свою чергу, поділяється на більш дрібні періоди. У чоловіків і жінок тривалість окремих періодів може відрізнятися.

Однією з характерних особливостей людини, яка відрізняє її від інших ссавців, є тривале дитинство і досить пізнє статеве дозрівання. Це пов'язано з тим, що великий головний мозок людини не гарантує її розумності. Він дає змогу стати розумною і пристосуватися до конкретних умов середовища у процесі навчання. Для вироблення потрібних навичок та опанування необхідних знань і потрібне таке довге дитинство.

Вікові періоди постембріонального розвитку			
Назва періоду	**Тривалість у жінок**	**Тривалість у чоловіків**	**Що відбувається**
Період новонародженості	Перші 10 днів		Редукуються структури, пов'язані з роботою плаценти, відбувається початкова адаптація до життя поза організмом матері
Грудний період	10 днів — 1 рік		Надзвичайно швидкий ріст і розвиток усіх систем організму, формування великої кількості умовних рефлексів, живлення переважно материнським молоком
Раннє дитинство	1–3 роки		Високий темп розвитку всіх систем і органів, початок активних самостійних рухів, розвиток молочних зубів, початок використання мови
Перше дитинство	4–7 років		Уповільнення темпів росту, формування вмінь та навичок, потрібних для життя, розвиток постійних зубів
Друге дитинство	8–11 років	8–12 років	Відносно невеликі темпи росту, продовження формування вмінь і навичок, потрібних для життя
Підлітковий період	12–15 років	13–16 років	Початок періоду статевого дозрівання, прискорення темпів росту, гормональні перебудови в організмі, формування вторинних статевих ознак
Юнацький період	16–20 років	17–21 рік	Завершення періоду статевого дозрівання, зменшення темпів розвитку, закінчення росту тіла
Зрілий вік (перший період)	21–35 років	22–35 років	Зазвичай розвиток здібностей досягає найвищого рівня, робота всіх систем організму є найбільш ефективною
Зрілий вік (другий період)	36–55 років	36–60 років	Здебільшого достатньо високі фізичні можливості поєднуються з достатнім життєвим досвідом

Назва періоду	Тривалість у жінок	Тривалість у чоловіків	Що відбувається
Похилий вік	56–74 роки	61–74 роки	У переважній більшості осіб у кінці періоду спостерігається поступове згасання функцій репродуктивної системи
Старечий вік	75–90 років		Зазвичай фізичні можливості організму зменшуються, стан залежить від способу життя в попередній період
Довгожи-тельство	Понад 90 років		Здебільшого в організмі тривають структурні, функціональні та біохімічні зміни, які обмежують його можливості

Існує ще одна цікава закономірність у постембріональному періоді онтогенезу. У людей старшого віку частіше можуть виникати проблеми із суглобами, серцево-судинною системою та іншими системами органів. Скоріш за все, це пов'язано з особливостями попереднього еволюційного розвитку людини. Більшу частину існування нашого виду і його еволюційних попередників середня тривалість життя була меншою за сучасну і більшість особин до такого віку не доживали. Відповідно, і природний добір на усунення таких проблем працював слабо. Утім, сучасна медицина досить успішно справляється з багатьма подібними проблемами зі здоров'ям.

Для нормальної життєдіяльності людини вкрай важливим є її репродуктивне здоров'я. За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, репродуктивне здоров'я — це стан повного фізичного й соціального благополуччя, який характеризується можливістю:

- зачаття й народження дітей;
- сексуальних стосунків без загрози захворювань, що передаються статевим шляхом;
- безпечної вагітності, пологів, виживання і здоров'я дитини;
- планування наступних вагітностей.

У випадку проблем із репродуктивним здоров'ям можливе виникнення безпліддя, яке може виникати як в організмі чоловіка, так і в організмі жінки. Причинами цього можуть бути ендокринні порушення, наслідки перенесених інфекційних захворювань, порушення обміну речовин, вплив токсичних речовин або фізичних чинників, розлад сексуальних функцій (часто психологічного походження), травми, аборти (для жінок), запалення простати (для чоловіків) тощо.

Для подолання безпліддя використовуються допоміжні репродуктивні технології (наприклад, штучне запліднення). Ці методи допомагають

здійснювати запліднення як усередині організму жінки, так і за його межами. У випадку запліднення поза межами організму жінці можуть вводити в матку кілька зигот, бо не завжди вони успішно імплантуються в слизову оболонку. Це підвищує шанси на народження близнюків у випадку, якщо одночасно імплантуються кілька зигот.

Серйозну небезпеку для здоров'я людини, у тому числі і репродуктивного, становлять захворювання, що передаються статевим шляхом. Вони можуть уражати не тільки статеві органи, а й інші органи та системи органів організму (нервову, кровоносну, опорно-рухову тощо). Збудники таких захворювань можуть бути найпростішими (трихоманоз), бактеріями (гонорея, сифіліс, хламідіоз), вірусами (генітальний герпес, СНІД), мікроскопічними грибами (кандидоз), багатоклітинними еукаріотами (педикульоз). *Переглянь в* е-додатку *відео про захворювання, які передаються статевим шляхом (завдання 56.1).*

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Постембріональний період онтогенезу людини поділяється на кілька вікових періодів: дитячий, підлітковий, юнацький, дорослий і період старіння. Для нормальної життєдіяльності людини вкрай важливим є її репродуктивне здоров'я. Чинниками, які впливають на репродуктивне здоров'я, можуть бути ендокринні порушення, наслідки перенесених інфекційних захворювань, порушення обміну речовин, вплив токсичних речовин або фізичних чинників, розлад сексуальних функцій, травми тощо.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. На які вікові періоди поділяють постембріональний розвиток?
2. Які особливості відрізняють період статевого дозрівання і з чим вони можуть бути пов'язані?
3. Які переваги може отримувати людина завдяки наявності в неї молочних зубів?
4. Порівняй постембріональний розвиток чоловіків і жінок.
5. Склади перелік правил, які допоможуть зменшити ризик зараження збудниками захворювань, які передаються статевим шляхом.
6. Чому збереження репродуктивного здоров'я важливе для людей?

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

§ 57 Біосоціальна природа людини

БІОЛОГІЧНИЙ ДЕТЕКТИВ



Австралопітеки були предками роду Людина. Але вони також були і предками парантропів (мал. 57.1). Основна відмінність між людьми і парантропами полягала в харчовій спеціалізації. Люди були переважно всеїдними з досить значною часткою м'яса в раціоні. Парантропи були переважно рослиноїдними. Обидві лінії нащадків австралопітеків були добре пристосовані до життя в умовах савани. Вони проіснували там разом понад 1,5 млн років. Але парантропи вимерли, а люди вижили. Що могло бути причиною такого результату? Обґрунтуй свою точку зору.

ТРЕНУЙСЯ ДУМАТИ

1 Одним із головних напрямів еволюції людини стало зменшення її агресивності стосовно представників свого виду. Які ознаки можуть про це свідчити?

2 Однією з рис, яка відрізняє людину від інших ссавців, є те, що представники нашого виду похилого віку, які втрачають здатність до розмноження, продовжують жити в суспільстві. Чому ця особливість притаманна людині? У чому її користь?

РОБОТА З ІНФОРМАЦІЄЮ

Людина пройшла довгий шлях еволюційного розвитку, перш ніж стала такою, як ми її зараз бачимо. Її найближчими родичами серед мавп є шимпанзе. Предкові лінії людини і шимпанзе розійшлися в період від 8 до 5 млн років тому. Важливим етапом еволюції людини були такі її викопні предки, як австралопітеки (жили 4–4,5 млн років тому в Африці). Прямими нащадками австралопітеків були представники роду Людина і парантропи (вимерли, проіснувавши поруч із людьми понад 1,5 млн років) (мал. 57.1).

Раннімі представниками людей були Людина вміла (*Homo habilis*) і Людина працююча (*Homo ergaster*). Людина вміла першою почала виготовляти кам'яні знаряддя. Нащадок перших людей — Людина прямоходяча (*Homo erectus*) — уже жив не тільки в Африці, а й в Азії та на півдні Європи (мал. 57.2).



Мал. 57.1. Скульптурні зображення черепів двох ліній нащадків австралопітеків — парантропів і перших людей



Мал. 57.2. Реконструкція зовнішнього вигляду Людини прямоходячої поряд із зображенням сучасної людини



Мал. 57.3. Реконструкція зовнішнього вигляду жінки-неандерталки

Пізніший представник роду — Гейдельберзька людина (*Homo heidelbergensis*) — жив в Африці, Європі та Азії. А от далі шляхи різних популяцій розійшлися. Європейські популяції стали предками неандертальців (мал. 57.3), азійські — денисівців, а африканські еволюціонували до Людини розумної (*Homo sapiens*). *Переглянь в* ЕДОДАТКУ *відео про еволюцію людини (завдання 57.1).*

Довгий еволюційний шлях людини виробив її основні характерні риси, завдяки яким вона стала успішним видом, котрий заселив практично всю планету. Важливими чинниками, що впливали на зміни людського організму, були клімат, вплив хижаків, потреба у використанні знарядь праці, взаємодія з іншими членами своєї групи тощо. Характерними особливостями людини є:

- прямоходіння;
- унікальна будова верхніх кінцівок, яка дає змогу здійснювати ними найрізноманітніші операції;
- високий рівень розвитку мімічної мускулатури на обличчі;

• нерозвиненість волосяного покриву на більшій частині поверхні тіла;

• великий розмір головного мозку, який, крім того, має складну будову і розвинену кору;

• дуже тривалий дитячий період життя;

• складна соціальна поведінка з утворенням тісних зв'язків з іншими особинами;

• розвиток мовлення й абстрактного мислення.

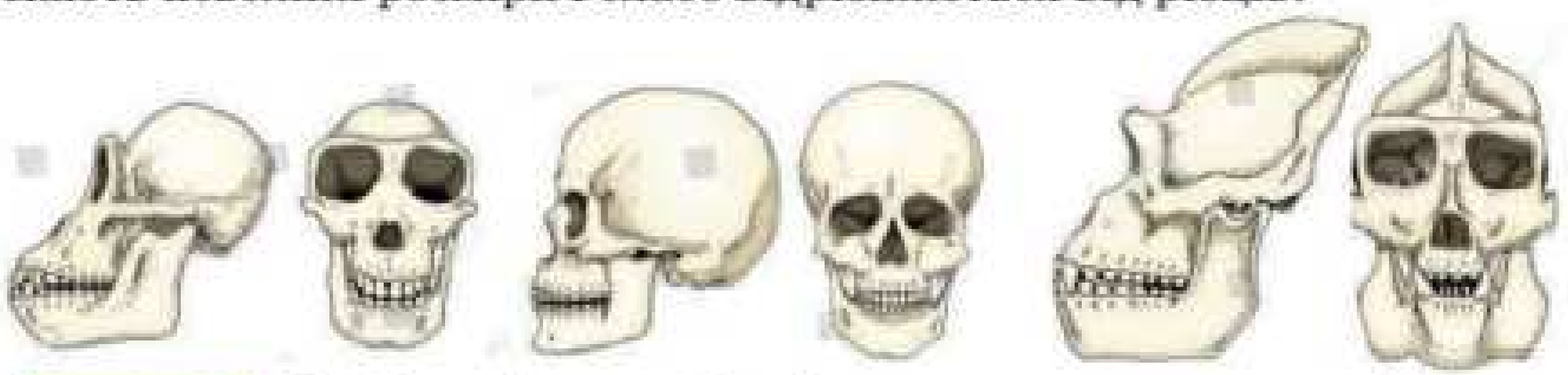
Проте еволюція людини торкалася не тільки її фізичних особливостей. Людина еволюціонувала і пристосовувалася до життя у складі групи. Соціальні зв'язки були для людини надзвичайно важливими. Без них вона не змогла б вижити. Тому людина протягом всієї своєї еволюції формувалася як біосоціальна істота.

Соціальні зв'язки укріплювалися як на родинному рівні, так і на рівні всієї групи. В родинних зв'язках у людини надзвичайно важливу роль почало відігравати старше покоління. Навіть після втрати ним здатності до розмноження люди старшого віку залишалися носіями культурних знань, навичок і вмінь. Саме вони навчали молодь, суттєво підвищуючи шанси на виживання своїх онуків та онучок.

У межах груп соціальні зв'язки також потребували підсилення. Без спільних скоординованих зусиль полювання на більш-менш великих тварин було неможливим (а вони були цінним джерелом білкової їжі). Для узгодження дій і ефективної взаємодії всередині груп у людей почала формуватися мова.

Укріплення соціальних зв'язків потребувало розв'язання ще однієї складної проблеми — внутрішньовидової агресії. Дослідження останніх ста років показали, що шимпанзе, наприклад, є дуже агресивними тваринами. У тому числі і до членів власної групи. Вижити з такими проявами агресії у важких умовах савани предки людини не змогли б. Тому відбувався природний добір на менш агресивну поведінку.

Цей процес можна спостерігати за зміною розміру ікол (мал. 57.4). У мавп із вищим рівнем агресії ікла розвинені добре, і їх часто застосовують у конфліктах між членами групи. А от у працурів людини спостерігається чітка тенденція їх зменшення. У сучасної людини ікла мають невеликі розміри і слабо відрізняються від різців.



Мал. 57.4. Відмінності в розмірах ікол у шимпанзе, людини і горили

ДЛЯ ТИХ, ХТО ХОЧЕ БІЛЬШЕ ЗНАТИ...

Залишки найдавніших представників роду Homo на території Європи знайдено в Дманісі (Грузія). Їх вік визначили як 1,85–1,77 млн років. Один із черепів належав людині похилого віку (ймовірно, чоловікові). І у цієї людини на момент смерті зберігся тільки один зуб. Лунки від втрачених зубів були заповнені кістковою тканиною. Тобто людина після втрати зубів прожила тривалий час. Без допомоги інших членів групи вижити їй було б практично неможливо. Це одне з найбільш ранніх свідчень про взаємодопомогу в людському соціумі.

ЦЕ ГОЛОВНЕ В ПАРАГРАФІ

Людина пройшла тривалий шлях еволюції, під час якого сформувалися її характерні ознаки. Це прямоходіння, великий розмір мозку, складна соціальна поведінка, мовлення тощо. Упродовж усього періоду формування нашого виду відбувалося постійне укріплення соціальних взаємозв'язків і зростала їх роль у життя людини. Тому зараз людина є біосоціальною істотою, існування якої поза соціумом є практично неможливим.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Опиши систематичне положення людини в системі органічного світу.
2. Наведи перелік характерних ознак виду Людина розумна.
3. Які чинники впливали на еволюцію людини? Вибери один із чинників і поясни, на які ознаки людини він вплинув.
4. Поясни, які особливості будови організму людини підтверджують її належність до класу Ссавці.
5. Склади схему еволюції людини, починаючи від спільного пращура із шимпанзе.
6. Склади перелік властивостей людини, завдяки яким їй вдалося заселити всю планету. Вибери одну із цих властивостей і обґрунтуй її вибір.

СКЛАДАЮ РЕФЛЕКСИВНУ МОЗАЇКУ

Виконай завдання (див. с. 9).

Узагальнювальні дослідницькі завдання

ДОСЛІДЖЕННЯ

Динаміка росту людини у процесі онтогенезу

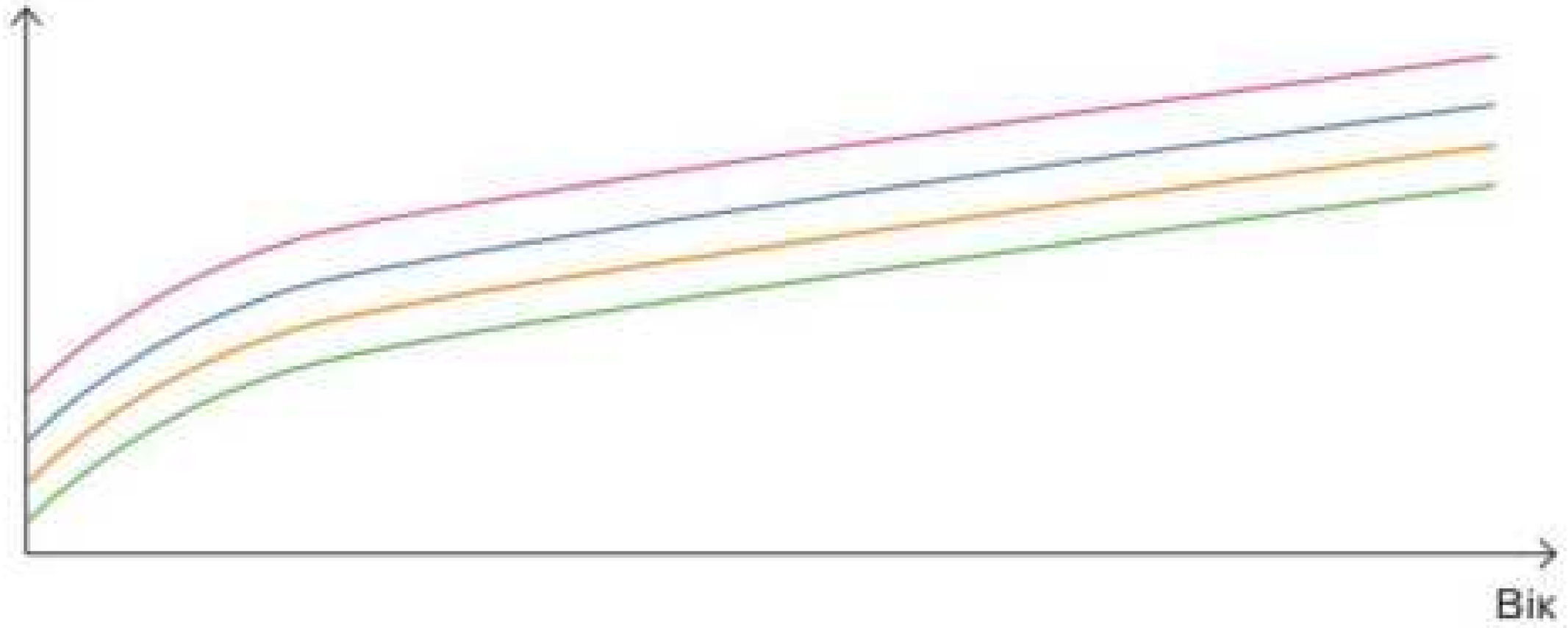
1. Ознайомся з наведеними в таблиці даними щодо росту трьох різних людей у певні роки їхнього життя. Побудуй у зошиті криву росту для кожного з них.

Зріст людини в певному віці (см)

Вік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зріст людини 1	76	88	96	103	110	116	120	123	126	130	134	141
Зріст людини 2	72	83	91	96	108	114	118	121	125	131	138	145
Зріст людини 3	78	92	102	111	117	126	130	135	138	143	149	155
Вік	13	14	15	16	17	18						
Зріст людини 1	148	155	159	162	163	164						
Зріст людини 2	150	152	154	155	156	157						
Зріст людини 3	162	168	172	175	177	178						

2. Виконай завдання, використовуючи дані таблиці та побудовані криві росту.
   1. Для кожної людини визнач два вікових періоди, коли темпи її росту були найвищими і найнижчими.
   2. Вибери для однієї людини один із періодів із найвищим темпом її росту. Запропонуй пояснення швидкого росту саме в цей період.

Приклад створення кривих росту



Предметний покажчик

Аксон 31
Алергія 214
Альвеоли 24
Артерії 124
Безумовні рефлекси 216
Біоритми 230
Бронхи 25, 44
Вакцини 136
Вегетативна нервова система 42
Вени 124
Видільна система 25
Вища нервова діяльність 212
Гіпоталамо-гіпофізарна система 54
Гіпоталамус 54
Гіпофіз 54
Головний мозок 191
Голосові зв'язки 221
Гомеостаз 24
Гормони 47
Гортань 152
Групи крові 113
Гуморальна регуляція 26
Дендрит 31
Дерма 182
Діафіз 61
Друга сигнальна система 221
Ембріональний період розвитку 242
Ендокард 117
Ендокринна система 26
Епікард 117
Епітелій 21
Епіфіз 54
Зигота 240
Зорова сенсорна система 194
Зсідання крові 110
Зуби 88
Імунна система 139
Імунодефіцит 141
Інстинкт 214
Капіляри 125
Кишківник 94
Клапани серця 117
Кола кровообігу 126
Кора мозку 213
Кришталик 195
Легені 153
Лімбічна система 40
Лімфа 108, 133
Лімфатична система 133
Лімфатичні вузли 134
Лімфатичні судини 133
Метаболізм 82
Мієлін 30
Мімічні м'язи 70
Міокард 117
Мозочок 40
Нейрогормони 47
Нейрон 18
Нерви 34
Нервова регуляція 97
Нервова система 26
Нервові вузли (гангліі) 34
Нефрон 172
Нирки 170
Опорно-рухова система 25, 60
Остеоцит 18
Пам'ять 225
Первинні статеві ознаки 234
Передсердя 117
Перикард 116
Перистальтика 94
Перша сигнальна система 220
Печінка 91
Підшлункова залоза 91
Плазма крові 109
Плацента 240
Плевра 158
Постембріональний період розвитку 246
Репродуктивна система 234
Ретикулярна формація 40
Рефлекс 37
Рефлекторна дуга 32
Рецептор 207
Ротова порожнина 87
Сенсорна система 190
Серце 116
Серцевий цикл 230
Сечовий міхур 169
Синапс 32
Сироватки 136
Сітківка 195
Слинні залози 87
Соматична нервова система 42
Сперматозоїд 238
Спинний мозок 25, 35
Статеві органи 235
Стовбурові клітини 18
Суглоб 77
Сухожилки 69
Темперамент 213
Терморегуляція 184
Тимус 136
Тканина 20
Тканинна рідина 108
Травна система 87
Трахея 152
Умовні рефлекси 216
Фасція 69
Ферменти 90
Фізіологічна система органів 24
Формені елементи крові 109
Шкіра 180
Шлунок 87
Щитоподібна залоза 48, 50
Яйцеклітина 239

Зміст

Вступ
§ 1–2 6–13
Узагальнювальні дослідницькі завдання 14

Тема 1. ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ЯК БІОЛОГІЧНА СИСТЕМА
§ 3–5 16–27
Узагальнювальні дослідницькі завдання 28

Тема 2. РЕГУЛЯТОРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ
§ 6–12 30–57
Узагальнювальні дослідницькі завдання 58

Тема 3. ОПОРНО-РУХОВИЙ АПАРАТ
§ 13–17 60–79
Узагальнювальні дослідницькі завдання 80

Тема 4. ТРАВНА СИСТЕМА. ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ
§ 18–23 82–105
Узагальнювальні дослідницькі завдання 106

Тема 5. ВНУТРІШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ
§ 24–33 108–147
Узагальнювальні дослідницькі завдання 148

Тема 6. ДИХАЛЬНА СИСТЕМА ТА ГАЗООБМІН
§ 34–37 150–165
Узагальнювальні дослідницькі завдання 166

Тема 7. ПРОЦЕСИ ВИДІЛЕННЯ І ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ
§ 38–42 168–187
Узагальнювальні дослідницькі завдання 188

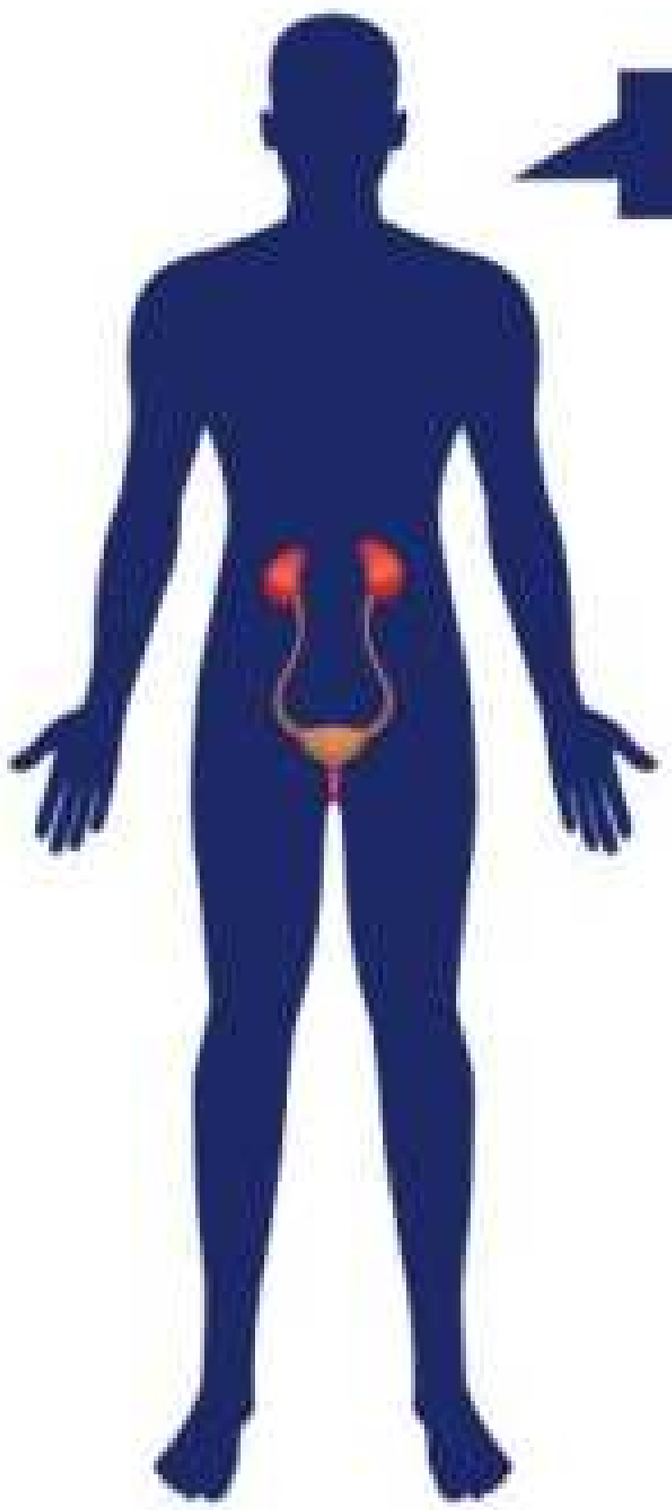
Тема 8. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ
§ 43–47 190–209
Узагальнювальні дослідницькі завдання 210

Тема 9. ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ
§ 48–52 212–231
Узагальнювальні дослідницькі завдання 232

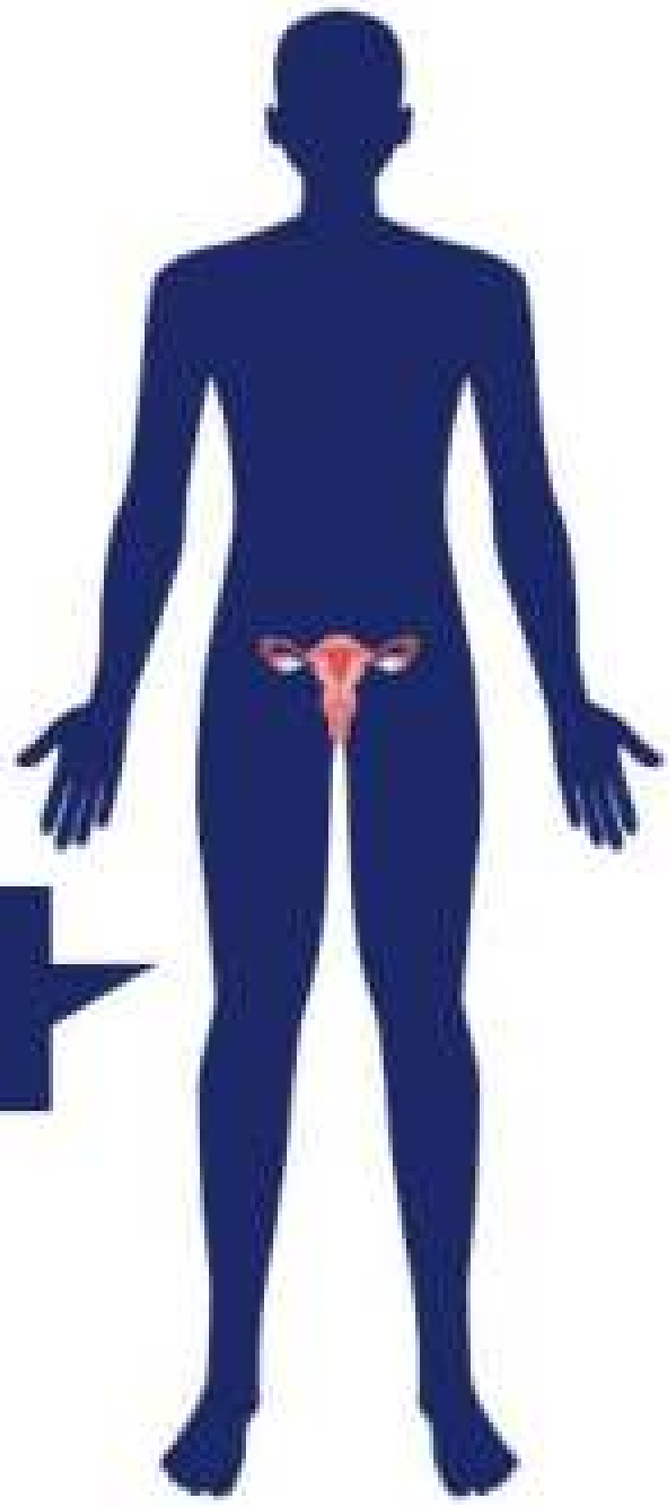
Тема 10. РЕПРОДУКЦІЯ ТА ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ
§ 53–56 234–249

Узагальнення
§ 57 250–253
Узагальнювальні дослідницькі завдання 254

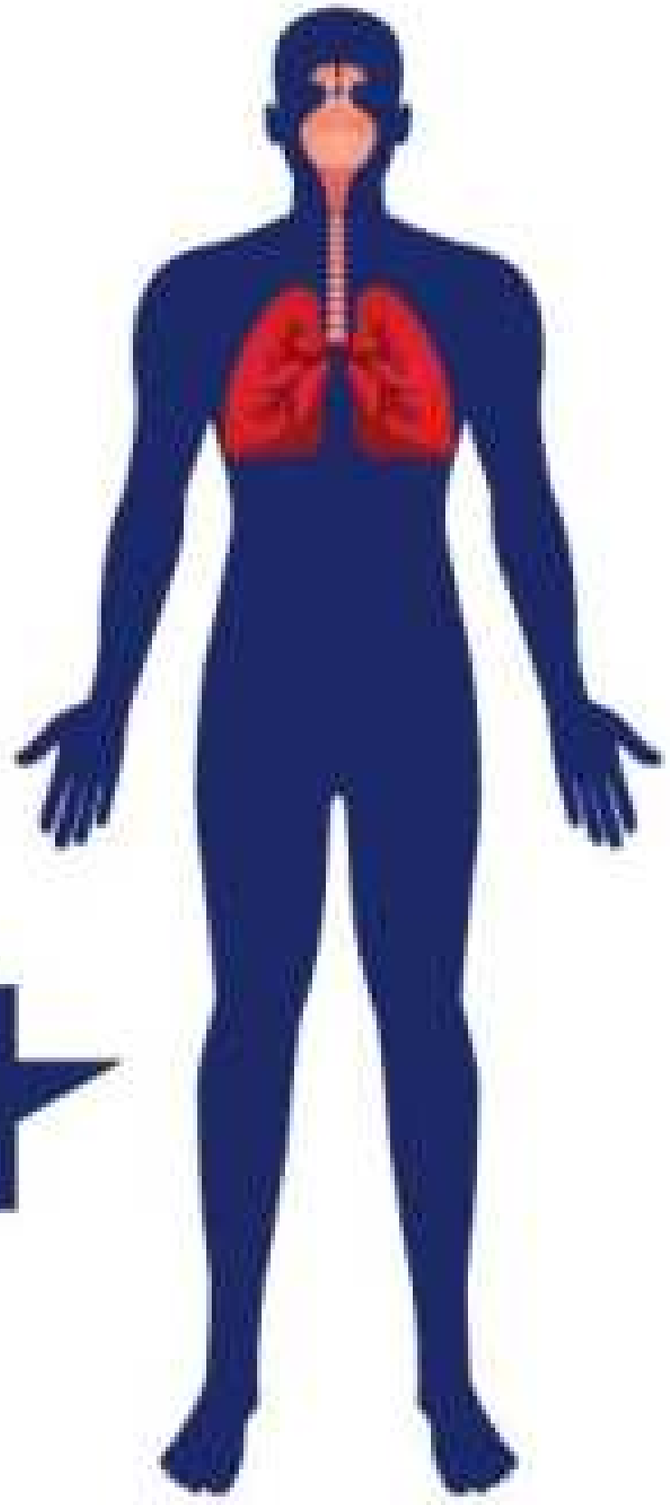
СИСТЕМИ ОРГАНІВ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ



Видільна система

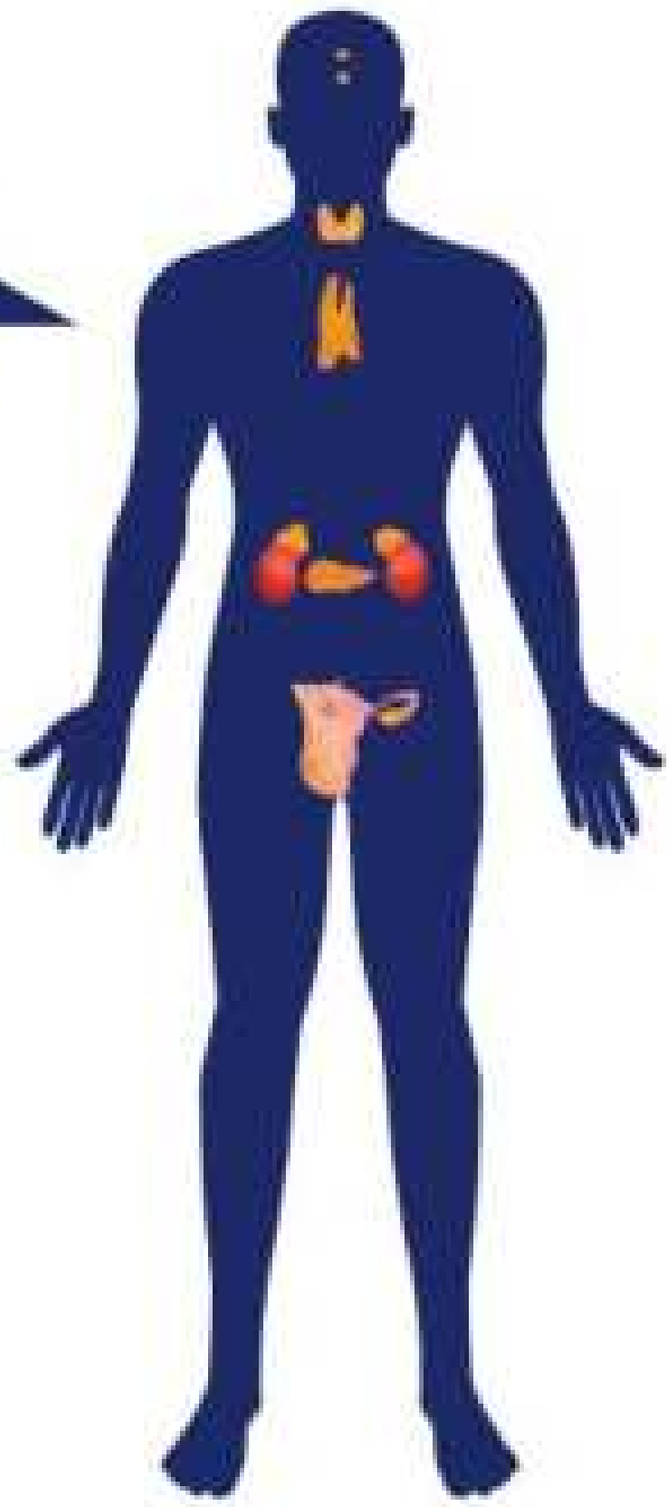


Жіноча статева система

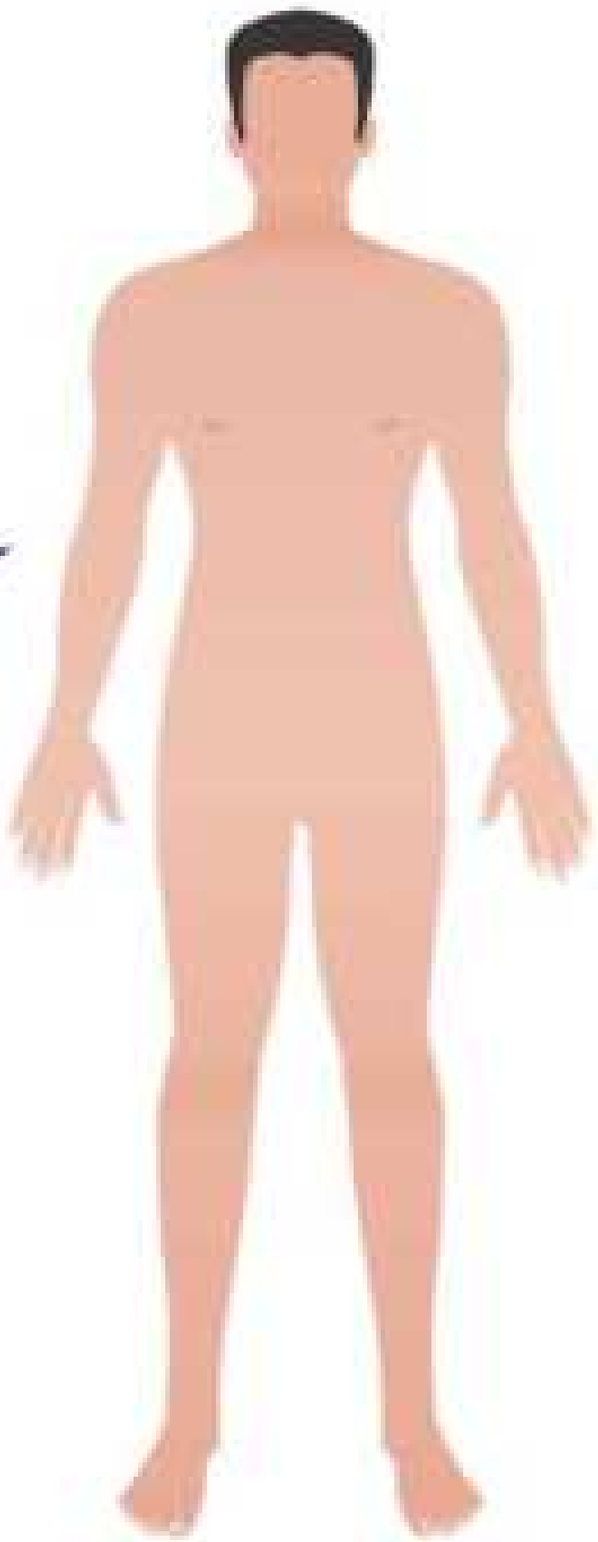


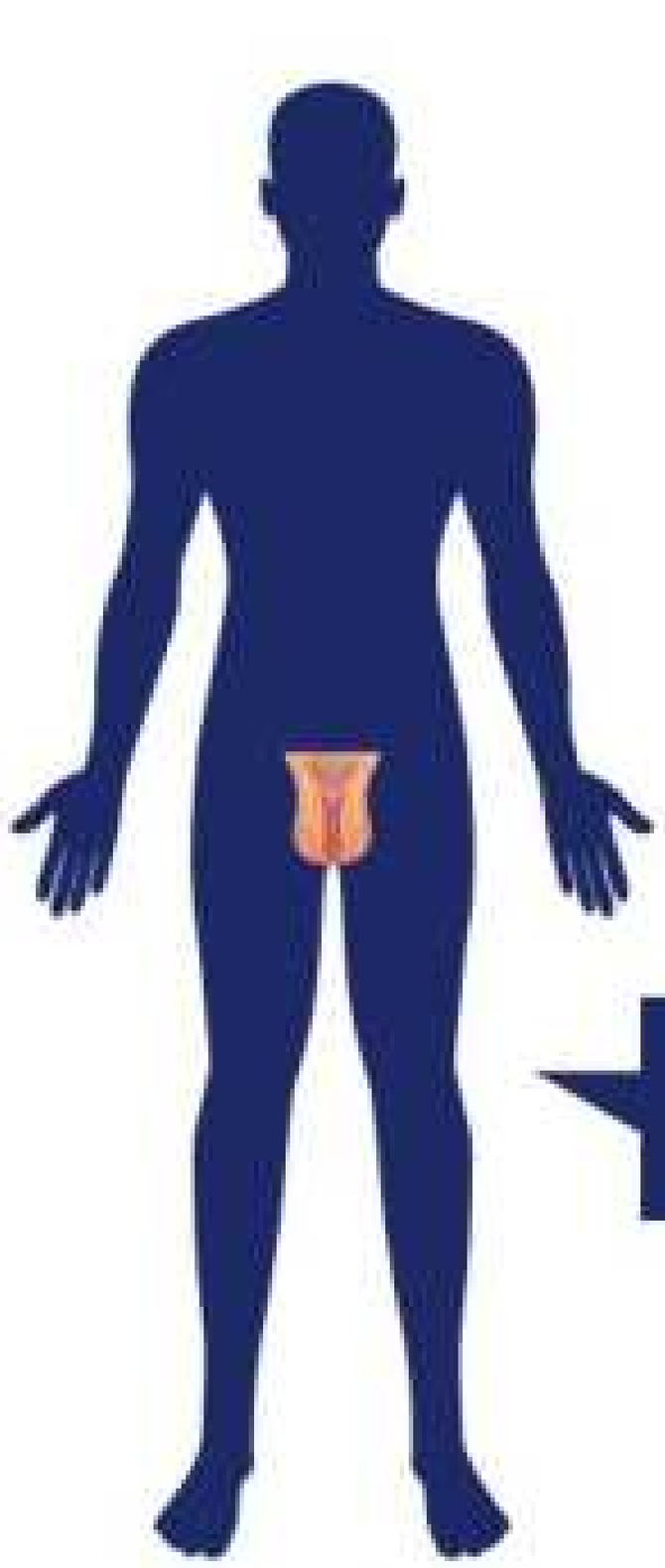
Дихальна система

Ендокринна система



Покрови тіла





Чоловіча статева система