

Біологія

8



УДК 57*кл8(075.3)
Б65

Автори: **Оксана Андерсон, Андрій Чернінський,
Марина Вихренко, Арсеній Андерсон**

Відповідає Модельній навчальній програмі «Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Балан П.Г., Кулініч О.М., Юрченко Л.П.), рекомендованій Міністерством освіти і науки України (наказ МОН від 06.09.2023 № 1090).

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ № 347 від 21.02.2025 р.)

Андерсон О.А. та ін.
Б65 **Біологія:** підруч. для 8 кл. закладів заг. середньої освіти/
О.А. Андерсон, А.О. Чернінський, М.А. Вихренко, А.О. Андерсон. — Київ: Школяр, 2025. — 256 с.: іл.
ISBN 978-617-7735-02-0

УДК 57*кл8(075.3)

ISBN 978-617-7735-02-0

© Андерсон О.А., Чернінський А.О.,
Вихренко М.А., Андерсон А.О., 2025
© УВІЦ «Школяр», 2025
© УВІЦ «Школяр», художнє оформлення, 2025

Шановний восьмикласнику! *Шановна восьмикласнице!*

Ця книжка продовжує серію підручників з курсу «Біологія». Ви маєте пригадати набуті раніше знання щодо ознак та різноманітності живого. Адже в цьому навчальному році підручник поведе вас шляхом пізнання організму людини, яка є частиною живого світу.

Ви вже знаєте, що підручник — не просто книжка для читання, тому дуже важливо вміти працювати з ним. Для цього необхідно знати, як побудовано саме цей підручник. Тож спочатку погортайте його сторінки й ознайомтеся зі структурою.

Щоб підручником було зручно користуватися, кожен параграф розпочинається на парній сторінці, а закінчується — на непарній. Ілюстрації розміщено здебільшого в нижній частині тієї самої сторінки, де на них є посилання в тексті параграфа. Так само до них запропоновано завдання та інтерактивні вправи — це дасть змогу ретельно опрацювати частину змісту параграфа відразу під час його вивчення. Ви будете покроково сприймати інформацію, аналізувати її, узагальнювати щойно набуті знання. На сторінках параграфів також є завдання щодо підготовки повідомлення або створення проекту, які вимагають ґрунтовної роботи з пошуку наукової інформації. Опрацювання таких завдань часто вимагає часу, а отже ви маєте сформулювати власне домашнє завдання. Кожен крок роботи зі змістом підручника має відповідне означення залежно від того, який її вид пропонується виконати.



прочитайте цікаву інформацію, яка спонукає до пізнання



сформулюйте мету, доберіть об'єкти дослідження, складіть план лабораторного дослідження, зробіть висновки; виконайте дослідницький практикум



працюйте в команді: вчіться разом порівнювати, аналізувати, робити висновки, складати план дій



знайдіть інформацію, використовуючи наукову літературу, інтернет-джерела тощо; інформацію оцінюйте критично



повторіть, поміркуйте, поясніть, висловіть судження, сформулюйте висновки, розв'яжіть задачу



попрацюйте з електронним додатком: перегляньте відео, виконайте інтерактивну вправу, завдання для самоконтролю

Виконуючи лабораторні дослідження та дослідницькі практикуми, ви матимете змогу застосовувати набуті знання на практиці, розвивати свою дослідницьку інтуїцію. За допомогою рубрики **«Аналізуємо інформацію, робимо висновки»** ви ознайомитеся з цікавими науковими фактами, отримаєте навички аналізування нової інформації з використанням набутих раніше знань. Завдання, що вимагають розгорнутої відповіді, спонукатимуть до роздумів над складними або проблемними питаннями, пошуками відповідей за допомогою наукової літератури.

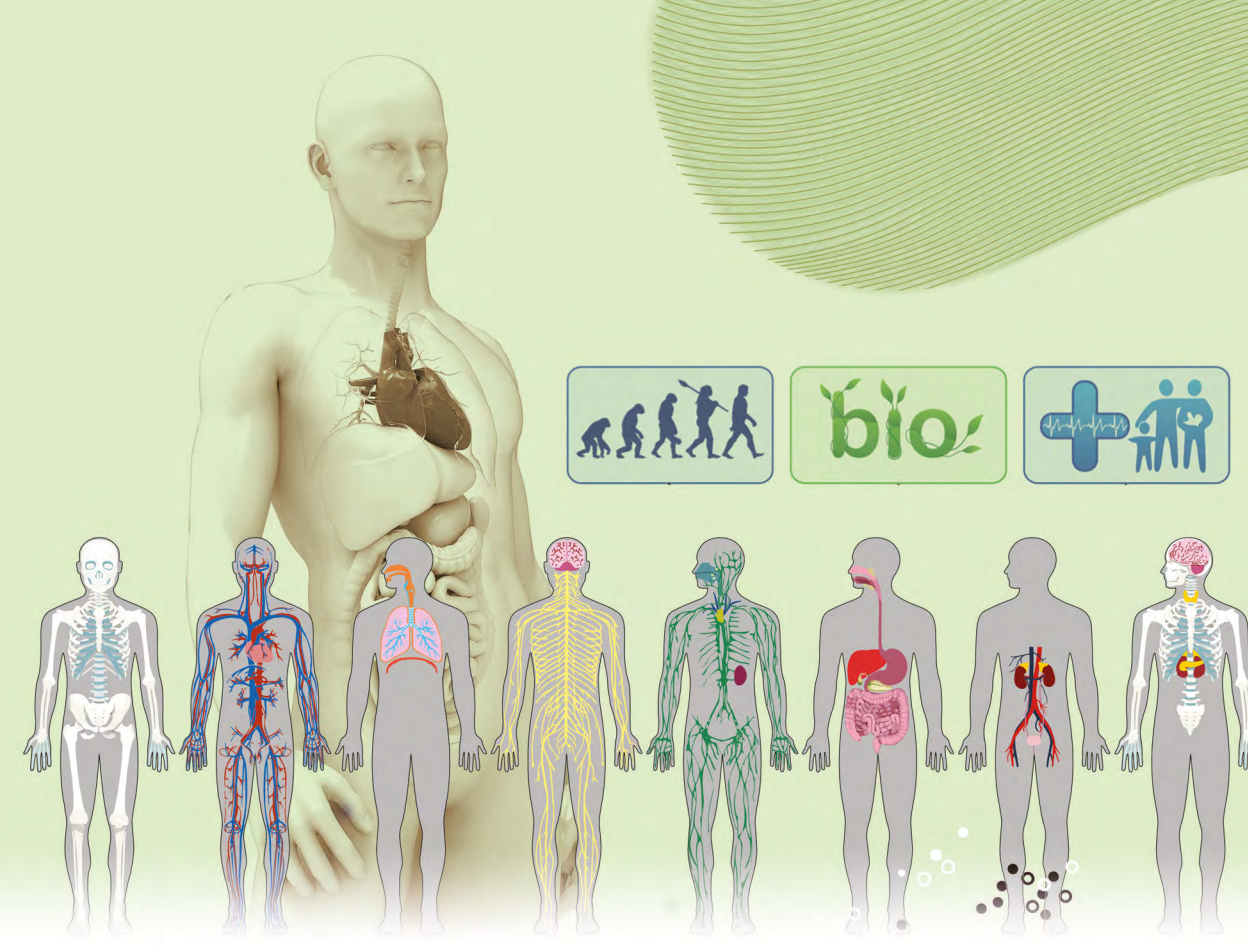
Тестові завдання рубрики **«Самоконтроль рівня навчальних досягнень»** до кожної теми допоможуть вам проконтролювати рівень власних навчальних досягнень, усвідомити прогалини в знаннях, сформувати навички роботи з тестовими завданнями різних форм. Це стане в пригоді під час підготовки до державної підсумкової атестації та складання зовнішнього незалежного оцінювання.

Підручник містить **електронний додаток**, який сприяє зручній самоперевірці та покращенню ефективності навчання, допомагаючи краще розуміти та вивчати навчальний матеріал. Він представлений QR-кодами у різних розділах підручника, зокрема у параграфах або на сторінках рубрики «Самоконтроль рівня навчальних досягнень». Відсканувавши QR-код, ви одразу потрапите на сторінку із завданням. Тут ви знайдете відповідні інструкції до вправ, які необхідно виконати. Після виконання завдання можна перевірити правильність своїх відповідей. Виконавши завдання рубрики «Самоконтроль рівня навчальних досягнень», ви отримаєте оцінку за 12-бальною шкалою, яка надійде на вашу електронну пошту.

Якщо у вас немає можливості сканувати QR-коди, на останній сторінці наявне посилання, яке веде до головної сторінки електронного додатка. Там ви зможете знайти всі інтерактивні матеріали, доступні в підручнику, та перейти до їх виконання.

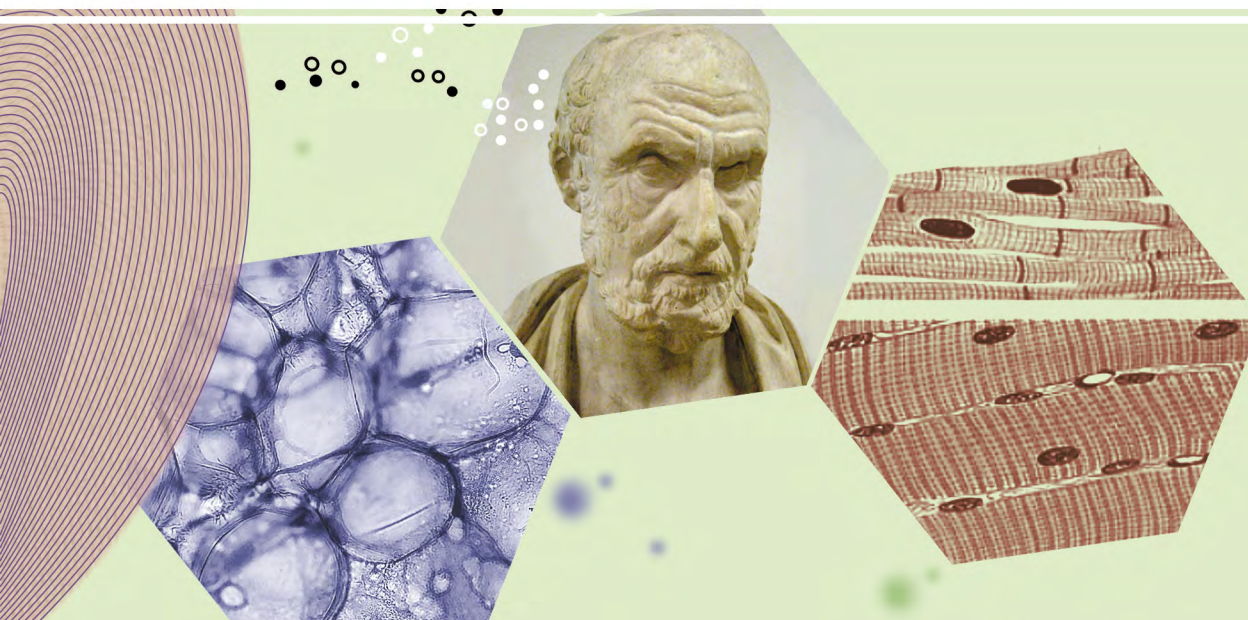
Водночас пам'ятайте, що сучасна біологія — захоплююча, але дуже складна багатогранна наука. А шкільний підручник — лише своєрідний дороговказ у світі знань про неї. Факти, закони, гіпотези та теорії надто численні, щоб умістити їх на сторінках однієї книги. Тож радимо користуватися додатковою літературою та інтернет-джерелами, які дадуть вам змогу розширювати межі відомого, поповнювати скарбницю власних знань, знаходити відповіді на найрізноманітніші та найскладніші запитання. Зичимо успіхів в опануванні основ біологічної науки!

Автори та авторки



ТЕМА 1

ВСТУП. ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ЯК БІОЛОГІЧНА СИСТЕМА



§ 1. Організм людини як об'єкт дослідження



Людина здавна вивчає власний організм, зокрема й із метою лікування. Джерелами наших знань про хвороби та їх лікування в давні часи слугують, наприклад, результати розкопок поселень і поховань людини, твори мистецтва, рукописи. Одним з унікальних видань, які дійшли до нашого часу, є Ізборники Святослава 1073 та 1076 року — найстаріші пам'ятки середньовічної книжності й мистецтва часів Київської Русі (іл. 1).

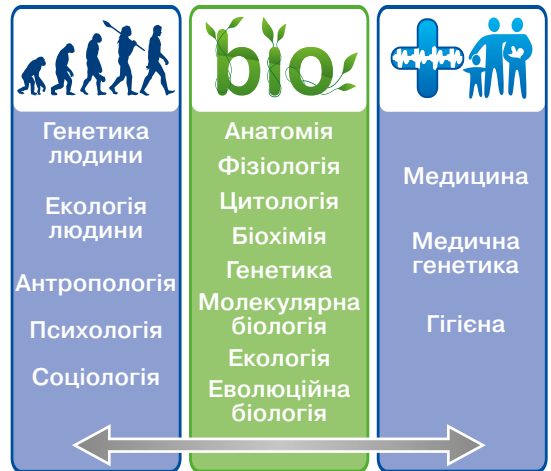
Науки, які вивчають організм людини. Особливості будови й функціонування організму людини є об'єктами вивчення біологічних наук. До них належать анатомія, морфологія, фізіологія, цитологія, гістологія, біохімія, імунологія, генетика, екологія тощо (див. форзац І). Відкриття в цих науках стали підґрунтям для розвитку взаємопов'язаних прикладних наук про організм людини. Наприклад, генетика людини — це наука про спадковість і мінливість ознак організму людини. Натомість медицина — це галузь наукової та практичної діяльності, що вивчає нормальні та патологічні процеси в організмі людини, хвороби, методи їх лікування й запобігання. Отже, медична генетика розкриває механізми спадкових хвороб людини й вможливорює розроблення методів їх діагностування. Предметом вивчення екології людини є закономірності впливу на її організм чинників навколишнього середовища. В той же час ці закономірності є підґрунтям розроблення гігієнічних норм і оздоровчих заходів (іл. 2).

Іл. 1. Сторінка рукопису Ізборника Святослава



У рукопису подано опис деяких хвороб, описано їхні причини й наслідки, способи лікування й запобігання, поради щодо правильного харчування.

Іл. 2. Науки, які вивчають організм людини



За допомогою інтернет-джерел з'ясуйте об'єкти вивчення антропології, психології, соціології.

Поняття здоров'я та хвороби. Розвиток біологічної науки призвів до розуміння та сучасних означень понять здоров'я та хвороби.

Здоров'я — це стан повного фізичного, психічного й соціального благополуччя, здатність людини адаптуватися до змін умов середовища та зберігати працездатність, а не лише відсутність хвороб та ушкоджень організму.

Відповідно до цього означення можна виокремити складники здоров'я. Фізичне здоров'я передбачає цілісність і нормальність будови тіла, нормальний перебіг життєвих процесів за різних (не екстремальних) умов. Психічне здоров'я — це нормальний перебіг процесів мислення, пам'яті, уваги, емоцій, почуттів тощо. Соціальне здоров'я характеризує нормальність взаємодії конкретної людини з іншими членами суспільства, організації роботи, побуту, відпочинку тощо. Складники здоров'я є взаємопов'язаними (іл. 3).

На здоров'я можуть впливати різні чинники: спадковість, якість середовища існування, спосіб життя людини, рівень розвитку та доступність медичної допомоги, санітарно-гігієнічні умови життя та профілактичні заходи (іл. 4). Вивчення особливостей функціонування організму людини, впливу різноманітних чинників на нього допомагає сформувати принципи здорового способу життя, зокрема раціонального харчування, забезпечення певного рівня фізичної активності, уникнення шкідливих звичок.

Хвороба — істотне порушення здоров'я, яке супроводжується зниженням якості життя та порушенням будови й життєдіяльності організму.

Перелік відомих хвороб та їх класифікація затверджені в Міжнародному класифікаторі хвороб, розробленому ВООЗ.

Іл. 3. Складники здоров'я



У який сектор діаграми можна помістити: відносини з родиною та друзями; набуті фізичні травми; будову тіла; доброзичливе спілкування; уміння приймати зважені рішення?



1. Дайте означення понять *здоров'я*, *хвороба*. **2.** Перелічіть науки, які вивчають організм людини. **3.** Назвіть складники здоров'я. **4.** Поясніть взаємозв'язок медицини з іншими науками, які вивчають людину.

Іл. 4. Чинники формування здоров'я людини



Український лікар Микола Амосов писав: «У більшості хвороб винні не природа, не суспільство, а лише сама людина. Найчастіше вона хворіє від ліні й жадібності, але іноді й від нерозумності.» Як ви розумієте цей вислів науковця?

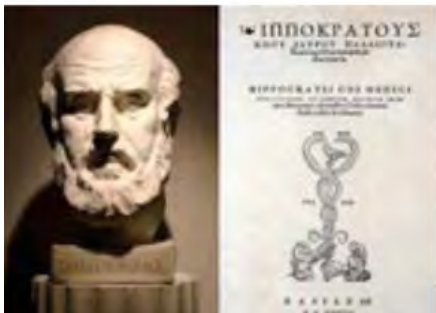
§ 2. Сучасні методи дослідження організму людини



Однією з найвизначніших постатей в історії дослідження організму людини є давньогрецький лікар Гіппократ (іл. 5). Перша спроба встановити взаємозв'язок між будовою і функціями належить александрійським лікарям Герофілу і Ерасістрату (III ст. до н. е.), які проводили розтини трупів і досліді на тваринах. Вивчення організму людини було тісно пов'язано з успіхами біологічної науки.

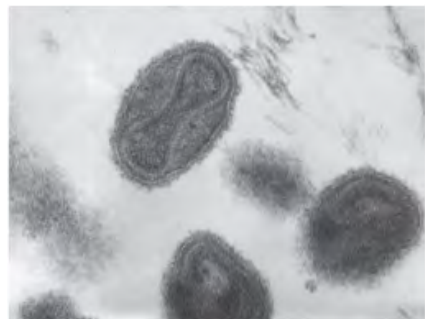
Значення досягнень біології у вивченні організму людини та становленні медицини. Розвиток мікроскопічної техніки дозволив вивчити будову організму людини на тканинному та клітинному рівнях. Відкриття бактерій і дещо пізніше вірусів дало розуміння причин розвитку інфекційних захворювань і започаткувало пошук шляхів боротьби з ними. Винайдення у XVIII ст. Едвардом Дженнером вакцинації та масове її впровадження вможливили профілактику інфекційних хвороб (іл. 6). Розвиток генетики вможливив пояснення причин спадкових захворювань. Розвиток біохімії дозволив з'ясувати основні шляхи перетворень речовин в організмі людини. Одним з найважливіших біологічних відкриттів стало винайдення антибіотиків. Це дозволило знизити смертність, спричинену хвороботворними бактеріями. Сучасна молекулярна біологія дає інформацію стосовно зв'язків генів та ознак організмів. Біотехнологічні методи дозволяють виробляти потрібні для медицини сполуки (антибіотики, вітаміни, антитіла).

Іл. 5. Давньогрецький лікар, реформатор античної медицини Гіппократ (460–370 рр. до н. е.)



На знак визнання значного внеску у вивчення людини вченого називають «батьком сучасної медицини».

Іл. 6. Збудник натуральної віспи (вірус)



У 1980 р. ВООЗ оголосила про повне знищення цього збудника внаслідок вакцинації (нині він існує лише як зразок у двох лабораторіях).



Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Історія становлення медицини».

Сучасні методи дослідження організму людини. Біохімічний аналіз, зокрема аналіз крові, дає можливість визначити кількість певних хімічних речовин, що може бути індикатором патологій. Наприклад, підвищена концентрація глюкози в крові може свідчити про розвиток цукрового діабету. Гістологічний аналіз дозволяє виявити порушення в будові тканин організму внаслідок уроджених вад або ж підтвердити діагностування онкологічного захворювання (іл. 7). Цитологічні методи — вивчення будови клітин — уможливають виявлення спадкових захворювань, наприклад пов'язаних зі зміною кількості хромосом (як-от синдром Дауна). Мікробіологічні методи дозволяють виділити з організму й розпізнати збудників деяких інфекційних хвороб.

Розвиток молекулярної біології збагатив медицину низкою сучасних методів. Так, полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) уможливорює виявлення збудників хвороб в організмі за їхнім генетичним матеріалом.

Зміни в будові внутрішніх органів ми можемо побачити навіть без хірургічного втручання, застосувавши рентгенівське випромінювання (іл. 8). Його використання є основою комп'ютерної томографії (КТ), яка дозволяє отримувати тривимірні зображення органів. Ще більші можливості дає магнітно-резонансна томографія (МРТ). Низка методів скерована на вивчення функціонування внутрішніх органів: електрокардіографія реєструє електричну активність серця, електроенцефалографія — головного мозку, спірометрія оцінює параметри дихання. Побачити внутрішні порожнини (шлунка, кишки) можна за допомогою тонких пристроїв з оптичними зондами — ендоскопів.

Іл. 7. Гістологічне дослідження (вивчення будови тканини)



Оптичний мікроскоп

Іл. 8. Використання рентгенівського випромінювання в медицині



Перший рентгенівський знімок



Змодельуйте етапи консультування стану здоров'я в сімейного лікаря.



Створіть проект «Обстеження, які можна пройти в моєму населеному пункті».



1. Перелічіть методи дослідження організму людини. **2.** Яку мікроскопічну техніку застосовують у цитологічних і гістологічних дослідженнях? **3.** Поясніть значення окремих методів у дослідженні організму людини. **4.** Оцініть значення досягнень біології в розвитку анатомії людини, медицини, гігієни.

§ 3. Різноманітність клітин організму людини. Тканини



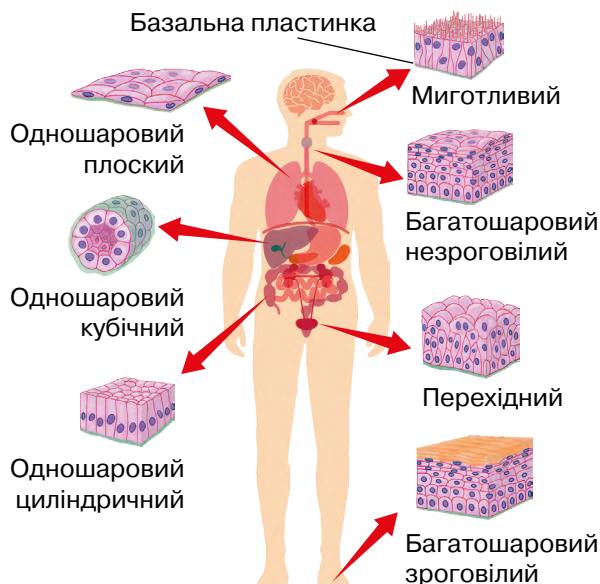
Вкрай важко порахувати кількість клітин організму людини, адже його не можна «розібрати» на поодинокі клітини й порахувати кожну з них. Крім того, хоча кількість клітин дійсно скінченна в певний момент часу, вона постійно змінюється внаслідок поділу, загибелі клітин. Тривалий час дослідники й дослідниці не могли порахувати навіть кількість нервових клітин — тих, що в дорослому стані не діляться, а отже задачка, здавалося б, простіша. Вважалося, що їх 100 млрд, але сучасніші оцінки вказують на 88 млрд. За певною класифікацією в організмі людини виділяють понад 400 головних типів клітин.

За особливостями будови виокремлюють чотири основні типи тканин: епітеліальні, сполучні, м'язові, нервова.

Епітеліальні тканини. Епітеліальні тканини вкривають поверхню тіла та слизових оболонок, відмежовуючи організм від довкілля, а також формують залози. Екзокринні залози вивільняють утворювані речовини назовні або в порожнини тіла, а ендокринні — у кров.

Клітини епітеліїв розміщуються на базальній пластинці, яка є продуктом життєдіяльності клітин епітеліїв і сполучної тканини, що розміщується під базальною пластинкою. Базальна пластинка утримує клітини разом, бере участь у регуляції їхнього розвитку й росту. Епітеліальні тканини майже не містять міжклітинної речовини. За особливостями будови епітеліальні тканини поділяють на одношарові

Ил. 9. Епітеліальні тканини



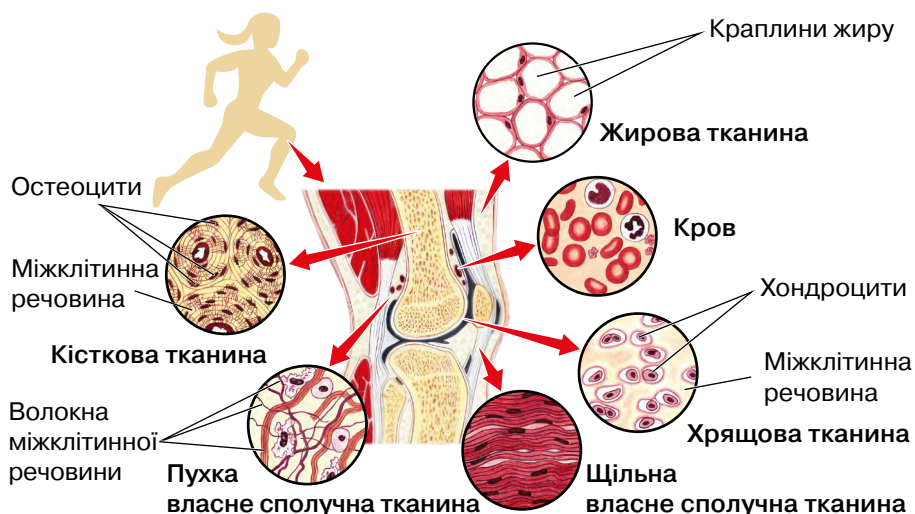
Поясніть на прикладі епітеліальних тканин взаємозв'язок будови та функцій, використавши текст підручника та інтернет-джерела.

й багат шарові (іл. 9). Поміж одношарового вирізняють плоский епітелій, який формує стінки альвеол легень, внутрішній шар кровоносних судин тощо. Кубічний епітелій складений із клітин відповідної форми, він й формує деякі залозисті органи й ниркові канальці. Клітини циліндричного епітелію покривають, зокрема, слизову оболонку травного тракту. Окремо вирізняють миготливий епітелій, клітини якого мають численні війки, які зумовлюють рух слизу в певному напрямку. Цей епітелій покриває слизові оболонки дихальних шляхів.

Багат шарові епітелії поділяють на зроговілий та незроговілий. Верхній шар клітин зроговілого епітелію відмирає й формує лусочки, основною речовиною яких є білок кератин. Клітини незроговілого епітелію розташовані в кілька шарів, але верхні не відмирають. Цей різновид утворює, зокрема, слизові оболонки ока й ротової порожнини.

Сполучні тканини. Особливістю цих тканин є велика кількість міжклітинної речовини, склад і властивості якої істотно визначають їхні функції. Сполучні тканини поділяють на власне сполучні тканини, сполучні тканини зі спеціальними властивостями (наприклад жирова, ретикулярна), скелетні тканини (кісткова, хрящова), кров і лімфу. Поміж власне сполучних тканин вирізняють пухку й щільну сполучну тканини (іл. 10). Міжклітинний простір цих тканин містить велику кількість волокон, утворених білками — еластином і колагеном. Міжклітинну речовину власне сполучних тканин утворюють основні клітини — фібробласти. Надалі фібробласти перестають утворювати міжклітинну речовину й перетворюються на фіброцити.

Іл. 10. Сполучні тканини



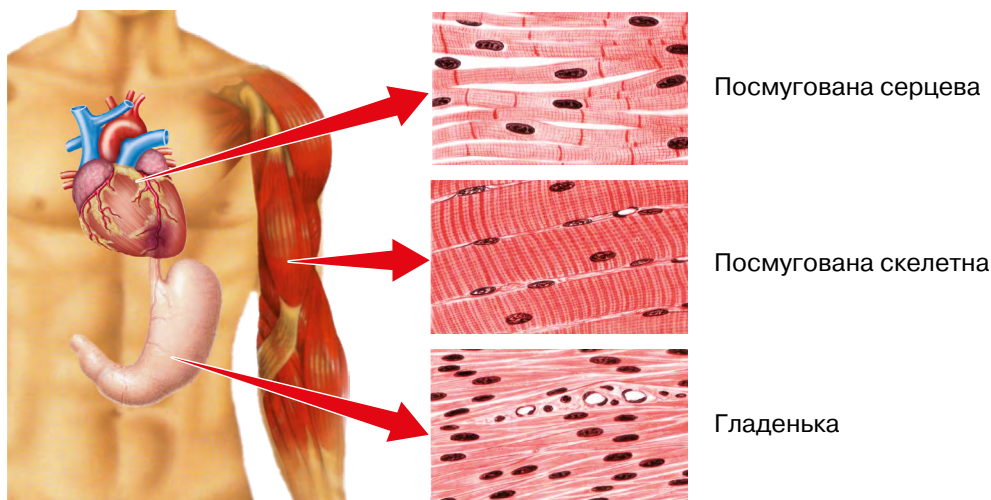
Складіть схему «Класифікація сполучних тканин», використавши текст підручника та наведену ілюстрацію.

Окрім них, власне сполучна тканина може містити лімфоцити, що виконують імунну функцію (§ 34). Пухка сполучна тканина утворює сполучнотканинні оболонки внутрішніх органів, кровоносних судин тощо. У щільній сполучній тканині білкові волокна утворюють численні переплетення, що надає тканині міцності. З неї формуються глибинні шари шкіри, сухожилки та зв'язки. Клітини жирової тканини (адипоцити) містять велику кількість включень — краплин жиру. Вона утворює підшкірну жирову клітковину тощо. Ретикулярна тканина утворює підтримуючий каркас для органів кровотворення та імунної системи.

Скелетна сполучна тканина формує кістки та хрящі. Молоді клітини хрящової тканини здатні до поділу й утворення міжклітинної речовини. Надалі вони частково втрачають здатність до поділу, зберігаючи властивість утворювати міжклітинну речовину. Такі клітини називають хондроцитами. Хрящова тканина утворює суглобові поверхні кісток, вушну раковину тощо. Кісткова тканина формує кісткові пластинки, складниками яких є клітини — остецити. Більш детально ці тканини ми розглянемо в § 12. Кров та лімфа мають рідку міжклітинну речовину й забезпечують транспортну функцію, що буде розглянуто далі.

М'язові тканини. Клітини м'язових тканин мають здатність до скорочення, що зумовлено функціонуванням у їхній цитоплазмі комплексів білків, зокрема актину й міозину. У м'язових тканинах порівняно невелика кількість міжклітинної речовини. Розрізняють посмуговану й гладеньку м'язові тканини. Посмуговану тканину поділяють на скелетну й серцеву (іл. 11).

Іл. 11. Різновиди м'язової тканини



Порівняйте різновиди м'язової тканини, виявіть риси схожості та відмінності.

Складниками скелетної тканини є витягнуті м'язові волокна, утворені злиттям окремих клітин-попередників. У їхній центральній частині упорядковано розташовані скоротливі білки, через що в полі зору оптичного мікроскопа добре помітне чергування світлих і темних ділянок. Ця особливість зумовлює здатність до більш сильних скорочень порівняно з гладенькою тканиною. Скелетна м'язова тканина утворює скелетні м'язи, язик тощо. Посмугована серцева тканина утворена поодинокими клітинами — кардіоміоцитами, внутрішній уміст яких організовано подібно до скелетних м'язових волокон. Це обумовлює більшу силу скорочення серцевого м'язу порівняно з іншими внутрішніми органами.

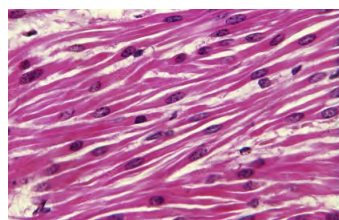


Вивчення будови тканин уможливорює застосування оптичного мікроскопа. Щоб впевнитися в цьому, проведемо лабораторне дослідження будови тканин, використавши мікропрепарати. Гладенька м'язова тканина складена з веретеноподібних клітин — міоцитів. Це одноядерні клітини, цитоплазма яких містить велику кількість скоротливих білків (іл. 12, а). Цією тканиною утворені м'язові шари стінок внутрішніх органів, наприклад, кровоносних судин, травної та видільної систем тощо.

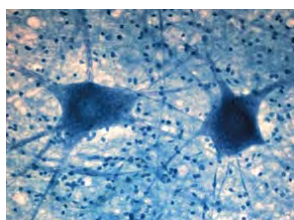


Нервова тканина. Основні клітини нервової тканини — нейрони — мають численні, часто дуже довгі відростки, якими ці клітини контактують з іншими нейронами, а також із м'язами й залозами. Допоміжні клітини нервової тканини — гліальні — виконують опорну, трофічну й захисну функції, що є необхідними для функціонування нейронів (іл. 12, б, в). Нервова тканина формує нервову систему.

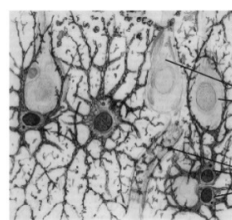
Іл. 12. Будова тканин: а — гладенька м'язова тканина (мікрофотографія); б — нервова тканина (мікрофотографія); в — схематичне зображення нервової тканини



а



б



в

Нейрони

Гліальні клітини



Сформулюйте мету й складіть план лабораторного дослідження будови гладенької м'язової та нервової тканини за допомогою світлового мікроскопа. Порівняйте особливості будови їхніх клітин, наявність міжклітинної речовини.



1. Перелічіть типи тканин організму людини. **2.** Опишіть основні функції груп тканин організму людини. **3.** На самостійно обраних прикладах поясніть взаємозв'язок будови та функції тканини. **4.** Оцініть значення знань про різноманітність тканин для розуміння функціонування організму людини.

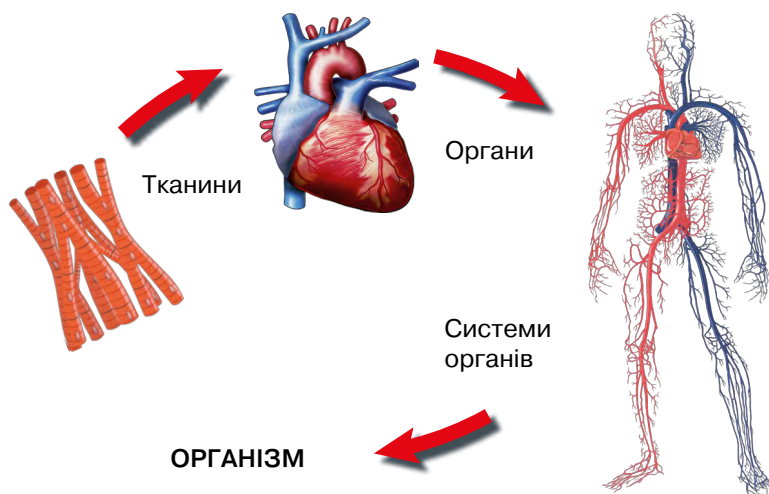
§ 4. Організм людини — саморегульована біологічна система



Вивчення біологічних об'єктів (клітини й організму) сприяло розумінню того, що кожен із цих об'єктів містить пов'язані між собою складники (пригадайте їх). Тому можна стверджувати, що клітина й організм є біологічними системами. Ці системи є відкритими, тобто отримують енергію з навколишнього середовища й обмінюються з ним речовиною та інформацією.

Організм людини як біологічна система. Пригадайте, що світ живого організований у вигляді сходинок, які називають рівнями організації живої природи. Рівні організації живої природи — це відносно одноманітні біологічні системи. Різні одиниці одного рівня утворюють наступний, вищий рівень. Людину можна вивчати на різних рівнях. На **молекулярному рівні** відбувається перебіг хімічних реакцій і перетворення енергії, зберігається спадкова інформація, закодована в молекулах нуклеїнових кислот. На **клітинному рівні** здійснюються процеси обміну речовин і перетворення енергії за участю органел клітини, забезпечуються процеси розмноження й передавання потомству спадкової інформації. Згадаємо, що **клітина** — це одиниця будови, життєдіяльності та розмноження організму, а отже процеси на клітинному рівні є підґрунтям його існування. Функціонування **організмowego рівня** забезпечується складною взаємодією тканин, органів та систем органів, за якої відбувається обмін речовин та енергії з навколишнім середовищем і розмноження (іл. 13).

Іл. 13. Складники організмowego рівня



Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Історія вивчення будови органів людини».

Органи як складники організму людини. Із тканин різного типу утворені окремі частини тіла — органи.

Орган — це складник організму, який має визначену форму й будову, утворений різними тканинами, які взаємодіють між собою, розташований у певній його частині та виконує одну або кілька функцій.

Органи утворюються всіма типами тканин, проте їхня частка може бути різною. Наприклад, основну масу серця складає м'язова тканина, підшлункової залози — епітеліальна, головного мозку — нервова. Анатомічно між різними органами можна провести досить чітку межу (іл. 14). Однак жоден орган не може функціонувати абсолютно незалежно від інших частин організму. У якості прикладу можна навести взаємодію між серцем та легеням під час фізичного навантаження.

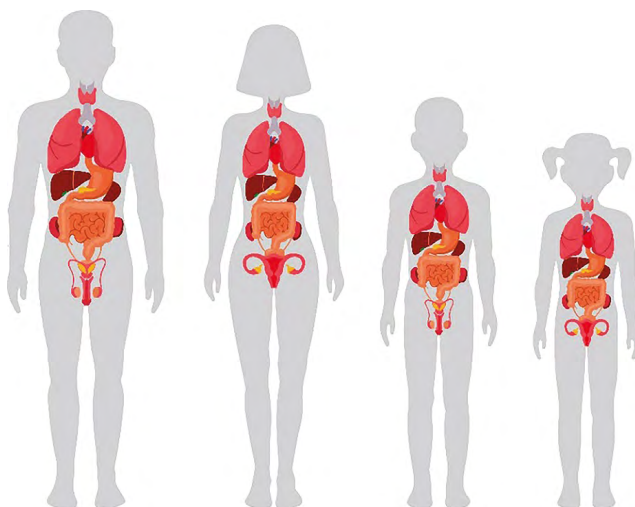
Системи органів. Органи об'єднані в систему органів, що вможливорює виконання спільної функції.

Фізіологічна система органів — сукупність органів, які часто анатомічно поєднані й функціонально взаємопов'язані.

В організмі людини виокремлюють такі фізіологічні системи органів:

- ✓ опорно-рухова, яка забезпечує формування структури тіла, механічний захист органів, здатність організму до різноманітних рухів;
- ✓ дихальна, яка постачає до організму кисень та видаляє вуглекислий газ;
- ✓ кровоносна, яка вможливорює транспортування різноманітних речовин по організму, а також бере участь у здійсненні імунних реакцій;
- ✓ травна, яка забезпечує механічне й хімічне оброблення їжі, всмоктування поживних речовин, води та вітамінів у кров;

Іл. 14. Органи організму людини



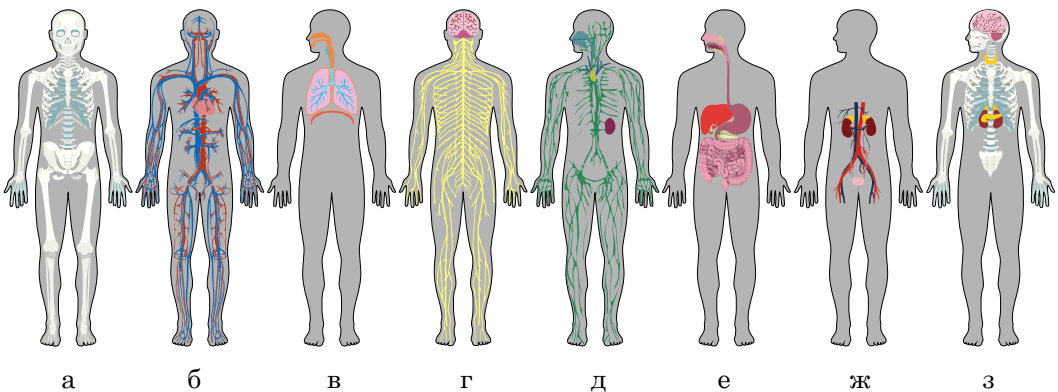
Розгляньте органи організму людини, наведені на ілюстрації. Які органи ви можете розпізнати? Які знання вам допомогли це зробити?

- ✓ видільна, яка вможливилює видалення продуктів обміну речовин;
- ✓ ендокринна, яка забезпечує регуляцію функціонування органів і координацію їхньої діяльності;
- ✓ нервова, яка забезпечує регуляцію функціонування організму, сприйняття інформації про навколишнє середовище, її аналізування та формування програми поведінки;
- ✓ імунна, яка забезпечує підтримку генетичної сталості організму й захист від збудників захворювань;
- ✓ статева, яка відповідальна за процеси, пов'язані з розмноженням (іл. 15).

Анатомічно деякі системи утворені органами, які формують відносно відокремлені частини організму (дихальна, травна системи). Та є системи органів, складені з компактних органів і розгалужених частин, що розташовані в різних ділянках організму, наприклад серце й кровоносні судини. Деякі органи й системи органів можуть працювати відносно незалежно одне від одного (наприклад серце й шлунок). інші мають досить чітко синхронізувати свою роботу (наприклад дихальна й кровоносна системи). В останньому випадку йдеться про функціональні системи органів.

Функціональна система органів — взаємоузгоджене об'єднання діяльності різних органів або фізіологічних систем, спрямоване на досягнення корисного для організму результату. Наприклад, надходження кисню до клітин і виведення з них вуглекислого газу здійснюється завдяки спільній роботі систем дихання, кровообігу й механізмів їхньої регуляції.

Іл. 15. Системи органів організму людини: а — опорно-рухова, б — кровоносна, в — дихальна, г — нервова, д — імунна, е — травна, ж — видільна й статева, з — ендокринна



Запропонуйте назви систем органів для заповнення пропусків у тексті.

«Під час перетину перехрестя ми отримуємо й аналізуємо інформацію про небезпеку за допомогою _____ системи. У разі зеленого сигналу світлофора ми прискорюємо рух, за що відповідає _____ система.

Регуляція функцій організму людини. Для нормального функціонування організму необхідна взаємодія всіх його складників на різних рівнях — клітин, органів і систем органів. Забезпечення такої координації є одним із найбільш важливих процесів. Як же вона забезпечується?

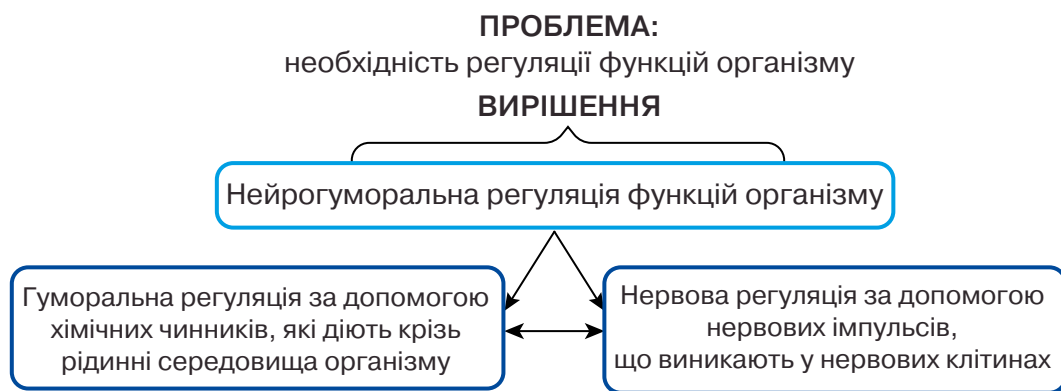
Для скоординованої роботи організму існують механізми регуляції. Нервову регуляцію забезпечує діяльність нервової системи. Основою функціонування нервової системи є передавання між нервовими клітинами нервових імпульсів. Інформацію про внутрішнє та навколишнє середовище організму сприймають спеціалізовані рецепторні клітини. Після оброблення ця інформація передається до органів, які забезпечують реакцію організму відповідно до умов існування.

Гуморальна регуляція здійснюється за допомогою хімічних речовин, які виділяються у внутрішнє середовище організму. Основними регуляторними речовинами є гормони, які виділяються в кров ендокринними залозами. Вони досягають органів і впливають на їхні клітини.

Згідно з уявленнями сучасної науки, імунна регуляція забезпечує запобігання інфекціям різної природи, знешкодження генетично змінених клітин власного організму, бере участь у регуляції запалення.

Для пристосування організму людини до мінливих умов навколишнього середовища та підтримки сталості внутрішнього середовища необхідна узгоджена робота нервової та ендокринної систем, яка обумовлюється їхнім взаємозв'язком. Взаємопов'язаний вплив нервової та гуморальної регуляції на організм називають **нейрогуморальною регуляцією** (іл. 16), з чим ви більш детально ознайомитеся із змісту параграфа 11.

Іл. 16. Нейрогуморальна регуляція функцій організму людини

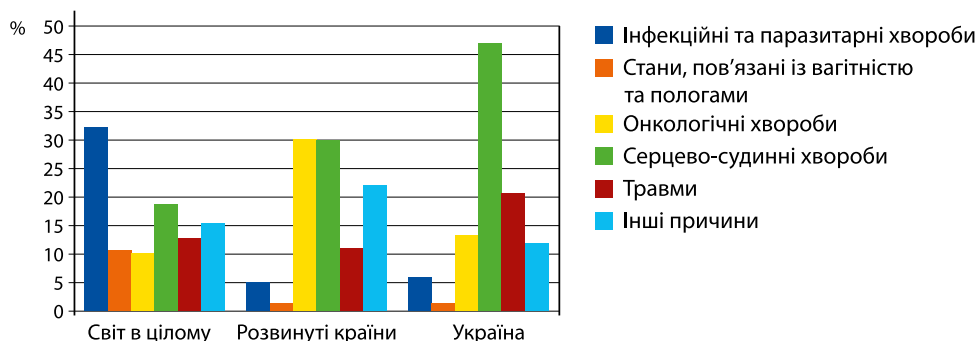


1. Дайте означення понять *орган*, *фізіологічна система органів*, *функціональна система органів*.
2. Назвіть функції фізіологічних систем органів.
3. Оцініть необхідність регуляції функцій організму.
4. Поясніть значення нервової, гуморальної та імунної регуляції.
5. Доведіть, що організм людини — саморегульована біологічна система.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та дайте відповіді на тестові завдання

Наслідками хвороб є втрата людьми днів повноцінного життя та працездатності, а багато захворювань після одужання можуть залишати наслідки, які призводять до скорочення тривалості та якості життя. ВООЗ розраховує низку параметрів, які дозволяють оцінити втрачені роки потенційного життя внаслідок порушень здоров'я. На діаграмі наведено вплив (%) груп хвороб і станів організму людини на втрату років потенційного життя населення різних країн.



Вплив (%) груп хвороб і станів організму людини на втрату років потенційного життя за всіма країнами світу, економічно розвиненими країнами та Україною (усереднені дані)

Завдання 1. Найбільший вплив на зменшення років потенційного життя поміж населення усіх країн світу мають

- А травми
- Б онкологічні хвороби
- В серцево-судинні хвороби
- Г інфекційні та паразитарні хвороби

Завдання 2. Правильну послідовність в напрямку зменшення впливу (%) груп хвороб на втрату років потенційного життя в Україні наведено в рядку

- А онкологічні хвороби — серцево-судинні хвороби — травми
- Б серцево-судинні хвороби — травми — онкологічні хвороби
- В онкологічні хвороби — травми — серцево-судинні хвороби
- Г травми — онкологічні хвороби — серцево-судинні хвороби

Завдання 3. Учень й учениця обговорювали наведену інформацію щодо населення розвинених країн. Учень стверджував, що на перших позиціях серцево-судинні та онкологічні хвороби. Учениця зауважила, що в порівнянні із всіма країнами світу у розвинених країнах менша частка інфекційних та паразитарних хвороб.

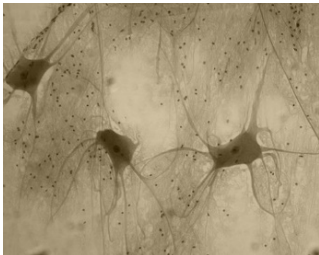
Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 балів)

1. Наука, яка вивчає процеси життєдіяльності організму, — це
 - А екологія
 - Б анатомія
 - В генетика
 - Г фізіологія
 2. Винайдення вакцинації на сьогодні уможливило зниження рівня смертності від
 - А травм та опіків
 - Б інфекційних захворювань
 - В онкологічних захворювань
 - Г серцево-судинних захворювань
 3. Унаслідок проведених досліджень в крові людини було виявлено підвищений рівень холестерину в порівнянні із нормою. Метод, який було застосовано, —
 - А мікробіологічний
 - Б цитологічний
 - В гістологічний
 - Г біохімічний
 4. Розпізнайте тканину, мікрофотографію якої подано.
 - А нервова
 - Б м'язова
 - В хрящова
 - Г епітеліальна
- 
5. Перелік органів організму людини наведено в рядку
 - А нирки, миготливий епітелій
 - Б шлунок, кубічний епітелій
 - В серце, легені
 - Г кров, печінка
 6. Система органів, яка забезпечує транспортування речовин по організму людини, — це
 - А травна
 - Б нервова
 - В кровоносна
 - Г опорно-рухова

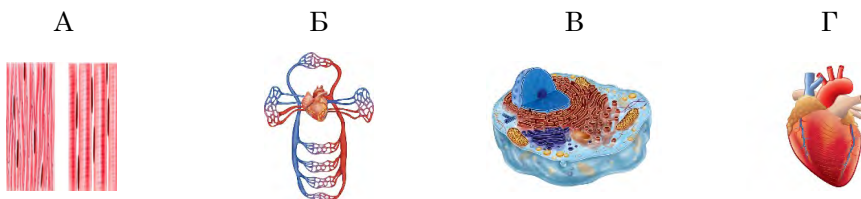
Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Яке спадкове захворювання можна виявити за допомогою вивчення кількості хромосом в ядрі?
 - А грип
 - Б малярію
 - В дизентерію
 - Г синдром Дауна

8. Здатністю до скорочення характеризуються клітини

- А одношарового плоского епітелію
- Б позмугованої м'язової тканини
- В пухкої сполучної тканини
- Г кісткової тканини

9. Зображення органа організму людини позначено буквою



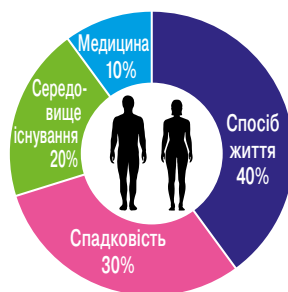
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бали)

10. Соціальне здоров'я характеризує нормальність

- А будови тіла та окремих органів
- Б протікання фізіологічних процесів
- В перебігу процесів мислення й пам'яті
- Г взаємодії людини з іншими членами суспільства

11. На уроці біології учень й учениця обговорювали вплив на організм людини чинників, наведених на діаграмі. Учень зазначив, що найбільше на здоров'я людини впливає якість середовища існування. Учениця зауважила, що на діаграмі частка впливу на здоров'я людини розвитку медицини є найменшою. Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помиляються



Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Доберіть правильне продовження кожного наведеного речення.

Зниження рівня

смертності,

спричиненої інфікуванням

бактеріями, відбулося

внаслідок відкриття

Розвиток

генетики

вможливив

пояснення

Вивчення

будови клітин

організму людини

обумовлено

розвитком

1 гормонів

2 ферментів

3 антибіотиків

1 гігієнічних вимог

2 причин інфекційних

захворювань

3 закономірностей

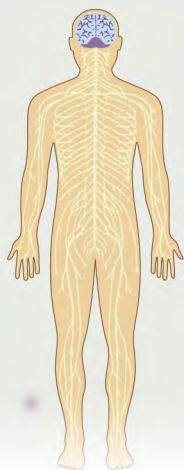
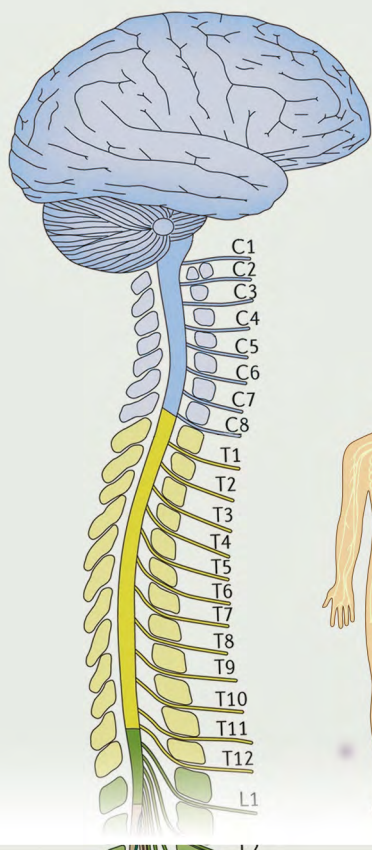
успадкування ознак

організмом

1 генетики

2 цитології

3 мікробіології



ТЕМА 2

РЕГУЛЯТОРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ



§ 5. Гомеостаз — сталість стану організму

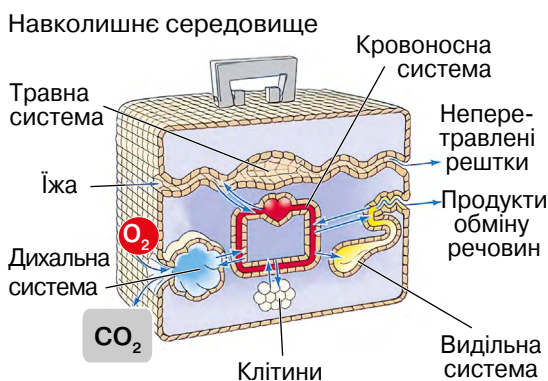


Ідея, що організми підтримують сталість через ряд контрольованих процесів, була сформульована ще в 1920-х роках Волтером Кенноном. Він дійшов цього висновку, досліджуючи емоції, про які ми дізнаємось у дев'ятій темі.

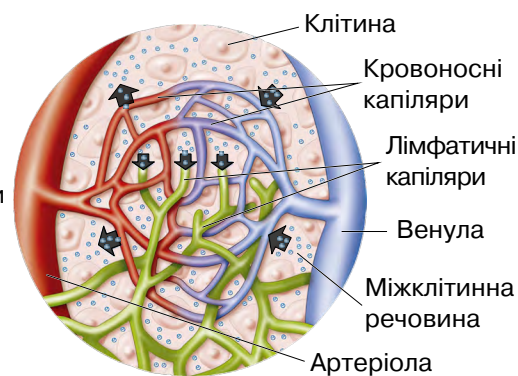
Організм як відкрита система. Наш організм можна уявити як відносно ізольовану систему, між якою та навколишнім середовищем відбувається обмін речовин та енергії (іл. 17). Травна система забезпечує організм поживними речовинами, частина яких використовується для побудови складників, частина — розщеплюється з вивільненням енергії для забезпечення протікання різноманітних процесів. Дихальна система постачає потрібний для цього кисень і видаляє утворений унаслідок окиснення вуглекислий газ. Видільна система виводить продукти обміну речовин з організму. Зв'язок між описаними системами та всіма клітинами організму здійснює кров, що циркулює в кровоносних судинах. Обмін речовин та енергії з навколишнім середовищем уможливорює утворення **внутрішнього середовища організму**, тобто середовища, у якому функціонують усі клітини організму людини.

Поняття гомеостазу. Клітини оточені міжклітинною речовиною, проте її склад визначається обміном між нею та іншими взаємопов'язаними рідинами організму, зокрема кров'ю та лімфою. Обмін між клітинами та міжклітинною речовиною необхідний для постачання їх поживними речовинами та виведення продуктів обміну (іл. 18).

Іл. 17. Організм як відкрита система



Іл. 18. Утворення міжклітинної речовини



Міжклітинна речовина утворюється внаслідок обмінних процесів між клітинами та капілярами.



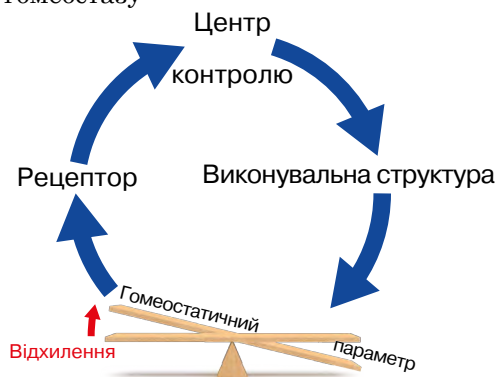
Які факти свідчать про те, що організм людини — відкрита система? Чи може будь-який організм існувати незалежно від навколишнього середовища?

Більша частина профільтрованої рідини повертається до кровоносних судин. Решта повертається до кров'яного русла крізь лімфатичні капіляри. У такий спосіб відбувається постійний рух рідин в організмі. Від сталості їхнього хімічного складу залежить функціонування всіх клітин, тому важливою особливістю живого є гомеостаз.

Гомеостаз — сталість параметрів внутрішнього середовища організму. Розглянемо схему механізму підтримки гомеостазу, на якій позначено основні складники (іл. 19). Регульований або гомеостатичний параметр — це значення певного показника функціонування організму, яке має підтримуватися на визначеному рівні. Рецептор — спеціалізована структура, яка здатна сприймати значення цього параметра. Виконувальна структура — м'яз або залоза, робота яких впливає на значення регульованого параметра. Для пояснення наведемо опис терморегуляції в організмі. Прикладом параметра нам послугує температура тіла, яка є важливим чинником, адже від неї залежить перебіг усіх біохімічних реакцій (іл. 20). Чутливі клітини (терморецептори) здатні дуже точно сприймати її зміни. Під час зниження температури запускаються фізіологічні процеси, направлені на вироблення теплоти: починають асинхронно скорочуватися м'язи, ми тремтимо. Під час підвищення температури тіла (певно кожен це відчував, коли хворів і мав лихоманку) запускаються реакції, направлені на її зниження: інтенсивне виділення поту, що, випаровуючись, забирає надлишкову теплоту.

У наступних параграфах ми розглянемо три способи забезпечення гомеостазу: нервовий, гуморальний та імунний.

Іл. 19. Схема механізму підтримки гомеостазу



Іл. 20. Терморегуляторні реакції людини



Проаналізуйте наведений у тексті параграфу опис терморегуляції. Доберіть до кожного складника механізму підтримки гомеостазу (іл. 19) приклад з опису.



1. Дайте означення поняття *гомеостаз*. **2.** Поясніть роль фізіологічних систем у функціонуванні організму як відкритої системи. **3.** Схарактеризуйте схему підтримки гомеостазу. **4.** Наведіть приклади гомеостатичних параметрів організму людини. **5.** Які регуляторні системи підтримують гомеостаз організму?

§ 6. Принципи нервової регуляції



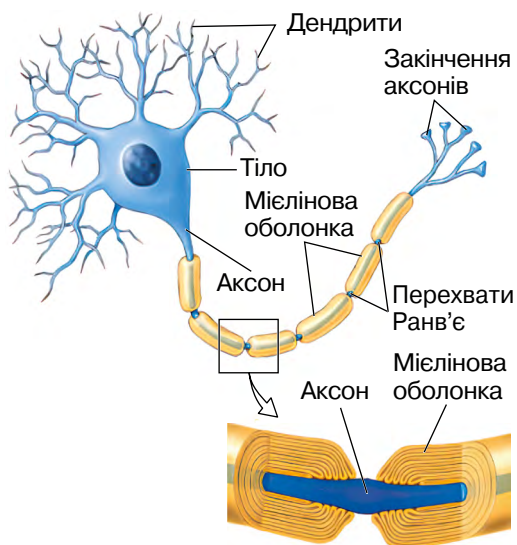
Контакт нейронів — синапс — це одна з найскладніших структур нервової системи. Проблеми в їхньому функціонуванні зумовлюють розвиток понад 100 нервових і психічних захворювань. Дослідження синаптопатій є важливим напрямом сучасної нейробіології.

Функціонування нервової системи забезпечує нервову регуляцію організму, що здійснюється шляхом передавання між клітинами нервових імпульсів, які мають електричну природу.

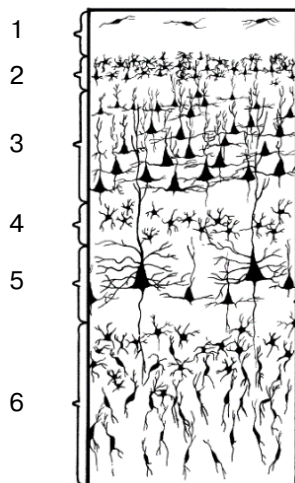
Будова нейронів. Нервові клітини — **нейрони** — мають тіло та відростки (іл. 21). Тіло є основною частиною клітини, де розташовані ядро та інші клітинні структури. Відростки одного типу — дендрити — слугують для сприйняття подразнень подразників як із навколишнього середовища, так і від інших клітин. Від тіла відходить аксон, яким нервовий імпульс прямує до інших клітин. Часто аксони вкриті мієліновою оболонкою, що утворена спеціалізованими гліальними клітинами. Вона виконує подібні до ізоляції електричних дротів функції та прискорює поширення збудження. У різних нейронів тіла та відростки можуть бути різних форм і розмірів (іл. 22).

Поняття синапсу. Для обміну інформацією нейрони формують спеціалізовані міжклітинні контакти — **синапси**, утворені пре- й пост-синаптичними мембранами двох клітин (іл. 23). Між ними існує синаптична щілина. Її розмір порівняно невеликий, але недостатній, аби нервовий імпульс з однієї клітини безпосередньо перейшов на іншу.

Іл. 21. Будова нейрона



Іл. 22. Різноманітність нейронів кори великих півкуль



У шарах 3 й 5 переважають нейрони пірамідної форми, у 2 й 4 — зернисті клітини.

Тому для цього нейрони використовують обмін спеціалізованими хімічними сполуками — **нейромедіаторами**. Вони містяться в численних мембранних пухирцях, розташованих у пресинаптичному розширенні аксону. Надходження нервового імпульсу, тобто збудження нервового закінчення, приводить до вивільнення вмісту цих пухирців у синаптичну щілину. Дифузією нейромедіатор досягає постсинаптичної мембрани. Її основними білковими складниками є молекули-рецептори, чутливі до нейромедіатора, а також йонні канали, здатні генерувати на постсинаптичній мембрані електричні коливання. На відміну від нервового імпульсу, який поширюється аксонами та завжди є проявом збудження, на постсинаптичній мембрані може виникати як збудження, так і гальмування. Останнє проявляється як ускладнення виникнення на постсинаптичному нейроні нервового імпульсу. Гальмування відіграє важливу роль у нервовій діяльності. Зокрема, воно потрібно аби «вимкнути» непотрібні для здійснення певних рухів м'язи. Нестача гальмування супроводжується розвитком надмірного збудження, що може проявлятися як захворювання, зокрема епілептичний напад.

Як нейромедіатори в нервовій системі використовуються десятки речовин. Головним збуджувальним нейромедіатором у мозку є глутамат, головним гальмівним — гамма-аміномасляна кислота (ГАМК); на периферії ацетилхолін передає збудження з нервів на скелетні м'язи, а також разом із норадреналіном впливає на роботу внутрішніх органів.

Синапси — це не просте перемикання потоків інформації на зразок з'єднаних електричних дротів, їхня ефективність може змінюватися в часі.

Іл. 23. Будова синапсу



На іл. 22 (шар 5) можна бачити одні з найбільших нейронів головного мозку — це великі пірамідні нейрони або клітини Беца, названі на честь видатного українського анатома Володимира Беца (1834–1894). Підготуйте повідомлення про наукові досягнення цього вченого й громадського діяча.

Деякі синапси можуть полегшувати передавання інформації, інші — блокувати її. Ба більше: синапси можуть зникати або утворюватися. Такі процеси називають синаптичною пластичністю, вони лежать в основі нашої здатності до навчання (іл. 24).

Рефлекторний принцип нервової регуляції. Нервова регуляція функцій організму здійснюється за рефлекторним принципом.

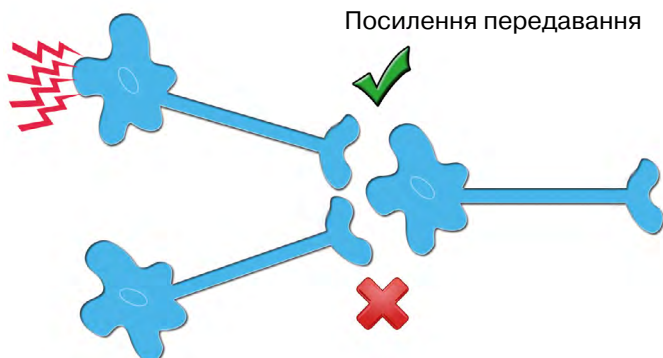
Рефлекс — це відповідь на подразнення, зумовлена функціонуванням нервової системи. Розрізняють вроджені, або безумовні, рефлексии та набуті, або умовні, рефлексии. Безумовний рефлекс можна розглянути на прикладі простої захисної реакції — відсмикування руки під час торкання гарячого предмета (іл. 25). До її здійснення залучені кілька різних за функціями типів нейронів.

Чутливі, або сенсорні нейрони проводять нервові імпульси від органів чуття до центральної нервової системи. У найпростішому випадку вони безпосередньо сприймають певні подразники. Саме такі нейрони забезпечують сприйняття шкірою температурного больового подразника (іл. 25). На чутливих закінченнях (дендритах) виникають нервові імпульси, які аксонами передаються до спинного мозку. Деякі сенсорні нейрони сприймають параметри внутрішнього середовища організму (наприклад температуру, рівні глюкози або вуглекислого газу, ступінь розтягнення стінок органів), а відтак є важливими для забезпечення гомеостазу.

Рухові, або моторні нейрони передають збудження від центральної нервової системи до виконавальних структур, якими можуть бути м'язи або залози. Відповідно, саме їх вплив призводить до рухів частин тіла

Іл. 24. Принцип синаптичної пластичності

АКТИВНИЙ НЕЙРОН



НЕАКТИВНИЙ НЕЙРОН

Немає змін
або зникнення синапсу



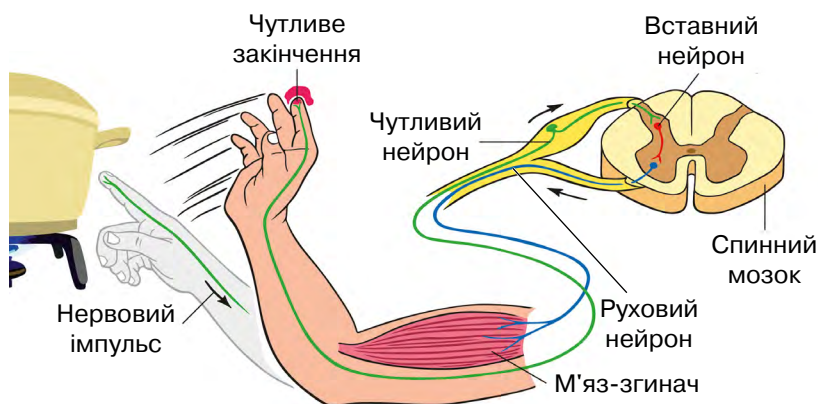
Синаптична пластичність лежить в основі нашої здатності до навчання. Поміркуйте, чому ми повинні регулярно тренуватися, аби зберігати сформовані навички.

або змін роботи внутрішніх органів. У випадку відсмикування руки це мотонейрони спинного мозку, аксони яких прямують до м'язів згиначів ліктьового суглобу (іл. 25).

Проміжні, або інтернейрони, контактують виключно з іншими нейронами. Вони розміщені в межах центральної нервової системи, і забезпечують аналізування інформації, передавання збудження з чутливих нейронів до рухових. Деякі такі нейрони можуть бути гальмівними: вони блокують непотрібну активність. У нашому прикладі вони гальмують активність мотонейронів, що керують м'язами розгиначів ліктя, що заважали б відсмикуванню руки. Описана послідовність складників нервової системи «чутливі — вставні — рухові нейрони» називають рефлексорною дугою.

Рефлексорна дуга — сукупність складників нервової системи, які забезпечують рефлексорну відповідь на подразнення. У наведеному прикладі вона забезпечує захисну рухову реакцію. Є рефлексорні дуги, які забезпечують регуляцію роботи внутрішніх органів. Чутливі структури сприймають певний параметр внутрішнього середовища та передають його до центральної нервової системи, де інформація обробляється за участі інтернейронів і передається на виконання до моторних нейронів. Нервова система забезпечує функціонування великого числа рефлексорних дуг, які беруть участь у регуляції багатьох гомеостатичних параметрів. Як зазначалося раніше, нервові імпульси, у формі яких у нервовій системі передається інформація, мають електричну природу. Тому нервова система забезпечує найшвидші реакції, порівняно з іншими, рефлексорні відповіді можуть розвиватися через долі секунди після початку стимулу.

Іл. 25. Схема захисного рефлексу відсмикування руки



Проаналізуйте наведену схему рефлексу. Знайдіть на ній складники механізму підтримки гомеостазу, наведені в попередньому параграфі.



1. Дайте означення понять *нейрон*, *синапс*, *рефлекс*, *рефлексорна дуга*.
2. Назвіть найбільш поширені нейромедіатори.
3. Чим нейрони відрізняються від клітин інших типів?
4. Опишіть типи нейронів за функціями.
5. Поясніть принцип роботи синапсів.

§ 7. Огляд будови нервової системи

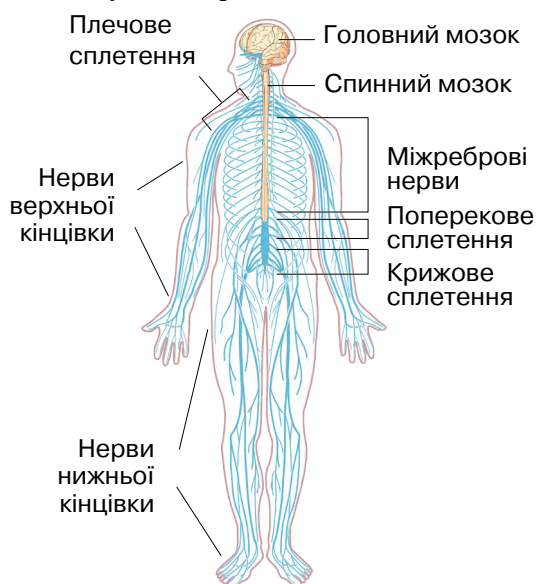


Виокремлюють два відділи нервової системи, що керують внутрішніми органами — симпатичний і парасимпатичний. Цікаво, що вони передають керівні команди до робочих органів різними нейромедіаторами: симпатичний — норадреналіном, а парасимпатичний — ацетилхоліном.

Анатомічні складники нервової системи. Анатомічно в нервовій системі виокремлюють **центральный і периферійний відділи**. Центральна нервова система (ЦНС) представлена спинним і головним мозком, а периферійна — сукупністю нервів і нервових вузлів (іл. 26). Нерви відходять від центральних відділів нервової системи: від спинного мозку — 31 пара спинномозкових, а від головного — 12 пар черепних нервів. Вони вкриті сполучнотканинною оболонкою й часто розташовані поруч із великими кровоносними судинами. За функціональною ознакою нервові волокна є чутливими або руховими. Чутливі контактують з органами чуття або безпосередньо утворюють чутливі закінчення. Ними збудження прямує від сенсорних складників до центральної нервової системи. Рухові волокна контактують із м'язами або залозами. Отже, чутливі волокна забезпечують надходження інформації до ЦНС, а рухові — здійснення керівних впливів на функціонування організму. Залежно від складу нервових волокон, нерви поділяють на чутливі, рухові й змішані.

Соматична й автономна нервові системи. Також розрізняють **соматичну й автономну** нервову систему. Перша іннервує скелетні

Іл. 26. Будова нервової системи



Іл. 27. Ситуація «Боротьба або втеча»



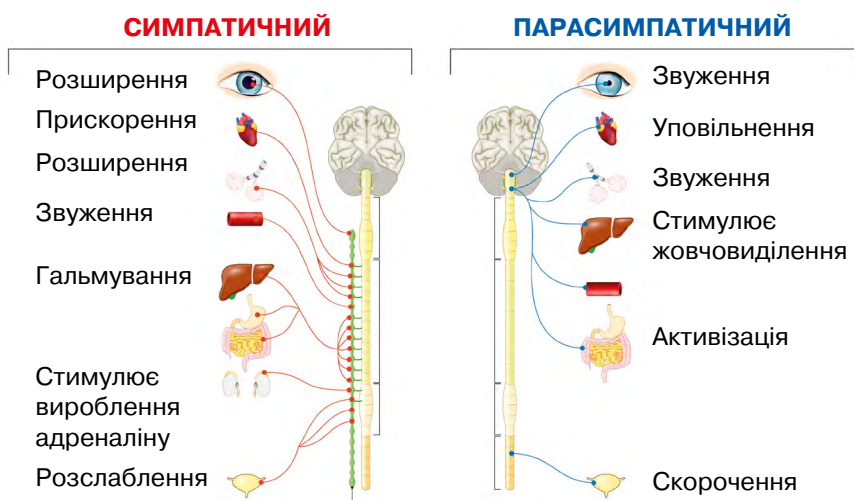
Підготуйте повідомлення про особливості будови симпатичного та парасимпатичного відділів автономної нервової системи.

м'язи та забезпечує здатність здійснювати рухи. Більша частина внутрішніх органів іннервується автономною нервовою системою. Мається на увазі, що вона функціонує автономно, незалежно від свідомості (адже ми не думаємо над тим, як саме скорочувати серце чи перетравлювати їжу). Також цей відділ називають вегетативним, маючи на увазі, що він забезпечує ніби вегетативні, «рослинні» функції — живлення, ріст тощо (на відміну від вищих психічних).

Зрозуміло, що забезпечення гомеостазу є головною функцією саме автономної нервової системи. У ній виокремлюють **симпатичний** і **парасимпатичний** відділи (іл. 28). У кожному відділі є нейрони двох рівнів. Тіло першого з них — передвузлового — розташоване в центральній нервовій системі. Його аксон прямує до периферійного нервового вузла (якого немає в соматичній нервовій системі), де міститься тіло другого нейрона. Післявузловий аксон іннервує певний внутрішній орган.

Загалом симпатична нервова система забезпечує реакції за типом «боротьба або втеча» (іл. 27). Її активація посилює реакції, направлені на витрати організмом енергії. Натомість парасимпатична нервова система забезпечує реакції, направлені на накопичення організмом енергії. До певної міри вони працюють як антагоністи. Зокрема, симпатична система прискорює серцебиття та гальмує травлення, а парасимпатична — навпаки. Проте ця закономірність не абсолютна. Наприклад, обидва відділи стимулюють слиновиділення, але склад слини при цьому різний. Під час вивчення організму людини ми розглянемо головні ефекти впливу обох відділів автономної нервової системи на різні системи органів.

Іл. 28. Відділи автономної нервової системи



1. Назвіть анатомічні відділи нервової системи та їхні складники. **2.** Опишіть функції чутливих і рухових нервів. **3.** Порівняйте соматичну й автономну нервові системи.

§ 8. Будова і функції спинного мозку



Спинний мозок — це циліндричний тяж завтовшки приблизно 1 см, розташований у спинномозковому каналі хребта. У центрі спинного мозку є канал, заповнений рідиною. Це є наслідком того, що під час ембріонального розвитку нервова система розвивається за типом трубки.

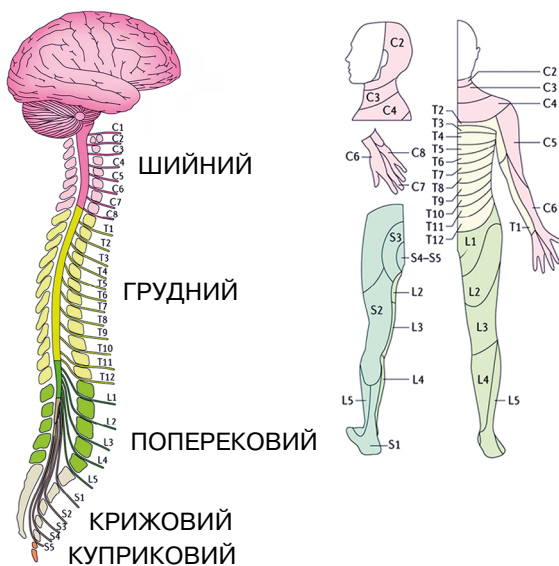
Будова спинного мозку. Спинний мозок є найнижчим рівнем центральної нервової системи. Його поділяють на 31–33 сегменти. Поміж них виділяють 8 шийних, 12 грудних, 5 поперекових, 5 крижових та 1–3 куприкові сегменти (іл. 29). На рівні першого шийного хребця він переходить у головний мозок, а на рівні другого поперекового хребця переходить у кінцеву нитку. Зовні спинний мозок укритий трьома оболонками, які виконують захисну функцію.



Сегменти спинного мозку мають подібну структуру (іл. 30). У них виокремлюють сіру й білу речовину. Сіра речовина утворена переважно тілами нейронів. Вона розташована в центрі й має характерну форму, що нагадує метелика. У сірій речовині виділяють передній і задній роги.

Від них за межі спинного мозку виходять передній і задній корінці. На задньому корінці є стовщення — спинномозковий вузол, у якому розташовані тіла чутливих нейронів. Їхній периферійний відросток формує чутливі закінчення, а центральний відросток прямує до спинного мозку в складі заднього корінця. Передні роги сірої речовини

Іл. 29. Загальна будова спинного мозку



На рисунку сегменти спинного мозку різних відділів позначено латинськими буквами (C, T, L, S) та числами (1, 2, 3 тощо). Іннервовані ними ділянки тіла відповідно позначено тими ж буквено-числовими позначеннями.

Проаналізуйте й оцініть узгодженість між розташуванням сегментів спинного мозку та іннервованих ними ділянок тіла.

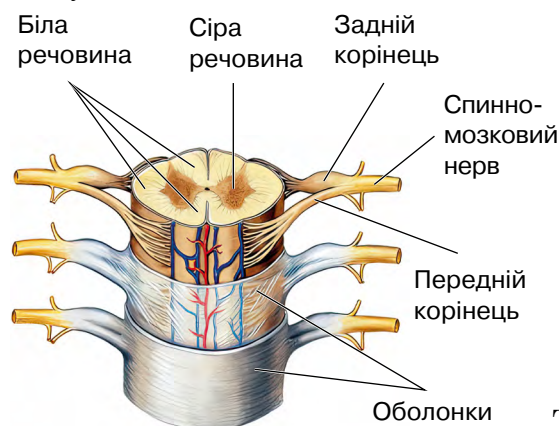
містять тіла рухових нейронів, аксони яких виходять у складі переднього корінця і прямують до скелетних м'язів. Отже, задній кінець є чутливим, а передній — руховим. Вони зливаються і утворюють змішаний спинномозковий нерв. Біла речовина спинного мозку утворена переважно аксонами нейронів, які передають інформацію від спинного мозку до головного, від головного до спинного або між різними сегментами спинного мозку. Вона ділиться сірою речовиною на три канатики: передній, бічний і задній. Ознайомитися з будовою спинного мозку можна за його зображеннями, на яких добре видно сіру та білу речовину, роги сірої речовини та канатики білої речовини (іл. 31).

Сегменти спинного мозку виділяють відповідно до місця виходу корінців. Кожен сегмент дає початок парі нервів, які іннервують відповідні частини тіла (іл. 29). Чутливі нейрони отримують інформацію від рецепторів шкіри та м'язів. Мотонейрони іннервують поперечно-посмуговані м'язи тулуба й кінцівок. Руйнування заднього корінця призводить до втрати чутливості певної ділянки тіла з боку ураження. Руйнування переднього корінця призводить до втрати здатності до рухів (паралічу) відповідної ділянки тіла з боку ураження.

Функції спинного мозку. Функції цього відділу ЦНС можна об'єднати у дві основні групи: провідникову та рефлексорну.

Провідникову функцію забезпечують волокна білої речовини. Висхідними шляхами збудження від чутливих нейронів передається до

Іл. 30. Структура сегменту спинного мозку



Іл. 31. Структура сірої та білої речовини в різних сегментах спинного мозку



Темним пофарбовані мієлінізовані волокна.



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження будови спинного мозку за допомогою рисунків, світлин, моделей, пластинчастих препаратів. Порівняйте кількість білої речовини в сегментах, розташованих на різних рівнях. Із чим, на вашу думку, пов'язані ці відмінності?

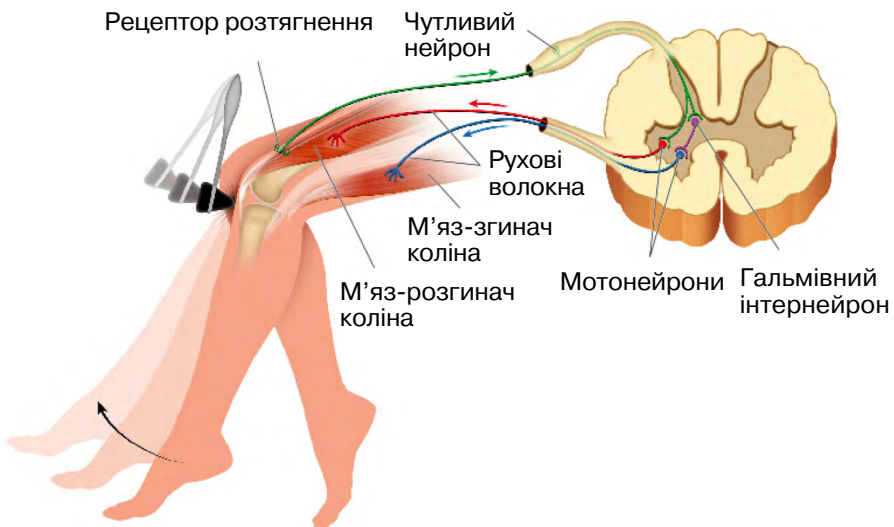
головного мозку. У такий спосіб нервова система отримує інформацію від тактильних, температурних і больових рецепторів шкіри, а також від рецепторів м'язів і сухожилків та частини внутрішніх органів. Низхідними шляхами збудження передається від головного мозку до рухових нейронів. Збудження або гальмування цих нейронів уможливорює зміни роботи іннервованих м'язів або залоз.

Рефлекторна функція полягає в координації роботи м'язів і регуляції діяльності внутрішніх органів. Ці процеси забезпечуються функціонуванням рефлекторних дуг. У межах спинного мозку замикається багато рефлекторних дуг. Рефлекси, які забезпечуються спинним мозком, можна розділити на вісцеральні й соматичні.

До вісцеральних рефлексів спинного мозку належать рефлекс сечовиділення, дефекації, статеві тощо, які регулюються на рівні крижових сегментів. Вони можуть контролюватися вищими відділами нервової системи.

Соматичні рефлекси забезпечують рухові реакції м'язів тулуба й кінцівок. До них, зокрема, належать рефлекс розтягнення м'язів, прикладом яких є колінний рефлекс (іл. 32). Для його перевірки по сухожилку під наколінком розслабленої і зігнутої ноги наносять несильний удар молоточком. Під час цього відбувається розтягнення сухожилка й м'язу, що сприймається внутрішньом'язовими механорецепторами. Збудження від чутливих закінчень чутливим волокном прямує до сірої речовини спинного мозку. Там відбувається

Ил. 32. Схема колінного рефлексу



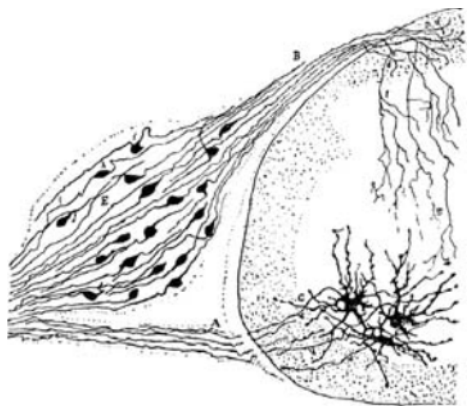
Поясніть значення гальмівного нейрона в рефлекторній дузі колінного рефлексу.

синаптичне перемикання з чутливого нейрона на мотонейрон, який іннервує чотириголовий м'яз стегна. Активація цього мотонейрона спричинює скорочення м'язу, унаслідок чого відбувається часткове розгинання кінцівки (іл. 32). Одна з перших ілюстрацій будови спинного мозку, зокрема, відображала контакти аксонів чутливих нейронів із великими мотонейронами переднього рогу спинного мозку (іл. 33).

Описана рефлекторна дуга містить всього один синапс у межах центральної нервової системи. Інші рефлекси можуть бути складнішими, а їхні рефлекторні дуги можуть містити не лише чутливий і руховий, а й один або кілька інтернейронів, як збуджувальних, так і гальмівних. При больовому подразненні кінцівки спостерігаються захисні згинальні або розгинальні рефлекси, приклад якого ми розглянули в попередньому параграфі. Механічне подразнення шкіри призводить до розвитку чухального рефлексу, який направлений на видалення зі шкіри подразника.

Варто відмітити, що участь спинного мозку в руховій діяльності організму не обмежується простими рефлекторними реакціями. До його мотонейронів прямують низхідні волокна, якими передаються керівні команди, зокрема про довільні рухи, що ми їх хочемо виконати. Окрім цього, інтернейрони спинного мозку утворюють складні функціональні об'єднання, які забезпечують ритмічне збудження та гальмування мотонейронів м'язів антагоністів, що необхідне для забезпечення ряду ритмічних рухів, зокрема ходіння.

Іл. 33. Одна з перших ілюстрацій будови спинного мозку (Сантьяго Рамон-і-Кахаль, 1890)



Видно тіла чутливих нейронів спинномозкового вузла, аксони деяких із них контактують із великими мотонейронами переднього рогу.



1. Схарактеризуйте будову спинного мозку. **2.** Поясніть різницю будови і функцій сірої та білої речовини. **3.** Оцініть провідникову й рефлекторну функцію спинного мозку. **4.** Опишіть колінний рефлекс. **5.** Які рефлекси регулюються спинним мозком?

§ 9. Будова і функції головного мозку



Головний мозок налічує 86 млрд нейронів і приблизно стільки ж гліальних клітин. Цікаво, що найбільша кількість нервових клітин міститься в мозочку, а не в корі великих півкуль. Тривалий час була поширена думка, що ми використовуємо мозок лише на 10 %, проте сучасна наука каже, що це лише міф. Мозок працює повністю.

Загальний план будови головного мозку. Головний мозок розташований у порожнині черепа (іл. 34).



На моделях і зображеннях можна побачити, що в головному мозку вирізняються три основні складники:

півкулі кінцевого мозку, на які припадає більша частина об'єму;
стовбур, який ніби лежить в основі півкуль;

мозочок — невелика структура, що нагадує півкулі великого мозку.

У глибині головного мозку існують порожнини, заповнені спинномозковою рідиною — шлуночки мозку; ця ж рідина омиває мозок зовні. За особливостями будови й ембріонального походження виокремлюють кілька відділів головного мозку: довгастий, міст, мозочок, середній, проміжний і кінцевий. Розпізнати їх можна на рисунках і моделях будови головного мозку (іл. 35).

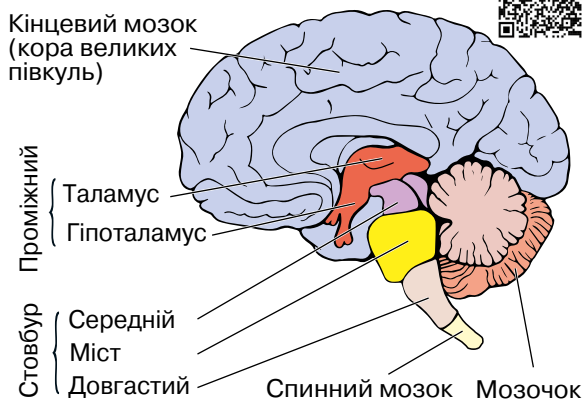
Окрім спинномозкових, до периферійної нервової системи належать 12 пар черепних нервів (іл. 36). За функціональною ознакою

Іл. 34. Загальний вигляд головного мозку людини



Можна бачити борозни, звивини, великі вени й оболонки мозку.

Іл. 35. Структура головного мозку



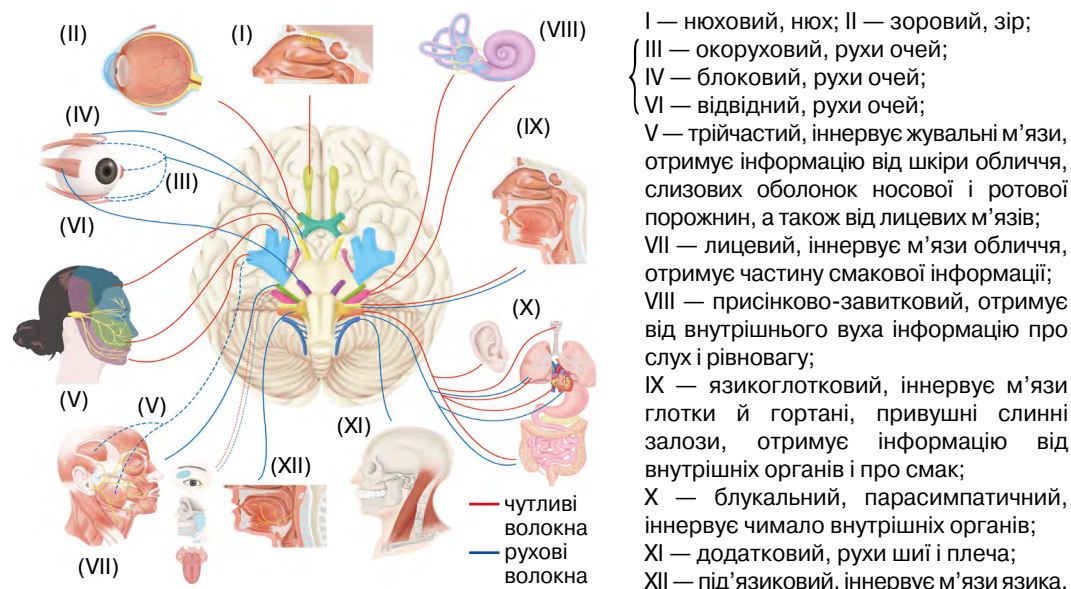
Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження будови головного мозку за допомогою рисунків, світлин і тривимірних моделей. Провідні дослідницькі установи створили кілька тривимірних моделей головного мозку, доступних онлайн. Знайдіть одну з них та ознайомтеся з будовою цього органу. Розпізнайте відділи головного мозку, порівняйте їхні розміри.

не всі з них є змішаними: деякі виключно рухові, а деякі — виключно чутливі.

Довгастий мозок. Довгастий мозок є найнижчим відділом головного мозку. Як і в інших частинах стовбуру, у ньому виділяють сіру й білу речовину. Сіра речовина формує скупчення — ядра, які лежать усередині білої речовини. Ядра сформовані тілами нейронів, а біла речовина — їхніми аксонами. Функції довгастого мозку можна об'єднати у дві головні групи. Провідникова функція полягає в проведенні інформації від спинного мозку до вищих відділів головного мозку й у зворотному напрямку. Зрозуміло, що ця функція притаманна й іншим відділам мозку. Рефлекторна функція зумовлена тим, що довгастий мозок забезпечує вегетативні рефлекси, як-от слиновидільний, смоктання, ковтання, захисні (блювотний, кашель, чхання) тощо. Окрім цього, у довгастому мозку містяться дихальний і судиноруховий центри, які беруть участь у регуляції дихання та кров'яного тиску. Травмування головного мозку нижче дихального центру призводить до смерті внаслідок зупинки дихання.

Міст. Ядра цього відділу регулюють важливі рефлекси, які можна розподілити на вегетативні й соматичні. До вегетативних рефлексів належать реакції, пов'язані зі слиновиділенням, слюзовиділенням і потовиділенням, а також із жуванням і ковтанням. Важливе значення для організації рухової діяльності мають ґрунтовані на інформації від вестибулярного апарату рефлекси, які забезпечують підтримання рівноваги й положення тіла в просторі.

Іл. 36. Черепні нерви людини та їхні функції

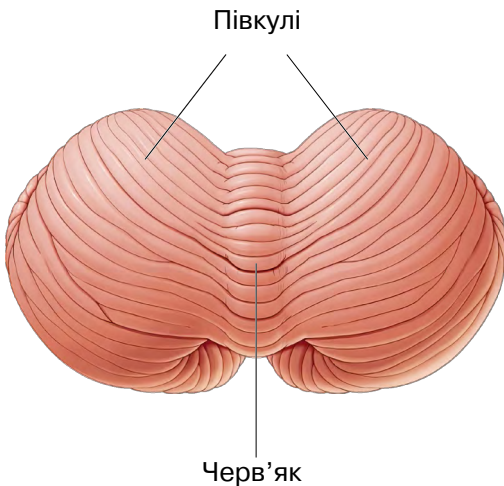


Мозочок. Цей відділ сформований як виріст задньої частини стовбура мозку. Він складається з двох півкуль і розміщеного між ними непарного черв'яка (іл. 37). Поверхня мозочка вкрита корою, будова якої дещо відмінна від кори великих півкуль (іл. 38). Основною функцією мозочка є координація рухів. Порівнюючи стан м'язів і передану до мозочка від моторної кори програму дій, мозочкові нейромережі оцінюють точність рухів і за потреби надсилають коригувальні команди. Завдяки цьому рухи стають плавними й акуратними. Ураження мозочка не супроводжується паралічем, проте рухи стають неточними, спостерігається тремтіння кінцівок під час виконання дій, уповільнення заміни одного руху на інший. Із часом такі ураження можуть компенсуватися діяльністю інших відділів головного мозку, і рухова діяльність людини частково або повністю відновлюється.

Середній мозок. У складі середнього мозку виділяють чотиригорбкове тіло, утворене двома парами горбків — верхніми та нижніми. Нейрони нижніх горбків отримують слухову інформацію, а верхніх — зорову. Ця структура забезпечує орієнтувальні реакції під час появи раптових подразників, а також спряжені рухові реакції (узгодження рухів очей, зміну діаметра зіниці під час зміни рівня освітлення, повертання очей і голови тощо). Два важливі складники середнього мозку — червоне ядро та чорна речовина — забезпечують допоміжні реакції в системі регуляції рухів тулуба та кінцівок.

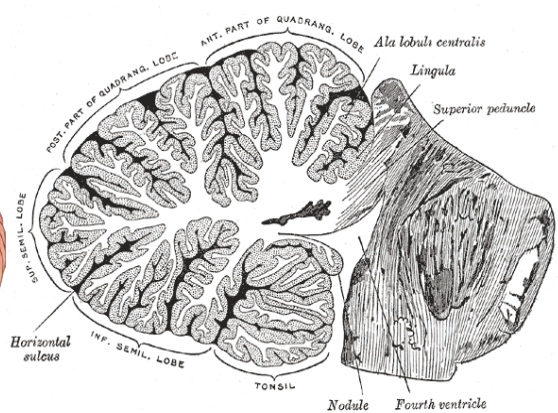
Окрім анатомічно виокремлених ядер, стовбур головного мозку містить низку функціонально поєднаних, але розкидано розташованих

Іл. 37. Структура мозочка людини



Видно численні складки кори, які називають листками мозочка.

Іл. 38. Переріз крізь черв'як мозочка



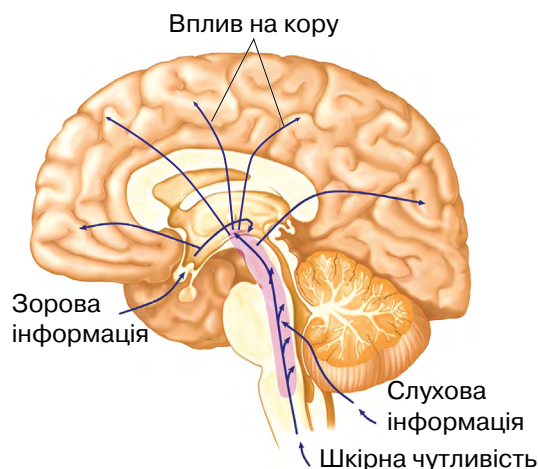
Білу речовину всередині листків мозочка через характер її галузження образно називають «деревом життя» (*arbor vitae*).

нейронів. Їх називають ретикулярною формацією або сітчастим утвором. Ретикулярні нейрони отримують інформацію відгалуженнями всіх основних сенсорних потоків. Вплив сітчастого утвору на кору є переважно збуджувальним, завдяки йому активність кори мозку підтримується на оптимальному для аналізування сенсорної інформації рівні (іл. 39). За умов обмеження потоку збудження від органів чуття ступінь активності ретикулярної формації знижується, відповідно зменшується й рівень активації кори — людина засинає.

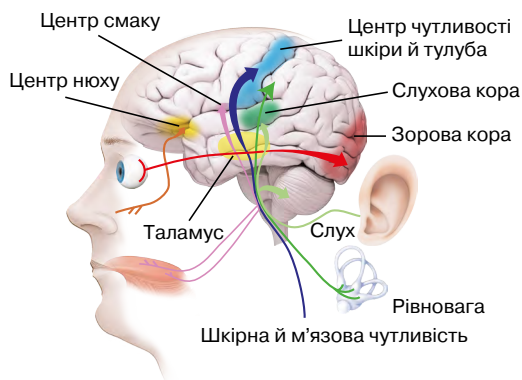
Проміжний мозок. Цей відділ утворений таламусом, гіпоталамусом, епіфізом і гіпофізом. Головною структурою є таламус, нейрони якого мають численні зв'язки з іншими складниками нервової системи: спинним мозком, мозочком, кінцевим мозком тощо. Деякі ядра таламуса виконують перемикальну сенсорну функцію: ними від сенсорних структур до кори великих півкуль прямує вся чутлива інформація, за винятком нюхової (зорова, слухова, тактильна, больова, смакова, вестибулярна) (іл. 40). «Моторні» ядра залучені до регуляції рухів, вони працюють разом із моторною корою, мозочком та основними ядрами кінцевого мозку. Складніші за функціями асоціативні ядра залучені до складних процесів, як-от планування поведінки, переключення між різними стратегіями, прийняття рішень, навчання та формування пам'яті тощо.

Гіпоталамус є вищим інтегративним центром автоматичних, соматичних і ендокринних функцій, пов'язаних із регуляцією гомеостазу. Також до проміжного мозку належать гіпофіз та епіфіз,

Іл. 39. Висхідний збуджувальний вплив сітчастого утвору



Іл. 40. Таламус — «ворота» чутливої інформації на шляху до кори



Поміркуйте, зважаючи на функції сітчастого утвору, чому ми погано засинаємо в шумному та яскравому середовищі.

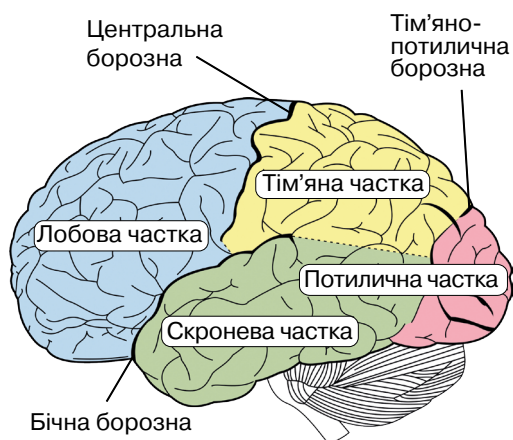
що виконують ендокринну функцію. Про них ми детальніше поговоримо в наступних параграфах.

Будова та функції кінцевого мозку. Цей відділ формує дві великі півкулі, які накривають собою практично всю стовбурову частину головного мозку. Його сіра речовина формує тонкий зовнішній шар — кору, а також ядра, що лежать біля основи мозку, а тому називаються основними або базальними. Біла речовина формує провідні шляхи, якими збудження передається від нижче розташованих нервових структур до кори, від кори в зворотному напрямку, а також між різними частинами кінцевого мозку. Найбільшим утворенням білої речовини є мозолисте тіло, крізь яке обидві півкулі обмінюються більшою частиною інформації.

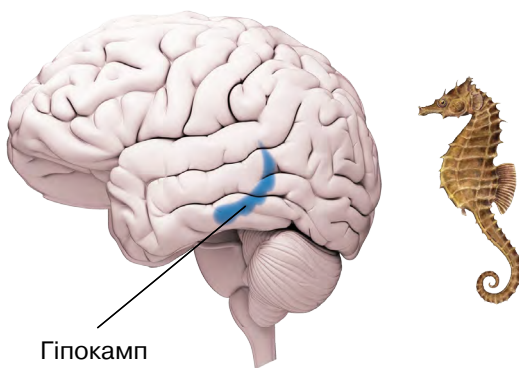
Основні ядра беруть участь у регуляції рухів (разом з моторними ядрами таламуса та чорною речовиною середнього мозку), вони є необхідними для формування моторних навичок і умінь, а також забезпечення процесів уваги.

Кора великих півкуль утворює численні складки, формуючи борозни й звивини. Три найбільші борозни — центральна, бічна й тім'яно-потилична — поділяють кору на чотири частки: лобову, тім'яну, скроневу й потиличну (іл. 41). Частина кори, яка оточує стовбур і гіпоталамус, утворює низку структур, що їх разом називають лімбічною системою. До її функцій відносять регуляцію емоцій. У глибині скроневої частки є важлива структура — морський коник, або гіпокамп (іл. 42). Його головними функціями є формування довготривалої пам'яті, орієнтування в просторі та просторова пам'ять.

Іл. 41. Структура кори великих півкуль



Іл. 42. Гіпокамп — мозкова структура пам'яті



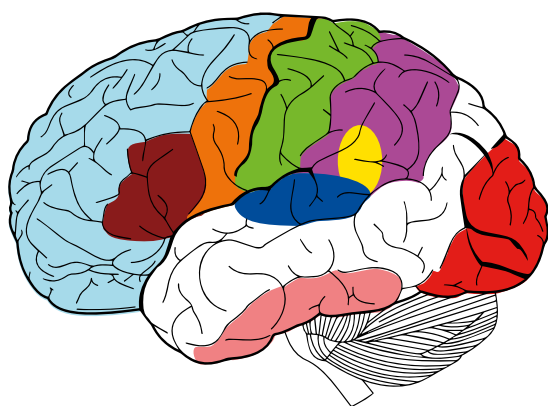
Існує думка, що за розміром мозку можна виявити, наскільки розумною є людина. Що з цього приводу думаєте ви? Якою є позиція сучасної науки?

Відшукайте інформацію про те, через що гіпокамп отримав свою назву.

Основною функцією кори великих півкуль є аналізування інформації, яка надходить сенсорними каналами, і формування за його результатами програми поведінки. Різні її ділянки мають певну функціональну спеціалізацію (іл. 43). Зокрема, потилична частка містить центральну частину зорової сенсорної системи, скронева частка — центр слуху, поруч з яким міститься ділянка, що відповідає за сприйняття усної мови. Тім'яна частка містить центральну частину соматосенсорної системи, до якої надходить тактильна, температурна й больова інформація від усього тіла. Перед нею в лобовій частці розташована моторна кора, яка відповідає за формування збудження, необхідного для здійснення довільних рухів. Воно виникає в уже знайомих вам клітинах Беца й прямує до мотонейронів стовбуру та спинного мозку. У задній частині нижньої лобової звивини розташований центр, який забезпечує здатність до членороздільного мовлення. Більша частина тім'яної кори формує асоціативну область. Її нейрони отримують збудження від центральних структур усіх сенсорних систем, що є необхідним для формування цілісної картини світу. Функцією лобових відділів кори є прийняття рішень і програмування поведінки. Детальніше про вищі функції головного мозку ми поговоримо, вивчаючи теми 8 і 9.

Варто зауважити, що різні структури нервової системи, описані вище, не працюють повністю автономно. Структури спинного й головного мозку утворюють функціональні об'єднання, необхідні для виконання поточних програм поведінки. Усі відділи нервової системи працюють узгоджено й скоординовано як єдине ціле.

Іл. 43. Функціональна спеціалізація ділянок кори великих півкуль



- Передцентральна звивина, моторна кора
- Зацентральна звивина, соматосенсорна кора
- Слухова кора
- Слуховий центр мовлення (розпізнавання слів)
- Зорова кора
- Нижня скронева кора, розпізнавання складних образів
- Моторний центр мовлення, здатність членороздільно говорити
- Тім'яна кора, задня асоціативна ділянка сприйняття цілісної картини світу
- Префронтальна кора, оцінка ситуації, прийняття рішень, програма дій



1. Назвіть відділи головного мозку. 2. Складіть таблицю «Основні структури головного мозку та їхні функції». 3. Схарактеризуйте функціональну спеціалізацію різних ділянок кори великих півкуль. 4. Порівняйте функції стовбуру та кори великих півкуль. 5. Що спільного й відмінного у функціях спинного й головного мозку?

§10. Гуморальна регуляція

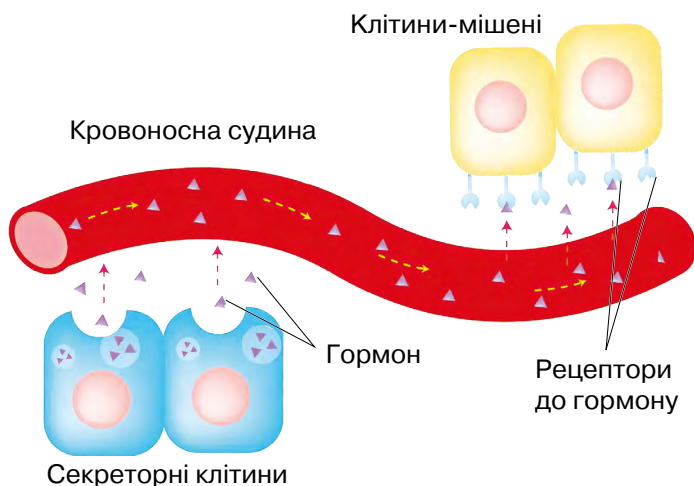


Термін «гуморальний» не має стосунку до гумору й жартів, він походить від латинського «*humor*», що означає «рідина».

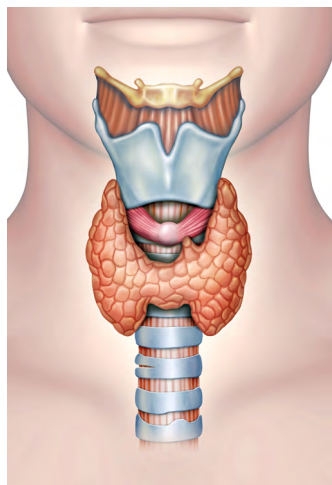
Гуморальна регуляція. Гуморальна регуляція здійснюється виділенням ендокринними залозами та деякими іншими клітинами в кров спеціалізованих регуляторних сполук — **гормонів**. Із нею гормони досягають чутливих до них органів і впливають на них. Клітини, чутливі до того чи іншого гормону, називають клітинами-мішенями. У реагуванні на гормони головна роль належить білковим молекулам — рецепторам клітин-мішеней (іл. 44). Дія гормонів є більш відкладеною в часі порівняно з нервовою системою. Вона починається через хвилини або навіть години після виділення в кров. Система гуморальної регуляції є складною і багаторівневою. За характером дії розрізняють гормони: ефекторні, які змінюють функціонування внутрішніх органів; тропні, які регулюють виділення ефекторних гормонів; рилізінг-гормони, які регулюють виділення тропних гормонів. Останні два типи гормонів регулюють активність ефекторних, про них ми поговоримо в наступному параграфі, а зараз розглянемо головні ендокринні залози.

Ендокринні залози. Щитоподібна залоза розташована попереду трахеї на гортані (іл. 45). Головні її гормони — тироксин, трийодтиронін і кальцитонін. Перші два об'єднують назвою тироїдні гормони, вони посилюють енергетичний обмін багатьох тканин. Як гіпо-, так і гіперфункція щитоподібної залози суттєво позначається на функціонуванні всіх систем

Іл. 44. Принцип дії гормонів



Іл. 45. Щитоподібна залоза



Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Йододефіцит в організмі людини, його наслідки та профілактика».

органів. За нестачі тироїдних гормонів під час розвитку організму знижується інтенсивність його росту, спостерігається затримка розумового розвитку. Такий стан називають кретинізмом. Зниження вироблення тироїдних гормонів у дорослої людини — гіпотироз — супроводжується зниженням обмінних процесів, уповільненням серцевої діяльності, м'язовою слабкістю, розумовою втомлюваністю. Залоза при цьому збільшується в розмірах (горло набуває вигляду вола). Природною причиною цього може бути дефіцит Йоду в їжі й воді, оскільки цей елемент міститься в молекулах тироїдних гормонів. Для профілактики використовують йодовмісні харчові добавки або йодовану сіль. Попередити такий стан можна вживанням у їжу харчових продуктів, багатих на Йод (іл. 46). Гіпертироз — надмірне вироблення гормонів — супроводжується збільшенням рівня обмінних процесів, інтенсивності серцевої діяльності, дихання, підвищеною нервовою збудливістю, дратівливістю, втомлюваністю тощо. Кальцитонін бере участь у регуляції концентрації Кальцію, впливаючи на швидкість утворення кісткової тканини. Його дефіцит у людей похилого віку може бути причиною підвищеної ламкості кісток.

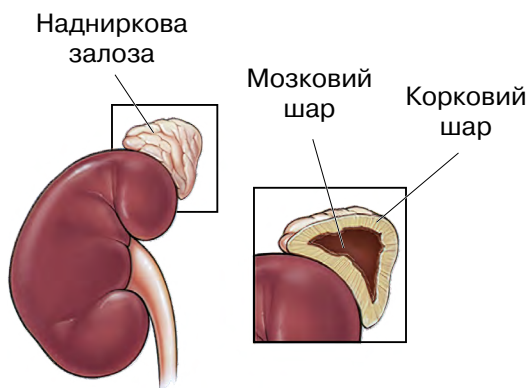
На задній поверхні щитоподібної залози (можуть навіть частково бути зануреними в її тканину) розташовані невеликі групи секреторних клітин, які називають **прищитоподібними залозами**. Вони виробляють паратгормон, дія якого є оберненою до кальцитоніну: збільшує концентрацію Кальцію в крові.

Надниркові залози — це утворення пірамідної форми, розташовані на верхній поверхні нирок (іл. 47). Вони складаються з поверхневого

Іл. 46. Морські водорості містять багато Йоду



Іл. 47. Надниркова залоза



Знайдіть інформацію про захворювання щитоподібної залози, які трапляються в підлітків та в людей похилого віку.



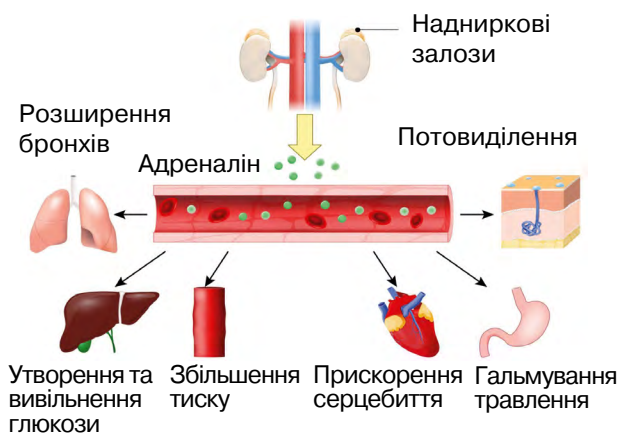
Оцініть, наскільки важливі профілактичні заходи для кожної вікової групи та чому. Організуйте дискусію на тему, чи повинні підлітки приділяти більше уваги профілактиці захворювань щитоподібної залози порівняно з дорослими.

коркового й глибшого мозкового шарів. Гормони кори надниркових залоз об'єднують назвою кортикостероїди.

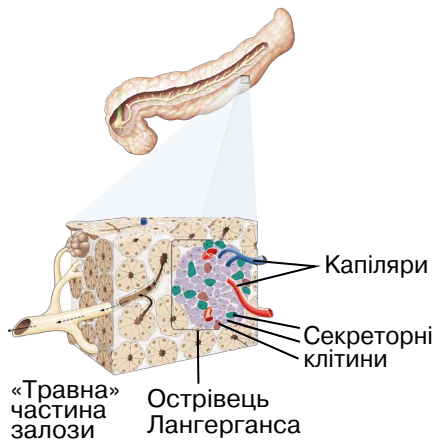
Мінералокортикоїди (альдостерон, кортикостерон) регулюють водно-сольовий баланс, впливаючи на функціонування нирок. Нестача їх призводить до порушення збудливості нервової та м'язової тканин. Глюкокортикоїди (кортизон, гідрокортизон) регулюють обмін білків, ліпідів і вуглеводів, переважно стимулюючи енергетичний обмін. Вони є важливою ланкою стрес-реагування. Також тут синтезуються статеві гормони. У дорослої людини вони утворюються головним чином статевими залозами, проте до статевого дозрівання, а також у старості кора надниркових залоз є єдиним джерелом цих гормонів. Головним гормоном мозкової речовини надниркових залоз є адреналін. Він має системну дію, а його ефекти подібні до симпатичних, направлені на підготовку організму до «боротьби або втечі» (іл. 48).

Статеві залози продукують уже згадані статеві гормони — андрогени та естрогени — необхідні для нормального розвитку й функціонування статевих органів, а також формування вторинних статевих ознак. Андрогени є чоловічими статевими гормонами, вони визначають розвиток плода за чоловічим типом, формування відповідних первинних і вторинних статевих ознак, є необхідними для сперматогенезу. Головним із них є тестостерон. Естрогени (естрадіол, естрон, прогестерон) є жіночими статевими гормонами. Рівень їх секреції зазнає суттєвих змін залежно від фаз менструального циклу, а також змінюється під час вагітності.

Іл. 48. Деякі ефекти адреналіну



Іл. 49. Підшлункова залоза



Обґрунтуйте, чому підшлункову залозу називають залозою змішаної секреції.



Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Цукровий діабет: причини, діагностування та наслідки».

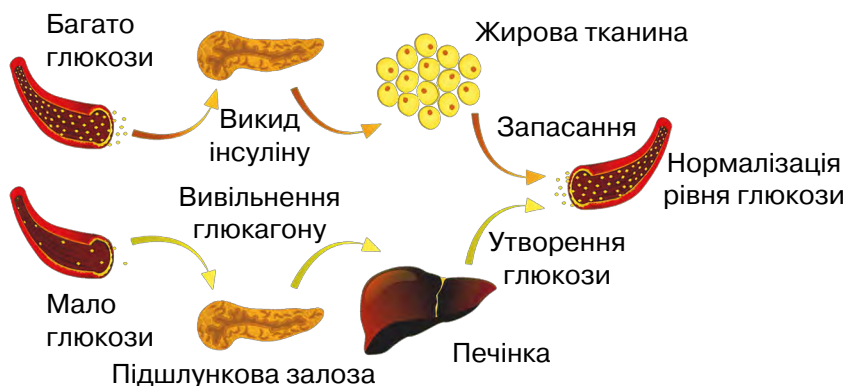
Підшлункова залоза належить до змішаних. Її екзокринна частина виділяє травні ферменти, а ендокринна — гормони інсулін і глюкагон та деякі інші (іл. 49). Внутрішньосекреторна частина підшлункової залози представлена острівцями Лангерганса — скупченнями клітин, оточених густою капілярною сіткою. Інсулін і глюкагон регулюють концентрацію глюкози в крові, утворення та споживання її клітинами. Головними ефектами дії інсуліну є підвищення споживання клітинами глюкози та запуск синтезу глікогену. Отже, він сприяє зниженню концентрації глюкози в крові. Порушення синтезу цього гормону призводить до розвитку цукрового діабету. Глюкагон є фізіологічним антагоністом інсуліну, його головна дія направлена на клітини печінки, у яких він стимулює розщеплення глікогену та утворення глюкози (іл. 50).

Епіфіз, або шишкоподібна залоза, — частина проміжного мозку, чії нейрони виробляють мелатонін, який бере участь у формуванні добових ритмів.

Крім перелічених, до синтезу гормонів здатні й інші органи, для яких це не є основною функцією. Так, **тимус**, або вилючкова залоза, продукує тимозин, який регулює дозрівання певних груп лімфоцитів. Утворювати гормони здатні нирки, печінка, серце, органи травної системи.

Можна бачити, що гормони впливають на багато функцій організму. Деякі з них є вузькоспецифічними, впливають на окремі процеси (інсулін — рівень глюкози). Інші є системними, тобто впливають на значну кількість різноманітних клітин (тироїдні, кортикостероїди).

Іл. 50. Регуляція концентрації глюкози гормонами підшлункової залози



Поміркуйте, у яких ситуаціях можливе різке збільшення чи зменшення концентрації глюкози в крові.



1. Дайте означення поняття *гормони*.
2. Схарактеризуйте принцип дії гормонів.
3. Складіть порівняльну таблицю «Нервова й гуморальна регуляція функцій організму».
4. Схарактеризуйте вплив кожної ендокринної залози на організм людини.

§11. Взаємодія регуляторних систем організму



Деякі гормони мають неочікувані поєднання функцій. Наприклад, важливий для нормального перетікання пологів і вигодовування дитини окситоцин також бере участь у формуванні материнської прив'язаності до дитини, збільшує соціальність спілкування та залучений до закоханості.

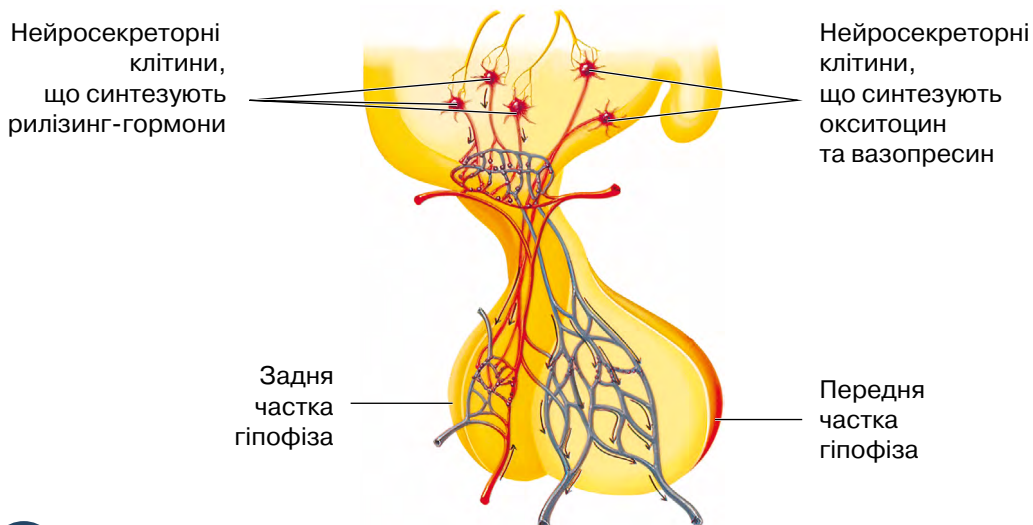
Описана в попередньому параграфі гуморальна регуляція є вкрай важливим механізмом підтримки гомеостазу, забезпечення росту та розвитку організму. Вона має складну функціональну організацію: одні гормони можуть впливати на виділення інших. Наприклад, адреналін сприяє виділенню глюкагону й навпаки — пригнічує виділення інсуліну. Подібні зв'язки об'єднують елементи ендокринної системи в багаторівневу ієрархічну систему, верхньою ланкою якої є гіпоталамус.

Взаємозв'язок нервової та ендокринної регуляції. Вплив гіпоталамуса на гуморальну регуляцію опосередковується гіпофізом. Анатомічно й функціонально в гіпофізі виокремлюють задню і передню частки (іл. 51).

У задній частці гіпофіза відбувається вивільнення в кров гормонів — вазопресину й окситоцину. Ці гормони синтезуються клітинами гіпоталамуса. Такі клітини називають нейросекреторними. Їхні тіла розташовані в гіпоталамусі, а аксони прямують до задньої частки гіпофіза, де з їхніх закінчень у кров вивільняються гормони.

Вазопресин також має другу назву — антидіуретичний гормон. Він впливає на роботу нирок, зменшуючи утворення ними сечі. Через це

Іл. 51. Анатомічний і функціональний зв'язок гіпоталамуса та гіпофіза



Поясніть зв'язок гіпоталамуса та гіпофіза.

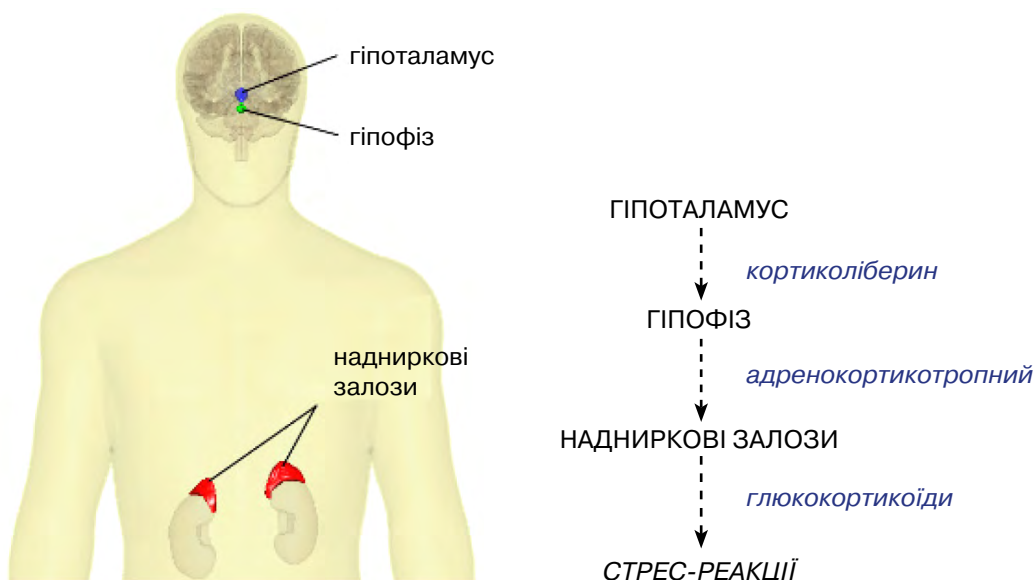
в організмі затримується більше води й унаслідок цього зростає кров'яний тиск. Окситоцин стимулює скорочення гладеньких м'язів матки й молочних залоз, він є важливим для нормального перетікання пологів та вигодовування дитини.

Інші нейрони гіпоталамуса синтезують і виділяють у кров рилізінг-гормони. Їхніми мішенями є клітини передньої частки гіпофізу (іл. 51). Тут рилізінг-гормони впливають на виділення в кров гіпофізарних тропних гормонів, стимулюючи або гальмуючи цей процес. Щоб підкреслити нейрональне походження, рилізінг-гормони, вазопресин та окситоцин називають нейрогормонами.

Розглянемо роботу рилізінг-гормонів на прикладі (іл. 52). Одним із цих гормонів є кортиколіберин. Він посилює виділення гіпофізом адренкортикотропного гормону (АКТГ). Своєю чергою, АКТГ контролює роботу надниркових залоз, стимулюючи виділення ними глюкокортикоїдів. Ці гормони є ефекторними. Вони впливають на внутрішні органи, зумовлюючи реакцію організму на стрес — збільшення артеріального тиску, серцебиття тощо.

Інші гормони гіпофіза керують іншими залозами. Тиреотропний гормон (ТТГ) регулює роботу щитоподібної залози. Зростання його концентрації в крові призводить до збільшення розмірів цієї залози та підвищення концентрації її гормонів. Гонадотропні гормони (ФСГ, ЛГ) впливають на роботу статевих залоз, регулюють їх ріст і розвиток, впливають на секрецію статевих гормонів, беруть участь у регуляції репродуктивної поведінки. Меланотропний гормон (МСГ) впливає на обмін

Іл. 52. Приклад роботи рилізінг-гормону



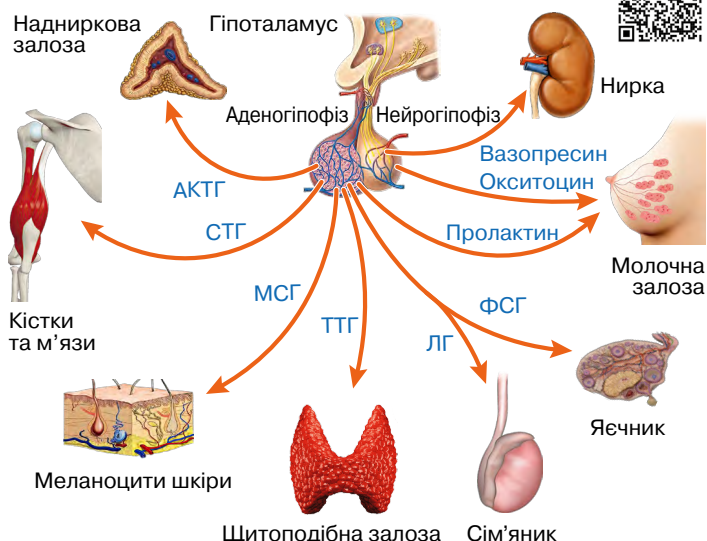
пігментів шкіри. У людини роль не надто значна, а в інших ссавців аналогічний гормон відіграє значну роль у сезонних змінах забарвлення покривів. Отже, рилізінг-гормони керують тропними гормонами, а тропні гормони — підконтрольними їм залозами (іл. 53).

Від гіпофіза залежні не всі, але багато ендокринних залоз. Через це його подекуди називають «залозою залоз» або головною ендокринною залозою. В описаній ієрархічній системі працює й саморегуляція. Наприклад, високі рівні тиреоїдних гормонів гальмують виділення стимулюючих тироліберину гіпоталамусу та тиреотропного гормону гіпофізу, відтак рівень гормону стабілізується (пригадайте схему на іл. 19).

Гіпофіз також виробляє соматотропний гормон (гормон росту, або СТГ), який стимулює синтез білка в клітинах різних тканин, а відтак їх ріст. У випадку недостатнього синтезу цього гормону в дитинстві розвивається карликовість. Якщо ж його кількість є надмірною, проявляється гігантизм (іл. 54). У випадку надмірного утворення соматотропного гормону в дорослої людини стимулюється ріст багатьох м'яких тканин організму, деяких сполучно-тканинних утворень і кісток (пальці рук та ніг, стопа, ніс, нижня щелепа, язик тощо). Таке захворювання називають акромегалією.

Не менш важливою є роль гіпоталамусу в нервовій регуляції гомеостазу. Деякі його нейрони безпосередньо сприймають важливі гомеостатичні параметри як-от концентрація глюкози або температура, інші оцінюють водно-сольовий баланс тощо. Також гіпоталамус нервовим шляхом отримує від периферійних рецепторів інформацію про стан

Іл. 53. Головні тропні гормони гіпофіза



Іл. 54. Наслідки порушення синтезу гормону росту



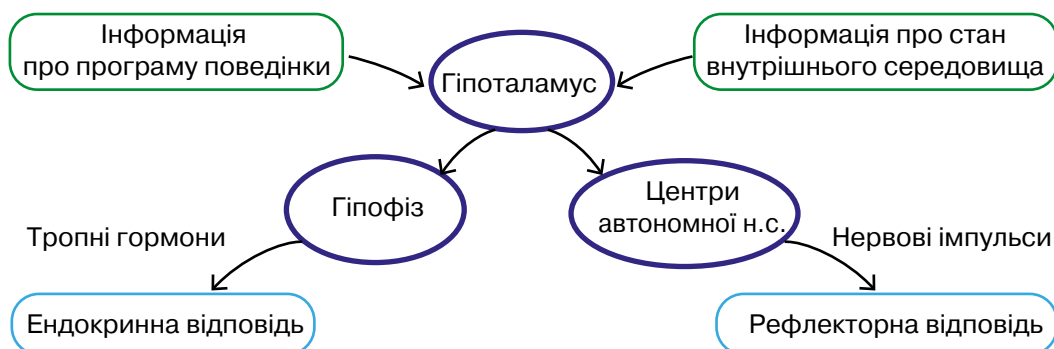
Створіть інформаційно-пошуковий проект «Історія вивчення гіпофіза».

внутрішніх органів. Від нього інформація передається до кори великих півкуль, де на її основі формуються суб'єктивні відчуття, які супроводжують зміни стану внутрішнього середовища: голод, насичення, спрага тощо. Через стовбурові й спинномозкові центри автономної нервової системи гіпоталамус нервовим шляхом здійснює керівні впливи на внутрішні органи.

Гіпоталамо-гіпофізарна система. Зважаючи на міцні функціональні зв'язки, говорять про єдину **гіпоталамо-гіпофізарну систему** нервово-гуморальної регуляції (іл. 55). Саме на рівні цієї системи відбувається взаємодія нервових рефлексорних дуг і реакцій виділення гормонів. Її функціональні порушення можуть супроводжуватися розладами регуляції передньої частки гіпофіза, а відтак — розбалансуванням системи залежних від гіпофізу гормонів, що призведе до істотних розладів функціонування всього організму.

Для профілактики нервових хвороб та ендокринних розладів слід дотримуватися декількох основних принципів. Важливим є здоровий спосіб життя, який включає регулярний якісний сон, фізичну активність і збалансоване харчування. Важливо уникати шкідливих звичок, бажано обмежувати стресові ситуації та мінімізувати їхній вплив. Є й конкретні рекомендації щодо певних розладів, наприклад уживання достатньої кількості Йоду для нормальної функції щитоподібної залози. Зменшення споживання солодкого та запобігання набиранию надмірної ваги допоможе уникнути розвитку набутого цукрового діабету. У наступних параграфах ми розглянемо питання здоров'я детальніше.

Іл. 55. Провідна роль гіпоталамуса в регуляції гомеостазу



Оцініть значення знань про функціонування гіпоталамо-гіпофізарної системи для збереження здоров'я.



1. До якого відділу головного мозку відносять гіпоталамус і гіпофіз? **2.** Назвіть тропні гормони гіпофізу та залози, на які вони впливають. **3.** Поясніть функціональний зв'язок гіпоталамуса та гіпофіза. **4.** Як забезпечується єдність нервово-гуморальної регуляції? **5.** Сформулюйте головні принципи профілактики нервових та ендокринних хвороб.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Нейронауки — це сукупність галузей знань, що стосуються вивчення нервової системи та пошуку шляхів лікування неврологічних і психіатричних захворювань. Вітчизняна нейронаука має чималу історію. Ви вже знайомі з першовідкривачем великих пірамідних нейронів Володимиром Бецом. Володимир Правдич-Немінський уперше у світі зареєстрував електричну активність головного мозку — електроенцефалограму. Розвиток нейрофізіології в Україні пов'язаний із діяльністю Данила Воронцова й Платона Костюка. Сьогодні лідером у галузі нейронаук є Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України у м. Києві.



Володимир Беца (1834–1894), великий пірамідний нейрон (клітина Беца), Володимир Правдич-Немінський (1879–1952), фрагмент зареєстрованої ним електричної активності головного мозку собаки, академік Платон Костюк (1924–2010), молекулярна структура відкритого в Інституті фізіології ім. О. О. Богомольця протон-чутливого іонного каналу (ASIC).

Українське товариство нейронаук об'єднує понад 150 науковців із різних наукових установ та університетів нашої країни. Одним із проєктів, який підтримує товариство, є проведення конкурсу з нейронаук поміж школярів і школярок. Його переможці представляють Україну на міжнародному змаганні *International Brain Bee*, яке підтримується ключовими міжнародними організаціями з вивчення нервової системи. У 2021 році учениця київської школи № 125 Вікторія Виджак виборола в ньому абсолютне перше місце, до того ж отримавши спеціальний приз за найкращі знання анатомії та гістології!

Змагання відбувається англійською — міжнародною мовою науки.



Логотип Українського нейроконкурсу. Він проводиться щороку під час Всесвітнього тижня мозку в березні. Долучайтесь!

Спробуйте свої сили, виконавши тестові завдання.

- What process underlies our ability to learn and remember?
A neuronal generation C synaptic plasticity
B hormonal secretion D cell division
- On a cross-section, the white matter of the spinal cord forms:
A funiculi B horns C roots D nerves
- This small part of the brain is covered by a cortex that forms numerous folds. Its main function is to regulate movements. Name this structure.
A hippocampus B thalamus C corpus callosum D cerebellum

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



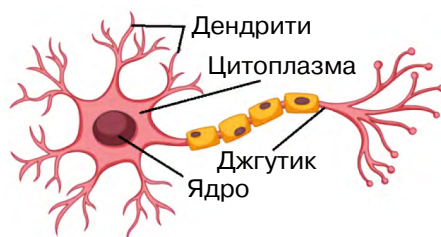
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Відповідь на подразнення за участі нервової системи називають

А таксисом В рефлексом
Б тропізмом Г подразливістю

2. На уроці учень підписав на рисунку складники нейрону. Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

А Ядро
Б Джгутик
В Дендрити
Г Цитоплазма



3. Складник головного мозку, який має поверхню, утворену численними заглибинами і складками, — це

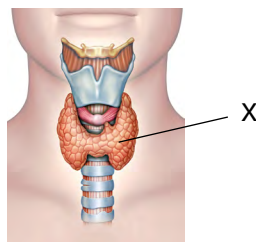
А мозочок В середній мозок
Б проміжний мозок Г довгастий мозок

4. Укажіть залозу, яка керує роботою інших залоз ендокринної системи.

А гіпофіз В щитоподібна
Б надниркова Г підшлункова

5. Буквою Х на рисунку позначено

А гіпофіз
Б виличкову залозу
В надниркову залозу
Г щитоподібну залозу



6. Захворювання, яке виникає внаслідок нестачі гормону росту в молодому віці, — це

А акромегалія В цукровий діабет
Б карликовість Г Базедова хвороба

Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. У проміжному мозку містяться центри, які

А відповідають за регуляцію стану сон-неспанння
Б забезпечують координацію довільних рухів
В є центрами захисних рефлексів
Г забезпечують колінний рефлекс

8. Правильно наведено перелік гормонів підшлункової залози в рядку

А інсулін, глюкагон
Б вазопресин, окситоцин
В адреналін, паратгормон
Г тироксин, трийодтиронін

9. Прочитайте опис: «У щитоподібній залозі утворюється гормон (1), який забезпечує (2)». Правильний варіант пропущених слів (1–2) наведено в рядку

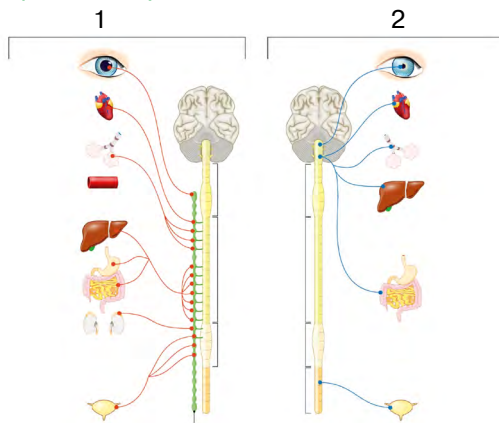
- А 1 — вазопресин, 2 — регуляція сечовиділення
 Б 1 — інсулін, 2 — зниження рівня глюкози в крові
 В 1 — тироксин, 2 — посилення енергетичних процесів
 Г 1 — паратгормон, 2 — підвищення концентрації Кальцію в плазмі крові

Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Два учні на уроці обговорювали наведений рисунок. Перший учень стверджував, що на ньому цифрами 1–2 позначено відділи автономної нервової системи. Другий зауважив, що функціонування цієї системи не залежить від волі людини.

Чи має хтось із них рацію?

- А лише перший учень
 Б лише другий учень
 В обидва мають рацію
 Г обидва помиляються



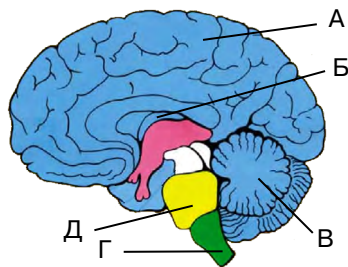
11. Проаналізуйте твердження.

I. У гіпоталамусі утворюються деякі гормони, зокрема вазопресин.

II. Вазопресин вивільняється в кров у гіпофізі.

Чи є поміж них правильні?

- А правильне лише I
 Б правильне лише II
 В обидва правильні
 Г немає правильних



Тестове завдання з короткою відповіддю (3 бали)

12. Укажіть цифри, якими позначено правильне продовження твердження.

Буквою В на рисунку позначено

Складник головного мозку, у якому розташовані центри захисних рефлексів чхання, кашлю позначено буквою

Складники, які належать до стовбура мозку, позначено буквами

1 кору великих півкуль

2 довгастий мозок

3 мозочок

1 А

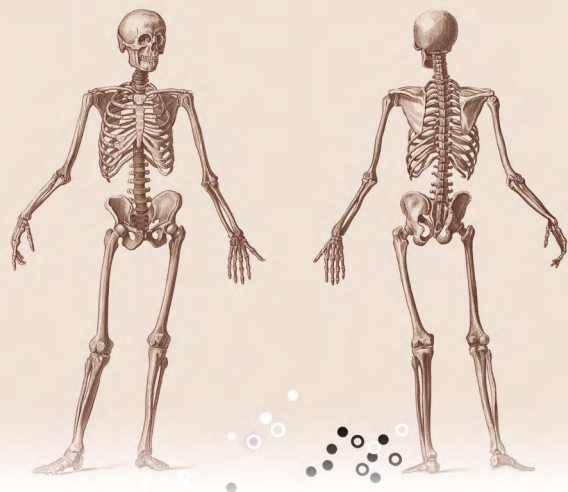
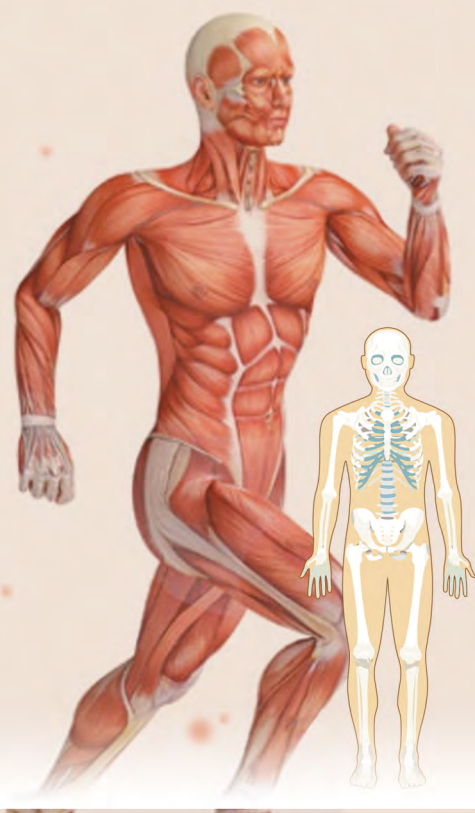
2 В

3 Г

1 А, Б

2 Б, В

3 Г, Д



ТЕМА 3

ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА



§12. Опорно-рухова система. Кістки



У Парижі 1889 року за проектом інженера Гюстава Ейфеля було споруджено вежу заввишки 324 метри. Ця конструкція є яскравим прикладом єдності будови штучних і природних структур: розподіл силових ліній у ній і у великій гомілковій кістці аналогічний (іл. 56).

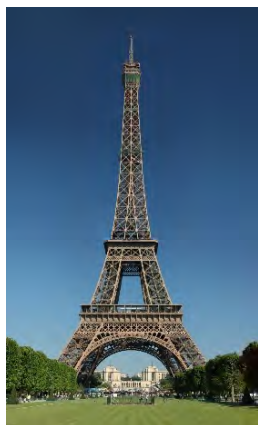
Опорно-рухова система містить кістки й скелетні м'язи. Вона виконує захисну, опорну, рухову, метаболічну, кровотворну й терморегуляційну функції (іл. 58).

Будова кісткової та хрящової тканини. Основою кістки є кісткова тканина, а хряща — хрящова тканина.

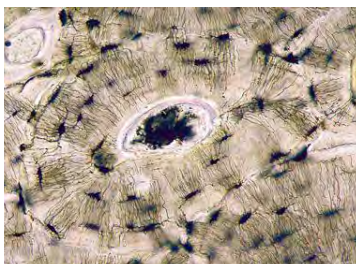


З особливостями будови кісткової та хрящової тканини можна ознайомитися під час виконання лабораторного дослідження за допомогою оптичного мікроскопа. У кістковій тканині виділяють клітини, здатні до поділу й утворення міжклітинної речовини — остеобласти. Вони також регулюють мінералізацію міжклітинної речовини. Ці клітини перетворюються на остеоцити, які мають довгі відростки. Клітини ж хрящової тканини в процесі росту й диференціації збільшуються в розмірах, частково втрачають здатність до поділу, зберігаючи властивість утворювати міжклітинну речовину, яка за фізико-хімічними властивостями є щільним гелем. Такі клітини називають хондроцитами. Вони часто розташовані попарно. На мікропрепаратах у клітинах можна розрізнити ядро й плазматичну мембрану, а також міжклітинну речовину (іл. 57).

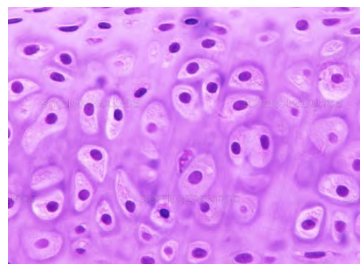
Іл. 56. Ейфелева вежа



Іл. 57. Кісткова (а) та хрящова (б) тканини (мікропрепарати)



а



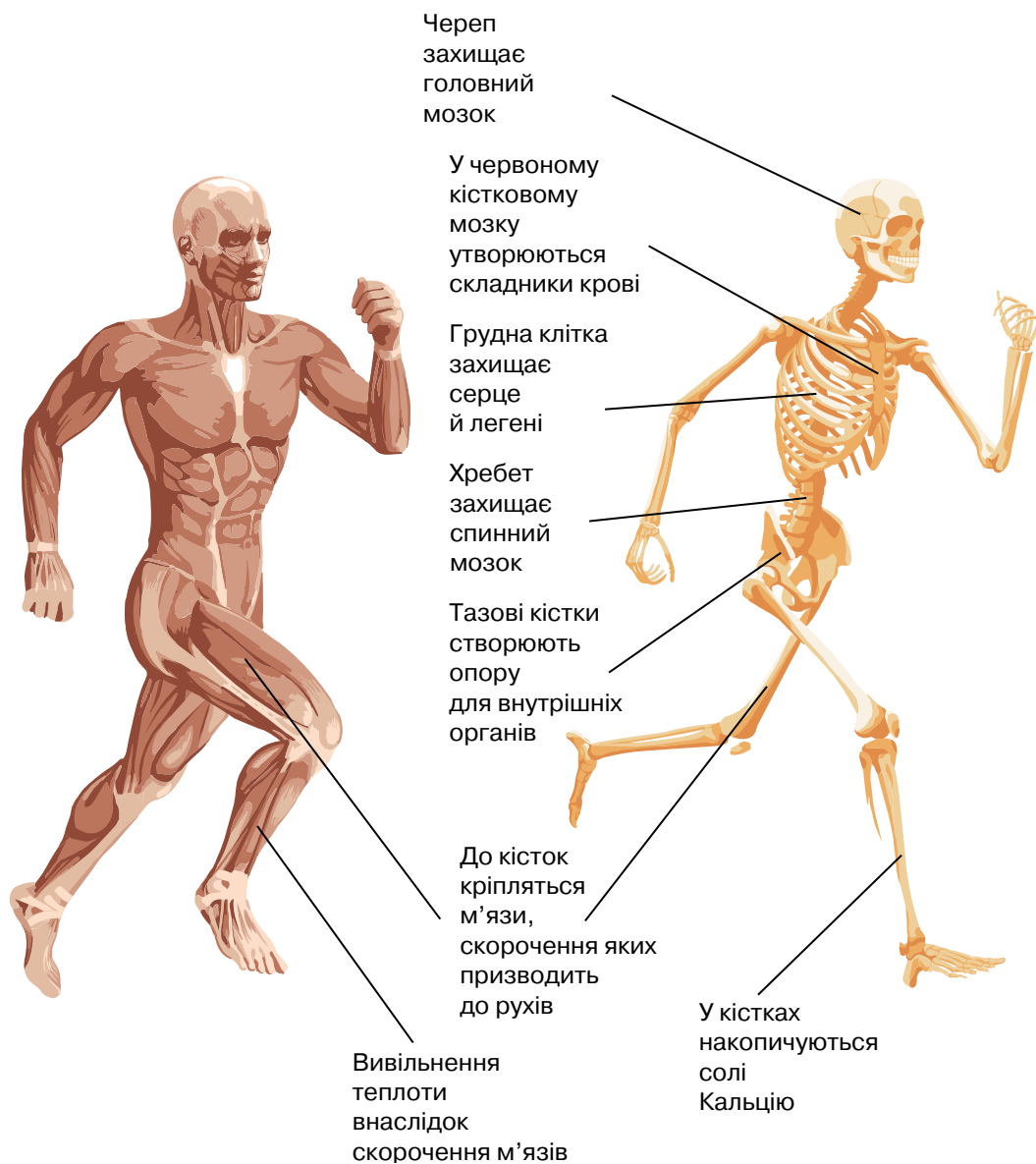
б



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження будови кісткової та хрящової тканини за допомогою оптичного мікроскопа.

Порівняйте особливості будови кісткової та хрящової тканини, з якими ви ознайомилися за допомогою оптичного мікроскопа.

Лл. 58. Функції опорно-рухової системи



Доберіть до перелічених у тексті підручника функцій опорно-рухової системи людини приклади, наведені на ілюстрації.

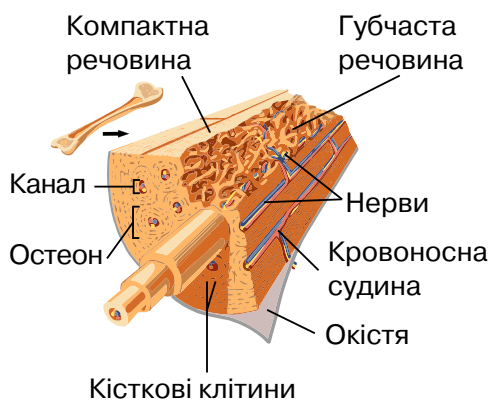


Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Особливості функціонування опорно-рухової системи людини під час космічної подорожі».

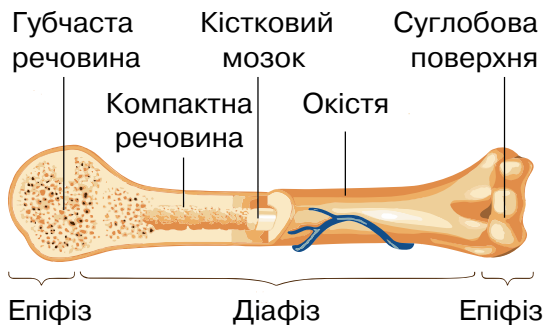
Будова й типи кісток. Міцність кісткової тканини забезпечують солі Кальцію. Гнучкість кісток забезпечують органічні сполуки, зокрема білок колаген. Якщо не вистачатиме неорганічних сполук, кістки стануть надто гнучкими й будуть викривлятися. І навпаки, якщо не вистачатиме колагену, кістки будуть міцними, але крихкими. Зовні вся поверхня кістки, окрім суглобових поверхонь, укрита окістям — сполучнотканинною пластинкою, багатою на кровоносні й лімфатичні судини та нерви. Клітини внутрішнього шару окістя здатні до поділу, за рахунок чого кістки ростуть і відновлюються після травм. Кісткова речовина, що розміщена під окістям, складена з кісткових пластинок. Залежно від їхнього розташування виділяють компактну й губчасту кісткову речовину. У компактній речовині кісткові пластинки розташовані впорядковано й формують структурні одиниці кістки — остеони. Остеон містить кілька циліндричних пластинок, ніби вставлених одна в одну. У центрі остеону розташований канал, який містить нерви й кровоносні судини. У губчастій речовині кісткові пластинки перетинаються під різними кутами, формуючи комірки (іл. 59).

Виділяють такі типи кісток: трубчасті, губчасті, плоскі, змішані й повітроносні. У трубчастих кістках (іл. 60) є видовжена середня частина — тіло кістки, або діафіз, та потовщені кінці — епіфізи. На епіфізах розташовані суглобові поверхні. Ці кістки поділяють на довгі, зокрема стегнову, та короткі, зокрема кістки зап'ястка. Діафізи утворені компактною речовиною, а епіфізи — губчастою речовиною, з тонким покриттям компактною.

Іл. 59. Будова кістки



Іл. 60. Трубчаста кістка



Яку біологічну особливість будови кістки використав Гюстав Ейфель під час проектування вежі?

Об'єктом вивчення якої науки є використання біологічних структур і методів для розроблення інженерних рішень?

Губчасті кістки містять губчасту речовину, укриту тонким шаром компактної. Вони мають форму неправильного куба або багатогранника, розміщуються там, де сильні навантаження поєднані з великою рухливістю, зокрема в надколінку. Плоскі кістки беруть участь у формуванні порожнин тіла (грудної, тазової) та виконують захисну функцію. До них належать кістки склепіння черепа, груднина, лопатка тощо.

Змішані кістки мають складну форму. До них належать хребці та кістки основи черепа. Усередині повітроносних кісток є порожнина, вистелена слизовою оболонкою і заповнена повітрям. Вона є в деяких плоских і змішаних кістках черепа, зокрема лобовій.

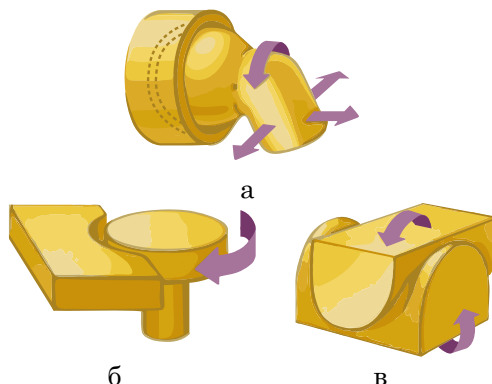
Типи з'єднання кісток. Кістки можуть бути з'єднані одна з одною в різний спосіб. Виділяють три типи таких з'єднань: 1) нерухомі — коли зміщення між кістками майже не можливі (зокрема шви — з'єднання кісток склепіння черепа в дорослих); 2) напіврухомі — з'єднання з допомогою хрящового прошарку, за рахунок пружності якого можливі обмежені рухи (міжхребцеві з'єднання); 3) рухомі, або суглобові — з'єднання, що забезпечують найбільші за амплітудою рухи.

Суглоб (іл. 61) має такі складники: 1) суглобові поверхні двох або більше кісток, укріплені хрящем; 2) суглобова сумка (або капсула), що відмежовує суглоб від навколишніх тканин і формує порожнину; 3) суглобова рідина, що заповнює порожнину суглобової сумки, зменшує тертя під час рухів, живить хрящ і забезпечує амортизацію суглоба. За формою виділяють кулясті суглоби (плечовий), циліндричні (променево-ліктьовий), блокоподібні (суглоби між фалангами пальців) (іл. 62).

Іл. 61. Будова колінного суглоба



Іл. 62. Форми суглобів: а — кулястий; б — циліндричний; в — блокоподібний



Наведіть приклади суглобів, що мають наведені в тексті форми.



1. Перелічіть функції опорно-рухової системи.
2. Порівняйте будову кісткової та хрящової тканини.
3. Опишіть будову кістки.
4. Порівняйте трубчасту та губчасту кістки.
5. Перелічіть типи з'єднання кісток і схарактеризуйте будову суглоба.
6. Поясніть взаємозв'язок будови та функції кістки.

§13. Будова скелета людини, його особливості



Давно було помічено схожість скелета тварин і людини. Німецький зоолог і мандрівник Альфред Брем під час багатьох подорожей зібрав численні зоологічні матеріали й поклав їх в основу своєї багатотомної науково-популярної праці «Життя тварин». Цю працю багато разів видано в перекладах різними мовами. У ній Брем, зокрема, порівняв скелет людини й горили (іл. 63). Які ознаки схожості та відмінності їхніх скелетів?

Будова скелета. У скелеті людини виділяють осьовий скелет і скелет кінцівок. Осьовий скелет містить череп, хребет і грудну клітку. Складниками скелета кінцівок є пояс кінцівок і скелет вільних кінцівок (іл. 65). Скелет дорослої людини налічує понад 200 кісток.

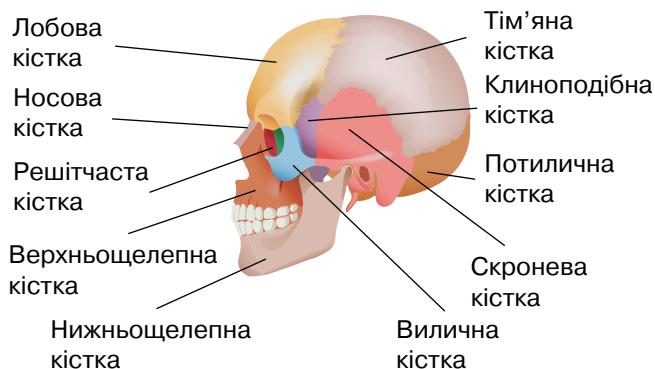
Череп (іл. 64) поділений на мозковий і лицевий відділи. Склепіння черепа захищає головний мозок. Мозковий відділ черепа містить парні тім'яні й скроневі та непарні лобову, потиличну, клиноподібну й решітчасту кістки. Зазвичай найбільшими кістками лицевого відділу є верхньощелепна, нижньощелепна, носові та виличні кістки. Кістки черепа з'єднані між собою за допомогою швів або хряща. Винятком є суглоб між нижньощелепною та скроневою кісткою.

Хребет містить 33–34 кістки змішаної будови — хребці. Відповідно до їхньої будови виділяють п'ять відділів: шийний — 7 хребців; грудний — 12 хребців; поперековий — 5 хребців; крижовий — 5 хребців; куприковий — 3–5 хребців.

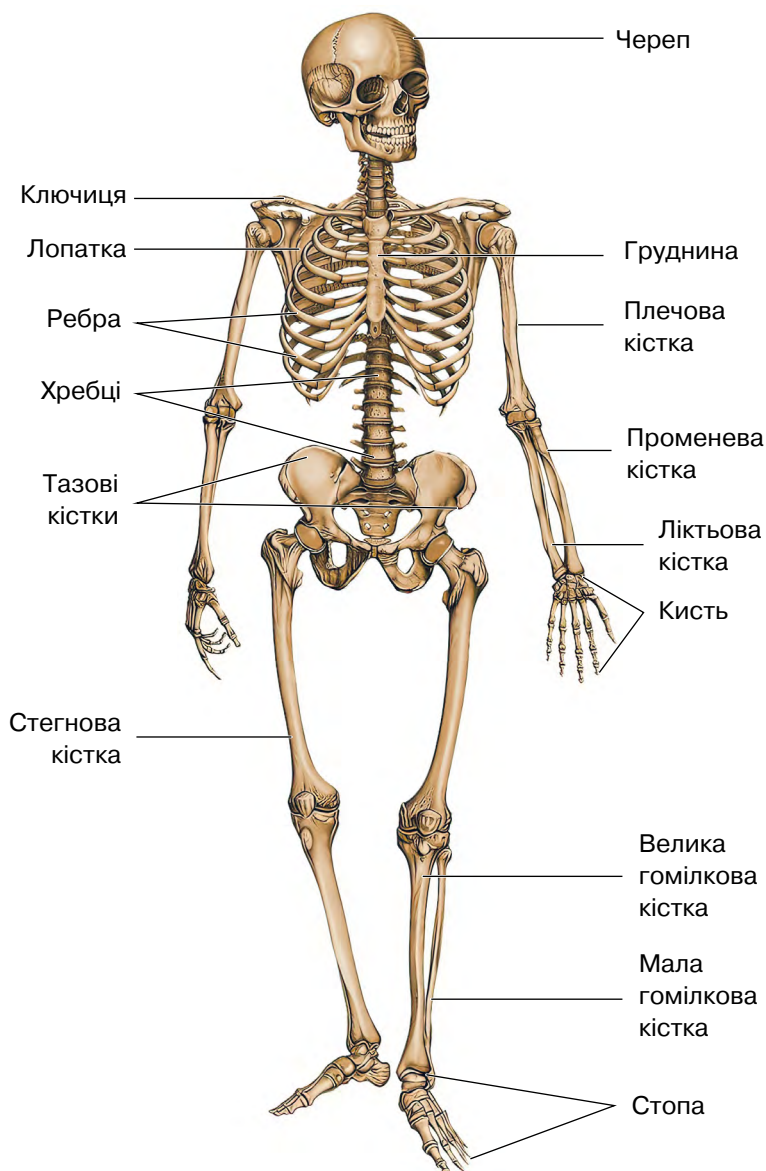
Іл. 63. Фронтиспіс другого видання книги А. Брема «Життя тварин», 1883



Іл. 64. Будова черепа



У черепі людини мозковий відділ значно більший за лицевий у порівнянні з черепом тварин, зокрема людиноподібних мавп. У чому причина такої відмінності?



Порівняйте розміри грудного та поперекового хребця. Поясніть причину відмінності в їхніх розмірах. Порівняйте будову скелета людини з будовою скелета інших хребетних тварин. Зі скелетом представників якої групи хребетних тварин скелет людини найбільш схожий? Чим це зумовлено?

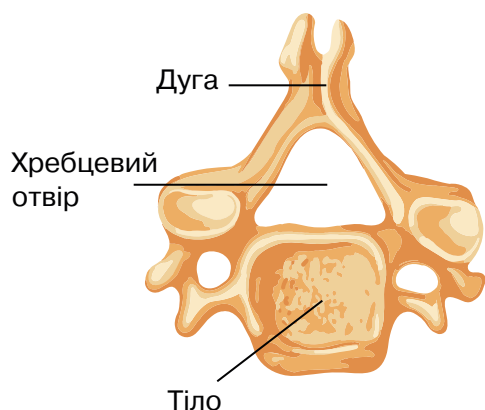


Чому кількість кісток скелета навіть у дорослої людини можна назвати лише приблизно?

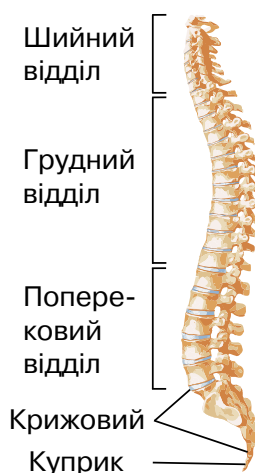
Усі хребці, за винятком перших двох, мають схожу будову (іл. 66). У ній виділяють тіло й дугу. У тілі кожного хребця є два отвори, крізь які виходять спинномозкові нерви. Дуга разом із тілом утворює хребцевий отвір. Сукупність цих отворів формує канал, що містить спинний мозок. Від дуг починаються відростки хребців: один непарний — остистий, два поперечні й по два верхні та нижні суглобові. До відростків кріпляться м'язи спини. Окрім цього, вони утворюють міжхребцеві та хребцево-реберні з'єднання. Особливістю будови першого хребця — атланта — є відсутність у цьому хребці тіла. Другий шийний хребець — епістрофей — має довгий відросток, спрямований вгору, з допомогою якого він поєднаний з атлантом. Ці два хребці забезпечують контакт хребта з черепом і зумовлюють рухливість голови. До тіл хребців грудного відділу прикріплені ребра. Особливістю поперекових хребців є широкі й масивні тіла, які приймають на себе навантаження під час вертикального положення тіла в просторі. Крижові хребці в дорослої людини зростаються в єдиний утвір — криж. Куприк також містить хребці, що зрослися. Він може зростатися з крижовим відділом хребта.

Хребет нормальної форми має чотири вигини: два вперед (шийний і поперековий лордози) і два назад (грудний і крижовий кіфози). Вигинів праворуч або ліворуч здоровий хребет не має. Природні вигини хребта необхідні для того, щоб амортизувати навантаження, які виникають унаслідок вертикального положення тіла людини під час ходіння (іл. 67).

Іл. 66. Будова хребця



Іл. 67. Будова хребта



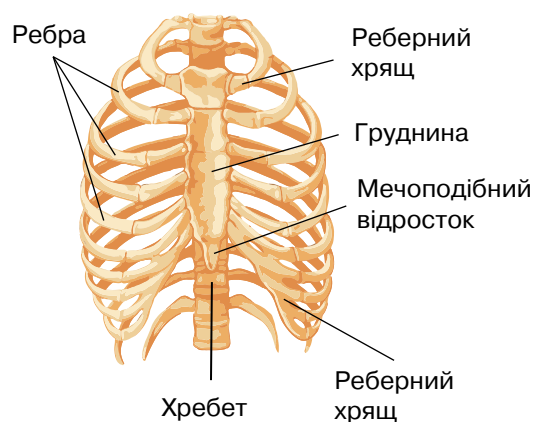
Поясніть біологічне значення природних вигинів хребта людини.

Грудна клітка утворена грудниною, грудним відділом хребта й ребрами (іл. 68). Ребра — це плоскі кістки. Задній кінець ребер утворює суглобове з'єднання з хребцями, а передній — з грудниною. Суглобові з'єднання з грудниною мають лише верхні 7 ребер, нижні ребра (8–10) своєю хрящовою частиною зрощені з хрящем сьомої пари ребер, а 11 та 12 пари ребер є вільними. Завдяки суглобам ребра можуть підніматися й опускатися, що має важливу роль для забезпечення вентиляції легень.

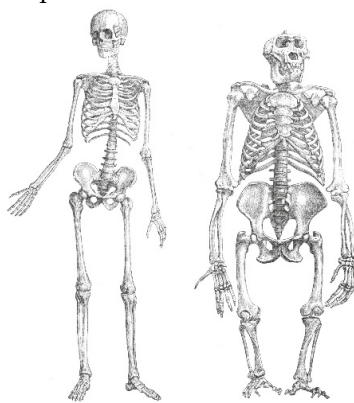
Скелет кінцівок. Пояс верхніх кінцівок містить лопатки та ключиці. Ключиці з'єднані з грудниною й лопатками. Лопатки утворюють суглоб із плечовою кісткою. Пояс нижніх кінцівок містить пару тазових кісток, кожна з яких утворена зростанням трьох інших: лобкової, сідничної та клубової. Тазова кістка утворює суглоб зі стегною — кульшовий суглоб. Кінцівки людини мають схожий план будови. Складниками верхньої кінцівки є плечова кістка, передпліччя (утворене двома кістками — ліктьовою та променевою), і кисть. Кисть містить зап'ясток, п'ясток і фаланги пальців. Складниками нижньої кінцівки є стегнова кістка, гомілка (містить малу та велику гомілкові кістки), і стопа. Стопа містить передплюсню, плюсню й фаланги пальців.

Особливості скелета людини у зв'язку з прямоходінням. Скелет людини має низку особливостей порівняно з тваринами: є вигини хребта, які дозволяють компенсувати вертикальні навантаження, що виникають під час ходіння; тіла поперекових хребців масивні; пояс нижніх кінцівок має форму тазу, який є опорою для внутрішніх органів; у стопі є склепіння, яке забезпечує пружність кроку (іл. 69).

Іл. 68. Будова грудної клітки



Іл. 69. Порівняння скелета людини й горили



А. Брем «Життя тварин», 1927.



1. Назвіть відділи опорно-рухової системи людини.
2. Опишіть будову черепа.
3. Опишіть будову хребця.
4. Схарактеризуйте особливості будови хребта та грудної клітки людини.
5. Порівняйте скелет верхніх і нижніх кінцівок.
6. У чому полягають особливості скелета людини у зв'язку з прямоходінням?

§14. Скелетні м'язи як складники опорно-рухової системи



Клавдій Гален — грецький лікар, хірург і філософ римської доби. Галенові належать праця «Анатомічні дослідження», а також вислів: «Тисячі й тисячі разів повертав я здоров'я своїм хворим за допомогою рухів» (іл. 70). З'ясуймо, як саме забезпечуються рухи в організмі людини.

Функції скелетних м'язів. Основною функцією скелетних м'язів є забезпечення рухів. М'язам притаманна властивість скорочуватися — зменшуватися в довжині, розвиваючи при цьому зусилля. Скелетні м'язи кріпляться до кісток скелета. Унаслідок їх скорочення кістки зміщуються та виконують роботу за принципом фізичних важелів. Вони рухають кінцівки, підтримують позу тіла тощо. Під час м'язової роботи виділяється велика кількість енергії, тому скелетні м'язи відіграють значну роль і в терморегуляторних процесах. Під час охолодження організму м'язи починають мимовільно асинхронно скорочуватися (виникає «тремтіння»), і теплота, яка виробляється завдяки цьому, з кров'ю транспортується по організму. Скелетні м'язи, зокрема м'язи преса, виконують захисну функцію. Також їх скорочення сприяє венозному кровообігу, що буде розглянуто в §27.

Будова посмугованої м'язової тканини. Основна частина скелетних м'язів утворена посмугованою скелетною тканиною.

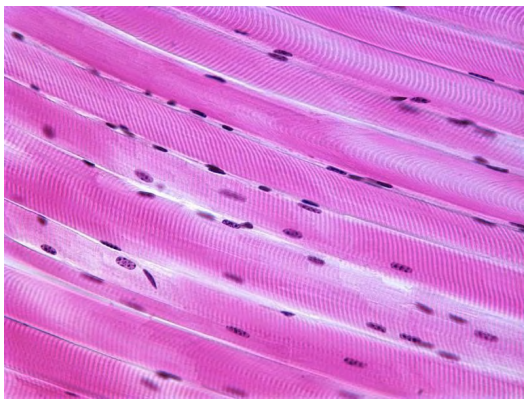


Ознайомитися з її будовою можна під час лабораторного дослідження за допомогою оптичного мікроскопа (іл. 71).

Іл. 70. Клавдій Гален



Іл. 71. Посмугована м'язова тканина в полі зору оптичного мікроскопа

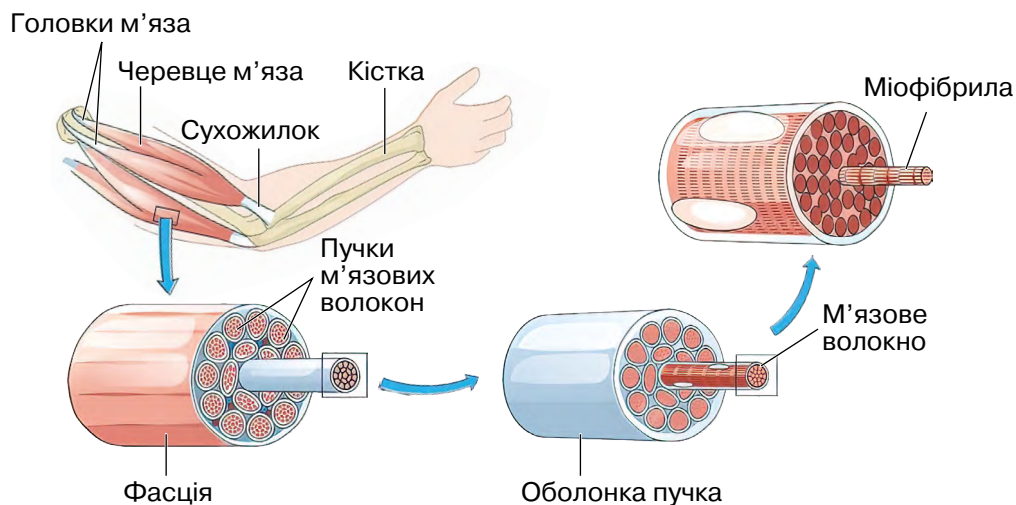


Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження будови посмугованої скелетної тканини за допомогою оптичного мікроскопа. Порівняйте особливості будови посмугованої скелетної тканини й гладенької тканини (див. §3), з якими ви ознайомилися за допомогою оптичного мікроскопа.

Посмугована м'язова тканина містить довгі м'язові волокна, утворені злиттям окремих клітин-попередників. В одному м'язовому волокні є багато ядер, розміщених периферією. Кожне м'язове волокно оточує тонкий шар сполучної тканини. Центральна частина м'язового волокна містить упорядковані актинові й міозинові мікронитки. Через цю впорядкованість у посмугованому м'язовому волокні добре помітне чергування світлих і темних ділянок, що визначило назву тканини. Така особливість організації мікрониток зумовлює здатність до сильніших скорочень порівняно з гладенькими м'язами. Ця тканина майже не містить міжклітинної речовини.

Будова скелетного м'яза. Складниками скелетного м'яза є м'язові волокна, зібрані в пучки. Основний об'єм м'язового волокна займають скорочувальні елементи — міофібрили, які саме й містять скоротливі білки (іл. 72). Кожен пучок покритий тонкою сполучнотканинною оболонкою. Пучки м'язових волокон утворюють широку частину м'яза — черевце. Вони також покриті сполучнотканинними оболонкам — над пучками розміщений прошарок пухкої сполучної тканини, поверх якого розташований сполучнотканинний чохол — фасція (іл. 72). Фасції відмежовують м'язи один від одного, зменшують тертя під час роботи, підтримують черевце м'яза. З одного боку м'яза пучки волокон прирастають до кістки, формуючи головку м'яза, з іншого — сполучнотканинні елементи переходять у сухожилки, які кріплять м'яз до іншої кістки. Деякі м'язи утворюють кілька головок, якими кріпляться до різних кісток або різних частин однієї кістки (іл. 72).

Іл. 72. Будова скелетного м'яза

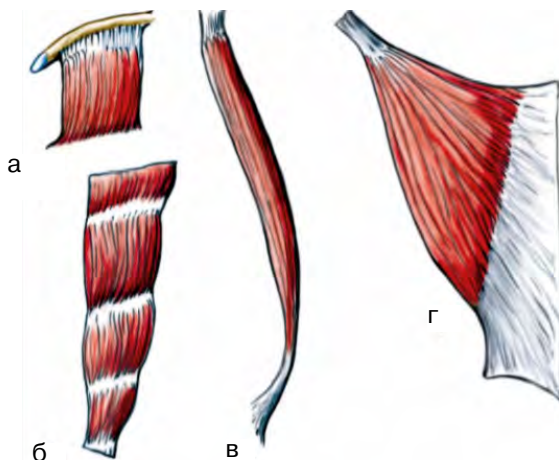


Класифікація скелетних м'язів. М'язи класифікують за формою (іл. 73), за розташуванням (наприклад, м'язи голови, тулуба, кінцівок), за напрямком волокон (наприклад, прямі, косі, поперечні). За функціями виділяють: згиначі (згинають кінцівки); розгиначі (розгинають їх); стискачі (колові м'язи, які перетискають порожнисті органи); відвідні (відводять кінцівки від тулуба або частини кінцівок від центральної осі кінцівки); привідні (приводять кінцівку до тулуба або частини кінцівок до центральної осі); привертачі й відвертачі (обертають кінцівки навколо центральної осі). М'язи, скорочення яких приводить до виконання того самого руху, називають синергістами. М'язи, які здійснюють протилежні рухи, зокрема згинання і розгинання того самого суглоба, називають антагоністами.

Групи скелетних м'язів. Вирізняють декілька груп скелетних м'язів. М'язи голови поділяють на м'язи склепіння черепа (зміщують шкіру, піднімають брови) та м'язи обличчя (мімічні й жувальні). М'язи тулуба поділяють на м'язи шиї, грудної клітки, живота й спини. Наприклад, великі й малі грудні м'язи зумовлюють рухи верхніх кінцівок, а міжреберні й діафрагма беруть участь у диханні. М'язи живота, зокрема косі й прямий, здійснюють захист органів черевної порожнини тощо. Найширший м'яз спини підтримує тулуб. М'язи кінцівок забезпечують переміщення тіла та його частин. Наприклад, двоголовий і триголовий м'язи плеча уможливають рухи руки (іл. 74).

Регуляція роботи м'язів. З допомогою скелетних м'язів здійснюються рухи різних типів: прості рефлекторні (колінний рефлекс), складні

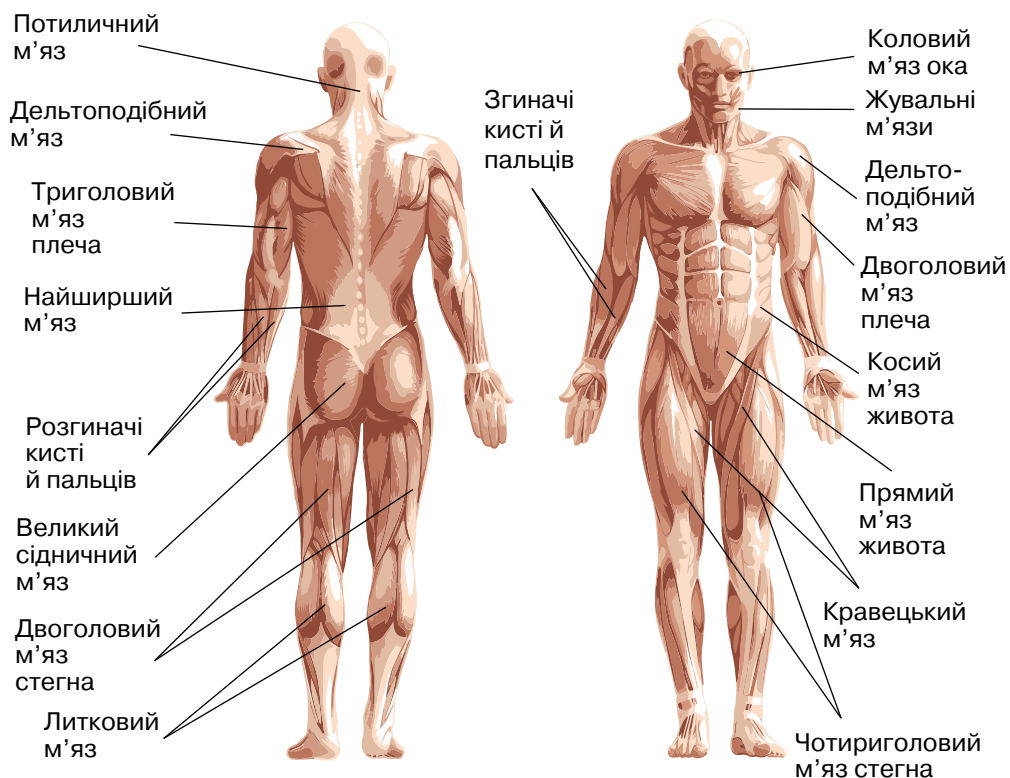
Іл. 73. Деякі різновиди форми м'язів: а — квадратний; б — багаточеревцевий; в — довгий; г — широкий



За допомогою інтернет-джерел ознайомтеся з іншими різновидами форм м'язів.

рефлекторні (жування, ковтання), дихальні, різноманітні довільні. Скелетні м'язи іннервуються руховими волокнами спинномозкових і черепно-мозкових нервів. Наявні у м'язах і сухожилках механорецептори надсилають до нервової системи інформацію про стан м'язової системи.

Лл. 74. Основні скелетні м'язи (позначено лише деякі з них)



З'ясуйте функції наведених м'язів за допомогою підручника та інтернет-джерел.



Знайдіть на ілюстрації м'язи-антагоністи. Які рухи вони забезпечують? Чи є поміж наведених на ілюстрації м'язи-синергісти?



1. Зазначте основні функції скелетних м'язів. **2.** Опишіть будову посмугової скелетної тканини. **3.** Схарактеризуйте будову скелетного м'яза. **4.** Укажіть основні м'язи та їхні функції. **5.** Поясніть, як регулюється робота скелетних м'язів.

§15. Особливості функціонування скелетних м'язів

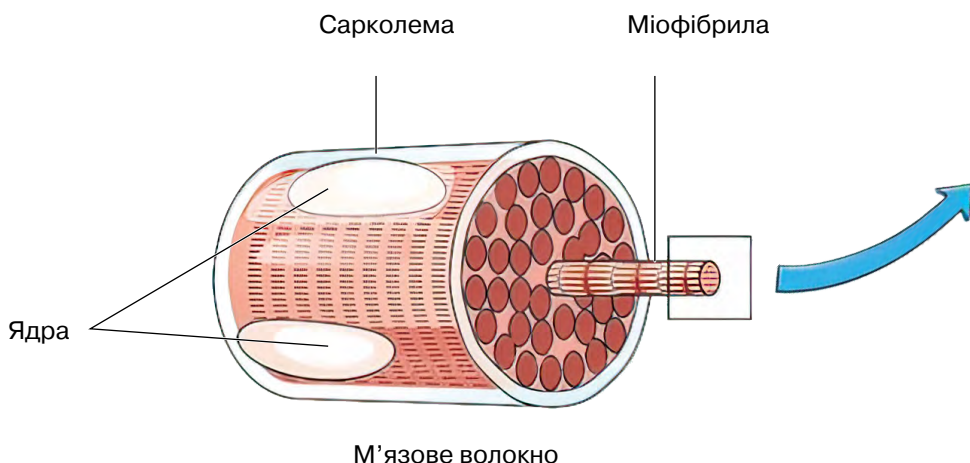


Видатному українському лікарю, ученому в галузі медицини та біокібернетики Миколі Амосову належить вислів: «Для здоров'я однаково необхідні чотири умови: фізичні навантаження, обмеження в харчуванні, загартовування, час і вміння відпочивати. І ще п'яте — щасливе життя!» Значення одного із цих стимулів — фізичних навантажень — ми з вами розглянемо в цьому параграфі.

Організм людини здатен до фізичних навантажень завдяки функціонуванню складників опорно-рухової системи, зокрема м'язів.

Функціонування м'язів. Згадаємо, що м'язове волокно утворюється злиттям первинних м'язових клітин. Зовні воно вкрите плазматичною мембраною — сарколемою. Під нею розташована саркоплазма (цитоплазма), яка містить, зокрема, ядра й велику кількість мітохондрій. Основний обсяг м'язового волокна займають міофібрили, про що ви дізналися з попереднього параграфа (іл. 75). Під час лабораторного дослідження за допомогою оптичного мікроскопа ви побачили на мікропрепаратах скелетних м'язів добре помітну посмугованість. Дослідження на ультрамікроскопічному рівні виявило, що така посмугованість зумовлена регулярним розташуванням різних білкових мікрониток у саркоплазмі. Згадайте, що скорочувальними білками є актин і міозин, які відповідно утворюють тонкі й товсті мікронитки. Фіксація мікрониток у м'язовому волокні відбувається за допомогою білкових пластинок, розміщених перпендикулярно до актинових мікрониток, — Z-дисків.

Іл. 75. Внутрішня будова м'язового волокна

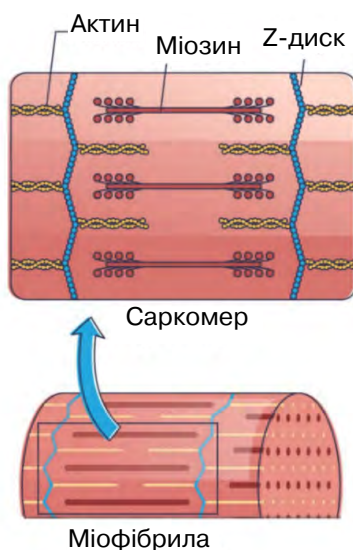


Порівняйте будову м'язового волокна із будовою типової тваринної клітини. Чим обумовлені подібності й відмінності в будові?

Відстань між двома сусідніми Z-дисками називають саркомером (іл. 76). Поміж тонкими актиновими мікронитками розміщуються товсті, основою яких є міозин. Взаємне розташування актинових і міозинових мікрониток таке, що існують ділянки саркомера, де розташовані або лише тонкі, або лише товсті, а також обидва типи мікрониток. Міозин здатен зв'язуватися з актином за допомогою поперечних містків, які утворюються його головками. Під час збудження м'язового волокна відбувається просування міозинових мікрониток уздовж актинових, унаслідок чого зменшується довжина саркомера (іл. 76). Скорочення багатьох саркомерів призводить до скорочення довжини всього м'яза, що зумовлює виконання фізичної роботи.

Забезпечення м'яза енергією. Для виконання роботи органам, зокрема й м'язам, необхідна енергія. Згадайте, що органелами клітин, які відповідають за енергетичне забезпечення, є мітохондрії. За участю кисню в мітохондріях поживні речовини розщеплюються з вивільненням енергії. Отже, умовою для функціонування м'язів є постачання їх киснем. У м'язі, що інтенсивно скорочується, кровообіг може збільшуватися у 20 разів, а отже так само збільшується й постачання клітин киснем. Проте інтенсивність утворення енергії в мітохондріях часто все одно недостатня. За такого стану клітини переходять у безкисневий режим отримання енергії. Це призводить до накопичення в м'язах молочної кислоти. Надалі молочна кислота підлягає розщепленню, для чого необхідна значна кількість кисню. Саме це і є причиною підвищеної інтенсивності дихання після м'язової роботи.

Іл. 76. Розташування актину й міозину в саркоплазмі



Після закінчення тривалих фізичних навантажень у край не рекомендується відразу різко знижувати м'язову активність, натомість потрібно певний час дати м'язам попрацювати в спокійнішому режимі. Збільшення кількості молочної кислоти призводить до затримки води в тканинах, унаслідок чого спостерігається набрякання м'язів з ураженням м'язових волокон і виникнення болю («кріпатура»). Помірна м'язова активність підтримує збільшений кровоток і сприяє вимиванню з м'язів молочної кислоти, зменшуючи симптоми «кріпатури». Такий стан можливий також через мікротравми м'язових волокон у запальний процес.

Робота м'язів. Людина виконує різноманітні рухи, пов'язані як із переміщенням тіла в просторі або предметів з певною швидкістю, так і підтриманням нерухомого положення частин тіла.

 *Роботу, під час якої напруження м'язів супроводжується зміною їхньої довжини й переміщенням у просторі тіла або його частини, називають **динамічною**. Роботу, під час якої напруження м'язів розвивається без зміни їхньої довжини й без активного переміщення в просторі тіла або його частин, називають **статичною**. Ці два типи роботи м'язів характеризуються різними показниками **втоми** — тимчасового зниження працездатності клітини, органа або цілого організму, яке настає внаслідок їхньої роботи й зникає після відпочинку. Щоб зрозуміти відмінність між цими двома типами роботи м'язів, проаналізуйте проведені дослідження розвитку втоми під час динамічної та статичної роботи та проведіть за наведеним планом самостійне дослідження (іл. 77).*

Іл. 77. Дослідження розвитку втоми під час динамічної та статичної роботи

-  1. Предмет (гантеля) масою 3 кг утримували рукою на рівні плеча, витягнувши її. Помічали час, за який настала втома (рука почала тремтіти та опускатися). Дані записували в колонку таблиці «Статична робота».
2. Після відпочинку (до 5 хв) ту саму гантелю піднімали на рівень плеча та опускали. Помічали час, за який настала втома. Дані записували в колонку таблиці «Динамічна робота».

Параметр	Статична робота		Динамічна робота	
Час, за який настала втома (с)	Показник дослідження	Власний показник	Показник дослідження	Власний показник
	120		210	

 У підсумку порівняйте відносний ступінь втоми (більший, менший) під час статичної та динамічної роботи. Поясніть результати дослідження, використавши зміст підручника.

Статичні напруження людини пов'язані з підтриманням у нерухомому стані предметів, а також із підтриманням постави тіла. Підтримання постави забезпечується тонусом м'язів — тривалим, без ознак швидкої втоми, напруженням скелетних м'язів. М'язова робота з підтримання постави характеризується меншими затратами енергії і може тривати довгий час. Статична робота, яка пов'язана із утриманням предметів, є більш втомливою, оскільки постійне напруження однієї і тієї ж м'язової групи супроводжується зменшенням у ній кровообігу, що внаслідок чого своєчасне виведення продуктів розщеплення. Під час динамічної роботи по чергово змінюються напруження різних м'язів, що уможливорює відновлення їхньої працездатності. Основною причиною втоми скелетних м'язів є виснаження нервових центрів, які регулюють роботу м'язів.

Рухова активність. Рухова активність спричиняє значні витрати енергії, а відтак сприяє підтриманню енергетичного балансу організму й запобігає розвитку надмірної ваги. Низький рівень рухової активності називають **гіподинамією**. Першочерговим ефектом фізичних тренувань, зрозуміло, є збільшення розмірів, сили та витривалості скелетних м'язів. Рухова активність також покращує функціональний стан серцево-судинної та дихальної систем, покращує роботу ендокринної та імунної систем, зміцнює кістки, підвищує опірність організму людини до інфекційних захворювань. Вона сприяє нормалізації обміну речовин, покращує настрій та психічне здоров'я. Варто зауважити, що рухова активність — це не лише фізкультура чи спорт, а й будь-яка активність, пов'язана з роботою м'язів (іл. 78).

Іл. 78. Різні способи забезпечення мінімального рівня денної рухової активності



Оцініть власний рівень денної активності.

Чи є він, на вашу думку, достатнім?



1. Дайте означення понять *втома*, *динамічна робота м'язів*, *статична робота м'язів*, *гіподинамія*.
2. Опишіть будову та роботу м'язового волокна.
3. Як робота м'яза забезпечується енергією?
4. Поясніть значення рухової активності для організму.
5. Оцініть значення знань про функціонування м'язів для мотивації рухової активності.

§16. Ушкодження опорно-рухової системи. Порушення постави



Сучасна медицина вможливорює поновлення повноцінного життя навіть у разі суттєвих ушкоджень органів. Це зумовлено, зокрема, розвитком 3D-технологій. Україна 2022 року підписала з корпорацією A.D.A.M. (США) меморандум про співпрацю щодо розроблення, підтримки та втілення проєктів із 3D-друку імплантів кісток та інших частин тіла для лікування військових та цивільних українців. Які ушкодження кісток відомі?

У разі дії на організм механічних чинників надмірної сили можуть відбуватися травми опорно-рухової системи. **Удар** спричиняє травмування тканин і органів без порушення цілісності шкіри. Унаслідок руйнування деяких клітин і дрібних кровоносних судин удар супроводжується болем, посинінням шкіри, при цьому може розвиватися набряк тканин. Перша допомога при цьому — знерухомлення ураженої ділянки, прикладання до неї охолоджувального компресу. Рух суглобів надмірної інтенсивності може викликати **розтягнення** або **розрив сухожилків**, що супроводжується ускладненням руху ураженого суглоба й болем. Як першу допомогу до суглоба прикладають холодні компреси й накладають тугу пов'язку. **Вивих** — зміщення суглобового кінця однієї кістки за межі суглобової поверхні іншої (іл. 79, а). Він супроводжується неприродним положенням ураженого суглоба, суттєвою обмеженістю його рухів і гострим болем. Під час надання першої допомоги також необхідно

Іл. 79. Ушкодження опорно-рухової системи: а — вивих; б, в — переломи кісток (рентген)



а

б

в



Сформулюйте послідовність дій під час надання першої допомоги: а) у разі закритого перелому; б) у разі відкритого перелому.

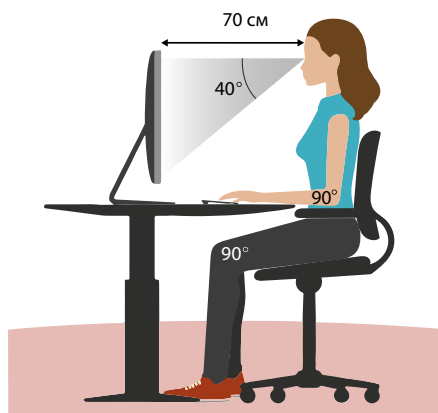


Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Накладання шин, джгутів та турнікетів у разі ушкодження опорно-рухової системи».

знерухомити суглоб, для зменшення болю й запобігання кровотечам прикласти холодний компрес. Самостійне вправлення суглоба може призвести до його подальшого травмування, тому слід звернутися до лікаря. **Переломи** кісток пов'язані з порушенням їхньої цілісності (іл. 79, б). У разі відкритих переломів уламки кісток проривають шкіру, закритих — шкіра залишається цілою. Ознаками перелому є неприродне положення кістки, припухлість і різкий біль. У разі відкритого перелому необхідно зупинити кровотечу, накласти стерильну пов'язку на рану, а потім знерухомити кінцівку. При закритому переломі знерухомлення кінцівки є першочерговим заходом. Варто зазначити, що у випадку всіх описаних травм необхідно обов'язково звернутися до лікаря. Спроба самостійного лікування може призвести до подальшого травмування організму.

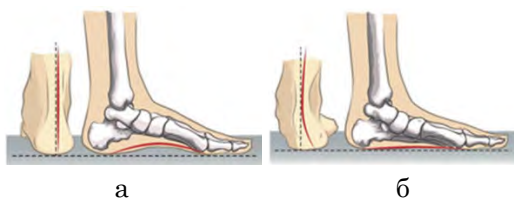
Порушення постави. Деякі проблеми опорно-рухової системи можуть розвиватися без зовнішніх впливів. Зокрема, часто трапляються порушення постави. Ви вже знаєте, що лордоз та кіфоз є природними вигинами хребта. Їхнє посилення або згладжування може бути ознакою порушення постави. У випадку скривлення хребта вправо або вліво виникає **сколіоз**. Для профілактики порушень хребта необхідно зберігати правильне положення тіла під час сидіння за столом, правильно носити важкі предмети тощо (іл. 80). Поширеною формою порушення скелета є **плоскостопість** — сплюснення склепіння стопи (іл. 81). Воно супроводжується болем під час ходіння або повною нездатністю ходити в разі серйозної форми плоскостопості. На ранніх етапах розвитку цього порушення його можна виправити за допомогою спеціальних вправ.

Іл. 80. Правильне положення тіла під час сидіння за столом



Рекомендації: тримайте спину рівно; коліна під столом мають бути зігнутими під кутом 90°; стіл має бути на 2–3 см вище рівня ліктів; упродовж роботи необхідно робити перерви.

Іл. 81. Зображення стопи: а — з нормальним склепінням; б — зі сплюсненням склепіння



Підготуйте повідомлення про заходи запобігання плоскостопості.



1. Перелічіть ушкодження опорно-рухової системи.
2. Порівняйте наслідки й першу допомогу в разі вивихів і переломів кісток.
3. Чим зумовлені порушення постави?
4. Сформулюйте правила поведінки, дотримуючись яких можна зберегти правильну поставу.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Ацетилхолін (АХ) є поширеним нейромедіатором, що працює як у периферійній, так і в центральній нервовій системі. Він використовується в нервово-м'язових закінченнях скелетних м'язів, в автономній нервовій системі у синапсах між перед- та післявузловими нейронами симпатичного й парасимпатичного відділів, а також як кінцевий нейромедіатор парасимпатичних післявузлових нейронів.

Постсинаптична мембрана сприймає АХ за допомогою ацетилхолінових рецепторів, які бувають кількох типів. Одні з них називають нікотиновими, оскільки вони активуються, окрім АХ, біологічно активною сполукою нікотином, що міститься, зокрема, у тютюні.



Чимало відомостей про нікотинові холінорецептори здобули українські вчені. Зокрема, академік Володимир Іванович Скок (1932–2003) уперше в світі зареєстрував електричну активність окремої молекули такого рецептора, розкривши базові характеристики її функціонування.

Міастенія гравіс — це аутоімунна патологія, за якої організм виробляє антитіла до нікотинових ацетилхолінових рецепторів м'язових волокон. У результаті цього кількість активних рецепторів суттєво знижується. Як наслідок, вивільнення ацетилхоліну з нервових закінчень супроводжується меншим збудженням м'язових волокон, а отже меншою силою скорочення та розвитком м'язової слабкості. У важких випадках ця хвороба впливає на дихальні м'язи, що може призвести до смерті. Хоч повністю вилікувати міастенію наразі неможливо, за належного догляду пацієнти живуть практично нормальним життям.

Завдання 1. Яке твердження можна сформулювати на основі наведеної інформації?

- А Вживання нікотину ніяк не позначається на роботі скелетних м'язів.
- Б Порушення ацетилхолінової синаптичної передачі може позначитися на функціонуванні як симпатичної так і парасимпатичної нервової системи.
- В При міастенії гравіс ацетилхолін інтенсивніше впливає на м'язові волокна, у результаті чого вони сильніше збуджуються та швидше втомлюються.
- Г Збільшення або зменшення кількості ацетилхоліну у нервово-м'язовому закінченні ніяк не позначається на силі м'язового скорочення.

Завдання 2. Нікотинові ацетилхолінові рецептори були об'єктом дослідження багатьох учених. Зокрема, академік Марина Володимирівна Скок детально вивчила будову і функції таких рецепторів у В-лімфоцитах. Поміркуйте, взаємодію яких ланок регуляції гомеостазу підкреслює це дослідження?

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Укажіть одну з функцій опорно-рухової системи людини.

- А видільна
- Б регуляторна
- В транспортна
- Г кровотворна

2. Одним зі складників кісткової тканини є

- А еритроцит
- Б нейрон
- В остеоцит
- Г міоцит

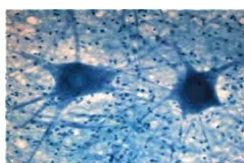
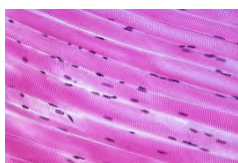
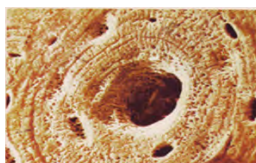
3. На рисунку м'язову тканину позначено буквою

А

Б

В

Г



4. Укажіть тип з'єднання стегнової та гомілкових кісток.

- А напіврухоме
- Б зростання
- В суглоб
- Г шов

5. Укажіть кістку скелета, яка захищає головний мозок.

- А стегнова
- Б ключиця
- В плечова
- Г лобова

6. Які складники безпосередньо забезпечують скоротливу здатність м'язових волокон?

- А актин і міозин
- Б ядро й мітохондрії
- В скоротливі вакуолі
- Г лізосоми і ядро

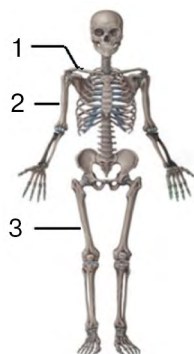
Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Проаналізуйте твердження щодо зображених на рисунку складників скелету людини.

- I. Цифрою 1 позначено ключицю.
- II. Цифрою 2 позначено плечову кістку, а цифрою 3 — стегнову.

Чи є поміж них правильні?

- А правильне лише I
- Б правильне лише II
- В обидва правильні
- Г немає правильних



8. ПОМИЛКОВОЮ дією під час надання допомоги при відкритому переломі є
- А знезараження поверхні рани
 - Б знерухомлення травмованої кінцівки
 - В зупинка кровотечі в разі її виникнення
 - Г самостійне вправлення положення кісток
9. Гіподинамія призводить до
- А підвищення рівня обміну білків і вуглеводів
 - Б емоційної стійкості в стресовій ситуації
 - В збільшення сили скорочення серцевого м'яза
 - Г зниження опірності інфекційним захворюванням

Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Два учні на уроці обговорювали особливості скелета людини. Перший учень стверджував, що стопа людини має склепіння. Другий зауважив, що в порівнянні з іншими ссавцями череп людини характеризується збільшенням лицьової частини.

Чи має хтось із них рацію?

- А лише перший учень
- Б лише другий учень
- В обидва мають рацію
- Г обидва помиляються

11. Правильне твердження щодо функціонування скелетних м'язів наведено в рядку

- А під час ритмічного скорочення м'яза втома не настає
- Б за інтенсивного дихання м'яз завжди отримує необхідну кількість енергії
- В основною причиною втоми скелетних м'язів є виснаження нервових центрів
- Г унаслідок динамічної роботи скелетних м'язів втома настає швидше, ніж за статичної

Тестове завдання з короткою відповіддю (3 бали)

12. Укажіть кістки, які є складниками відділу скелета людини.

*Пояс верхніх
кінцівок*

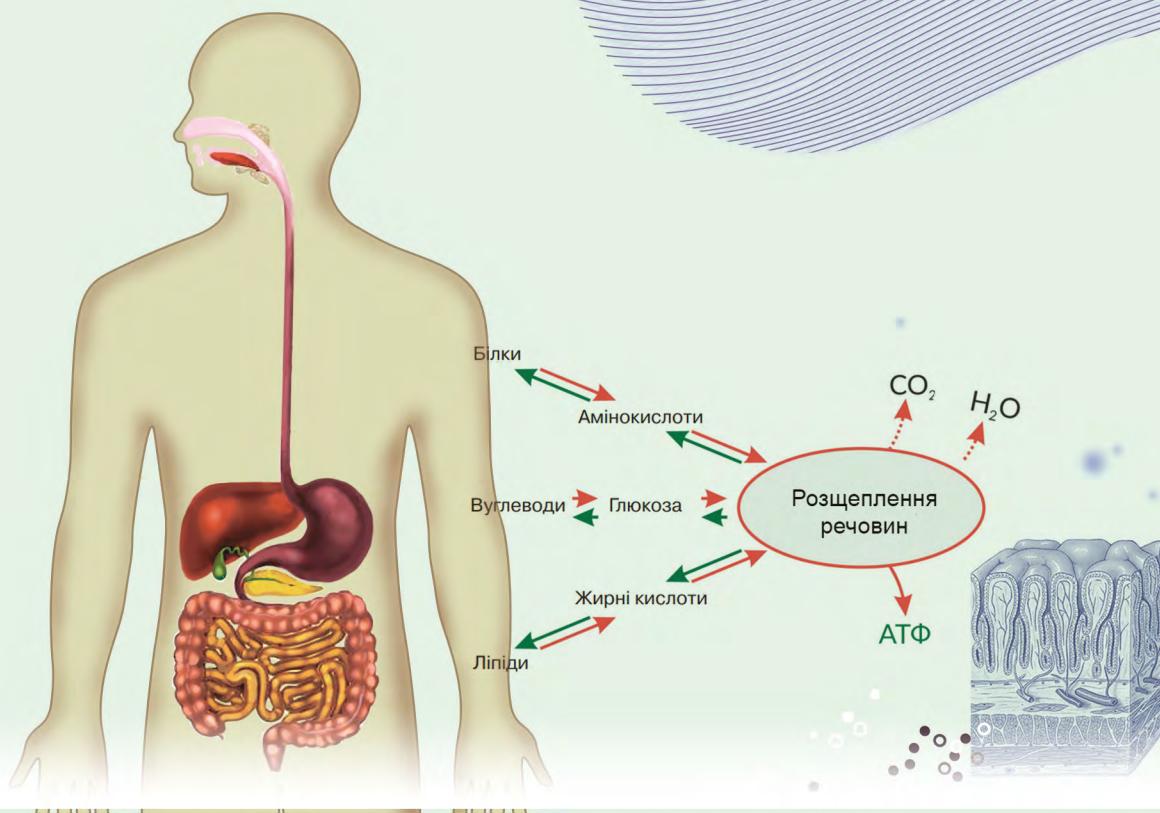
*Вільна верхня
кінцівка*

*Вільна нижня
кінцівка*

- 1 плечова
- 2 лопатка
- 3 груднина

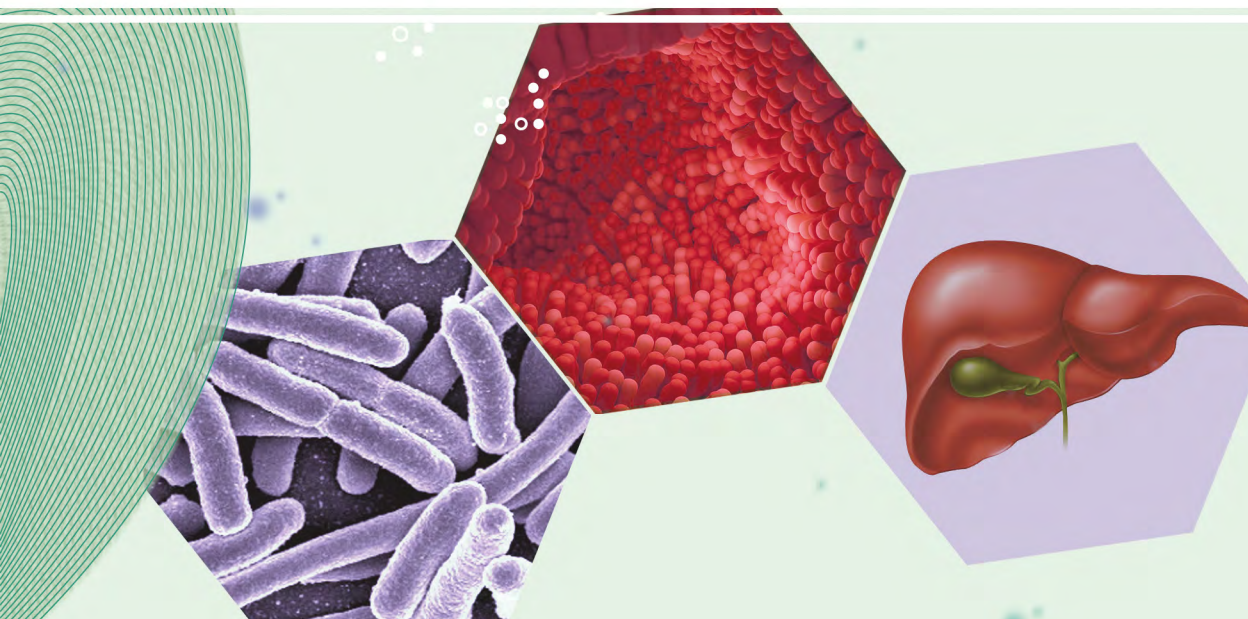
- 1 ключиця
- 2 плечова
- 3 мала гомілкova

- 1 стегнова
- 2 груднина
- 3 променева



ТЕМА 4

ТРАВНА СИСТЕМА. ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ



§17. Обмін речовин та перетворення енергії в організмі

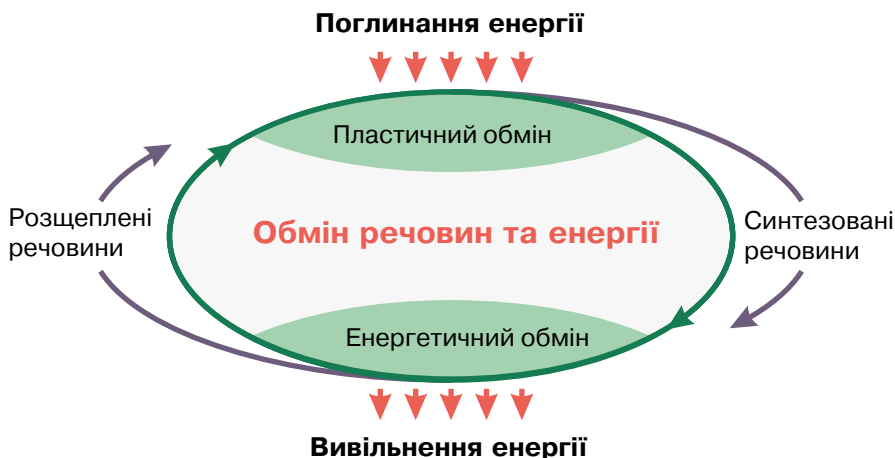


Організм є відкритою біологічною системою, для якої необхідно надходження речовин та енергії з навколишнього середовища та їх перетворення.

Обмін речовин. Сукупність усіх хімічних перетворень речовин в організмі з моменту надходження їх з навколишнього середовища до моменту виведення продуктів розпаду називають **обміном речовин**, або **метаболізмом**.

В організмі одночасно відбуваються процеси двох типів. Для утворення речовин, необхідних для життєдіяльності організму, з навколишнього середовища надходять певні сполуки. При цьому поглинається енергія, необхідна для утворення хімічних зв'язків. Сукупність реакцій утворення (синтезу) складних речовин із простих, під час яких енергія поглинається, називають пластичним обміном, або анаболізмом. Цей процес забезпечує розвиток клітин та організму, поновлення їхнього хімічного складу. Водночас у клітині відбувається протилежний процес – розщеплення речовин. Сукупність реакцій розщеплення складних речовин на простіші з вивільненням енергії називають енергетичним обміном, або катаболізмом. Пластичний та енергетичний обмін є протилежними складниками єдиного процесу обміну речовин, які взаємопов'язані: реакції утворення речовин потребують поглинання енергії, що вивільняється внаслідок процесів енергетичного обміну (іл. 82).

Іл. 82. Взаємозв'язок пластичного обміну (анаболізму) та енергетичного обміну (катаболізму)



Поясніть взаємозв'язок анаболізму й катаболізму у функціонуванні гетеротрофного організму.

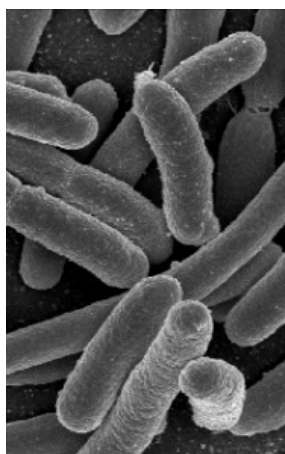
Для перебігу реакцій енергетичного обміну необхідне постійне утворення органічних речовин, які надалі будуть розщеплюватися. У процесі енергетичного обміну молекули АТФ утворюються, а в процесі пластичного обміну вони витрачаються, розщеплюються з виділенням енергії. Варто зазначити, що АТФ — це сполука, яка запасає у своїх зв'язках значну кількість енергії. Перебіг реакцій обміну відбувається впорядковано за участю ферментів. Завдяки їм реакції йдуть швидко й ефективно за звичайних умов функціонування клітин.

Перетворення енергії. Для забезпечення власних енергетичних потреб організми використовують енергію, що надходить із навколишнього середовища. Вони акумулюють енергію у формі хімічних зв'язків органічних молекул, отже, перетворення енергії взаємопов'язане з обміном речовин.

Згадайте, що організми, які використовують енергію готових органічних речовин, називають гетеротрофами. До цієї групи належать більшість бактерій, гриби та тварини (іл. 83), зокрема й людина. Для них джерелом енергії є синтезовані іншими організмами органічні сполуки, які вони одержують із їжею.

Енергія, що надходить до організму, може запасатися в хімічних зв'язках синтезованих сполук або ж витрачатися на різноманітні процеси функціонування. Витрачена енергія перетворюється на теплову. Живим системам притаманний енергетичний баланс: скільки енергії організм отримує, стільки й витрачає або запасає. Основою цього є фізичний принцип збереження енергії.

Іл. 83. Гетеротрофні організми: а — бактерії; б — гриби; в — тварини



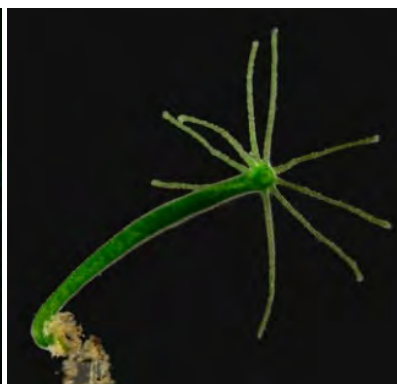
а

Кишкова паличка



б

Пеніцил



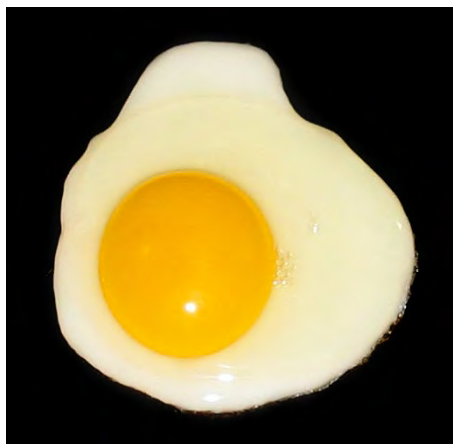
в

Гідра прісноводна

Обмін білків. Білки їжі розщеплюються ферментами шлунка, підшлункової залози та тонкої кишки до амінокислот. Вони всмоктуються в кров, якою розносяться до всіх тканин організму. У клітинах амінокислоти використовуються для синтезу власних білків. Синтезовані білки певний час виконують притаманні їм функції, після чого руйнуються. В організмі постійно відбувається заміна «старих» білків на «нові». Частина новосинтезованих білків утворюється з амінокислот, що надійшли з їжею, частина — з амінокислот, утворених унаслідок розщеплення «старих» білків. Амінокислоти їжі використовуються переважно для пластичних потреб і відіграють не велику роль у забезпеченні енергетичних потреб організму. Розщеплення білків з метою утворення енергії відбувається лише в результаті тривалого голодування.

Нестачу білків у їжі неможливо компенсувати іншими харчовими речовинами, зокрема вуглеводами або ліпідами. Для побудови потрібних організму білків необхідно 20 амінокислот. Деякі з них можуть перетворюватися в нашому організмі на інші, проте, є такі, які не можуть бути синтезовані в організмі людини й мають надходити з їжею. Їх називають незамінними амінокислотами. Залежно від амінокислотного складу білки поділяють на повноцінні й неповноцінні. Повноцінні білки містять незамінні амінокислоти. Такими є більшість білків тваринного походження (іл. 84). Неповноцінні білки не містять усіх потрібних організму амінокислот. Це переважно білки рослинного походження.

Ил. 84. Білки тваринного походження



Білки альбуміни курячого яйця внаслідок дії високої температури.

Ил. 85. Органічні речовини в насінні соняшника

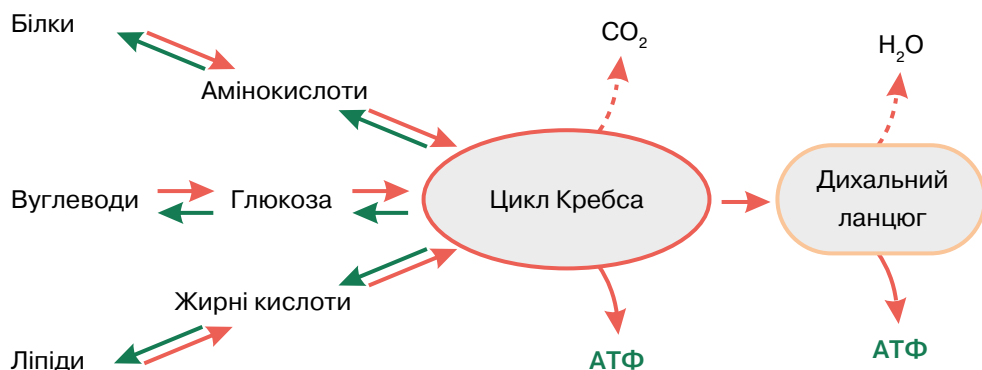


Проаналізуйте діаграму. Укажіть співвідношення органічних речовин у насінні соняшника.

Обмін вуглеводів. Вуглеводи їжі є основним джерелом енергії. Більш складні вуглеводи їжі розщеплюються до простих, зокрема глюкози, яка всмоктується в кров, і з нею транспортуються до всіх клітин організму. Одразу після прийому їжі концентрація глюкози в крові починає підвищуватися. Надлишок глюкози, яка всмоктується в травному тракті, перетворюється в клітинах печінки на глікоген. Певна кількість глікогену також є у волокнах скелетних м'язів та гліальних клітинах нервової тканини. Речовини однієї хімічної природи можуть перетворюватися на речовини іншої хімічної природи. За нестачі вуглеводів вони можуть синтезуватися з жирів або амінокислот. У результаті надлишкового споживання вуглеводів вони можуть перетворюватися на жири й депонуватися в жировій тканині організму.

Обмін ліпідів. Ліпіди, зокрема жири, які надходять з їжею (іл. 85), розщеплюються до моногліцеридів і жирних кислот. Вони надходять до ентероцитів, у яких відбувається синтез власних видоспецифічних ліпідів. Ці ліпіди транспортуються до лімфатичних капілярів, з яких у складі лімфатичної системи переносяться до печінки. Там відбувається утворення складних білків, що з током лімфи надходять у кров, якою розносяться до клітин. Надлишок жирів може депонуватися в жировій тканині. У разі потреби жири можуть розщеплюватися з отриманням енергії, причому енергетичний вихід цієї реакції перевищує такий у реакціях розщеплення глюкози або амінокислот. Процес, що об'єднує обмін вуглеводів, білків і ліпідів, можна проілюструвати схемою (іл. 86).

Іл. 86. Обмін органічних речовин і перетворення енергії в організмі



Поясніть біологічну роль молекули АТФ в енергетичному обміні, використовуючи додаткову літературу та інтернет-джерела.



1. Дайте означення понять *метаболізм*, *анаболізм*, *катаболізм*. **2.** Опишіть обмін речовин і перетворення енергії гетеротрофного організму. **3.** Схарактеризуйте обмін білків. **4.** Схарактеризуйте обмін вуглеводів і ліпідів. **5.** Як обміни цих органічних речовин пов'язані між собою?

§18. Будова травної системи. Травлення в ротовій порожнині й шлунку

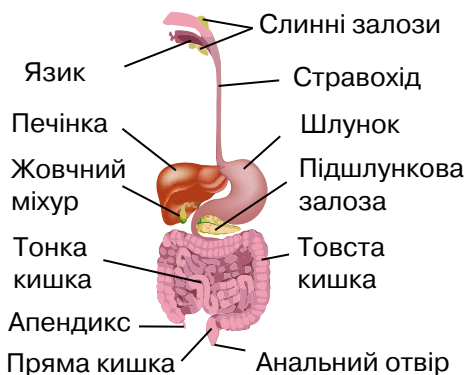


Як ви вже знаєте, для існування гетеротрофний організм має отримувати органічні речовини, необхідні для вироблення енергії та побудови власних органічних речовин. Основним джерелом таких речовин є їжа.

Загальний план будови. Сукупність процесів, спрямованих на розщеплення складних органічних речовин їжі до простих, називають **травленням**. Воно відбувається в органах, які об'єднані в травну систему. Ця система забезпечує механічне подрібнення їжі, ферментативне розщеплення сполук та всмоктування продуктів розщеплення.

Травна система людини містить травний тракт у формі трубки, а також травні залози. Травний тракт починається з ротової порожнини, яка переходить у глотку. Далі знаходиться стравохід, за яким розміщений шлунок, після якого розташований кишечник. У кишечнику виділяють тонку й товсту кишки. Закінчується кишечник прямою кишкою з анальним отвором (відхідником). До травних залоз, які розміщені поза межами травної трубки, відносять три пари слинних залоз, підшлункову залозу й печінку (іл. 87). Стінка травного тракту має три шари: внутрішній — утворений слизовою оболонкою; середній — із м'язових волокон; зовнішній — сполучнотканинний. Переважна частина м'язової стінки травної системи утворена гладенькою мускулатурою, лише початкові й кінцеві відділи містять позмугувані м'язові волокна.

Іл. 87. Травна система людини



Порівняйте будову травної системи людини з будовою травної системи хребетних тварин: окуня річкового, жаби ставкової, ящірки прудкої, голуба сизого й кроля дикого. У чому схожість і відмінності? Чим зумовлені відмінності?

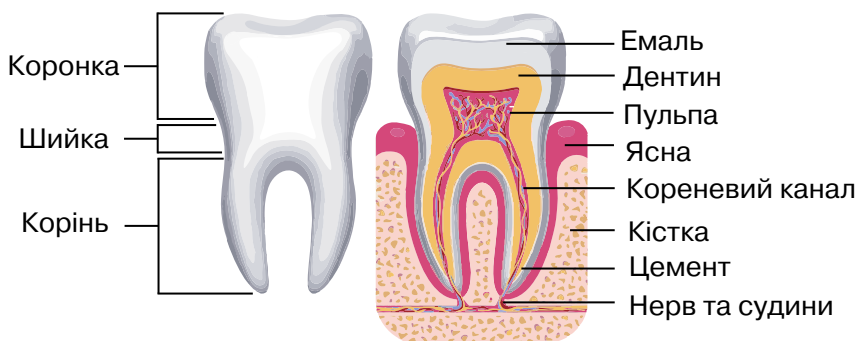
Травлення в ротовій порожнині. У ротовій порожнині відбувається механічне подрібнення їжі, змочування її слиною, формування харчової грудки й ковтання. Ротова порожнина обмежена губами, щокami, піднебінням і під'язиковими м'язами ротової порожнини. Усередині ротової порожнини є великий м'язовий орган — язик. Його поверхня утворена епітелієм зі смаковими рецепторами. За участі язика й зубів здійснюється механічна обробка їжі та ковтання.



Зуби — це кісткові утворення, занурені в порожнини щелеп. Щелепи вкриті слизовою оболонкою — яснами. Частина зуба, що видається в ротову порожнину, називають коронкою. Іншу частину, розміщену в щелепі, називають коренями. Основна частина зуба утворена дентином. Під ним у коренях є канали, які в коронці розширюються в порожнину, де є кровоносні судини й нервові волокна. Це пульпа. Зовні зуб оточений емаллю на коронці й цементом на коренях (іл. 88).

У дорослої людини є чотири типи зубів: різці (центральні зуби у формі плоских пластинок); ікла (мають гостру форму); малі кутні (мають плоску поверхню); великі кутні (мають коронку великого розміру). Різці відіграють основну роль у відкушуванні шматочків їжі, натомість кутні зуби — у її пережовуванні. Розташування зубів на обох щелепах, а також на двох симетричних половинах кожної щелепи однакове: від центру до периферії розташовані два різці, одне ікло, два малі кутні й три великі кутні зуби. Цю закономірність називають **зубною формулою**. Після народження в дитини прорізаються тимчасові, або молочні, зуби. У віці 5–6 років починається заміна тимчасових зубів на постійні.

Іл. 88. Будова зуба



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження будови зуба.



Підготуйте повідомлення про заходи профілактики захворювання зубів, використовуючи інтернет-джерела.

Жування забезпечує процес подрібнення їжі та змішування її зі слиною. Слина виділяється залозами слизової оболонки, а також великими слинними залозами, яких у людини три пари: привушні, піднижньощелепні й під'язикові.



Секрет дрібних залоз відіграє основну роль у зволоженні слизової оболонки, а секрет великих залоз — у процесах травлення. До складу слини входять: вода з розчиненими неорганічними йонами, що необхідна для створення лужного середовища, у якому працюють ферменти слини; амілаза — фермент, який розщеплює вуглеводи; знезаражувальний фермент лізоцим; муцин — білок, що є основою формування слизу. Щоб зрозуміти вплив ферментів слини на розщеплення речовин їжі, проаналізуйте проведений лабораторний практикум і виконайте за наведеним планом самостійне дослідження (іл. 89).

Харчова грудка просувається до піднебіння. За допомогою язика вона проштовхується в напрямку глотки. Після подразнення механорецепторів кореня язика та м'якого піднебіння запускається рефлексорний акт ковтання. Надгортанник (еластичний хрящ) опускається і закриває вхід до гортані, унаслідок чого часточки їжі не можуть потрапити до дихальних шляхів. Далі харчова грудка проштовхується до стравоходу.

Травлення в шлунку. Зі стравоходу харчова грудка потрапляє до найширшої частини травної трубки — шлунка (іл. 90). Внутрішній шар шлунка представлений слизовою оболонкою, яка має ряд складок, що збільшують її поверхню. Також у ній є шлункові залози, які продукують травні ферменти, хлоридну (соляну) кислоту та слиз.

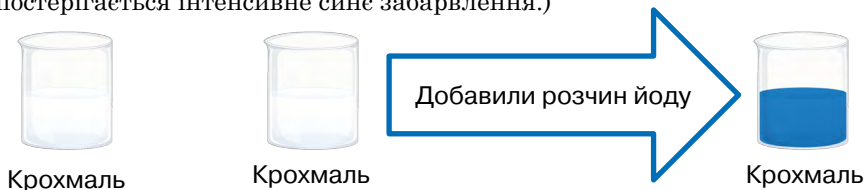
Іл. 89. Вплив ферментів слинних залоз на крохмаль



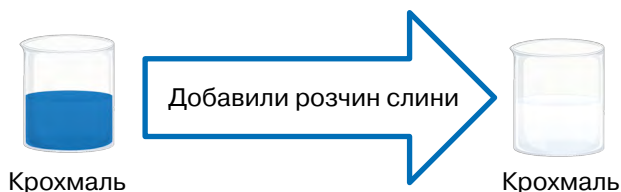
Учні й учениці досліджували **вплив ферментів слинних залоз на крохмаль**. Опишіть та поясніть результати досліджень.

1. До склянки із суспензією крохмалю добавили 2–3 краплі розчину йоду.

(Примітка: якісною реакцією на крохмаль є його взаємодія з розчином йоду: спостерігається інтенсивне синє забарвлення.)



2. Добавили до склянки піпеткою розчин слини.



З допомогою скорочень м'язів м'язової стінки здійснюється перемішування вмісту шлунка. Зовнішня оболонка представлена пухкою сполучною тканиною, яка формує очеревину. На вході й на виході зі шлунка в стінці травного тракту є сфінктери, що запобігають поверненню їжі до стравоходу й неконтрольованому просуванню шлункового вмісту до дванадцятипалої кишки. Обробка їжі, яка здійснюється в шлунку, відбувається частково завдяки впливу ферментів слини, а здебільшого — під дією ферментів шлункового соку. Робота ферментів слини триває до просякнення харчової грудки шлунковим соком, який інактивує їх через високу кислотність. Подрібнена їжа, перемішана із секретами травної системи, називається хімус. Регуляція шлункової секреції відбувається гуморальним і нервовим шляхом. Симпатична автономна нервова система гальмує, а парасимпатична — активує секреторну й моторну активність шлунку.

Надалі оброблення їжі здійснюється кількома ферментами, головним із яких є пепсин. Він здійснює розщеплення білків. Ферменти шлункового соку працюють у кислому середовищі. Окрім пепсину, у складі шлункового соку є й інші ферменти, зокрема шлункова ліпаза, яка здійснює розщеплення ліпідів. Хлоридна кислота виконує декілька функцій: сприяє розщепленню білків їжі, полегшуючи доступ до них ферментів; сприяє перетворенню пепсиногенів у пепсин; створює кисле середовище, необхідне для функціонування ферментів; знешкоджує хвороботворні організми, які можуть потрапити до шлунка з їжею. Слиз необхідний для захисту слизової оболонки від пошкоджень і перетравлення.

Лл. 90. Будова шлунка



1. Дайте означення поняття *травлення*.
2. Який загальний план будови травної системи?
3. Опишіть будову зуба людини.
4. Схарактеризуйте травлення в ротовій порожнині.
5. Схарактеризуйте травлення в шлунку.

§19. Травлення в кишечнику. Функції печінки

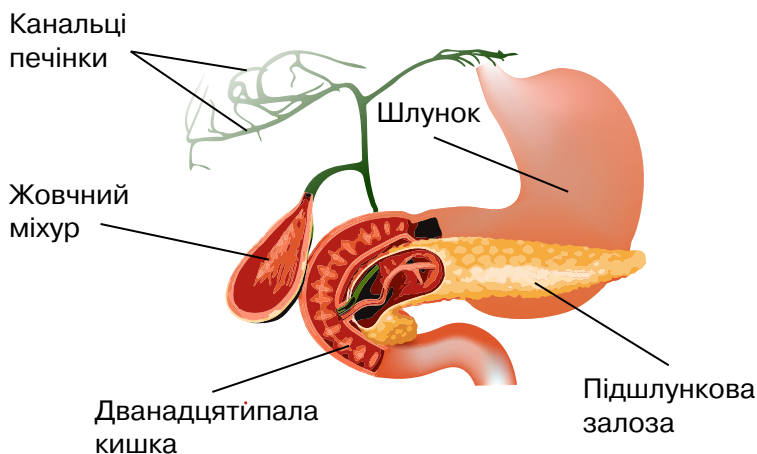


Вам уже відомо, що травлення в людини починається в ротовій порожнині, а продовжується в шлунку. Як відбувається травлення в кишечнику?

Зі шлунка хімус надходить до тонкої кишки, яка є найдовшою структурою травної системи. Перший відділ тонкої кишки, до якого зі шлунка потрапляє хімус, називають дванадцятипалою кишкою. У її слизовій оболонці є прості залози, які продукують невелику кількість травних соків. Основна роль у процесах травлення в цьому відділі травної системи належить секретам великих травних залоз — підшлункової та печінки.

Підшлункова залоза. Підшлункова залоза (іл. 91) завдовжки 12–15 см. Вона розміщена позаду шлунка між селезінкою та дванадцятипалою кишкою. На перерізі в залозі добре помітні численні часточки, які мають однакову будову. Анатомічно й функціонально виділяють внутрішньосекреторну (ендокринну) і зовнішньосекреторну (екзокринну) частини. Внутрішньосекреторна частина представлена острівцями Лангерганса, клітини яких синтезують гормони інсулін і глюкагон. Зовнішньосекреторна частина представлена системою каналців, у які виділяється підшлунковий сік. Дрібні каналці об'єднуються в більші протоки. Найбільша з них галузиться на дві частини, одна з яких відкривається у дванадцятипалу кишку, а друга зливається зі спільною жовчною протокою печінки, і вони разом відкриваються в просвіт дванадцятипалої кишки.

Іл. 91. Розташування підшлункової залози в організмі людини



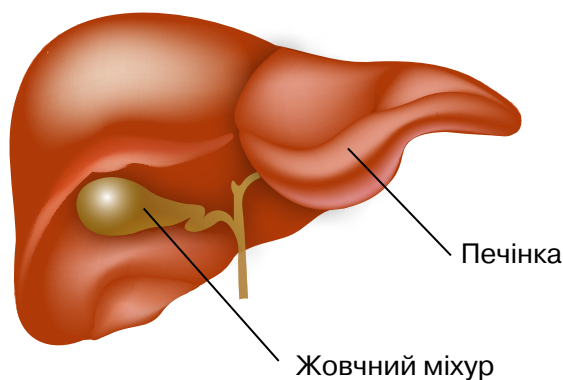
Пригадайте, у яких тварин з'являється підшлункова залоза. Яких переваг це надає організму?

Підшлунковий сік — це безбарвна лужна рідина. Він містить травні ферменти й солі карбонатної кислоти. Ферменти підшлункової залози й тонкої кишки є активними в лужному середовищі. Його створюють солі карбонатної кислоти. Травні ферменти підшлункового соку здатні розщеплювати майже всі речовини, що їх містить їжа. Основними ферментами є трипсин і хімотрипсин, які розщеплюють білки. Також підшлунковий сік містить ферменти, що розщеплюють вуглеводи й ліпіди. Секреція залози регулюється нервовим шляхом за допомогою парасимпатичних нервів, що посилюють секрецію та симпатичних нервів, що її гальмують.

Печінка. Печінка — це найбільша залоза організму людини (іл. 92). Її функція пов'язана не лише з травленням, а й із процесами регуляції обміну речовин. У печінці є велика кількість печінкових пластинок, кожна з яких складається з двох рядів прилеглих одна до одної печінкових клітин (гепатоцитів). Вони продукують жовч, яка по каналцях збирається в загальну печінкову протоку. Від неї відгалужується міхурова протока жовчного міхура, у якому жовч може депонуватися і концентруватися за рахунок усмоктування води. Міхурова протока разом із загальною печінковою утворюють спільну жовчну протоку. Вона виходить із печінки, зливається з протокою підшлункової залози, і вони разом відкриваються у дванадцятипалу кишку.

Жовч — це рідина жовто-коричневого кольору, яка має лужну реакцію. Основним її складником є жовчні кислоти. Вони беруть участь в емульгації жирів. Жовчовиділення активується парасимпатичною, а гальмується симпатичною нервовою системою.

Іл. 92. Печінка й жовчний міхур

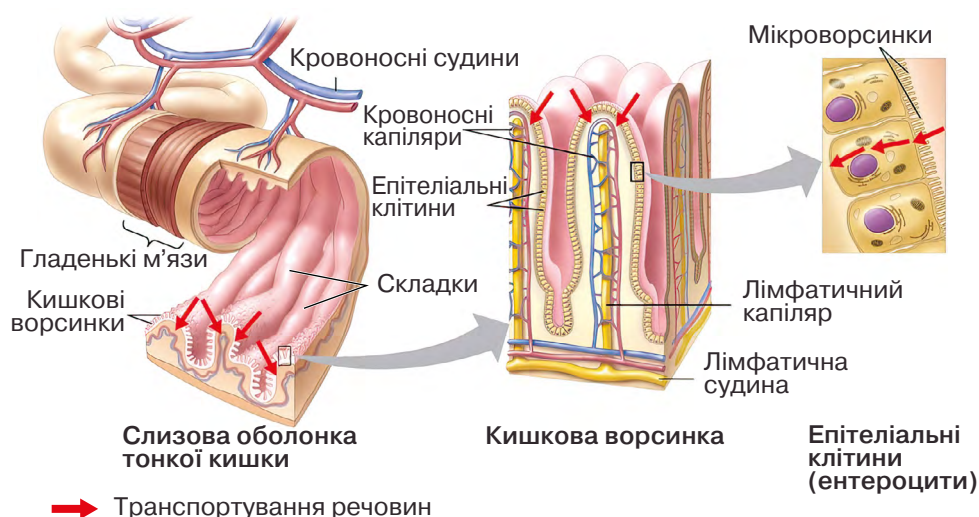


Пригадайте, у яких тварин з'являється печінка. Із чим це може бути пов'язано? Спрогнозуйте можливі наслідки недостатнього продукування печінкою жовчі.

Травлення в тонкій кишці. М'язові стінки кишок забезпечують перистальтику — хвилюподібні скорочення, які сприяють переміщенню хімусу в одному напрямку. Перистальтика здійснюється незалежно від впливів ЦНС. Слизова оболонка кишок має численні складки, які збільшують поверхню (іл. 93). Також вона утворює ворсинки — дуже дрібні складки. Стінки ворсинок містять одношаровий епітелій, під яким проходять пучки гладеньких м'язів, кровоносні та лімфатичні капіляри. Слизова оболонка містить секреторні клітини. Вони виробляють кишковий сік, що містить травні ферменти. Характерною особливістю епітеліальних клітин кишечника — ентероцитів — є наявність на їхній поверхні великої кількості мікрроворсинок. Мікрроворсинки — це вирости плазматичної мембрани цих клітин. На поверхні мікрроворсинок містяться травні ферменти. Сукупність процесів травлення, які відбуваються за участі зв'язаних із мембранами клітин ферментів, називають **мембранним травленням**. Ці ферменти здійснюють остаточне розщеплення речовин до більш простих складників. Зокрема, білки розщеплюються до амінокислот, вуглеводи — до глюкози. Продукти, які утворилися після розщеплення, усмоктуються з порожнини тонкої кишки до внутрішнього середовища організму.

Амінокислоти й глюкоза всмоктуються в кров. Продукти розщеплення ліпідів — моногліцериди та жирні кислоти — транспортуються до ентероцитів, у яких відбувається синтез жирів, специфічних для організму людини. Вони надходять у лімфу, а з нею крізь грудну лімфатичну протоку в кров. Окрім цих речовин, тут відбувається всмоктування води, неорганічних солей, вітамінів тощо.

Іл. 93. Будова слизової оболонки тонкої кишки



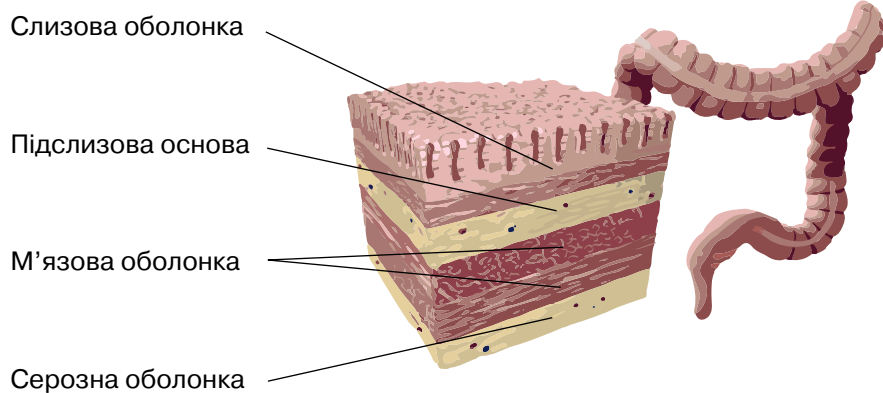
Оцініть біологічну роль мембранного травлення.

Травлення в товстій кишці. З тонкої кишки хімус надходить до товстої кишки, стінки якої складені з декількох оболонок (іл. 94). На межі між тонкою і товстою кишкою розташований клапан, який регулює напрямок переміщення хімусу. Від початкової частини товстої кишки відходить сліпозамкнений червоподібний відросток — апендикс. Він не відіграє суттєвої ролі в травленні, але є органом імунної системи. У товстій кишці також відбувається секреція кишкового соку. Проте, на відміну від кишкового соку тонкої кишки, сік у товстій кишці містить мало ферментів і багато слизу. Одними з основних процесів є всмоктування води з хімусу, його ущільнення і формування з неперетравлених решток калових мас.

Порожнина товстої кишки заселена симбіонтними бактеріями, однією з яких є кишкова паличка. Ці бактерії виконують важливі функції. Вони запобігають заселенню порожнини кишечника хвороботворними мікроорганізмами. Також вони синтезують деякі корисні речовини, зокрема вітаміни групи В й К. Кишкові бактерії здатні розщеплювати речовини, які не розщеплюються ферментами травного тракту, зокрема целюлозу.

Калові маси виводяться з організму внаслідок рефлекторного акту дефекації. Стимулом для його здійснення є підвищення тиску в прямій кишці. Центр дефекації знаходиться в крижовому відділі спинного мозку. Під його впливом відбувається розслаблення м'язів анального сфінктера й посилюється перистальтика кишки. Центр дефекації перебуває під гальмівним контролем структур головного мозку, що необхідно для забезпечення пристосувальної поведінки.

Іл. 94. Будова стінки товстої кишки



1. Опишіть будову та зазначте функції підшлункової залози.
2. Яку будову та функції має печінка?
3. Схарактеризуйте травлення в тонкій кишці.
4. Схарактеризуйте травлення в товстій кишці.

§20. Вітаміни, їхня роль в обміні речовин



Довгий час уважали, що для життєдіяльності організму потрібні лише білки, жири, вуглеводи, вода та мінеральні солі. Але спостереження показували, що одноманітне харчування призводить до виникнення різних захворювань. Так, моряки під час довгих подорожей, не маючи в раціоні овочів і фруктів, хворіли на цингу (скорбут). У країнах Азії, де основною стравою був шліфований рис, значна частина населення була уражена хворобою бері-бері. У 1897 році голландський учений Христіан Ейкман дослідив, що причиною виникнення цього захворювання в курей була нестача певної речовини в їжі. Цю сполуку — а саме тіамін (вітамін B_1) — у 1911 році виділив польський учений Казимир Функ і показав її ефективність у лікуванні бері-бері. Молекули тіаміну мають у своєму складі аміногрупу, тому вчений назвав його вітаміном (аміном життя).

Властивості вітамінів. Вітаміни — низькомолекулярні біологічно активні речовини різної хімічної природи, необхідні в невеликих кількостях для нормального обміну речовин і життєдіяльності організмів. Для позначення кожного вітаміну, окрім хімічної та фізіологічної назви, використовують букви латинського алфавіту. Наприклад, хімічна назва вітаміну D — кальциферол, а фізіологічна — протирахітичний, що вказує на його профілактичну роль щодо розвитку рахіту (іл. 95).

Іл. 95. Основні вітаміни організму людини та їх добова потреба

Позначення буквою	Хімічна назва	Фізіологічна назва	Добова потреба, мг
Жиророзчинні вітаміни			
A	Ретинол	Протиксерофтальмічний	1,5–2
D	Кальциферол	Протирахітичний	0,02
E	Токоферол	Протиоксидантний	20–40
K	Філохінон	Протигеморагічний	1–2
Водорозчинні вітаміни			
B_1	Тіамін	Протиневритний	1,2–2
B_2	Рибофлавін	Вітамін росту	1,5–2
B_3	Нікотинова кислота	Протидерматитний	10
B_5 (PP)	Пантотенова кислота	Протипелагричний	10–20
B_6	Піридоксин	Протидерматитний	2–4
B_9	Фолієва кислота	Фактор росту	0,3–1
B_{12}	Ціанокобаламін	Протианемічний	0,003
C	Аскорбінова кислота	Протискорбутний	60–100
H	Біотин	Протисеборейний	0,15–0,3

Основними властивостями вітамінів є висока біологічна активність, розчинність у жирах або воді, руйнування під час нагрівання, нетривалість існування. Важливо відзначити, що тварини й рослини потребують майже всіх відомих науці вітамінів і зазвичай здатні їх синтезувати. Однак людина й низка тварин (наприклад мавпи) втратили цю здатність і тепер можуть поповнювати дефіцит вітамінів здебільшого за рахунок компонентів їжі. Усі групи харчових продуктів багаті на вітаміни, проте жоден продукт не може повністю задовольнити потреби організму (іл. 96). Інколи в рослинних клітинах виробляються їхні попередники — провітаміни, які перетворюються у вітаміни в організмі. Деякі вітаміни, зокрема К й Н, синтезуються кишковою мікрофлорою, а вітамін D утворюється в шкірі під впливом ультрафіолетового випромінювання.

Біологічна роль вітамінів. Біологічна роль вітамінів у різних організмах подібна, але особливу увагу ми приділимо функціонуванню їх в організмі людини. Сучасні дослідження свідчать про різноманітну участь вітамінів у процесах життєдіяльності організму.

Функціонування деяких ферментів залежить від наявності додаткових речовин небілкової природи. Сполуки, необхідні для роботи ферментів, називають коферментами. Ними можуть бути похідні вітамінів, наприклад вітаміни груп В й К.

Вітаміни беруть участь в утворенні деяких гормонів — біологічно активних сполук, які регулюють різні етапи обміну речовин в організмі. Наприклад, вітамін D впливає на процеси, що забезпечують утворення і функціонування стероїдних гормонів (статевих, кортикостероїдів).

Іл. 96. Головні джерела деяких вітамінів у харчових продуктах

Назва вітаміну	Харчовий продукт
B ₁ (тіамін)	Нежирне м'ясо, зернові, бобові, риба, печінка, яйця, зелень, чорний хліб
B ₆ (піридоксин)	Зернові, овочі, м'ясо, риба, банани, картопля, помідори, шпинат
B ₁₂ (ціанокобаламін)	Печінка, м'ясо, риба, молочні продукти, яйця, морська капуста
C (аскорбінова кислота)	Овочі й фрукти, особливо цитрусові, ягоди, полуниці, помідори, молода картопля, зелень
A (ретинол)	Риб'ячий жир, яєчні жовтки, печінка, молоко; провітамін А (β-каротин) — у червоних, жовтих і зелених овочах
D (кальциферол)	Риб'ячий жир, яєчні жовтки, молоко
K (філохінон)	Темно-зелені листові овочі, капуста, свинина й печінка



Проаналізуйте інформацію. Чи вживаєте ви харчові продукти, які містять зазначені вітаміни?



Підготуйте повідомлення про вміст інших вітамінів у харчових продуктах, використовуючи інтернет-джерела.

Деякі вітаміни, зокрема А, С, Е, мають антиоксидантні властивості і захищають наш організм від руйнівної дії вільних радикалів. Деякі вітаміни відіграють важливу роль в обміні мінеральних речовин. Наприклад, вітамін С (аскорбінова кислота) сприяє всмоктуванню організмом заліза, а вітамін D бере участь у збереженні Кальцію і Фосфору. Вітаміни впливають на регуляцію функціонування життєво важливих органів і систем організму, наприклад, вітаміни групи В важливі для роботи нервової системи, вітамін А — слизових оболонок і шкіри, вітамін С — сполучних тканин, а вітамін D — для формування кісткової тканини тощо. Від рівня забезпеченості їжі вітамінами залежить рівень розумової та фізичної працездатності, стійкість людини до впливу несприятливих чинників зовнішнього середовища.

Добова потреба у вітамінах значною мірою залежить від віку, статі, маси тіла, стану організму. Організму людини необхідні принаймні 20 різних вітамінів, добові потреби в яких коливаються від 0,003 до 100 мг. Можна обчислити необхідну кількість харчового продукту на добу для задоволення потреби в певному вітаміні, зважаючи на вміст у ньому вітаміну та добову потребу для організму (іл. 97). Залежно від ступеня забезпеченості організму якимось вітаміном, розрізняють авітаміноз (відсутність), гіповітаміноз (нестача) та гіпервітаміноз (надлишок). Дефіцит може виникати через неспроможність засвоєння вітамінів клітинами організму. Причинами цього може бути руйнування вітамінів через підвищення кислотності шлунку (вітаміни В₁, В₅, С), порушення утворення транспортних білків (вітамін В₁₂), зменшення надходження

Іл. 97. Уміст вітамінів у харчових продуктах (у 100 г)

Вітамін С. Добова потреба — 100 мг



Шипшина собача,
1000 мг



Смородина чорна,
200 мг



Окунь морський,
2,3 мкг



Яйце куряче,
2,2 мкг



Капуста брюссельська,
100 мг



Полуниця лісова,
60 мг



Печінка,
0,4 мкг



Сметана,
0,2 мкг



Проведіть обчислення кількості (г) кожного харчового продукту для задоволення добової потреби у вітаміні.

жовчі, що перешкоджає всмоктуванню жиророзчинних вітамінів, зміни мікрофлори тощо. Вітамінна недостатність також може виникати внаслідок зменшення надходження вітамінів з їжею, недотримання правил кулінарного оброблення та зберігання харчових продуктів (іл. 98).

Ми опишемо деякі захворювання людини, що виникають унаслідок нестачі вітамінів. Бері-бері — хвороба, яка вражає нервову систему людини, призводить до слабкості, втрати апетиту, підвищеної збудливості і паралічу, пов'язана з нестачею вітаміну B_1 . За відсутності в харчових продуктах вітаміну C в людини порушується синтез колагену, що призводить до уповільнення росту сполучної тканини, поганого загоєння ран, кровоточивості ясен, анемії; збільшується схильність до інфекційних захворювань — це прояви цинги. Нестача вітаміну A спричинює захворювання, унаслідок якого людина не може бачити в умовах недостатньої освітленості, — гемералопію, або «курячу сліпоту». При більш тривалому дефіциті вітаміну A в людини розвивається хвороба ксерофтальмія, яка характеризується сухістю рогівки ока. Нестача вітаміну D викликає в дітей рахіт, за якого порушується мінералізація кісток, затримується розвиток зубів. Вітамін E сприяє розвитку репродуктивної системи, а тому внаслідок його нестачі в чоловіків порушується утворення сперматозоїдів, а в жінок можуть спостерігатися відхилення в розвитку плоду. Вітамін K бере участь у регуляції процесів зсідання крові, сприяє зміцненню капілярів. Тому нестача цього вітаміну може призвести до порушення зсідання крові, великим крововтратам унаслідок травмування, відкритих переломів тощо.

Іл. 98. Правила оброблення та зберігання харчових продуктів, пов'язані з властивостями вітамінів

1. Вітаміни (особливо B_1, C) руйнуються внаслідок надто тривалої термічної обробки або надто високої температури. 2. Ферменти розщеплення вітамінів малоактивні за низьких температур. 3. Поміж вітамінів багато водорозчинних. 4. Вітаміни A, B_2, B_6, B_{12}, C швидко руйнуються внаслідок впливу світла. 5. Вітаміни A, E, C легко окиснюються.	А Зберігати в непрозорих контейнерах. Б Овочі та фрукти нарізати не дрібно, зберігати недовго. Поміщати в закриті контейнери або обгортати плівкою. В Зберігати охолодженими. Г Мити овочі та фрукти краще до нарізання. Д Варити овочі рекомендується в невеликій кількості води, і поміщати їх туди після того, як вода закипить. Корисно вживати свіжими.
---	---



Доберіть до властивостей вітамінів (1–5) відповідне правило оброблення та зберігання харчових продуктів (A — D).



1. Дайте означення поняття *вітаміни*. **2.** Як називають вітаміни? **3.** Схарактеризуйте властивості вітамінів. **4.** Поясніть біологічну роль вітамінів. **5.** Чому необхідно вживати різноманітну їжу? **6.** Які захворювання, пов'язані з нестачею вітамінів, ви знаєте? **7.** Обґрунтуйте правила збереження вітамінів у харчових продуктах.

§21. Раціональне харчування — основа нормального обміну речовин



Видатні люди висловлювали свої думки щодо раціонального харчування. Зокрема, американський політичний діяч Бенджамін Франклін стверджував: «Якщо хочеш продовжити своє життя, скороти свої трапези».

Організм людини є біологічною системою, яка використовує енергію готових органічних речовин, отримуючи їх із їжею. Тому важливим чинником, що впливає на здоров'я людини, є харчування. Знання щодо раціонального харчування стануть підґрунтям для збереження здоров'я власного організму.

Поняття раціонального харчування. Що таке раціональне харчування? Таке запитання має ставити перед собою кожна сучасна людина.

Раціональне харчування — це повноцінне в кількісному та збалансоване в якісному сенсі харчування, що забезпечує нормальний ріст і розвиток організму, його високу працездатність, активне довголіття та стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища. Харчування забезпечує пластичний та енергетичний складники обміну речовин в організмі людини. З білками, жирами й вуглеводами їжі ми отримуємо будівельні матеріали для створення нових клітин і міжклітинних структур, тобто компоненти їжі, пов'язані з пластичним складником метаболізму (іл. 99). Що більше, за рахунок енергії, яка акумульована в хімічних зв'язках цих речовин, ми поповнюємо енергетичні ресурси.

Іл. 99. Найважливіші групи продуктів, які мають входити до щодобового раціону харчування людини

ТАРІЛКА ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ



Рекомендації, запропоновані 2017 року Міністерством охорони здоров'я України разом із Центром громадського здоров'я та експертами-дієтологами.

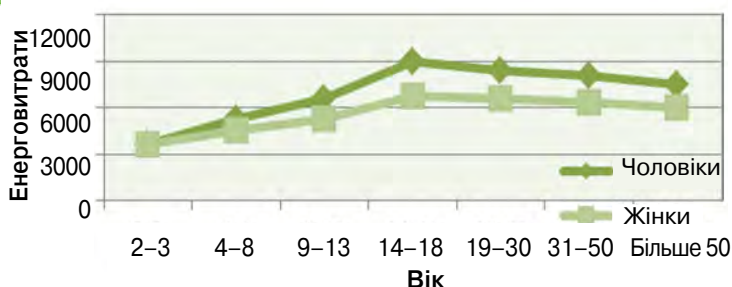
Основні принципи раціонального харчування. Поняття раціонального харчування передбачає дотримання трьох основних принципів: забезпечення енергетичного балансу; задоволення потреби організму в певних харчових речовинах; дотримання режиму харчування. **Енергетичний баланс харчового раціону** — співвідношення енергії, що надходить до організму з їжею, та енергії, що витрачається внаслідок його діяльності. Це забезпечує підтримання оптимальної ваги та її стабільність, особливо в дорослому віці. Енергетичну цінність або калорійність органічних речовин визначають за тим, скільки енергії вивільнюється під час розщеплення одиниці маси. Одиницею вимірювання енергії є джоуль або калорія (1 кал = 4,18 Дж). Енергетичну цінність речовин зазвичай визначають, розраховуючи, скільки кілоджоулів або кілокалорій припадає на 1 г речовини. Енергетична цінність жирів — 38,9 кДж/г, білків — 17,2 кДж/г, вуглеводів — 17,6 кДж/г. Можна визначити енергетичну цінність харчового продукту, знаючи його масу та кількісний склад органічних сполук у 100 г цього продукту (іл. 100).

Організм людини витрачає енергію (загальний обмін) на забезпечення життєдіяльності в умовах спокою (основний обмін) та на фізичну активність (функціональний обмін). Загальний обмін підлітка зазвичай становить 170–250 кДж на 1 кг маси тіла за добу. Основний обмін — найменша кількість енергії, яку організм витрачає в стані повного спокою для підтримування процесів життєдіяльності (роботу печінки, нирок, серця, нервової та дихальної систем).

Іл. 100. Визначення енергетичної цінності продукту



Іл. 101. Залежність енерговитрат організму людини (кДж за добу) від віку та статі за активного способу життя



Обчисліть енергетичну цінність харчового продукту.



Проаналізуйте графік і поясніть результати.



Підготуйте повідомлення про харчування людини за надзвичайних умов (космонавтів, альпіністів тощо).

Він зменшується з віком: у підлітків 142,6 кДж на 1 кг тіла, а в дорослих 100,56 кДж на 1 кг маси тіла (розрахуйте кількість енергії, яку витрачає організм підлітка на функціональний обмін). Рівень функціонального обміну залежить від способу життя (інтенсивність фізичної та розумової діяльності). Енерговитрати залежать також від маси, віку та статі людини (іл. 101).

Добовий раціон повинен задовольняти енергетичні потреби організму, але не бути надмірним. За умов звичайної денної активності калорійність їжі повинна перевищувати основний обмін приблизно на 25 %. У разі перевищення надлишок буде накопичуватися у формі жирових відкладень. У їжі повинна міститися достатня кількість білків, жирів і вуглеводів. Кількість білків повинна становити 0,8 г на кг ваги тіла, цей показник може збільшуватися у випадку інтенсивних фізичних навантажень. Вуглеводи повинні покривати 55–65%, а жири — 25% енергетичних потреб організму. Щонайменше третина жирів має бути рослинного походження. У спрощеному вигляді співвідношення за масою між білками, жирами й вуглеводами в їжі має становити 1:1:4.

Необхідно дотримуватися правильного режиму харчування. Найбільш оптимальним для дорослої людини є чотириразове харчування: перший сніданок — 25 % калорійності їжі, другий сніданок — 15 %, обід — 35 %, вечеря — 25 % (іл. 102). У їжі мають бути додаткові важливі для існування організму речовини (неорганічні солі, вітаміни тощо), тому вона повинна бути достатньо різноманітною. Важливе значення має наявність рослинної клітковини (целюлози) — вона, хоч і не перетравлюється

Іл. 102. Приклад складання харчового раціону (сніданок)

Харчові продукти	Уміст на 100 г продукту (білки/жири/вуглеводи)	Енергетична цінність кДж/100 г	Кількість спожитого продукту (г)
Хліб пшеничний	7,6/0,9/46,7	987	100
Молоко	2,8/2,5/4,7	228	200
Сир твердий	25,1/45,0/2,5	2227	50
Сосиски	12,4/19,4/0,0	968	100
Яблуко	0,37/0,4/12,95	250	200



Обчисліть співвідношення кількості білків, жирів і вуглеводів у спожитих харчових продуктах. Проаналізуйте отримані результати щодо відповідності принципам раціонального харчування. Яка енергетична цінність спожитих харчових продуктів за сніданок?

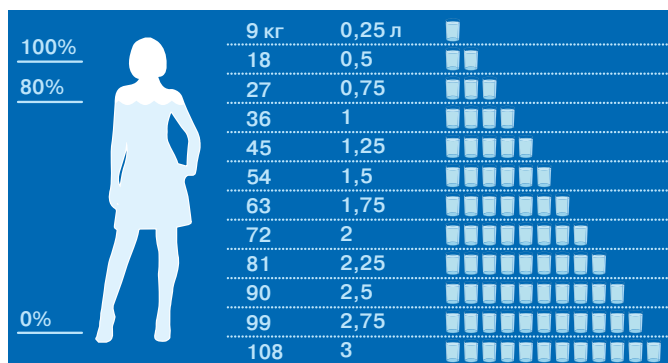


Підготуйте повідомлення «Здоров'я та корисні продукти!», використовуючи інтернет-джерела.

нашими ферментами, необхідна для нормальної перистальтики. Для цього в раціоні повинні бути свіжі овочі та фрукти, а також цільнозернові продукти. М'ясо містить значну кількість білків, а риба — корисні жири. Разом з цим потрібно уникати надто жирних продуктів, а також обробленого м'яса (копченості). Звісно ж, продукти мають бути свіжими, придатними до споживання, не містити шкідливих сполук, а їжу треба готувати з дотриманням технології кулінарного оброблення. Виконання цих простих правил робить життя людини довшим, що доведено науковими дослідженнями.

Значення води. Необхідно споживати достатньо води, уникаючи солодких напоїв і значної кількості соків, молока. Як розчинник, вода є середовищем для перебігу багатьох хімічних реакцій в організмі людини. Окрім того, вона може сама вступати в певні реакції або утворюватися як продукт їх перебігу. Завдяки добрій розчинності різних речовин вода бере участь у їх транспортуванні. Вона забезпечує пружність клітин і частин тіла. Завдяки воді послаблюється тертя між різними поверхнями, зокрема в суглобах. Вода має порівняно високі питому теплоємність і теплоту випаровування, унаслідок чого виконує терморегуляторну функцію. Вона переносить теплоту від більш нагрітих органів до холодніших. Добова потреба у воді залежить від маси тіла (іл. 103). Недостатнє споживання води призводить до утворення небезпечних тромбів у крові, порушення обміну речовин і теплообміну. Втрата всього 10 % води в організмі позначається сильною втомою, нездатністю працювати й навіть серйозними захворюваннями.

Іл. 103. Добова потреба води залежно від маси тіла людини



Проаналізуйте схему. Виявіть добову потребу води відповідно до вашої маси тіла. Прокоментуйте залежність добової потреби води в організмі людини від маси тіла.



1. Дайте означення поняття *раціональне харчування*. **2.** Перелічіть принципи раціонального харчування. **3.** Що таке енергетичний баланс харчового раціону?

4. Які чинники впливають на енерговитрати організму людини? **5.** Опишіть вплив збалансованого харчування людини на її здоров'я. **6.** Оцініть важливість раціонального харчування для збереження здоров'я.

§ 22. Хвороби травної системи



Індустріалізацію країн Європи XIX століття супроводжувало стрімке зростання щільності міського населення, через що часто спалахували епідемії інфекційних хвороб, зокрема кишкових, через забруднені воду та їжу (іл. 104).

Кожен орган шлунково-кишкового тракту може зазнавати патологічних змін унаслідок різних чинників.

Запалення. У людини часто трапляються ураження зубів. Карієс — порушення цілісності оболонок зуба та розм'якшення його внутрішніх шарів. Унаслідок усередину зуба можуть потрапляти мікроорганізми, що спричиняють запалення. Якщо карієс не лікувати, він може призвести до повної втрати одного чи кількох зубів. Запалення слизової оболонки рота — стоматит — робить процес жування болючим.

Найпоширенішим типом розладів роботи шлунку є гастрит — запалення його слизової оболонки (іл. 105). Унаслідок гастриту порушується секреторна функція. Причинами розвитку гастритів можуть бути неправильне харчування, тютюнопаління, бактеріальні інфекції, нервово-емоційне перенапруження тощо. Подібні розлади можуть виникати й унаслідок запалення слизових оболонок інших відділів травної системи — дванадцятипалої кишки (дуоденіт), тонкої кишки (ентерит), товстої кишки (коліт), підшлункової залози (панкреатит) або жовчного міхура (холецистит). За певних умов можуть розвинутися порушення цілісності слизової оболонки шлунка або кишки — виразка.

Іл. 104. Гумористична карикатура, журнал «Панч», 1858 р.



Поясніть, чому автор карикатури зобразив однією із хвороб холеру?

Іл. 105. Вигляд слизової оболонки шлунка за допомогою ендоскопії: а — нормальна; б — у результаті запалення



а



б



Підготуйте повідомлення про профілактику гастриту, використовуючи інтернет-джерела.

Порівняно часто трапляється жовчокам'яна хвороба, за якої в жовчному міхурі зі складників жовчі утворюються щільні структури — жовчні камені. Великі камені можуть закупорювати протоки й ускладнювати відтік жовчі.

Гострі інфекції. Значна кількість розладів травної системи пов'язана з гострими інфекціями. Гепатит є небезпечним інфекційним захворюванням печінки, за якого відбувається загибель частини її клітин. Причиною його розвитку є віруси. Під час руйнування клітин печінки порушується її функціонування. За такого ураження печінки може відбуватися переродження її тканини на сполучну — цироз. Перитоніт — запалення очеревини, що може розвиватися як ускладнення внаслідок запалення інших відділів травної системи, зокрема апендикса. Апендицит — запалення червоподібного відростка товстої кишки. Також поширені бактеріальні інфекції (іл. 106). Дизентерія — гостра інфекція, викликана бактеріями або дизентерійною амебою, які мешкають переважно в товстій кишці. Ботулізм — гостра інфекційна хвороба, що характеризується ураженням нервової системи й може призвести до смерті людини. Дуже небезпечним для людини є сальмонельоз. Причиною розвитку холери є бактерія холерний вібріон. Ця хвороба супроводжується розладами травлення, порушенням усмоктування води в товстій кишці та, як наслідок, зневодненням організму. Окрім бактерій, причинами шлунково-кишкових розладів можуть бути інвазії паразитичними безхребетними тваринами, зокрема плоскими й круглими червами. Варто згадати також про отруйні гриби, що були розглянуті в сьомому класі.

Іл. 106. Збудники й джерела інфікування бактеріальних інфекцій травної системи

Дизентерія	Ботулізм	Сальмонельоз	Холера
Дизентерійна паличка	Паличка ботулізму	Бактерія сальмонела	Холерний вібріон
Інфіковані продукти, зокрема молоко, вода, предмети хворого	Інфіковані м'ясні продукти, овочеві й рибні консерви, ковбаси, солена та копчена риба	Хворі й бактеріоносні тварини та люди, інфікована їжа, зокрема м'ясо й м'ясні продукти, молоко та молочні продукти, яйця, вода	Інфіковані сира вода та харчові продукти, а також брудні руки після контакту з хворими



Проаналізуйте наведену в таблиці інформацію. Складіть пам'ятку заходів запобігання інфекційних хвороб травної системи.



Підготуйте повідомлення про перебіг і заходи профілактики однієї бактеріальної інфекції травної системи, використовуючи інтернет-джерела.



1. Опишіть ураження зубів. **2.** Які розлади роботи травної системи вам відомі? **3.** Які гострі інфекції ви знаєте? **4.** Схарактеризуйте бактеріальні інфекції травної системи.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Генетично модифіковані організми (ГМО) — організми, які мають штучно змінену спадкову інформацію, тобто гени, модифіковані за допомогою методів генетичної інженерії. Уперше було створено модифіковану бактерію у 1973 році, тварину — у 1974, рослину — у 1983.



За допомогою генетично модифікованих бактерій продукуються необхідний для лікування діабету інсулін, гормон росту, інтерферони та інші важливі для медицини сполуки. Генетично модифіковані рослини використовуються, зокрема, для виготовлення харчових продуктів. У світі вирощують генетично модифіковану сою, ріпак, кукурудзу тощо. Усі вони проходять чимало етапів контролю біобезпеки на шляху до вільного використання. У суспільстві трапляються уявлення про небезпеку вживання в їжу ГМО, проте вони не мають наукового обґрунтування. Супротивники використання ГМО часто посиляються на статтю Жилія-Еріка Сераліні 2012 року, у якій було показано негативний вплив на здоров'я щурів від уживання в їжу генетично модифікованої кукурудзи. Ця публікація не витримала наукової критики й була відкликана редакцією журналу «Food and Chemical Toxicology».

Завдання 1. Яке з поданих тверджень можна сформулювати на основі аналізування наведеної інформації?

- А Гени, що містяться в харчових продуктах, можуть ставати генами людини, яка з'їла продукти, що містять ГМО.
- Б На сучасному етапі розвитку науки людство відмовилось від використання ГМО.
- В За допомогою генетично модифікованих рослин отримують інсулін і гормон росту.
- Г Першим генетично модифікованим організмом був прокаріотичний.

Завдання 2. Дві групи учнів обговорювали перспективи використання генетично модифікованих організмів. Перша група зауважила, що такі організми можуть бути джерелом харчових продуктів. Друга група зазначила, що наразі відомі випадки небезпеки вживання в їжу харчових продуктів, вироблених із ГМО.

Чи має хтось із них рацію?

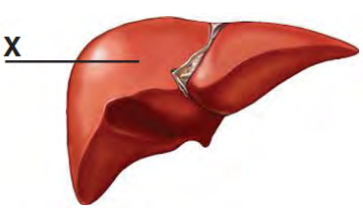
- А лише перша група
- Б лише друга група
- В обидві групи мають рацію
- Г обидві групи помиляються.

Завдання 3. Обґрунтуйте «за» і «проти» використання ГМО.

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Фермент, який забезпечує розщеплення жирів, це —
 А трипсин В пепсин
 Б амілаза Г ліпаза
 2. Який орган травної системи позначено на рисунку буквою Х?
 А шлунок
 Б печінка
 В товста кишка
 Г підшлункова залоза
- 
3. Наслідком нестачі вітаміну А в організмі людини є
 А порушення скорочення м'язів
 Б порушення сутінкового зору
 В виведення Кальцію з кісток
 Г розвиток ботулізму
 4. Вітамін, який у великій кількості міститься в шипшині, цитрусових, капусті, позначено буквою
 А D В С
 Б В2 Г А
 5. Інфекційне захворювання, спричинене одноклітинним еукаріотичним організмом, це —
 А холера В ботулізм
 Б гастрит Г дизентерія
 6. Укажіть захворювання, яке виникає за нестачі вітаміну.
 А рахіт В дизентерія
 Б поліомієліт Г ендемічний зуб

Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Прочитайте речення: «Білки починають розщеплюватися в (1) під дією (2).» Правильний варіант пропущених слів (1–2) наведено в рядку
 А 1 — ротовій порожнині, 2 — амілази
 Б 1 — ротовій порожнині, 2 — пепсину
 В 1 — шлунку, 2 — ліпази
 Г 1 — шлунку, 2 — пепсину
8. Одним із заходів попередження інфекційних хвороб травної системи може бути
 А вживання прокип'яченої води
 Б застосування стерильних масок
 В зменшення популяції комах-переносників
 Г вживання в їжу багатих на білки продуктів

9. Енергетична цінність (кДж) зображеного на рисунку харчового продукту —

- А 11
- Б 65
- В 247
- Г 1110

Йогурт 100 г
В 100 г:
білків – 3,7 г
жирів – 2,5 г
вуглеводів – 4,9 г

Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Прочитайте опис: «Ферменти, які розщеплюють вітаміни, мало-активні за низьких температур». Укажіть умову зберігання або обробки харчових продуктів, яка пов'язана з описаною властивістю вітамінів.

- А овочі та фрукти необхідно зберігати в закритих контейнерах
- Б овочі та фрукти необхідно зберігати охолодженими
- В варити овочі треба в невеликій кількості води
- Г мити овочі та фрукти краще до нарізання

11. Учень й учениця обговорювали енергетичну цінність фруктів, уміст речовин у яких наведено. Учень зазначив, що найбільшу енергетичну цінність має інжир, який містить більше жирів і білків. Учениця зазначила, що найменшу енергетичну цінність має виноград.

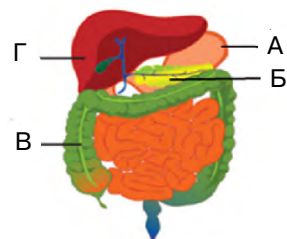
Фрукти	Уміст у 100 г продукту		
	Білки	Жири	Вуглеводи
Інжир	2,8	0,9	57,8
Фініки	2,1	0,6	72,3
Виноград	0,1	0	17,3

Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

Тестове завдання з короткою відповіддю (3 бали)

12. Укажіть правильні твердження щодо зображеної на рисунку системи органів.



Буквою А позначено

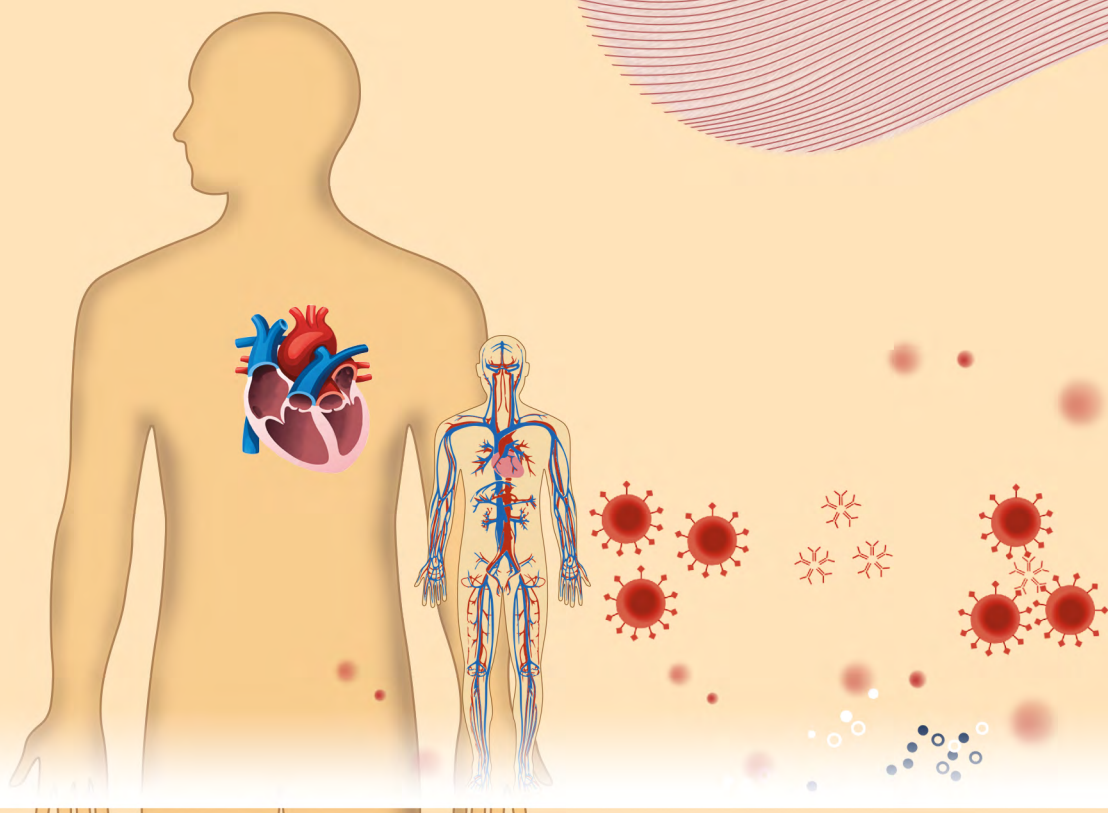
Орган, який забезпечує емульгування жирів, позначено буквою

В органі, який позначено буквою В, відбувається

- 1 шлунок
- 2 печінку
- 3 підшлункову залозу

- 1 Б
- 2 В
- 3 Г

- 1 виділення пепсину
- 2 розщеплення вуглеводів
- 3 остаточне всмоктування води



ТЕМА 5

ВНУТРІШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ



§23. Кров як складник внутрішнього середовища організму

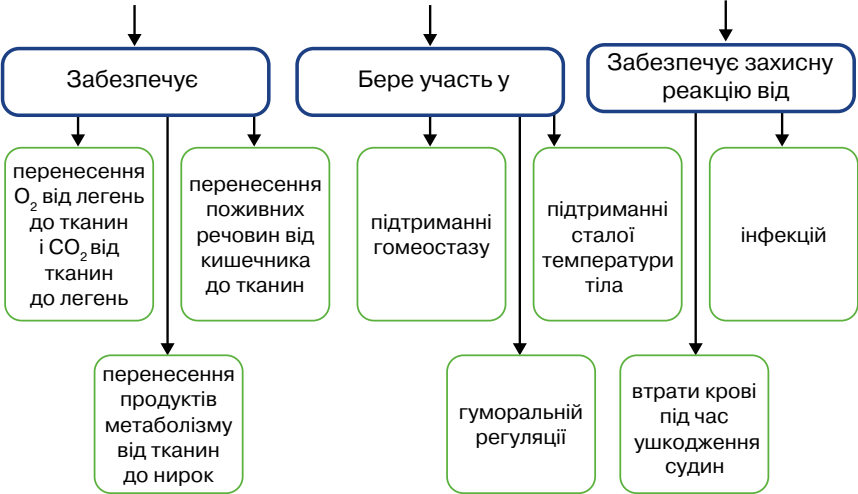


1658 року нідерландський натураліст Ян Сваммердам уперше побачив еритроцити за допомогою мікроскопа, а 1695 року Антоні ван Левенгук замалював їх, назвавши «червоними корпускулами». Це перші кроки людства у вивченні крові.

Функції крові. Кров циркулює замкненими судинами за рахунок тиску, що його створює серце. Основною функцією крові є транспортна. Отже, нею транспортуються різноманітні речовини (іл. 107). Відповідно до біологічної функції речовин, які транспортуються кров'ю, можна виділити додаткові функції, що є наслідком транспортної. Зокрема, унаслідок транспортування клітин імунної системи та антитіл кров виконує захисну функцію. Особливим типом захисної функції крові є запобігання крововтратам. Регуляторна функція крові пов'язана з транспортуванням гормонів (іл. 107). Її гомеостатична функція полягає в тому, що сталість параметрів крові й міжклітинної рідини є необхідною умовою забезпечення нормального функціонування більшості клітин організму. Окрім цього, кров бере участь у здійсненні терморегуляторної функції шляхом перенесення теплоти з місць її активного утворення (печінка, скелетні м'язи) до інших органів (іл. 107).

Склад і властивості крові. У дорослої людини кров займає близько 7 % від маси тіла, що становить у середньому 4–6 л. Кров складається з рідкої частини — плазми — і формених елементів. Плазма містить

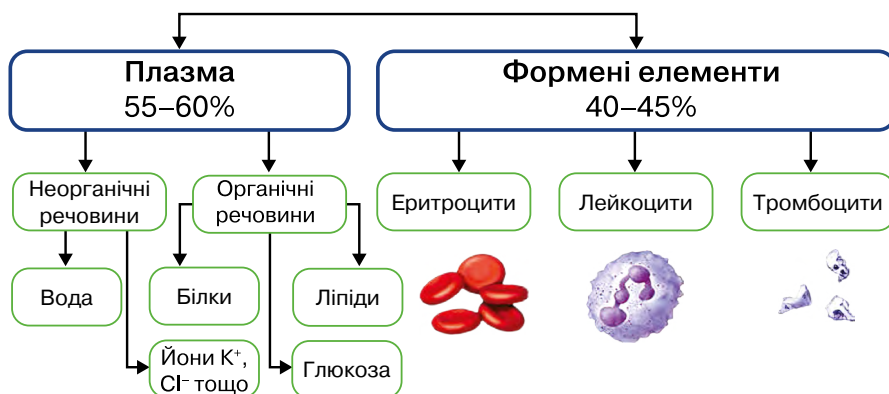
Іл. 107. Функції крові



Поясніть гомеостатичну й регуляторну функції крові, використавши набуті знання.

неорганічні та органічні речовини. Поміж речовини частка води найбільша — 90 %, на неорганічні солі припадає до 1 %. З неорганічних речовин найбільша частка припадає на йони Натрію, Хлору, значно менше йонів Калію, Кальцію, Магнію. До органічних речовин належать білки, ліпіди, глюкоза, органічні кислоти, сечовина тощо. Поміж білків крові виділяють дві основні групи: альбуміни, що здебільшого виконують транспортну функцію, та глобуліни, які забезпечують захисні функції (імуноглобуліни, або антитіла), а також беруть участь у зсіданні крові (фібриноген). Плазма крові, позбавлена фібриногену, втрачає здатність до зсідання і називається сироватка (іл. 108). Для нормальної життєдіяльності організму важливе значення мають деякі фізико-хімічні параметри крові. В'язкість крові перевищує в'язкість води в 5 разів. Якщо з плазми видалити фібриноген, то в'язкість отриманого розчину (сироватки) буде приблизно такою самою, як у води. Це означає, що більша частина в'язкості крові зумовлена наявністю формених елементів, поміж яких вирізняють еритроцити, лейкоцити й тромбоцити (іл. 108). Збільшення кількості еритроцитів у крові призводить до підвищення в'язкості крові, що ускладнює її рух судинами. Відносна густина крові також перевищує відносну густина води. Кислотність крові (рН) є одним із найважливіших гомеостатичних параметрів. За нормальних умов цей показник становить 7,35–7,45. Відхилення його на 0,2–0,3 призводить до змін, несумісних із життям. Це пояснюється тим, що відхилення рН від норми змінює структуру більшості білків організму, що внеможливорює виконання ними своїх функцій.

Іл. 108. Склад крові



Проаналізуйте текст параграфу й укажіть: 1) частку органічних речовин у плазмі крові; 2) білки, які містяться в плазмі крові та їхні функції; 3) речовини, які кров транспортує від кишечника до тканин організму (згадайте функції травної системи).



1. Перелічіть функції крові. **2.** Який склад крові? **3.** Які органічні й неорганічні речовини є складниками плазми крові? **4.** Поясніть захисну функцію крові. **5.** Оцініть значення крові для підтримання гомеостазу.

§24. Еритроцити. Групи крові



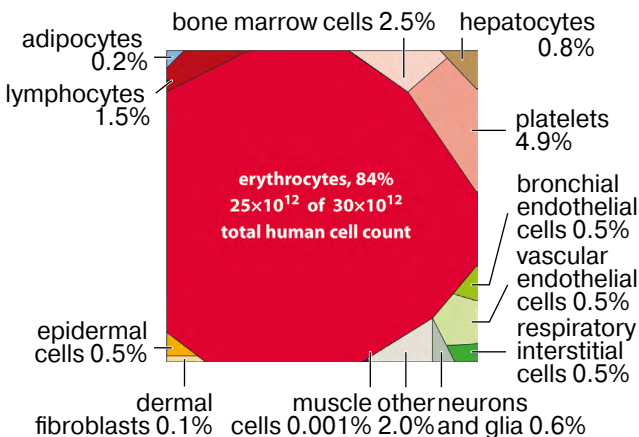
На цей час проведено узагальнення всієї наявної в науковій літературі інформації щодо різноманітності клітин організму людини, що вможливило створення детального каталогу. За інформацією побудовано діаграму, яка відображає частку різних типів клітин в організмі людини (іл. 109). Зміст параграфу допоможе вам зрозуміти причини такої кількості еритроцитів в організмі людини.



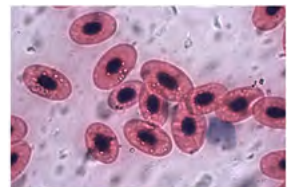
Еритроцити, або червоні кров'яні тільця. За допомогою оптичного мікроскопа під час лабораторного дослідження можна ознайомитися з будовою еритроцитів людини й жаби, порівняти їх. Еритроцити людини — це без'ядерні дрібні клітини, які мають форму двоввігнутих дисків діаметром від 6 до 9 мкм (іл. 110). Форма еритроцитів і відсутність ядра є пристосуванням до виконання ними основної функції — транспортування дихальних газів. Двоввігнута форма клітини зумовлює збільшення поверхні, яка контактує з ними. За відсутності ядра майже весь внутрішній простір еритроцитів зайнятий білком гемоглобіном.

Нормальною вважають кількість еритроцитів $4\text{--}5 \cdot 10^{12}$ в 1 л крові. Термін існування еритроцита в кров'яному руслі становить 100–120 діб. Оскільки еритроцити не мають ядер, вони не здатні до поділу. Тому кількість цих клітин відновлюється за рахунок розмноження клітин-попередників, які містяться в червоному кістковому мозку кісток. Старі клітини руйнуються в печінці, селезінці й нирках.

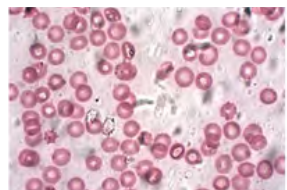
Іл. 109. Частка (%) різних типів клітин в організмі людини



Іл. 110. Еритроцити в полі зору оптичного мікроскопа: а — жаби; б — людини



а



б



Зробіть переклад назв типів клітин, наведених на діаграмі. Частка (%) яких клітин в організмі людини найбільша?

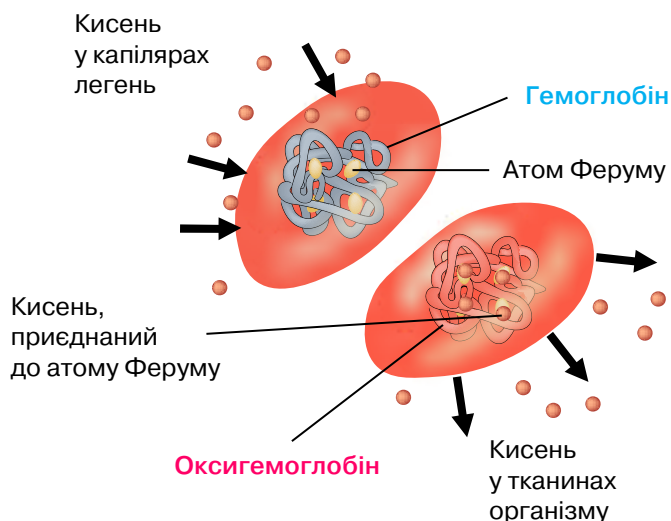


Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження крові людини й жаби.

Транспортування кров'ю дихальних газів. Гемоглобін містить білкову частину — глобін — і небілкову — гем. Складником гема є атом Феруму, який здатен приєднувати кисень. Одна молекула гемоглобіну здатна зв'язати чотири молекули кисню. У легневих капілярах, де концентрація кисню в крові є більшою, відбувається приєднання кисню до гемоглобіну й утворення оксигемоглобіну. Натомість у капілярах великого кола кровообігу (див. параграф 27) оксигемоглобін віддає кисень (іл. 111). На відміну від кисню, який транспортується переважно у зв'язаному з гемоглобіном стані, вуглекислий газ може переноситися від тканин до легень різними способами. Переважна кількість вуглекислого газу транспортується плазмою крові (62 %) або всередині еритроцитів (27 %). Частина ж вуглекислого газу зв'язується з гемоглобіном (11 %). Сполуку CO_2 з гемоглобіном називають карбгемоглобіном. Окрім кисню й вуглекислого газу, гемоглобін може зв'язуватися з чадним газом (CO), причому утворений зв'язок у 200 разів більш міцний порівняно з приєднанням кисню. Утворена сполука — карбоксигемоглобін — не здатна переносити кисень. А отже, внаслідок її утворення відбувається виключення частини гемоглобіну з процесу транспортування кисню, через що вдихання чадного газу може призвести до смерті.

Групи крові. Крововтрати внаслідок травм можуть призвести до загибелі людини. У такому випадку застосовують термінове переливання крові від іншої людини. Організм, до якого переливають кров, називають реципієнтом, а організм, чию кров використовують для переливання, — донором. Проте кров різних людей може бути несумісною.

Іл. 111. Транспортування кисню гемоглобіном

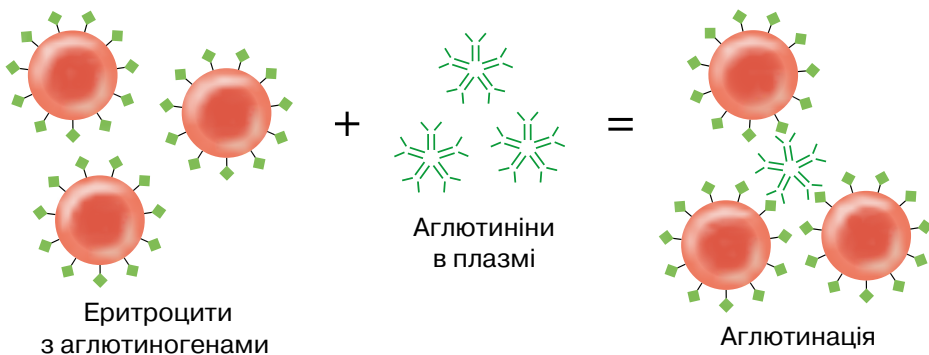


Створіть інформаційно-пошуковий проєкт «Гемоглобін і харчові продукти».

На мембранах еритроцитів містяться речовини, які беруть участь у визначенні належності клітин до власного організму — аглютиногени (антигени). Вони можуть бути різних типів, що визначається спадковою інформацією конкретного організму. У плазмі крові можуть міститися аглютиніни — антитіла до аглютиногенів, які спричинюють склеювання еритроцитів. Цей процес називають аглютинацією. Унаслідок аглютинації реципієнт може загинути. 1930 року австрійський науковець Карл Ландштайнер отримав Нобелівську премію в галузі фізіології або медицини за дослідження цього явища та відкриття груп крові (іл. 112).

Відповідно до хімічної будови аглютиногенів, виділяють різні системи груп крові. Найбільш відомою і клінічно важливою є система груп крові АВ0. Розподіл на групи в ній визначається наявністю або відсутністю на еритроцитах аглютиногенів двох типів — А та В. У плазмі крові можуть бути аглютиніни α та β . Аглютинін α є антитілом для аглютиногена А, аглютинін β — для аглютиногена В. Виділяють чотири групи крові, які мають позначення буквами або числами: 0 (I) — на еритроцитах відсутні як аглютиногени А, так і аглютиногени В, у плазмі містяться аглютиніни α та β ; А (II) — на еритроцитах містяться аглютиногени А, у плазмі містяться аглютиніни β ; В (III) — на еритроцитах містяться аглютиногени В, у плазмі містяться аглютиніни α ; АВ (IV) — на еритроцитах містяться як аглютиногени А, так і аглютиногени В, аглютиніни в плазмі відсутні. Отже, у сироватці крові людини присутні незмінні протягом життя антитіла (аглютиніни) до тих антигенів (аглютиногенів), які відсутні в еритроцитах цієї людини.

Іл. 112. Аглютинація еритроцитів

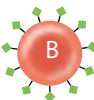
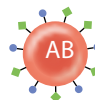
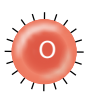
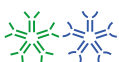


Карл Ландштайнер, на той час асистент Віденського інституту патології, бере кров п'яти колег і свою. Відокремлює сироватку від еритроцитів за допомогою центрифуги. Отримані кров'яні тільця від одних людей змішує з сироватками інших. Частина пар поєднується вдало, а в інших склеюються еритроцити. Учений виявляє, що склад білків на поверхні еритроцитів у різних людей різний. Аналізування цих відмінностей уможливило виділення груп крові людини.

Наявність однойменних аглютининів і аглютиногенів призведе до їхнього склеювання, утворення згустку й закупорки ним судин. Це внеможливіє в них кровообіг, що може призвести до загибелі організму. Вирішальне значення при цьому мають аглютиногени донора й аглютиніни реципієнта. Виходячи з цього, було сформульовано правила переливання крові (іл. 113).

Окрім описаної системи груп крові АВ0, існують й інші. Другою за значимістю системою є система резус. За наявності або відсутності на еритроцитах резус-фактора (аглютиногена білкової природи) у цій системі виділяють дві групи крові — резус-позитивну Rh (+) та резус-негативну Rh (–). На відміну від системи АВ0, антитіла до резус-фактора відсутні в крові обох груп. Через це проблеми несумісності виникають лише за повторного вливання резус-позитивної крові в резус-негативну. Сумісність за цією групою має особливе значення під час вагітності. За нормального перебігу вагітності кров плода й матері не змішується. Отже, якщо резус-негативна жінка виношує резус-позитивну дитину, то антитіла до резус-фактора (який присутній у крові плода) в жіночому організмі не виробляються. Проте під час пологів може відбутися часткове змішування крові, що зумовить вироблення імунною системою жінки антитіл до чужорідного антигена. У такому випадку повторна вагітність резус-позитивним плодом може перебігати з ускладненнями: антитіла плазми крові жінки, проникаючи крізь плацентарний бар'єр, можуть руйнувати еритроцити плода, що може призвести до його загибелі. Таке явище має назву резус-конфлікт.

Іл. 113. Групи крові

	A(II)	B(III)	AB(IV)	O(I)
Еритроцити з аглютиногенами на поверхні				
Аглютиніни в плазмі крові	 β	 α		
Сумісні групи крові людини	A(II), O(I)	B(III), O(I)	A(II), B(III), AB(IV), O(I)	O(I)



Сформулюйте правила переливання крові людини.



1. Дайте означення терміну *еритроцити*. **2.** Опишіть особливості еритроцитів. **3.** Поясніть механізм транспортування дихальних газів кров'ю. **4.** Обґрунтуйте виділення системи груп крові АВ0. **5.** Поясніть причини резус-конфлікту.

§25. Лейкоцити й тромбоцити



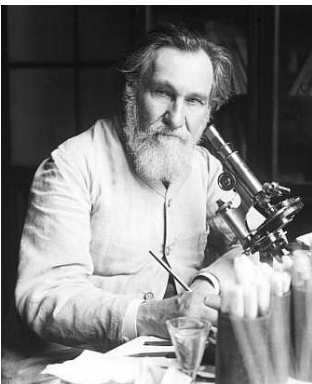
Одного разу Ілля Мечников спостерігав за допомогою мікроскопа за тим, як клітини (амебоцити) личинки морської зірки захоплюють і перетравлюють органічні частки. Учений припустив, що ці клітини також мають захисні функції, що підтвердив простим і переконливим експериментом.

Дослідник увів у тіло прозорої личинки шпичку троянди й через деякий час побачив, що амебоцити скупчилися навколо неї. Клітини поглинали чужорідні тіла, які потрапили до організму. Ці клітини він назвав фагоцитами, а саме явище — фагоцитозом (іл. 114). Такі властивості притаманні й деяким клітинам крові людини (іл. 115).

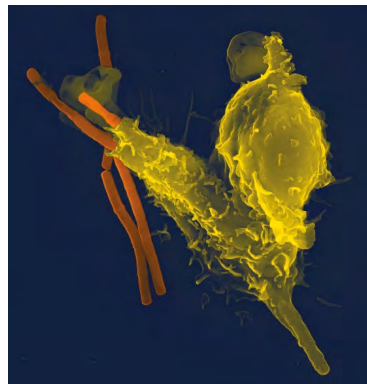
Лейкоцити. Лейкоцити — це безбарвні клітини крові, які мають ядро, здатні до амебоїдного руху й фагоцитозу. Їхня кількість у крові людини є набагато меншою порівняно з еритроцитами й становить $6-10 \cdot 10^9$ в 1 л. Лейкоцити подібно до еритроцитів утворюються в червоному кістковому мозку, але мають пройти дозрівання, яке відбувається в тимусі, селезінці та лімфатичних вузлах. Тривалість життя лейкоцитів може становити від кількох годин до років і навіть усього життя організму. Основною функцією лейкоцитів є забезпечення імунної регуляції, про значення якої ви вже знаєте зі змісту параграфа 4.

Різноманітність лейкоцитів. За будовою й особливостями забарвлення виділяють кілька типів лейкоцитів. Частина їх, яка в цитоплазмі містить гранули, здатні забарвлюватися різними барвниками,

Іл. 114. Ілля Мечников — творець фагоцитарної теорії імунітету



Іл. 115. Нейтрофіл, який поглинає бактерію — збудника сибірки



Учений відкрив (1882) явище фагоцитозу, розробив фагоцитарну теорію імунітету (1883). Лавреат Нобелівської премії в галузі фізіології або медицини за праці про імунітет (1908) спільно з біохіміком Паулем Ерліхом (Німеччина).



Створіть просвітницький проект про життєвий шлях ученого Іллі Мечникова.

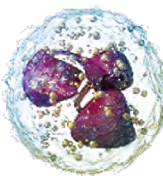
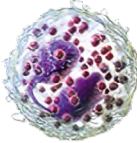
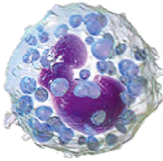
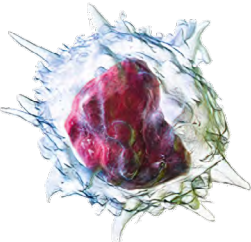
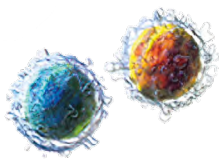
називають гранулоцитами. Вони, у свою чергу, поділяються на групи залежно від того, якими барвниками забарвлюються їхні гранули: лише кислими (еозинофіли), лише лужними (базофіли) чи обома (нейтрофіли). Лейкоцити, які не містять гранул, називають агранулоцитами. Поміж них розрізняють лімфоцити й моноцити. Кількісне співвідношення лейкоцитів різних типів, характерне для крові здорового дорослого організму людини, наведено в таблиці (іл. 116). Таке співвідношення називають лейкоцитарною формулою. Її порушення може бути наслідком розвитку різних хвороб. Зазвичай такий перерозподіл відбувається не за рахунок утворення нових лейкоцитів, а внаслідок виходу в кров'яне русло депонованих у тканинах або кістковому мозку клітин.

Нейтрофіли — це найбільша група гранулоцитів. У крові міститься лише 10 % від їхньої загальної кількості, а решта перебуває в тканинах організму чи депонується в кістковому мозку. Основною їхньою функцією є фагоцитоз бактерій і залишків зруйнованих клітин в осередку запалення.

Базофіли містять у своїх гранулах речовини гістамін і гепарин та можуть виділяти їх із клітини в разі потреби. Гістамін зумовлює розвиток запалення, за якого відбувається збільшення діаметра кровоносних судин, проникності капілярів, що сприяє надходженню до місця зосередження інфекції лейкоцитів. Гепарин протидіє зсіданню крові.

Еозинофіли також здатні до фагоцитозу. Окрім цього, вони можуть чинити токсичну дію на клітини паразитичних тваринних організмів, зокрема гельмінтів, уможлиблювати протиалергійні й протизапальні реакції.

Іл. 116. Різноманітність лейкоцитів

Гранулоцити			Агранулоцити	
Нейтрофіли (45–65 %)	Еозинофіли (2–4 %)	Базофіли (до 1 %)	Моноцити (2–8 %)	Лімфоцити (25–40 %)
				



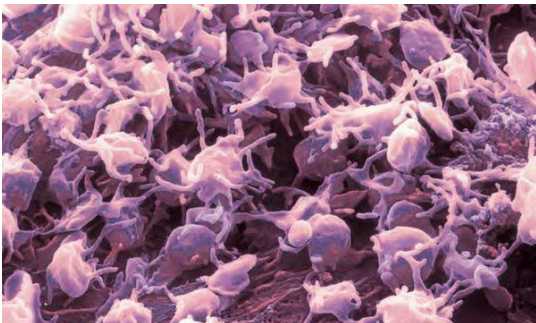
Напишіть оповідання про захист організму людини лейкоцитами від вірусу грипу та холерного вібріону, використавши здобуті знання щодо функцій різних груп лейкоцитів.

Моноцити — найбільші активні фагоцити крові. Вони мають найбільші поміж усіх лейкоцитів розміри, що дозволяє їм поглинати частинки більшого розміру. Відповідно до цього їх називають макрофагами, на відміну від нейтрофілів та еозинофілів, які називають мікрофагами. Моноцити можуть виходити з кров'яного русла й переміщуватися в тканини. На відміну від нейтрофілів, фагоцитарна активність моноцитів найбільше спрямована проти вірусів. Лімфоцити беруть участь у здійсненні специфічного імунітету, про що ви дізнаєтеся зі змісту параграфа 30.

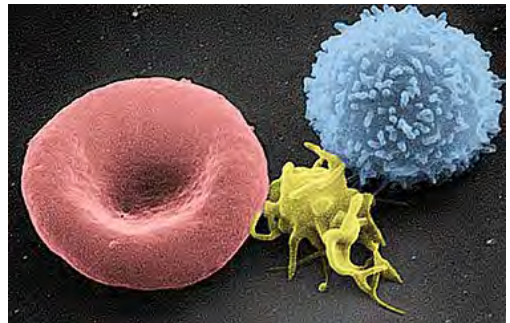
Тромбоцити, або кров'яні пластинки. Тромбоцити — невеликі без'ядерні формені елементи крові (іл. 117). Їхня кількість становить $2-4 \cdot 10^{11}$ в 1 л. Утворюються тромбоцити в червоному кістковому мозку від великих клітин-попередників шляхом відщеплення невеликих частин цитоплазми. Середня тривалість їхнього існування в кров'яному руслі становить 10–12 діб, далі вони руйнуються в печінці, селезінці й легенях. Основною функцією тромбоцитів є участь у зсіданні крові.

Зсідання крові. Унаслідок порушення цілісності кровоносних судин організм може втратити значну частину крові. Щоби цього не відбулося, існують механізми зсідання крові. У дрібних судинах з низьким тиском унаслідок руйнування тромбоцитів у кров надходять речовини, які спричиняють звуження судин, злипання тромбоцитів з утворенням згустку, що закупорює ушкоджену судину. Такий спосіб зупинки кровотечі є швидким, проте неефективним у судинах із високими тиском і швидкістю руху крові. У більших судинах зсідання крові відбувається

Ил. 117. Тромбоцити: а — тромбоцити в кровоносному руслі; б — тромбоцит у порівнянні з еритроцитом і лейкоцитом крові людини



а



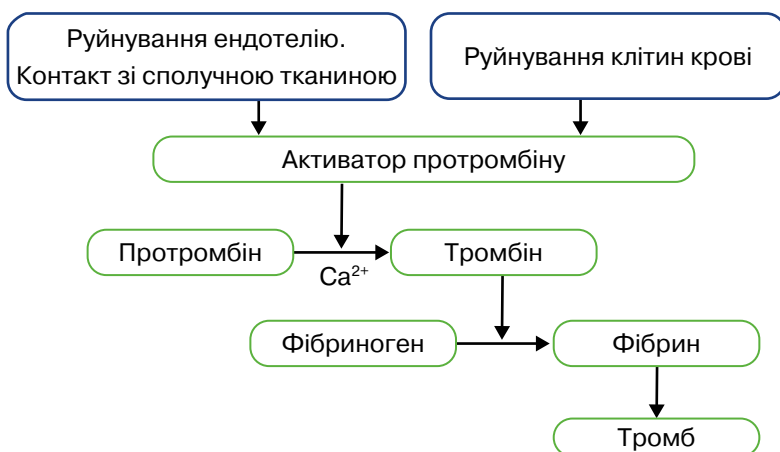
б

Електронні мікрофотографії клітин крові, зроблені за допомогою сканувального мікроскопа. Зліва направо: еритроцит, активований тромбоцит, лейкоцит.

за участі речовин, які містяться в крові, — чинників зсідання крові. Починається цей процес із контакту деяких чинників зсідання з колагеном стінки судини або речовинами, що містяться всередині клітин крові. Контакт цих речовин із плазмою крові стає можливим лише в разі механічного ушкодження судини (іл. 118). Унаслідок каскаду послідовного впливу одних чинників зсідання на інші утворюється речовина, яка має назву активатор протромбіну. Він, за умов наявності йонів Кальцію, перетворює протромбін на активну форму — тромбін (іл. 118). Останній, у свою чергу, уможливорює перетворення глобулярного, розчиненого в плазмі, білка фібриногену на нерозчинний — фібрин (іл. 118). Нитки фібрину зв'язуються зі стінками ушкоджених судин, клітинами крові, іншими фібриновими нитками, й утворюють згусток — тромб. Після загоєння судини тромб розсмоктується внаслідок впливу білка плазміну.

Руйнування тромбоцитів і еритроцитів може відбуватися внаслідок їх зіткнень зі стінками судин. Оскільки всі чинники зсідання присутні в крові, то таке руйнування запускало б утворення мікротромбів. Проте в крові є речовини, які протидіють зсіданню крові. До таких речовин, зокрема, належать гепарин, гірудин (міститься в слині п'явок). Спадкову хворобу, за якої тромб формується дуже повільно й людина може померти від крововтрат, називають гемофілією. Може формуватися і протилежний стан, за якого в організмі підвищується здатність до формування тромбів. Однією з причин може бути запалення стінки судини. Це може загрожувати спонтанною закупоркою кровоносних судин.

Іл. 118. Схема зсідання крові



Створіть модель процесу зсідання крові.



1. Дайте означення термінів *лейкоцити*, *тромбоцити*.
2. Опишіть особливості й функції різних лейкоцитів.
3. Які особливості тромбоцитів?
4. Поясніть механізм зсідання крові.
5. Які чинники протидії спонтанному зсіданню крові в кровоносній судині?

§26. Кровоносна система. Серце



Вивченню кровообігу людини присвятили свої праці багато дослідників і дослідниць світу. Одним з визначних учених у цій царині є наш співвітчизник Микола Амосов — лікар, філософ, фундатор медичної науки. Він розробив нові методи хірургічного лікування вад серця, оригінальні моделі апаратів штучного кровообігу. На його честь названо астероїд 2948 Амосов, відкритий 8 жовтня 1969 року в Криму, випущено марку та пам'ятну монету (іл. 119).

Поняття кровоносної системи. Транспортну функцію крові забезпечує її рух замкненою системою судин. Сукупність таких судин називають кровоносною системою. Рух крові судинами зумовлений тиском унаслідок скорочення серця. Судини, якими кров рухається від серця, називають артеріями. Судини, якими кров рухається до серця, називають венами. Великі артерії розгалужуються на дрібніші й переходять у капіляри — найдрібніші судини організму. З капілярів кров рухається до дрібних вен, вони збираються в більші, які впадають у серце. Насичену киснем кров називають артеріальною, а кров, частково позбавлену кисню і насичену вуглекислим газом, — венозною. Під час ознайомлення з функціонуванням кровоносної системи у ссавців ви дізналися, що деякими артеріями рухається венозна кров, а деякими венами — артеріальна (наведіть приклади таких судин).

Іл. 119. Микола Амосов — видатний учений України



26 листопада 2013 року Національний банк України в серії «Видатні особистості України» випустив срібну ювілейну монету «Микола Амосов» номіналом 5 гривень з посвятою «легенді світової науки, видатному вченому в галузі медицини та біокібернетики, громадському діячеві, академіку Національної академії наук та Академії медичних наук України, засновнику і директору Інституту серцево-судинної хірургії — Миколі Михайловичу Амосову. Микола Амосов врятував тисячі людей завдяки великій любові до них, почуттю відповідальності за їх життя».

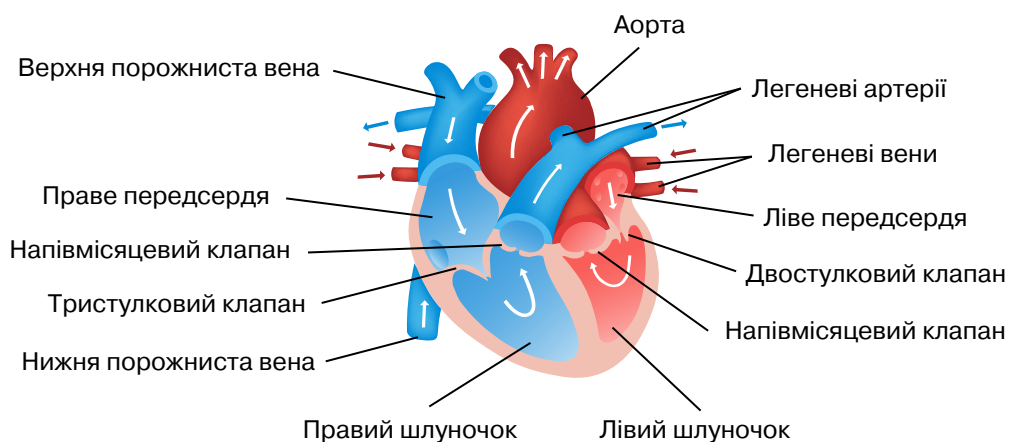


Створіть просвітницький проєкт для учнів і учениць молодших класів «Микола Амосов — видатний учений України».

Будова серця. Серце — це порожнистий м'язовий орган, розміщений у грудній порожнині в спеціальній сполучнотканинній сумці — перикарді. Простір між стінками перикарда й серцем заповнений рідиною, яка зменшує механічні впливи внутрішніх органів на серце під час його скорочення. Цей орган має форму дещо сплющеного конуса із загостреною нижньою частиною, яку називають верхівкою серця. Серце людини, як і всіх ссавців, містить чотири камери — два передсердя і два шлуночки. Обидва передсердя, як і обидва шлуночки, відділені одне від одного перегородкою. На межі між передсердями та шлуночками в обох половинах серця є перегородка з клапанами. Отже, кров може надходити з передсердь до шлуночків, проте не може переходити між двома передсердями або двома шлуночками. Це необхідно для запобігання змішуванню артеріальної та венозної крові. Унаслідок такої будови крізь праву частину серця транспортується лише венозна кров, а крізь ліву — лише артеріальна. У передсердя кров надходить венами, а від шлуночків кров рухається артеріями (іл. 120).

Стінка серця утворена трьома шарами. Зовнішній шар (епікард) утворений сполучною тканиною. М'язовою тканиною утворений серединний шар (міокард), який має найбільшу товщину. М'язова тканина серця має низку особливостей, які відрізняють її від посмугованих і непосмугованих м'язів. Міокард різних камер серця має неоднакову товщину: стінки передсердь тонші за стінки шлуночків, а стінка лівого шлуночка набагато товстіша за стінку правого. Внутрішній шар (ендокард) вистеляє зсередини поверхню камер серця й утворює клапани.

Іл. 120. Будова серця



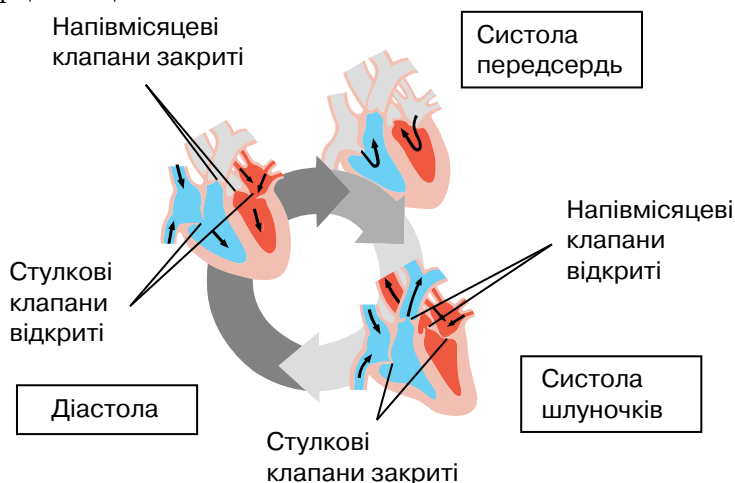
Порівняйте будову серця риби, жаби й людини (пригадайте курс біології 7 класу). Виявіть риси схожості й відмінності. Із чим пов'язані зміни в будові серця? Яких переваг надає поділ серця на чотири камери?

Серцевий цикл. У функціонуванні серця виділяють фази: скорочення камер серця (систола), розслаблення камер серця (діастола) (іл. 121).

Спочатку відбувається скорочення обох передсердь (систола передсердь), потім — скорочення обох шлуночків (систола шлуночків). Під час скорочення передсердь кров під тиском перекачується до шлуночків. Під час скорочення шлуночків кров під тиском виштовхується з правої половини серця до легеневих артерій, а з лівої — до аорти (найбільшої артерії організму). Поверненню крові зі шлуночків до передсердь запобігають стулкові клапани. У правій половині серця клапан має три стулки, у лівій — дві (іл. 121). До кожної стулки з боку шлуночка прикріплена сухожилкова нитка, з'єднана із сосочковими м'язами (виростами міокарда). Під час підвищення тиску в шлуночку стулки клапанів сходяться, запобігаючи руху крові. Сухожилкові нитки не дають стулкам вивернутися в порожнину передсердя. На межі між шлуночками й артеріями також є клапани, які називають напівмісяцевими (кишеньковими) (іл. 121). Під час розслаблення шлуночків тиск у них стає нижчим за тиск в артеріях. Унаслідок цього кров починає рухатись у зворотному напрямку й ці кишеньки з боку судини наповнюються кров'ю. Це запобігає руху крові із судин у шлуночки, адже заповнені кров'ю кишеньки стають на шляху її потоку. Під час діастолі передсердя і шлуночки заповнюються кров'ю (іл. 121).

Автоматія серця. Серцевий м'яз має властивість ритмічно скорочуватися без зовнішніх подразників, що називають автоматією серця. Цю властивість забезпечують особливі клітини міокарда, які спонтанно

Іл. 121. Серцевий цикл



Проаналізуйте схему серцевого циклу. Виявіть тривалість: 1) серцевого циклу; 2) діастолі передсердь; в) діастолі шлуночків. Поясніть, використавши отримані дані, за рахунок чого забезпечується відпочинок серцевого м'яза.

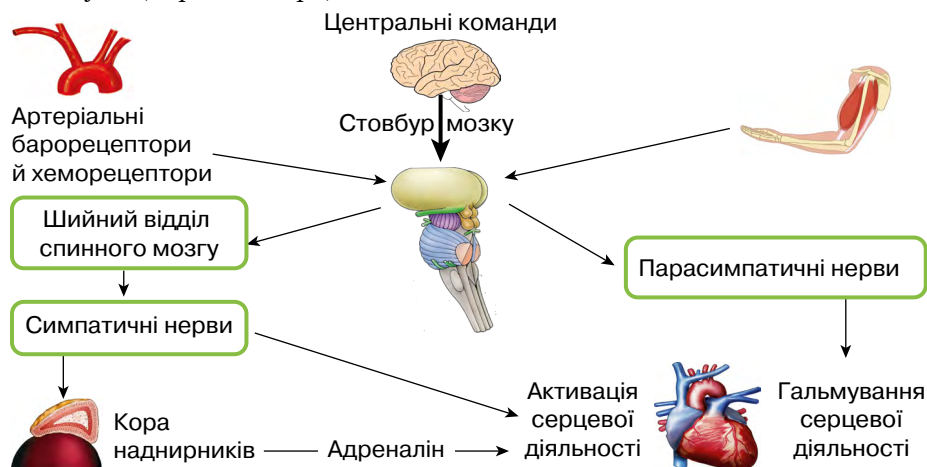
генерують збудження. За своїм походженням вони є м'язовими клітинами, що втратили здатність до скорочення. Їхню сукупність називають провідною системою серця.

Регуляція роботи серця. Завдяки автоматії серце має здатність постійно скорочуватися, проте узгодження його роботи відповідно до потреб організму здійснюється за участі нервових і гуморальних механізмів регуляції (іл. 122).

Нервова регуляція серцевої діяльності забезпечується симпатичними й парасимпатичними нервами, які іннервують центри автоматії. Симпатичні нерви посилюють серцеву діяльність, тобто збільшують частоту й силу скорочень. Парасимпатичні нерви (гілки блукального нерва), навпаки, послаблюють активність серця. Нервові центри, які впливають на роботу серця через симпатичні й парасимпатичні нерви, перебувають під контролем розташованих вище відділів нервової системи. Цим зумовлені зміни серцевої діяльності в результаті м'язової роботи, різноманітних емоційних станів тощо. Провідну роль у такій координації відіграє гіпоталамус (див. параграф 11).

Одним із чинників, який впливає на функціонування серця, є концентрація вуглекислого газу, що сприймається рецепторами великих судин і спричинює активацію серця. Окрім цього, велике значення в регуляції серцевої діяльності мають ендокринні залози. Так, гормон наднирників адреналін активує роботу серця, і це є важливою ланкою відповіді організму на стресові ситуації. На активізацію роботи серця також впливають й інші гормони, зокрема тироксин.

Іл. 122. Регуляція роботи серця



1. Дайте означення поняття *кровоносна система*.
2. Опишіть будову серця.
3. Схарактеризуйте серцевий цикл людини.
4. Що таке автоматія серця?
5. Поясніть механізми регуляції роботи серця.
6. Обґрунтуйте, за рахунок чого серце може функціонувати впродовж життя людини.

§27. Кровоносні судини. Велике й мале кола кровообігу

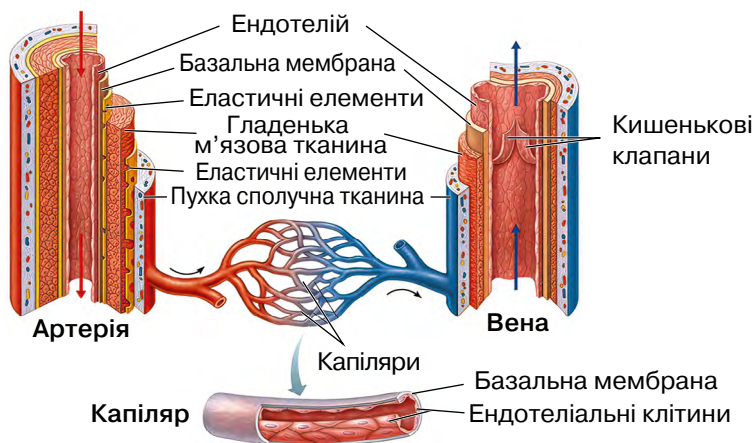


Довжина окремого капіляра може становити від 0,2 до 0,7 мм. У той же час сумарна довжина всіх капілярів організму людини становить близько 100 тис. км, що більш ніж удвічі перевищує довжину екватора Землі. Під час вивчення змісту параграфа спробуйте знайти пояснення, чому організм витрачає стільки «будівельного матеріалу» для утворення капілярів.

Типи кровоносних судин. Ми вже знаємо, що артеріями кров рухається від серця, венами — повертається до серця. Найдрібнішими судинами — капілярами — кров переходить із дрібних артерій до дрібних вен. Саме в капілярах відбувається обмін речовинами між кров'ю і тканинною рідиною.

Стінка артерій і вен має три основні оболонки (іл. 123). Внутрішня оболонка утворена плоским епітелієм — ендотелієм, клітини якого щільно прилягають одна до одної. Поверхня ендотелію є гладенькою, що зменшує тертя крові об стінки судин і запобігає руйнуванню формених елементів крові. Сучасні дослідження показали, що ендотелій виконує не лише механічну або бар'єрну функцію, а й виділяє біологічно активні речовини, які впливають на регуляцію діаметра судин. Середня оболонка артерій і вен утворена сукупністю м'язових (гладенька м'язова тканина) та еластичних елементів (зокрема, білку колагену). Завдяки м'язовим елементам стінки цих судин здатні скорочуватися, унаслідок чого зменшується

Іл. 123. Будова стінки кровоносних судин



Проаналізуйте ситуацію та дайте відповідь на запитання: «На уроці біології учень й учениця порівнювали будову вен та артерій. Учень зазначив, що шар м'язової гладенької тканини вен має більшу товщину. Учениця зауважила, що артерії містять меншу кількість еластичних елементів». Чи має хтось із них рацію?

їхній просвіт. Еластичні елементи запобігають надмірному розтягненню судин під тиском крові. Зовнішня оболонка утворена пухкою сполучною тканиною, у якій проходять нерви й дрібні кровоносні судини, що постачають кров'ю стінки великих судин (іл. 123). Особливістю більшості вен є наявність у їхніх стінках кишенькових клапанів, що внеможливають зворотний рух крові (іл. 123).

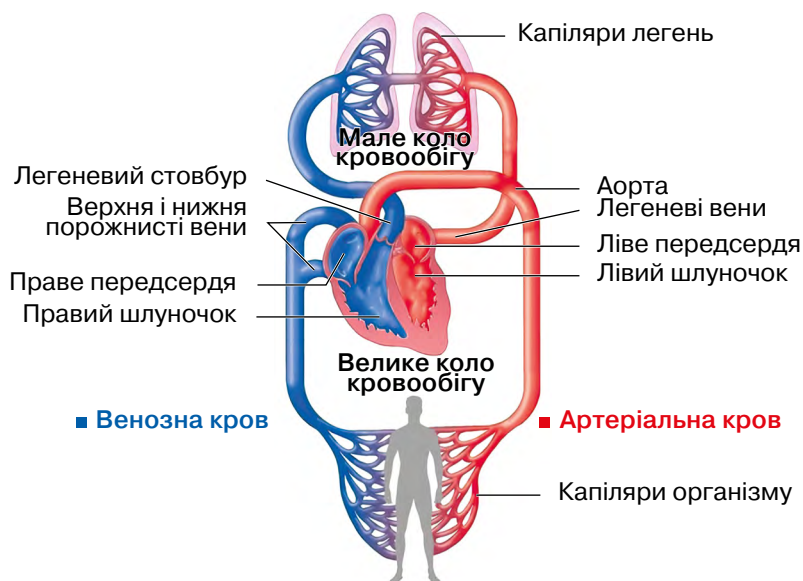
Капіляри мають стінки, які складаються лише з одного шару клітин — ендотелію. Це найдрібніші судини, діаметр яких становить 4–10 мкм, що збігається з діаметром еритроцитів (6–9 мкм) (іл. 123).

Велике та мале кола кровообігу. Сукупність усіх судин утворюють велике та мале кола кровообігу (іл. 124).

Велике коло починається від лівого шлуночка. Артеріальна кров з нього виштовхується в аорту — найбільшу артерію організму. Від самого початку аорти відгалужуються невеликі судини, які постачають кров'ю серцевий м'яз, — вінцеві, або коронарні артерії. Аорта формує дугу аорти (у людини, як і в усіх ссавців, вона відхиляється вліво), від якої відходять великі артерії, що галузяться. У тканинах різних органів великі артерії розпадаються на низку більш дрібних, які переходять в артеріоли й капіляри.

У капілярах великого кола кровообігу між кров'ю і тканинною рідиною відбувається обмін речовинами. Із крові до тканин надходять кисень, глюкоза та інші поживні речовини. Із тканин до крові дифундує вуглекислий газ та інші продукти метаболізму. Отже, артеріальна кров перетворюється на венозну.

Іл. 124. Велике та мале кола кровообігу



Створіть інформаційно-пошуковий проект «Історія вивчення кровносноної системи».

Із капілярів кров збирається до венул, вони зливаються в дрібні вени, далі кров переходить до великих вен, які врешті об'єднуються у дві найбільші вени — верхню й нижню порожнисті. Обидві порожнисті вени разом із коронарними венами впадають у праве передсердя (іл. 124).

Мале коло кровообігу починається з правого шлуночка легеневим стовбуром (іл. 124). Він розгалужується на праву й ліву легеневі артерії, по яких до легень тече венозна кров. Ці артерії розгалужуються на більш дрібні, які переходять у капіляри, що густо обплітають альвеолярні пухирці. У капілярах відбувається вивільнення вуглекислого газу й насичення крові киснем — вона стає артеріальною. Із капілярів кров переходить до венул, які збираються в дрібні, а згодом у великі вени. Від легень артеріальна кров повертається до серця по чотирьох легневих венах (по дві від кожної легені), які впадають у ліве передсердя (іл. 124). У момент викиду порції крові із серця під дією тиску відбувається розтягання стінки аорти. Завдяки своїм еластичним властивостям аорта швидко повертається до вихідних розмірів. Ритмічне коливання стінок аорти відповідно серцевим скороченням називають **пульсом**, який можна виміряти (іл. 125).

Характеристика кровотоку. Кровоток має низку показників, деякі з яких ми опишемо. Рушійною силою, яка спричинює рух крові та зумовлює його напрям, є кров'яний тиск. **Кров'яний тиск** — це тиск крові на стінки камер серця і кровоносних судин. Кров тече від місця з більшим тиском до місця з меншим тиском. У судинах великого й малого кола кровообігу тиск є максимальним на виході

Іл. 125. Вимірювання пульсу

Пульс — це показник, який свідчить про ритмічність серцевих скорочень та їхню силу. У місцях, де артерії розміщені близько до шкіри, такі коливання можна відчувати пальцями як легенькі поштовхи. Число пульсових поштовхів за хвилину відповідає частоті серцевих скорочень. Нормальні значення цього показника становлять від 60 до 90 ударів на хвилину.



Одним із методів є вимірювання пульсу на променевій артерії. Вона залягає на зап'ястку з боку долоні на два сантиметри нижче від основи великого пальця. При пальпації людина відчує поглиблення у вигляді борозни. У цій ямці проходить артерія, яка розташовується ближче за все до шкіри.

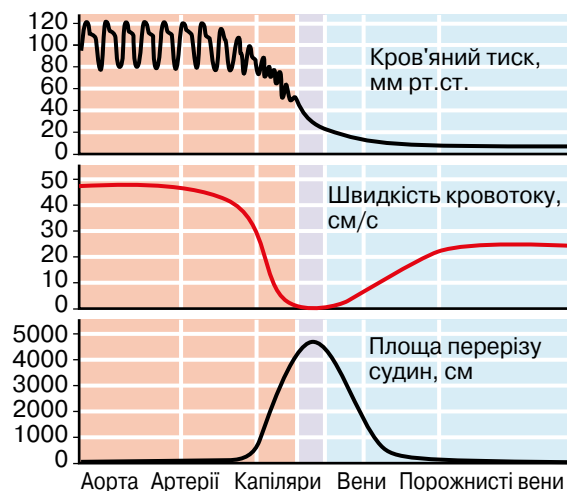


Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження.

зі шлуночків і далі внаслідок тертя крові об стінки судин знижується. Найменші показники тиску — у великих венах біля передсердь (іл. 126). Тому рух крові у венах відбувається під впливом додаткових чинників. Багато великих вен проходить між м'язами, скорочення яких сприяє пересуванню крові по судинах. Такий рух відбувається лише в одному напрямку через наявність у венах кишенькових клапанів. Ще однією рушійною силою току крові є присмоктувальна дія серця під час розслаблення й наповнення кров'ю передсердь.

Лінійна швидкість руху крові — це швидкість, з якою рухається окрема часточка крові (наприклад, один еритроцит). Цей показник прямо залежить від кров'яного тиску в судинах й обернено — від їхнього діаметра (іл. 126). Отже, підвищення кров'яного тиску на початку судини супроводжується прискоренням лінійної швидкості крові, а зниження тиску — її зменшенням. У разі звуження судини швидкість руху крові в ній збільшується, і навпаки. Порівнявши діаметри артерій, вен і капілярів, можна зробити хибний висновок, що найвищою швидкість крові буде в капілярах. Насправді, для встановлення такої закономірності необхідно враховувати площу перерізу не однієї судини, а всіх судин одного рангу. У такому випадку ми побачимо, що площа перерізу аорти (4 см^2) є меншою, ніж сума площ перерізів всіх капілярів великого кола кровообігу (більше $3\,000 \text{ см}^2$). Тому найнижчою швидкість руху крові є саме в капілярах і становить $0,5\text{--}1,0 \text{ мм/с}$ ($0,05\text{--}0,10 \text{ см/с}$) (іл. 126). Така низька швидкість забезпечує час, необхідний для процесів обміну між кров'ю та тканинною рідиною.

Іл. 126. Характеристика кровотоку



Тиск

Аорта — $80\text{--}120 \text{ мм рт. ст.}$
 Капіляри — близько 20 мм рт. ст.
 (велике коло кровообігу)
 нижня порожниста вена —
 0 мм рт. ст.

Лінійна швидкість руху крові

Аорта — $0,45\text{--}0,5 \text{ м/с}$
 Капіляри — $0,5\text{--}1,0 \text{ мм/с}$
 ($0,05\text{--}0,10 \text{ см/с}$)
 Вени — $0,1\text{--}0,25 \text{ м/с.}$



Проаналізуйте наведені діаграми. Установіть взаємозалежність параметрів кровотоку.



1. Дайте означення понять **пульс**, **крів'яний тиск**, **лінійна швидкість кровотоку**.
2. Порівняйте будову артерії, вени й капіляра.
3. Опишіть велике й мале кола кровообігу.
4. Поясніть взаємозв'язок будови та функцій кровоносних судин.

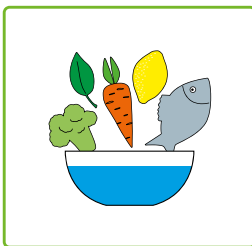
§28. Хвороби серцево-судинної системи. Кровотечі



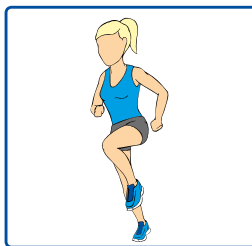
За статистикою, хвороби серцево-судинної системи посідають перше місце поміж захворювань, які спричиняють смерть людини. На розвиток цих захворювань впливає велика кількість чинників, зокрема генетичні особливості людини, незбалансоване харчування, вплив стресових ситуацій, шкідливі звички — тютюнопаління та вживання алкогольних напоїв.

Хвороби серцево-судинної системи. Ішемічна хвороба серця пов'язана з недостатнім кровопостачанням серцевого м'яза кров'ю, що знижує надходження до нього кисню й поживних речовин. Причиною цього може бути звуження стінок коронарних судин унаслідок порушення обміну речовин та інших чинників. Інфаркт міокарда — змертвіння ділянки серцевого м'яза внаслідок припинення її кровопостачання через закупорку коронарних судин тромбами, пухирцями повітря тощо. Залежно від розміру змертвілої ділянки, серцева діяльність може майже повністю відновитися або, навпаки, призвести до загибелі організму. Тромбоз — це підвищення частоти спонтанного утворення тромбів у кровоносних судинах. Закупорка судин тромбами може призвести до відмирання тканин, що постачаються ними кров'ю. Найбільш небезпечними для життя людини є закупорка коронарних судин, що спричиняє інфаркт, і судин головного мозку, яка призводить до інсульту. Гіпертонічна хвороба — стан, за якого в людини спостерігається хронічно підвищений кров'яний тиск.

Лл. 127. Чинники попередження хвороб серцево-судинної системи



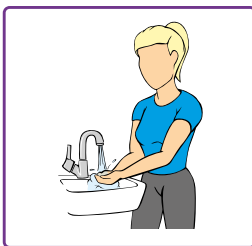
Харчування



Рухова активність



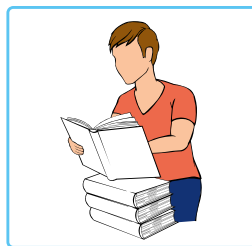
Режим дня



Гігієна



Ні! шкідливим звичкам



Саморозвиток



Оцініть
значення
кожного

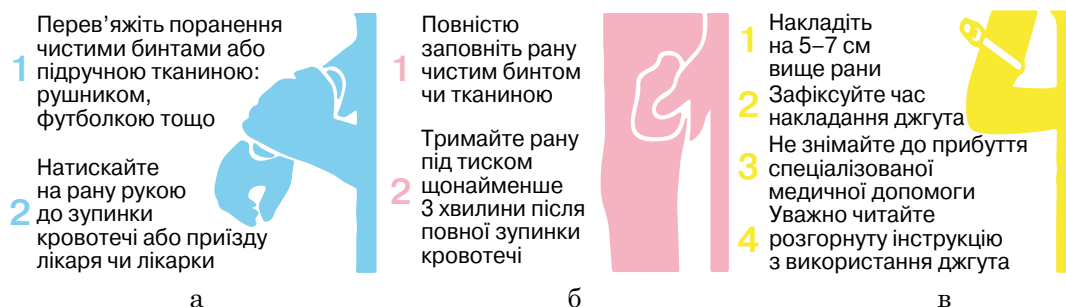
з наведених на
рисунку чинників
для попередження
хвороб серцево-
судинної системи.

Складіть правила
попередження
хвороб серцево-
судинної системи.

Основними причинами гіпертонії є захворювання нирок, зменшення пластичності стінок артерій, ендокринні розлади (зокрема, збільшення секреції гормонів шитоподібної залози, альдостерону), нервові розлади. Ці чинники також можуть призводити до аритмій — групи розладів серцевої діяльності, за яких порушується ритміка скорочення. Основні форми аритмій такі: тахікардія — суттєве підвищення частоти серцевих скорочень (100 уд./хв чи більше); брадикардія — уповільнення серцевого ритму (нижче 60 уд./хв). Зважаючи на перераховані причини хворіб серцево-судинної системи, можна виокремити чинники попередження цих захворювань, які наведені на рисунку (іл. 127).

Кровотечі. У процесі руйнування стінок кровоносних судин можуть виникати кровотечі. Розрізняють зовнішні та внутрішні кровотечі. У разі зовнішніх кров виливається на поверхню організму, у разі внутрішніх — у порожнини організму або м'які тканини. Це загрожує втратою організмом крові, що може призвести до порушення функціонування всіх його тканин. Кровотечі в дрібних судинах досить швидко припиняються завдяки процесам зсідання крові. Натомість ураження великих судин (артерії, вени) є більш небезпечним. Найбільшу загрозу для життя становлять артеріальні кровотечі. Через високий тиск крові в них ускладнюється утворення тромбів та відбувається інтенсивна втрата крові. Для надання невідкладної допомоги можна використовувати різні методи зупинки кровотечі (іл. 128). Пам'ятайте, що від швидкості надання правильної допомоги може залежати здоров'я та життя людини.

Іл. 128. Методи зупинки кровотечі: а — натискання; б — використання тампона; в — використання джгута



Складіть пам'ятку надання першої допомоги при кровотечах.



1. Назвіть чинники, які впливають на розвиток хвороб серцево-судинної системи. **2.** Схарактеризуйте хвороби серцево-судинної системи, наведені в підручнику. **3.** Що таке кровотечі? **4.** Поясніть методи надання першої допомоги при кровотечах. **5.** Яких правил необхідно притримуватися для попередження хвороб серцево-судинної системи?

§29. Лімфатична система

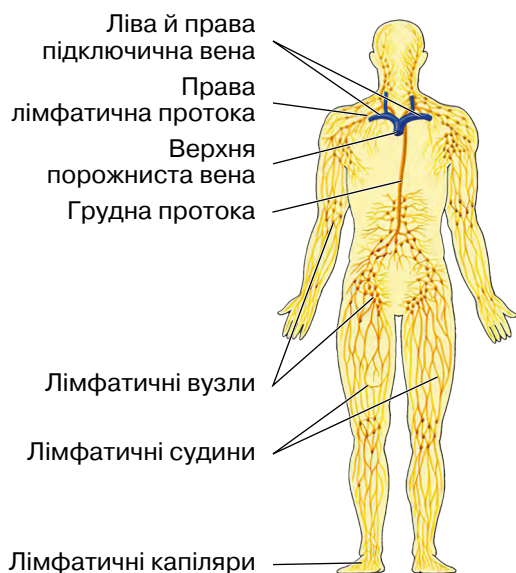


Лімфа — давньоримська богиня прісної води. Вона є однією з дванадцяти сільськогосподарських божеств. Як це може бути пов'язано з тим, що в організмі людини одну із систем органів називають лімфатичною системою?

Лімфатична система. Складниками цієї системи є лімфатичні капіляри (найдрібніші судини), лімфатичні судини, лімфатичні вузли й лімфатичні протоки, які забезпечують рух лімфи (іл. 129). Лімфа — прозора, жовтуватого кольору рідина, яка за своїм складом подібна до плазми крові й містить лімфоцити. Частина лімфоцитів потрапляє в лімфатичні капіляри з тканинної рідини, а частина — утворюється у лімфатичних вузлах.

Лімфатичні капіляри закінчуються сліпо, а їхня стінка складається з одного шару епітеліальних клітин із великими проміжками між ними. У тканинах крізь ці проміжки відбувається фільтрація тканинної рідини, унаслідок чого утворюється лімфа. На відміну від фільтрації у кровоносних капілярах, у лімфатичні капіляри можуть проходити сполуки, молекули яких більші за розмірами. Кілька капілярів зливаються та утворюють лімфатичну судину, у стінці якої є м'язові елементи, а всередині — ендотеліальні клапани. Скорочення м'язових клітин забезпечує рух лімфи, а клапани внеможливають її зворотний рух. Лімфатичні вузли — це скупчення лімфоїдної тканини, вкриті сполучною тканиною й пронизані густою мережею кровоносних капілярів і нервових волокон.

Іл. 129. Лімфатична система та її зв'язок із кровоносною системою

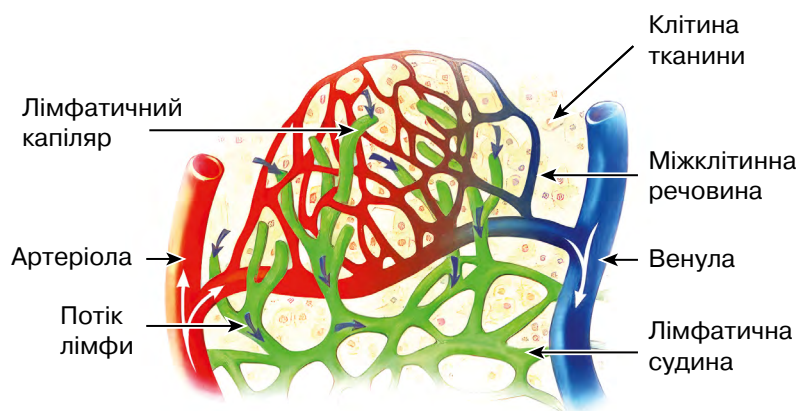


Поясніть взаємозв'язок лімфатичної та кровоносної системи.

Лімфатичні протоки — це найбільші лімфатичні судини. Організм людини має дві такі протоки. Грудна протока збирає лімфу від більшої частини тіла (нижніх кінцівок, тазової та черевної порожнин, лівої частини грудної порожнини) та впадає в ліву підключичну вену. Права лімфатична протока збирає лімфу від правої верхньої частини тіла та впадає в праву підключичну вену (іл. 129).

Функції лімфатичної системи. Лімфатична система виконує дренажну, захисну, транспортну й кровотворну функції. Дренажна функція полягає в тому, що по лімфатичних каналах відтікає надлишок міжклітинної (тканинної) рідини. Цей надлишок утворюється через різницю в об'ємах рідини, яка вийшла з кровоносних капілярів і повернулася до них, а також унаслідок утворення метаболічної води під час окиснення органічних речовин. Об'єм лімфообігу становить 2–4 л на добу, проте, якби ця рідина залишалася в тканинах, це призвело б до їх набряку, що мало би негативні наслідки (іл. 130). Транспортна функція зумовлена тим, що з лімфою переносяться речовини, які важко або зовсім не проникають крізь стінки кровоносних капілярів. Пригадайте особливості всмоктування речовин до лімфатичних капілярів у ворсинках тонкої кишки. До таких речовин належать, зокрема, продукти розщеплення ліпідів. Окрім них, лімфа може транспортувати й деякі великі білки. Лімфатичні вузли містять велику кількість фагоцитів і лімфоцитів, чим зумовлена захисна функція (див. параграф 30). Кровотворна функція лімфи полягає в тому, що в лімфатичних вузлах відбувається утворення й дозрівання лімфоцитів.

Іл. 130. Дренажна функція лімфатичної системи



Складіть оповідання про дренажну функцію лімфатичної системи.



1. Назвіть складники лімфатичної системи.
2. Схарактеризуйте будову лімфатичної системи.
3. Які функції виконує лімфатична система?
4. Оцініть значення цієї системи для захисту організму від інфекційних агентів.
5. Поясніть взаємозв'язок лімфатичної та кровоносної системи.

§ 30. Імунна система. Імунітет і його види



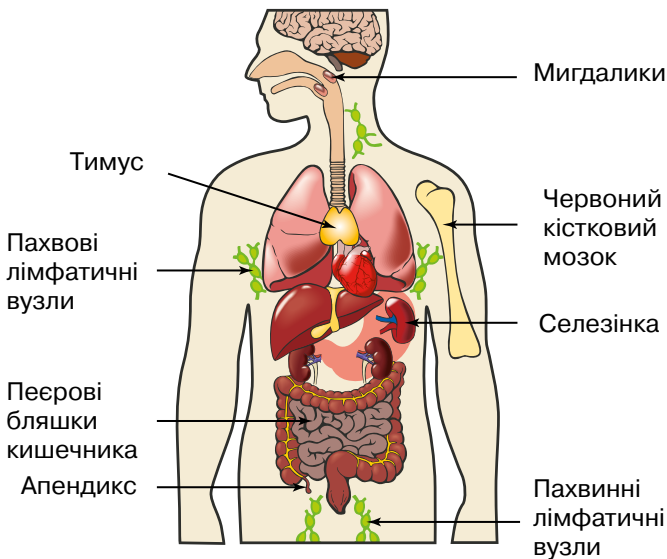
Людина мешкає в середовищі, яке також є середовищем існування численних інфекційних агентів, які щодня нас атакують. Більшість таких атак ми не помічаємо, оскільки наш організм успішно їх відбиває за допомогою імунної системи (іл. 131), яка забезпечує імунітет.

Імунітет — сукупність реакцій, скерованих на підтримку генетичної сталості організму й боротьбу зі збудниками захворювань.

Класифікації типів імунітету. За механізмом реалізації розрізняють клітинний і гуморальний імунітет. Перший здійснюється спеціалізованими імунними клітинами, другий — за допомогою різних хімічних речовин. За особливостями розвитку в часі розрізняють уроджений (спадковий) і набутий імунітет. Відповідно до конкретного інфекційного агента розрізняють неспецифічний і специфічний імунітет. Обидва типи можуть здійснюватися за допомогою клітинних або гуморальних механізмів.

Неспецифічний і специфічний імунітет. Неспецифічний гуморальний імунітет забезпечується хімічними речовинами, яким притаманна протимікробна та противірусна дія. Лізоцим — фермент, що міститься в різних слизових оболонках організму людини, а також у слині. Він руйнує компоненти клітинних стінок грам-позитивних бактерій. Хлоридна кислота шлункового соку також сприяє знищенню мікроорганізмів і паразитів. Інтерферони — білки, яким притаманна

Іл. 131. Органи імунної системи організму людини



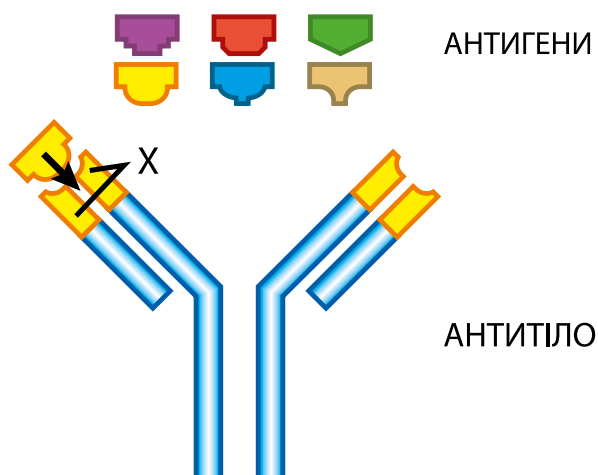
Пригадайте особливості будови та функціонування лімфоцитів.

неспецифічна противірусна дія. Вони виробляються інфікованими клітинами і, впливаючи на сусідні неуразнені клітини, збільшують їхню несприйнятливість до вірусу.

Неспецифічний клітинний імунітет здійснюється спеціалізованими клітинами, які здатні розпізнавати на мембранах клітин організму білки, будова яких є характерною для нього. Якщо такого комплексу білків немає або він має відмінну будову, клітина ідентифікується як чужорідна і знищується. Так можуть знищуватися чужорідні клітини (наприклад, бактерії) та клітини власного організму, інфіковані вірусами або ж генетично змінені. Цей тип імунітету забезпечується переважно окремим типом лейкоцитів крові — НК-клітинами (НК — від англ. *natural killers*, «природні вбивці»), а також може здійснюватися макрофагами — клітинами тканин, здатними до фагоцитозу.

Специфічний гуморальний імунітет пов'язаний із виділенням спеціалізованих захисних білків — антитіл (імуноглобулінів). Вони продукуються одним з типів клітин крові — В-лімфоцитами. Антитіла здатні високоспецифічно зв'язуватися з антигенами — чужорідними білками, які виробляються інфекційними агентами. Висока специфічність означає, що антитіло ефективно зв'язується лише з певним, «своїм» антигеном (іл. 132). Під час контакту зі «своїм» антигеном лімфоцит починає інтенсивно ділитися. Утворені внаслідок поділу клітини продукують антитіла, які знешкоджують антигени. Це може відбуватися різними способами: шляхом своєрідного «склеювання» мікроорганізмів, руйнування їхніх клітин, знешкодження токсинів, які ними виробляються.

Іл. 132. Механізм взаємодії антитіл та антигенів



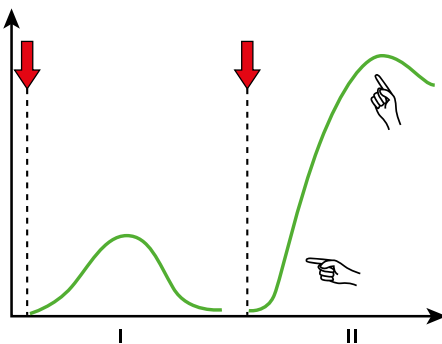
Різні антигени мають різну конфігурацію. Місце зв'язування з антитілом позначене буквою X. Специфічність антитіл подібна до того, як ключ відмикає лише «свій» замок.

Кожний В-лімфоцит синтезує лише один тип антитіл, специфічний до конкретного антигену. Після пригнічення інфекції деякі активовані лімфоцити залишаються в кров'яному руслі на тривалий термін (роки і десятиліття) й у такий спосіб формують імунну пам'ять. За повторного контакту з тим самим антигеном клітини пам'яті активуються набагато швидше, а отже вможливають подолання інфекції на самому початку її розвитку (іл. 133).

Специфічний клітинний імунітет також здійснюється за допомогою лімфоцитів, але іншого типу — Т-лімфоцитів. Вони здатні розпізнавати чужорідні антигени на поверхні інших клітин. Контакт з антигеном ініціює початок інтенсивного поділу лімфоцита. Більша їх частина стає Т-кілерами, які здатні вбивати специфічний тип чужорідних клітин. Інший тип Т-клітин — Т-хелпери — необхідний для забезпечення взаємодії між Т- і В-лімфоцитами для запуску розмноження останніх. Саме Т-хелпери уражаються вірусом імунодефіциту людини, що призводить до розладів імунної функції організму. Третій тип — Т-супресори — пригнічує розвиток імунної реакції, що є необхідним на завершальних стадіях хвороби. Для ефективного захисту організму необхідна взаємодія і координація всіх описаних ланок імунної системи.

Природний і штучний імунітет. Відповідно до іншої класифікації, імунітет може бути природним або штучним, кожен з яких також може бути активним або пасивним. Активний імунітет формується функціонуванням імунної системи власного організму. Пасивний пов'язаний з дією чинників зовнішнього походження.

Іл. 133. Динаміка формування довготривалого специфічного гуморального імунітету



Стрілки позначають момент контакту організму із антигеном.

- I. Перший контакт із антигеном супроводжується первинною імунною відповіддю.
- II. Під час повторного контакту із антигеном за рахунок активації клітин пам'яті імунна відповідь розвивається швидше й потужніше. Це дозволяє ефективно боротися із збудником.



1. Проаналізуйте ситуацію та дайте відповідь на запитання.

На уроці біології учень і учениця обговорювали відображену на рисунку динаміку формування специфічного гуморального імунітету (іл. 133). Учень зазначив, що імунна відповідь зумовлена утворенням антитіл. Учениця зауважила, що повторна імунна відповідь розвивається повільніше. Чи має хтось із них рацію?

2. Поясніть, чому дорослі люди зазвичай хворіють рідше за дітей чи підлітків?

Природний активний імунітет пов'язаний з активацією та функціонуванням описаних вище механізмів при зараженні організму збудником певної інфекції. Важливо пам'ятати, що активація систем специфічного імунітету триває певний час, необхідний для розпізнавання лімфоцитами антигенів, інтенсивного поділу клітин і синтезу необхідної кількості антитіл. Природний пасивний імунітет захищає новонароджену дитину. Одразу після народження її власна імунна система ще не здатна забезпечувати захист повною мірою, тому вона отримує готові антитіла від материнського організму під час внутрішньоутробного розвитку або ж із материнським молоком після народження. Штучний активний імунітет формується шляхом вакцинації. Штучний пасивний імунітет пов'язаний із введенням в організм готових антитіл проти певного збудника — імунної сироватки. Її використовують, якщо необхідно швидко побороти наявний у крові збудник або вилікувати дуже ослаблений організм. Імунний захист при цьому триває недовго.

Поняття алергії. Особливою формою імунної відповіді є алергія. Вона виявляється як підвищена реактивність на певні антигени (пилок квітів, шерсть тварин тощо) — алергени (іл. 134). Зовнішніми виявами алергії є набряки слизових оболонок, розвиток запальних процесів (набряк, почервоніння, свербіння), підвищена чутливість верхніх дихальних шляхів (кашель, чхання, нежить). Більшість цих симптомів викликана виділенням у тканинах речовини гістаміну. Отже, алергія — це реакція гіперчутливості імунної системи, запуск захисних реакцій на стимули, що не є шкідливими для організму.

Іл. 134. Найпоширеніші харчові алергени



Молоко, зернові (білок глютен), бобові, морепродукти (ракоподібні, молюски), арахіс, курячі яйця, горіхи, риба.



1. Дайте означення поняття *імунітет*.
2. Назвіть складники імунної системи.
3. Наведіть різні класифікації імунітету.
4. Порівняйте специфічний і неспецифічний типи імунітету.
5. Поясніть біологічну роль вродженого й набутого імунітету.
6. Оцініть значення впровадження вакцин і сироваток у медицині.

§31. Інфекційні та інвазійні хвороби. Поняття про імунотерапію



Численні сторінки історії людства містять розповіді про здобутки й перемоги в боротьбі з інфекційними агентами, які спричиняють важкі хвороби людини. Є сторінки, які заповнені відкриттями українських дослідників і дослідниць (іл. 135). Збудниками власне інфекційних хвороб є прокаріоти й віруси. Також виділяють інвазійні, або паразитарні хвороби, викликані еукаріотичними організмами: одноклітинними гетеротрофними еукаріотами, гельмінтами, комахами тощо.

Шляхи зараження інфекційними агентами. Можна вжити ефективних профілактичних заходів, якщо знаєш шляхи зараження інфекційними агентами. Часто це нескладні правила поведінки, дотримання яких кожна людина може контролювати самостійно. Хвороби органів дихальної системи часто поширюються повітряно-крапельним шляхом (іл. 136, 1). Людина, яка хворіє, може чхати, кашляти, унаслідок чого поширює навколо себе мікрокраплини слизу, що містять інфекційний агент. Люди, які перебувають поруч, можуть вдихнути їх і заразитися. Способом поширення кишкових інфекцій та інвазій є фекально-оральний (іл. 136, 2). Збудник виходить із зараженого організму в складі калових мас, після чого в разі недотримання особистої гігієни з водою або їжею може потрапляти до організму людини. Організм людини може бути середовищем існування багатьох кишкових паразитів (дизентерійна

Іл. 135. Данило Заболотний (1866–1929)



Український мікробіолог та епідеміолог Данило Заболотний досліджував і розробляв способи боротьби з холерою, чумою та сифілісом. Довів роль гризунів як природного резервуару чуми та джерела інфікування.

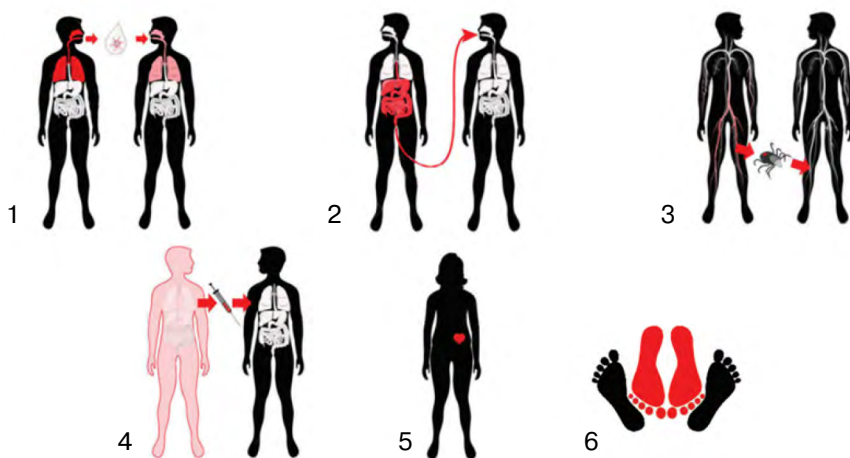


Підготуйте повідомлення про життєвий шлях і наукові відкриття Данила Заболотного.

амеба, людська аскарида, бичачий ціп'як тощо), а їхні життєві цикли можуть включати стадії розвитку в інших організмах. У такому випадку людина може заразитися внаслідок споживання неякісного м'яса, зараженої води, під час контакту зі свійськими тваринами тощо. Варто нагадати, що із життєвими циклами деяких збудників інфекційних та інвазійних хвороб ви ознайомилися під час вивчення курсу біології в 7 класі, що допоможе вам сформулювати заходи щодо профілактики таких хвороб. Трансмісивні хвороби поширюються за допомогою тварин-переносників. Наприклад, це можуть бути комарі (малярія), мухи (сонна хвороба), кліщі (кліщовий енцефаліт, хвороба Лайма), блохи (чума), воші (тиф) тощо (іл. 136, 3). Часто збудник хвороб людини може мешкати в популяціях диких тварин, які є природним резервуаром. Для профілактики таких хвороб необхідно контролювати популяції таких тварин. Деякі збудники, наприклад віруси гепатиту типу В та С, ВІЛ, можуть передаватися шляхом контакту з кров'ю хворої людини або тварини. У цьому випадку чинниками небезпеки є недостатній контроль за якістю крові донорів під час переливання, використання погано стерилізованого медичного або косметологічного обладнання, повторне використання шприців тощо (іл. 136, 4). Хвороби, які поширюються через кров, можуть передаватися від матері до дитини під час вагітності (іл. 136, 5).

Велику групу становлять захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ) (іл. 136, 6). Їх збудниками можуть бути віруси (ВІЛ-інфекція, герпес, гепатит В, папілома), бактерії (гонорея, сифіліс,

Іл. 136. Основні шляхи зараження інфекційними агентами



Складіть пам'ятку профілактичних заходів щодо хвороб, викликаних інфекційними агентами.

хламідіоз), гриби (кандидоз) і найпростіші (трихомоніаз). Наслідками цих хвороб можуть бути втрата статевої функції (імпотенція), безпліддя та системні захворювання, що можуть призвести до смерті. Для профілактики потрібно пильнувати своє сексуальне життя: уникати випадкових статевих контактів, завжди користуватися презервативом, який, обмежуючи контакт слизових оболонок статевих органів партнерів, істотно зменшує ризик передачі збудника. Окрім профілактики хвороб, презерватив забезпечує контрацепцію — запобігання небажаних вагітностей. Рання діагностика небезпечних хвороб є запорукою ефективного лікування або зменшення негативних наслідків, адже існує можливість пройти анонімне лабораторне обстеження.

Поняття імунотерапії. Для ефективної боротьби з небезпечними хворобами імунітетові інколи потрібна «допомога».

Імунотерапія — це спосіб лікування захворювань шляхом активації або пригнічення функціонування імунних механізмів організму людини.

До них належить використання імунних сироваток. Сироватки виготовляють із крові імунізованих до певного збудника людей або тварин, переважно коней. Широко застосовують сироватки проти токсинів небезпечних інфекційних збудників (дифтерії, правця, ботулізму), отрути змій, збудників хвороб (грипу, сибірки, кліщового енцефаліту, лептоспірозу тощо). Метод лікування імунними сироватками отримав назву **серотерапія**. Досягнення в цій галузі були високо оцінені людством (іл. 137).

Важливим методом імунотерапії є **вакцинація**. Вакцина — це вбитий або ослаблений збудник хвороби, який зберігає здатність активувати

Іл. 137. Еміль Адольф фон Берінг (1854–1917)



Історія Нобелівської премії в галузі фізіології або медицини почалася відзнакою важливості внеску Е. фон Берінга в розвиток медицини: *«За роботи, присвячені сироватковій терапії, особливо за її застосування в лікуванні дифтерії, що відкрило нові шляхи в медичній науці і тим самим дало до рук лікарів переможну зброю проти хвороби та смерті»* (1901)

Т- і В-лімфоцити для формування імунної відповіді. У разі контакту зі справжнім збудником імунна система реагує швидко й ефективно, забезпечуючи несприйнятливості організму до інфекції. Вакцинація дозволила людству повністю здолати натуральну віспу, а також істотно покращила ситуацію з іншими небезпечними інфекціями: гепатитом В, туберкульозом, дифтерією, правцем, кашлюком, поліомієлітом, коровою інфекцією тощо. До винайдення вакцинації ці хвороби були поширеними причинами дитячої смертності або інвалідизації. Щеплення проти них роблять у дитячому віці з повтором у підлітковому та дорослому відповідно до календаря вакцинації. На жаль, у сучасному суспільстві трапляються «антивакцинаторські» настрої, їх прихильники приписують вакцинації спричинення різних патологій. Такі уявлення не мають наукового підґрунтя і є небезпечними для громадського здоров'я. Варто пам'ятати, що імунізація захищає не лише людей, яким зроблено щеплення. У реальних умовах не всі люди є імунізованими: деяким дорослим людям не можна робити щеплення за медичними протипоказаннями, деякі види щеплень мають вікові обмеження, та й ефективність вакцинації не є стовідсотковою. Якщо переважна частина населення є імунізованою, поява хворої людини не призведе до епідемії, бо її будуть оточувати несприятливі до збудника люди. Так формується колективний імунітет: імунізовані люди захищають неімунізованих (іл. 138). Зменшення кількості вакцинованих людей руйнує колективний імунітет. Із цим пов'язано, зокрема, ускладнення в Україні ситуації з низкою хвороб — поліомієлітом, коровою інфекцією тощо.

Іл. 138. Формування колективного імунітету



Обґрунтуйте необхідність власної вакцинації кожної людини. Чи зможе людство в ближній перспективі повністю здолати інфекційні хвороби?



1. Дайте означення поняття *хвороба, імунотерапія*. **2.** Поясніть різницю між інфекційними й інвазійними хворобами. **3.** Схарактеризуйте шляхи поширення хвороб, які спричинюються інфекційними агентами. **4.** Які методи імунотерапії ви можете назвати? **5.** Оцініть значення впровадження вакцин і сироваток у медицині.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Подорож у гори

«Під час підйому людини в гори одночасно знижується атмосферний тиск, парціальний тиск кисню в атмосфері й легеневих альвеолах. Це може викликати гіпоксемію — знижений уміст кисню в крові, а також гіпоксію (киснєве голодування) — стан, що виникає при недостатньому постачанні тканин киснем або порушенні його використання під час біологічного окиснення. Нестача кисню порушує перебіг процесів в організмі, що залежать від енергії АТФ, наприклад утворення ферментів, медіаторів тощо.»

Завдання 1. Проаналізуйте твердження. Чи є поміж них такі, що можна сформулювати на основі аналізування наведеної інформації?

I. Нестача кисню під час підйому людини в гори зумовлює зниження кількості енергії, яка утворюється в мітохондріях.

II. Унаслідок зниження постачання до організму кисню може порушуватися проведення нервових імпульсів.

А лише I твердження

Б лише II твердження

В обидва твердження

Г немає таких тверджень

Завдання 2. Учень та учениця аналізували графік залежності насичення гемоглобіну киснем і залежності атмосферного тиску від висоти над рівнем моря. Учень зазначив, що зі збільшенням висоти над рівнем моря насичення гемоглобіну киснем знижується. Учениця висловила судження, що це пов'язано зі зростанням атмосферного тиску.

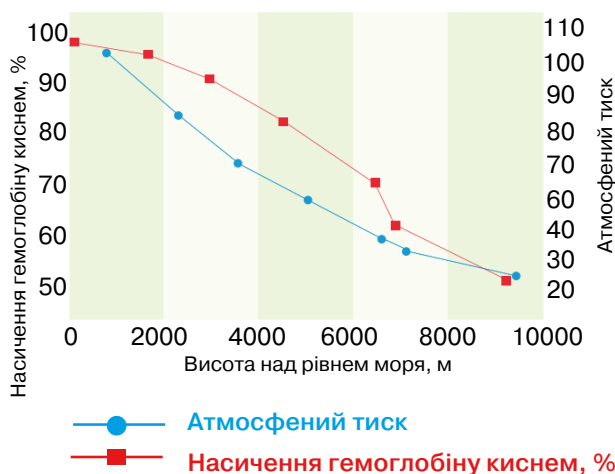
Чи має хтось із них рацію?

А лише учень

Б лише учениця

В обое мають рацію

Г обое помиляються



Завдання 3. Використавши інтернет-джерела, знайдіть відповідь на запитання:

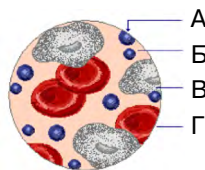
«Як пристосовується організм людини до мешкання в місцевостях, що розташовані високо над рівнем моря?»

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



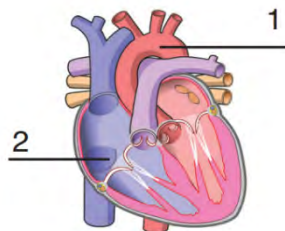
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Еритроцит на рисунку позначено буквою
 А
 Б
 В
 Г
2. Що з наведеного забезпечує захист організму людини від вірусів?
 А еритроцит
 Б тромбоцит
 В інтерферон
 Г фібриноген
3. Тромбоцити забезпечують в організмі людини
 А транспортування кисню
 Б захист організму від вірусів
 В транспортування амінокислот
 Г зсідання крові у випадку поранення
4. Одним із чинників зсідання крові є білок
 А лізоцим
 Б альбумін
 В інтерферон
 Г фібриноген
5. Велике коло кровообігу починається током крові з
 А правого шлуночка
 Б лівого шлуночка
 В лівого передсердя
 Г правого передсердя
6. Одним із заходів попередження серцево-судинних хвороб є
 А дотримання режиму праці й відпочинку
 Б контролювання кількості комах-переносників
 В дотримання правил гігієни під час уживання їжі
 Г використання стерильних масок під час епідемії



Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Проаналізуйте твердження щодо зображеного на рисунку серця.
 І. Цифрою 1 позначено аорту.
 ІІ. Цифрою 2 позначено ліве передсердя.
 Чи є поміж них правильні?
 А правильне лише І
 Б правильне лише ІІ
 В обидва правильні
 Г немає правильних



8. Особливістю вен людини є

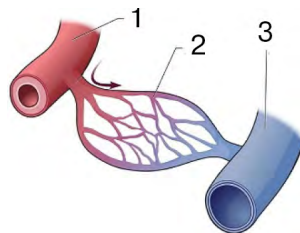
- А рух ними лише венозної крові
- Б наявність кишенькових клапанів
- В утворена одношаровим епітелієм стінка
- Г менша швидкість руху крові в порівнянні з капілярами

9. Прочитайте текст: «Специфічний гуморальний імунітет пов'язаний з виділенням захисних білків — (1), які продукуються (2)». Правильний варіант для заповнення пропусків (1–2) наведено в рядку

- А 1 — інтерферонів, 2 — Т-лімфоцитами
- Б 1 — інтерферонів, 2 — В-лімфоцитами
- В 1 — імуноглобулінів, 2 — В-лімфоцитами
- Г 1 — імуноглобулінів, 2 — Т-лімфоцитами

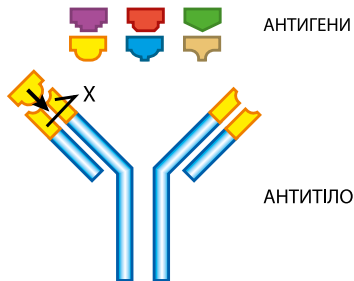
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Ознайомтеся з описом зображеної на рисунку частини кровоносної системи: «Цифрою 1 на рисунку позначено артерію, якою транспортується артеріальна кров. Стрілкою позначено напрямок руху крові». Правильне продовження опису наведено в рядку



- А У цій частині кровообігу відбувається насичення крові киснем
- Б На рисунку відображено частину великого кола кровообігу
- В Цифрою 2 на рисунку позначено капіляри альвеол
- Г Цифрою 3 на рисунку позначено артерію

11. На уроці біології учень й учениця обговорювали відображений на рисунку механізм взаємодії антитіла з антигеном, де місце їхнього зв'язування позначене буквою X. Учень зазначив, що антитіло зв'язується лише зі «своїм» антигеном. Учениця зауважила, що антитіло — це захисний білок імуноглобулін. Чи має хтось із них рацію?



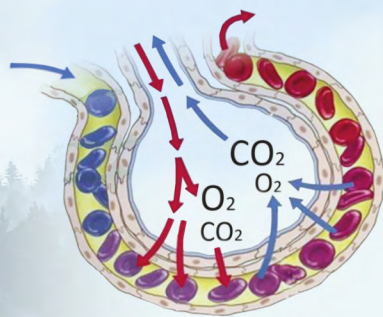
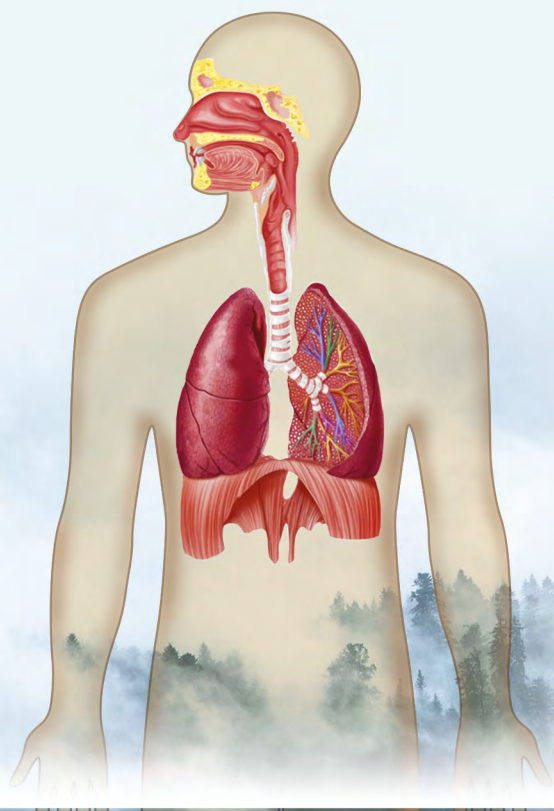
- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Опишіть еритроцити за наведеними ознаками.

Кількість в 1 мм³ становить Особливість будови клітини Функція

- | | | |
|----------------|--------------------------------|---|
| 1 150–400 тис. | 1 має форму двовігнутаго диска | 1 захист організму від хвороботворних мікроорганізмів |
| 2 4–5,5 млн | 2 може утворювати псевдоніжки | 2 транспортування кисню в організмі |
| 3 6–10 тис. | 3 містить ядро | 3 захист організму від втрати крові |



ТЕМА 6

ДИХАЛЬНА СИСТЕМА



§32. Дихальна система. Голосовий апарат



Французький лікар і фізіолог Клод Бернар писав: «Усі життєві процеси мають одну мету — підтримувати сталість умов життя у внутрішньому середовищі організму». Яка роль дихальної системи в цьому?

Значення дихальної системи. Дихальна система забезпечує процес газообміну між зовнішнім і внутрішнім середовищем організму. Розрізняють зовнішнє і внутрішнє дихання. **Зовнішнє дихання** — це процес надходження кисню з повітря до крові, а вуглекислого газу — з крові в повітря. **Внутрішнє дихання** — це використання клітиною кисню для окиснення органічних речовин з вивільненням енергії, яка акумулюється в молекулах АТФ (пригадайте, яка органела забезпечує цей процес).

Будова дихальної системи. Дихальна система людини містить повітроносні шляхи, які поділяють на верхні й нижні, та легені (іл. 139).

До верхніх дихальних шляхів відносять носову порожнину та глотку. У них повітря зігрівається, частково зволожується, очищається від пилу й інших дрібних часточок. Поверхня дихальних шляхів утворена одношаровим війчастим (миготливим) епітелієм. Між війчастими клітинами розташовані залозисті клітини, які виділяють слиз. Дрібні часточки, що містяться в повітрі, затримуються в слизі, а далі з допомогою війок виводяться назовні. У верхній частині носової порожнини розміщений нюховий епітелій — периферійна частина нюхової сенсорної системи, функцією якої є сприйняття запахів.

Іл. 139. Будова дихальної системи



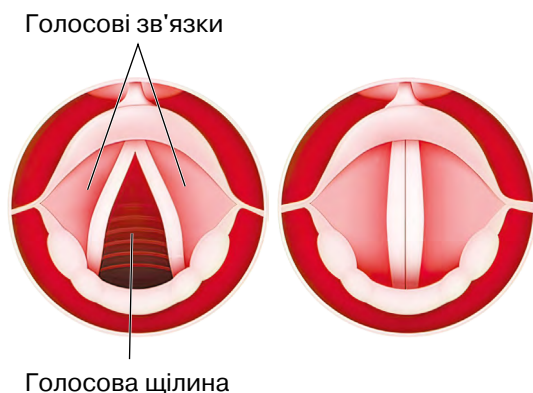
Порівняйте будову дихальної системи людини з будовою дихальної системи хребетних тварин: окуня річкового, жаби ставкової, ящірки прудкої, голуба сірого й кроля дикого. У чому схожість і відмінності?

До нижніх дихальних шляхів відносять гортань, трахею та бронхи. Гортань містить дев'ять хрящів. Пластинки одного з них (щитоподібного) у чоловіків з'єднані під гострішим кутом, ніж у жінок, і формують кадик. У гортані є голосові зв'язки (іл. 140), ступінь натягу яких контролюється голосовими м'язами. Завдяки скороченню голосових м'язів змінюється розмір голосової щілини. Якщо це відбувається ритмічно, то потік повітря, яке проходить крізь цю щілину, також набуває ритміки. У такий спосіб формуються звукові коливання. Отже, описаний складник гортані є голосовим апаратом, що слугує для утворення звуків. Трахея — порожня трубка, яка не спадається завдяки наявності в її стінках хрящових напівкілець. Трахея поділяється на два бронхи, що прямують до правої та лівої легені. Бронхи діляться і утворюють дрібні бронхіоли, з яких повітря надходить до легеневих альвеол.

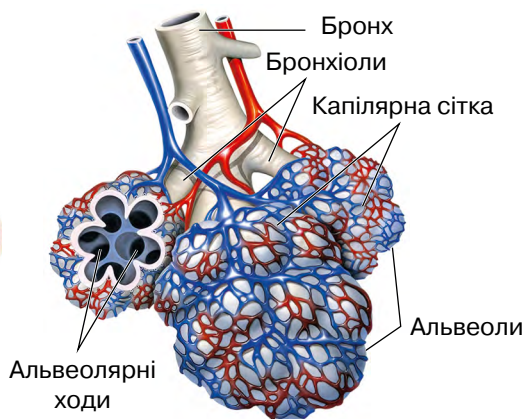
Легені займають більшу частину об'єму грудної порожнини. Зовнішня поверхня легень утворена сполучнотканинними листками — плеврою. Зовнішній плевральний листок із середини приростає до грудної клітки та діафрагми. Внутрішній плевральний листок зростає із тканиною легень. Між цими двома листками є плевральна порожнина, заповнена рідиною і герметично замкнена. Альвеоли легень утворені одним шаром епітеліальних клітин (іл. 141). Вони є гронами заповнених повітрям кульок. Внутрішня поверхня альвеол укрита шаром речовин (сурфактант), функцією яких є зменшення поверхневого натягу альвеолярних стінок, що запобігає їх спаданню. Зовні альвеоли обплетені легневими капілярами.

Іл. 140. Будова голосового апарату:

а — у відкритому стані;
б — у закритому стані



Іл. 141. Будова альвеол



1. Дайте означення понять *зовнішнє дихання*, *внутрішнє дихання*.
2. Опишіть будову дихальної системи.
3. Схарактеризуйте голосовий апарат людини.
4. Яка будова альвеол?
5. Поясніть значення дихальної системи.

§33. Газообмін у легенях і тканинах

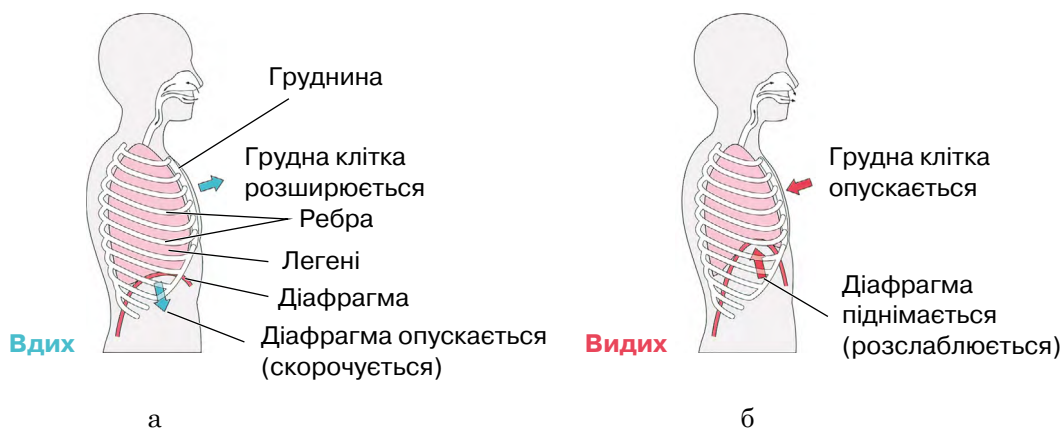


Американський письменник Стівен Кінг писав: «Людина не усвідомлює, що вона дихає, поки не згадає про це спеціально». Чи правильний цей вислів?

Механізм вентиляції легень. Вдих у людини здійснюється завдяки збільшенню об'єму грудної порожнини та, як наслідок, засмоктуванню в легені повітря. Зміна об'єму грудної порожнини досягається двома шляхами: рухами ребер або скороченням діафрагми. Ребра разом із ключицями, хребтом і грудниною утворюють замкнену грудну клітку. Між ребрами є дві групи м'язів — зовнішні та внутрішні міжреброві. Під час скорочення зовнішніх міжребрових м'язів ребра притягаються одне до одного знизу вгору. Унаслідок такого обертання об'єм грудної клітки збільшується. Зовнішній плевральний листок зрештою тягнеться за ребрами. Унаслідок того, що плевральна щілина є герметично замкненою, внутрішній листок тягнеться за зовнішнім, а разом з ним і тканина легень. Об'єм легень збільшується, і повітря засмоктується до них.

Діафрагма — це плаский посмугований м'яз, розміщений на межі між грудною і черевною порожниною. У розслабленому стані він випнутий у грудну порожнину. Під час скорочення м'яза його поверхня зменшується, він опускається донизу й тягне за собою листки плеври й тканину легень. Унаслідок цього до легень засмоктується повітря. Отже, робота зовнішніх міжребрових м'язів і діафрагми спрямована на здійснення вдиху (іл. 142, а).

Іл. 142. Механізм вентиляції легень: а — вдих; б — видих



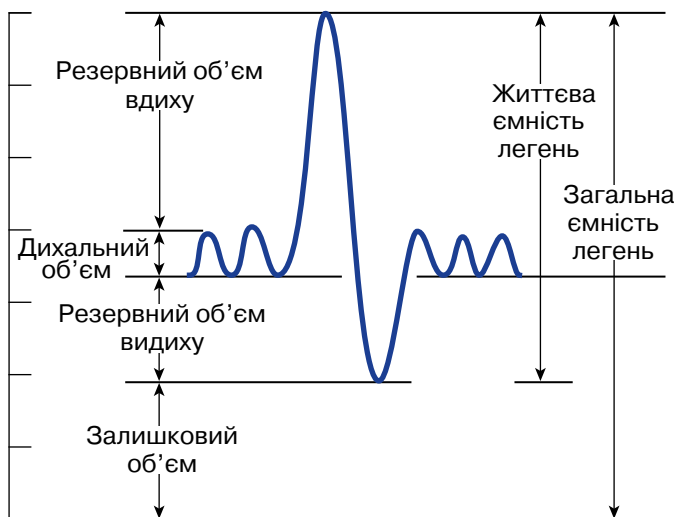
Розв'яжіть математичну задачу.

За кожен вдих-видих людина поглинає 20 см^3 кисню і виділяє 175 см^3 вуглекислого газу. Обчисліть, скільки поглинуть кисню і виділять вуглекислого газу учні й учениці вашого класу за кожен вдих-видих разом.

У людини, яка перебуває у вертикальному положенні, видих відбувається пасивно. У горизонтальному положенні або під час фізичних навантажень видих відбувається активно за рахунок скорочення внутрішніх міжребрових м'язів. Окрім зазначених м'язів, у процесі дихання беруть участь декілька допоміжних м'язів (іл. 142, б). Виділяють черевний і грудний типи дихання. У першому випадку дихання здійснюється за участі переважно м'язів живота й діафрагми. У другому випадку основна роль належить м'язам грудної клітки. У жінок переважає грудний тип дихання, а в чоловіків — черевний.

Показники зовнішнього дихання. Частота дихання в стані спокою становить 12–16 вдихів за хвилину. Виділяють такі показники зовнішнього дихання: дихальний об'єм — кількість повітря, яку людина вдихає або видихає за один раз у стані спокою (близько 500 мл); резервний об'єм вдиху — кількість повітря, яку людина може максимально вдихнути після нормального вдиху (1,5–2,5 л); резервний об'єм видиху — кількість повітря, яку людина може максимально видихнути після нормального видиху (1–1,5 л); життєва ємність легень — максимальна кількість повітря, яку людина може видихнути після максимального вдиху, є сумою дихального й резервних об'ємів вдиху та видиху (4–5 л). Навіть після максимального видиху в легенях і повітроносних шляхах залишається певна кількість повітря — залишковий об'єм легень, який становить 1–1,5 л. Під час кожного вдиху змішуються атмосферне повітря й суміш альвеолярних газів (іл. 143).

Іл. 143. Основні показники зовнішнього дихання

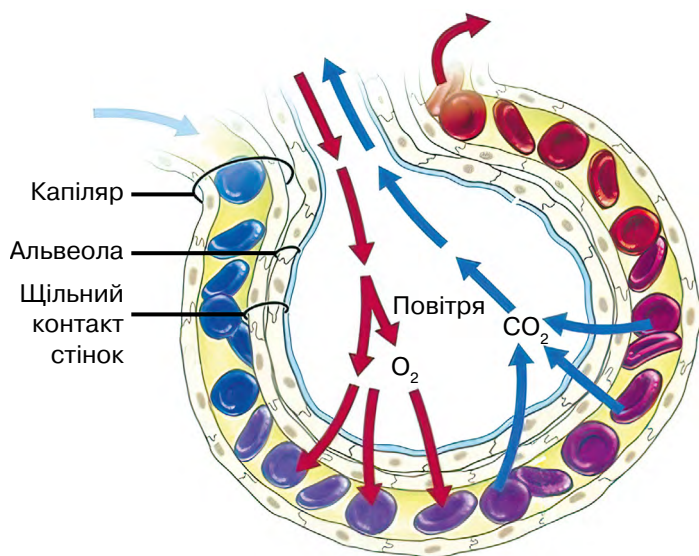


Проаналізуйте діаграму. Перемалуйте її в зошит і впишіть кількісні показники зовнішнього дихання.

Газообмін у легенях. Газообмін між кров'ю та сумішшю альвеолярних газів відбувається в альвеолах і дрібних дихальних шляхах, які до них прилягають. Дихальні гази дифундують крізь стінки альвеол і ендотелій капілярів. Отже, газообмін між кров'ю і сумішшю альвеолярних газів відбувається лише крізь два шари клітин, що мають щільний контакт стінок. Це зумовлює ефективність газообміну. Між венозною кров'ю й альвеолярним повітрям існує суттєва різниця в парціальних тисках (напрузі) дихальних газів. Унаслідок цього відбувається дифузія кисню в капіляр, а вуглекислого газу — до альвеоли (іл. 144). Отже, кисень, що надійшов у кров, транспортується в еритроцитах до тканин, де від'єднується та спрямовується до клітин. Вуглекислий газ транспортується в протилежному напрямку. Варто зазначити, що об'ємна частка як кисню, так і вуглекислого газу в крові є більшою за таку в альвеолярній суміші. Це є наслідком ефективного зв'язування обох речовин в еритроцитах.

Регуляція дихання. Як і кровообіг, дихання регулюється нервовими й гуморальними шляхами. Головна роль у цих процесах належить дихальному центру довгастого мозку. У ньому функціонально виділяють три групи нейронів: «центр вдиху», «центр видиху», а також нейрони, що забезпечують плавну зміну вдиху на видих. Основними чинниками, які впливають на дихання, є концентрація дихальних газів. У складі дихального центру є нейрони, чутливі до підвищення концентрації в крові вуглекислого газу. Такі нейрони активують центр вдиху. Окрім цього, нейрони, чутливі до підвищення концентрації CO_2 , є й у великих

Іл. 144. Газообмін у легенях



Парціальний тиск кисню і вуглекислого газу:

- ✓ в альвеолярному повітрі: O_2 — 108 мм рт. ст.; CO_2 — 40 мм рт. ст.
- ✓ у крові: O_2 — 40 мм рт. ст.; CO_2 — 46 мм рт. ст.



Поясніть, унаслідок якого процесу поновлюється кількість кисню в атмосферному повітрі.

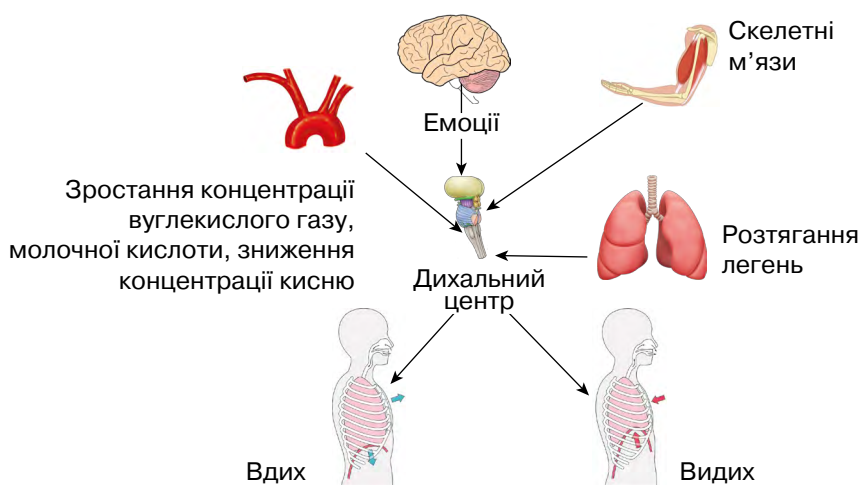
кровоносних судинах — аорті й сонних артеріях. Вони реагують не лише на вуглекислий газ, а й на зниження концентрації кисню. Отже, інтенсивність дихання збільшуватиметься за підвищення концентрації в артеріальній крові вуглекислого газу або за зниження концентрації кисню (іл. 145).

Інший важливий рефлекторний механізм пов'язаний із розтяганням легень під час вдиху. При цьому активуються механорецептори стінок дихальних шляхів. Збудження від них прямує до дихального центру й спричинює гальмування центру вдиху й активації центру видиху. У такий спосіб відбувається зміна вдиху на видих, що запобігає надмірному розтягання легень (іл. 145). Окрім описаних головних чинників, які впливають на дихання, певна роль належить терморецепторам (затримка дихання під час різкого охолодження) і механорецепторам шкіри (лоскотання). Із хеморецепторів і механорецепторів верхніх дихальних шляхів починається ряд захисних рефлексів — кашель, чхання, затримки дихання, а також орієнтувальний рефлекс приношування.

Робота дихального центру, своєю чергою, перебуває під контролем розташованих вище відділів нервової системи. Так, на дихання може впливати гіпоталамус, а також кора великих півкуль. Вплив останньої є необхідним для забезпечення нашої здатності до мовлення (іл. 145).

Характер дихання формується внаслідок взаємодії всіх чинників. Так, ми можемо свідомо затримати дихання, проте лише до певного ступеня. Щойно концентрація вуглекислого газу стане занадто високою, вдих відбудеться незалежно від нашого бажання.

Іл. 145. Регуляція дихання



1. Опишіть механізм вентиляції легень.
2. Схарактеризуйте показники зовнішнього дихання.
3. Схарактеризуйте газообмін у легенях.
4. Як відбувається регуляція дихання?

§34. Перша допомога під час зупинки дихання. Захворювання органів дихальної системи та їхня профілактика



Видатному українському лікарю, ученому в галузі медицини та біокібернетики Миколі Амосову належить вислів: «Люди повинні знати, що переїдання, фізична детренованість, психічне перенапруження й відсутність загартовування є головними причинами їхніх хвороб». Значення цих стимулів ми розглянемо в параграфі.

У попередньому параграфі ми розглянули, як відбувається регуляція дихання. Ці знання стануть у пригоді під час розгляду наступного питання.

Перша допомога під час зупинки дихання. У випадку травм у потерпілої людини може статися зупинка дихання, зокрема внаслідок порушення функціонування дихального центру під час больового шоку. У такому випадку застосовують штучне дихання, що забезпечує організм киснем. Штучне дихання є важливим складником серцево-легеневої реанімації та виконується відразу після кожних тридцяти натискань на грудну клітку. Людина має виконати два вдихи до рота або до носа потерпілого й так чергувати: тридцять натискань на грудну клітку й два вдихи аж до прибуття бригади швидкої медичної допомоги. Існує кілька методів виконання штучного дихання. Найбільш поширеним є метод «рот до рота» (іл. 146). Метод «рот до носа» застосовують, коли неможливо розкрити рот або у випадку його ушкодження. Після відновлення функціонування дихального центру людина може почати дихати самостійно.

Іл. 146. Метод виконання штучного дихання «рот до рота»

Зробіть глибокий вдих.

Відкрийте рот потерпілого і своїми губами щільно обхопіть його губи.
За можливості використовуйте спеціальну маску-клапан.

Закрийте ніс потерпілого пальцями.

Зробіть два видихи та заповніть повітрям легені потерпілого
(за умови, що дихальні шляхи потерпілого вивільнені).

Контролюйте правильність виконання видихів:
якщо легені наповнюються повітрям, грудна клітка потерпілого має підніматися.

Переконайтеся у прохідності верхніх дихальних шляхів (ніс, рот і горло)
та за потреби прочистіть їх, якщо грудна клітка потерпілого не рухається.

Стежте за тим, щоб частота штучних вдихів становила 18–20 вдихів на хвилину.
Менша кількість вдихів не забезпечить надходження достатньої кількості кисню!

Створіть пам'ятку про метод виконання штучного дихання «рот до носа», використавши інтернет-джерела.



Захворювання органів дихання. Захворювання органів дихання (респіраторні захворювання) можуть виникати внаслідок впливу інфекційних агентів або різноманітних зовнішніх чинників.

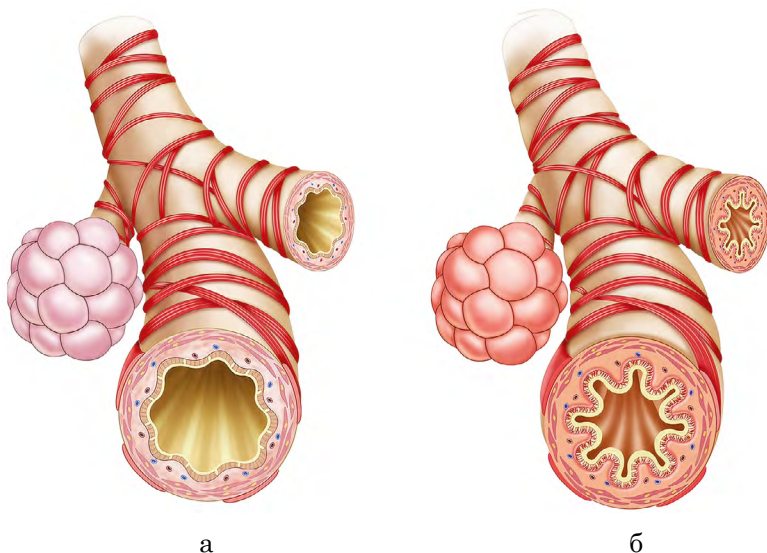
Риніт (нежить) — запалення слизової оболонки носа, яке супроводжується набряком, фільтрацією крізь слизову оболонку рідини, втратою нюхової чутливості тощо. Він може виникати як самостійне захворювання або як компонент інших респіраторних захворювань.

Ангіна — гострий запальний процес, що спричиняють бактерії. Під час неї уражається слизова оболонка горла та глотки, спостерігається виражене запалення глоткових лімфатичних вузлів («мигдалин»). Симптомами ангіни є висока температура, біль у горлі, особливо під час ковтання.

Бронхіт — запалення бронхів. Це захворювання можуть викликати віруси, бактерії, хімічні речовини, що подразнюють слизову оболонку дихальних шляхів, фізичні чинники, зокрема переохолодження. Ознакою бронхіту є кашель — рефлекторна реакція, яка виникає в результаті подразнення рецепторів стінок бронхів.

Бронхіальна астма — це захворювання дихальних шляхів, яке характеризується запальним процесом і спазмом бронхів (іл. 147). Воно може виникати в будь-якому віці, але найчастіше розвивається в дитинстві. Це захворювання може бути спадковим, а може бути набутим, як результат впливу чинників навколишнього середовища, зокрема забруднення повітря, алергії. Симптомами бронхіальної астми є задишка, для якої характерним є утруднений видих, особливо вночі або після фізичного навантаження; часті напади нічного кашлю або ранковий кашель

Іл. 147. Бронхи людини: а — у нормальному стані; б — під час спазму



з мокротинням чи сухий; спазми й відчуття стиснення або болю в грудях; зменшення життєвого об'єму легень.

Пневмонія — запалення легень, яке може виникати внаслідок впливу вірусів, зокрема, вірусу грипу або бактерій. Варто згадати, що стінки легеневих альвеол складаються лише з одного шару клітин. Тому руйнування цих клітин вірусами або бактеріями може спричинити порушення постачання організму киснем.

Туберкульоз — поширене й у багатьох випадках летальне інфекційне захворювання з хронічним перебігом, яке спричинюють бактерії, зокрема туберкульозна паличка (іл. 148).

Грип — вірусне захворювання з можливістю тяжких ускладнень і ризиком смерті. Для хвороби характерна виражена інтоксикація організму із суттєвим підвищенням температури тіла. Епідемії вірусів, які охоплюють цілі континенти, називають пандеміями. Наприклад, унаслідок пандемії грипу 1918 року загинули від 50 до 100 мільйонів людей, а пандемія викликаной SARS-CoV-2 хвороби Covid-19 менш як за 2 роки призвела до загибелі більш як 4 млн людей.

Появу хвороб органів дихання спричиняють негативні чинники зовнішнього середовища. Зокрема, у результаті вдихання холодного або занадто сухого повітря порушується функціонування слизової оболонки дихальних шляхів, що створює передумови для інфікування та розмноження хвороботворних організмів. Тривалий вплив тютюнового диму або забрудненого повітря призводить до відмирання клітин миготливого епітелію, унаслідок чого слизова оболонка втрачає здатність до самоочищення.

Іл. 148. Ознаки туберкульозу та його профілактика



- кашель понад 2 тижні
- підвищена втомлюваність та слабкість
- задишка під час незначного фізичного навантаження
- біль у грудній клітці

підвищена температура тіла (навіть до 37–37,2°C);



зменшення маси тіла з невідомих причин



підвищене спітніння, особливо вночі



Якщо ви помітили схожі симптоми у себе чи своїх близьких — якомога швидше зверніться до лікаря! Чим раніше буде розпочато лікування, тим більше шансів на його успіх.

Туберкульоз — небезпечне соціальне захворювання. Для профілактики необхідно користуватися засобами особистої гігієни, загартовувати організм, раціонально харчуватися, споживати термічно оброблене молоко й м'ясо. З метою діагностування щорічно робити флюорографію. Для запобігання зараженню робити профілактичне щеплення.



Створіть плакат про ознаки та профілактику грипу, використавши інтернет-джерела.

Профілактика захворювань дихальної системи. Для запобігання захворюванням дихальної системи дитини необхідно підвищувати опірність її організму інфекціям систематичним загартовуванням. Запобігання гострим і хронічним захворюванням дихальних шляхів і вчасне їх лікування є профілактикою розвитку бронхіальної астми. Важливу роль відіграє гігієна приміщення, у якому перебуває людина. Оптимального стану повітря в приміщенні досягають провітрюванням, обігрівом холодного повітря, зволоженням у випадку надлишкової його сухості. Сприятливо впливають на вентиляцію легень фізичні вправи. Українці необхідно дотримуватись раціонального харчування. Раціон має містити достатню кількість білків і вітамінів, зокрема вітаміну А, С тощо.

До шкідливих звичок можна віднести вживання алкоголю і тютюнопаління. Негативний вплив обох звичок на здоров'я людини давно відомий — це збільшення ймовірності розвитку серцево-судинних патологій, ракових захворювань тощо (іл. 149). Уживання алкогольних напоїв є причиною понад 5 % смертей щороку. Захисні сили організму хворих на алкоголізм або курців знижуються, що призводить до збільшення ймовірності розвитку інфекційних захворювань, насамперед респіраторних. Переважна частина курців мешкає в країнах з низьким рівнем економічного розвитку. На жаль, статистика в Україні також невтішна: курить кожна четверта людина, а близько 80 % дорослих курців починають курити у віці до 18 років. Відмова від куріння та вживання великих доз алкоголю є складниками здорового способу життя.

Іл. 149. Статистичні дані щодо обсягів куріння цигарок і смертності від раку легень поміж чоловіків і жінок у США



Проаналізуйте наведені дані. Оцініть твердження щодо них.

- I. Смертність від раку легень не пов'язана з інтенсивністю тютюнопаління.
- II. При збільшенні кількості вживання цигарок на одну людину смертність від раку легень у жінок зменшується. Чи є поміж них правильні?



1. Опишіть першу допомогу у випадку зупинки дихання. 2. Схарактеризуйте захворювання дихальної системи. 3. У чому полягає профілактика захворювань дихальної системи?

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією англійською, німецькою, французькою або іспанською мовою та виконайте тестове завдання

Герман Мелвілл, Мобі Дік, глава 85

Уривок (англійська мова)

But owing to his marked internal structure which gives him regular lungs, like a human being's, the whale can only live by inhaling the disengaged air in the open atmosphere. Wherefore the necessity for his periodical visits to the upper world.



Уривок (німецька мова)

Der Wal dagegen verfügt aufgrund seiner besonderen Anatomie über richtige Lungen, genau wie der Mensch, und kann deshalb nur leben, indem er die ungebundene Luft aus der freien Atmosphäre einatmet. Daher also die unerläßlichen regelmäßigen Ausflüge an die Oberwelt.

Уривок (французька мова)

Mais la constitution interne de la baleine, comportant de véritables poumons, pareils à ceux de l'homme, ne lui permet pas de vivre sans respirer l'air libre. C'est pourquoi lui sont nécessaires ses visites périodiques au monde supérieur.

Уривок (іспанська мова)

Pero, debido a su diversa estructura interna, que le da unos pulmones normales, como los de un ser humano, la ballena solo puede vivir inhalando el aire desprendido que hay en la atmósfera abierta. De ahí la necesidad de sus visitas periódicas al mundo de arriba.

Завдання. Учень й учениця ознайомилися з наведеною інформацією. Учень зазначив, що обидва організми, про які йдеться в уривку, належать до ссавців. Учениця зауважила, що дихання обох організмів забезпечують легені.

Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помиляються

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

- Оберіть правильний перелік органів дихальної системи.
 А ротова порожнина, гортань В носова порожнина, глотка
 Б носова порожнина, трахея Г ротова порожнина, легені
- Голосові зв'язки розташовані в
 А трахеї В легенях
 Б гортані Г бронхах
- Газообмін відбувається в
 А трахеї Б гортані
 В бронхах Г легенях
- У носовій порожнині відбувається
 А знезараження вдихуваного повітря
 Б зволоження видихуваного повітря
 В газообмін між кров'ю та повітрям
 Г зігрівання видихуваного повітря
- Дихальний об'єм легень становить близько
 А 500 мл В 1,5–2,5 л
 Б 1–1,5 л Г 4–5 л
- Оберіть причину захворювання людини на грип.
 А Дія на організм забрудненого повітря
 Б Вплив на організм певного вірусу
 В Може успадковуватися від батьків
 Г Тривалий вплив тютюнового диму

Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

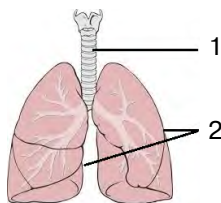
- Проаналізуйте твердження щодо зображених на рисунку органів дихальної системи.

I. Цифрою 1 позначено трахею.

II. Цифрою 2 позначено легені.

Чи є поміж них правильні?

- А правильне лише I
 Б правильне лише II
 В обидва правильні
 Г немає правильних



- Ознайомтеся з переліком органів дихальної системи, які позначено цифрами:

1 — носова порожнина, 2 — бронхи, 3 — трахея, 4 — гортань, 5 — легені.

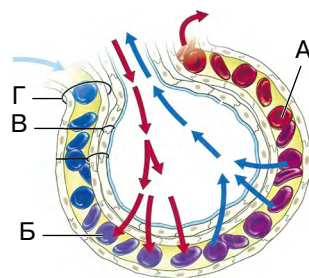
Правильна послідовність руху повітря під час видиху наведена в рядку

- А 1 — 4 — 3 — 2 — 5 В 5 — 2 — 4 — 3 — 1
 Б 1 — 4 — 2 — 3 — 5 Г 5 — 2 — 3 — 4 — 1

9. Проаналізуйте схему газообміну в легенях. Буквами (А–Г) позначено складники, які задіяні в цьому процесі.

Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

- А еритроцит
- Б тромбоцит
- В альвеола
- Г капіляр



Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Прочитайте опис: «Складник дихальної системи, який забезпечує газообмін, — це (1). Газообмін відбувається унаслідок (2) газів». Правильний варіант для заповнення пропусків (1, 2) наведено в рядку

- А 1 — альвеола, 2 — випарування
- Б 1 — бронх, 2 — фільтрації
- В 1 — альвеола, 2 — дифузії
- Г 1 — трахея, 2 — дифузії

11. На уроці біології дві учениці обговорювали регуляцію дихання. Перша учениця зауважила, що головна роль у регуляції дихання належить дихальному центру довгастого мозку. Друга учениця зазначила, що інтенсивність дихання збільшуватиметься за підвищення концентрації в артеріальній крові кисню або за зниження концентрації вуглекислого газу. Чи має хтось із них рацію?

- А лише перша учениця
- Б лише друга учениця
- В обидві мають рацію
- Г обидві помиляються

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Розпізнайте представників хребетних, яких на рисунку позначено буквами А–В.

Оберіть правильні твердження.

А



Б



В



Альвеолярну будову легень мають організми, які позначено буквою

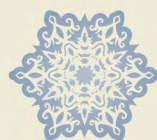
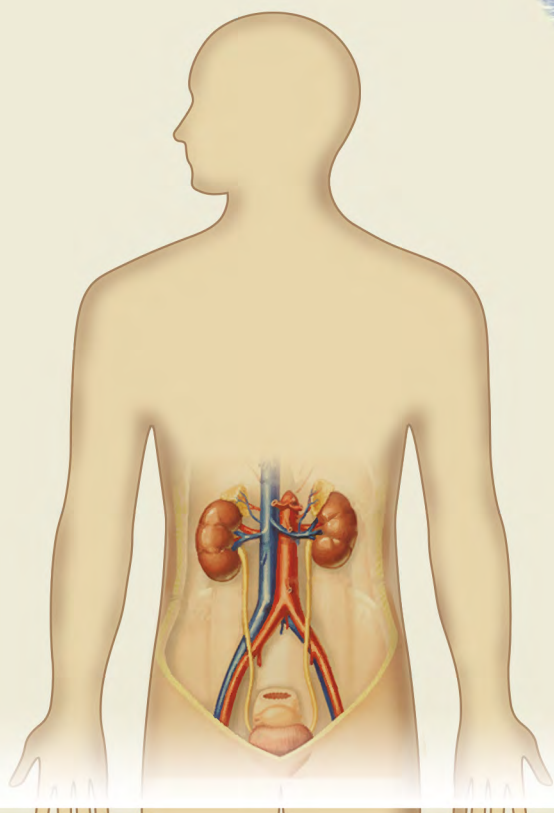
- 1 А
- 2 Б
- 3 В

Коло кровообігу, яке забезпечує газообмін в легенях, є у організмів, які позначено

- 1 лише В
- 2 А та Б
- 3 Б та В

Голосовий апарат, який міститься в гортані, характерний для організмів, які позначено

- 1 лише Б
- 2 лише В
- 3 Б та В



ТЕМА 7

ПРОЦЕСИ ВИДІЛЕННЯ ТА ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ



§35. Виділення. Сечовидільна система



Багато лікарів у стародавній історії вдавалися до дослідження сечі своїх пацієнтів. На сторінках медичних трактатів були поширеними зображення «таблиць урини», за допомогою яких лікар порівнював колір сечі пацієнта та встановлював, які хвороби відповідають цьому кольору. Що це за рідина та яка її роль в організмі людини?

Органи виділення. Важливим етапом обміну речовин в організмі людини є виділення — процес, який забезпечує виведення з організму продуктів обміну речовин, надлишку деяких речовин, а також токсичних сполук, які потрапили до організму ззовні. Функцію виділення забезпечують різні органи (іл. 150). Процеси газообміну, що відбуваються в легенях, уможливають видалення з організму вуглекислого газу, води у вигляді пари та деяких летких речовин. Видільна функція печінки зумовлена утворенням жовчі, у складі якої з організму виводяться, зокрема, кінцеві продукти розщеплення гемоглобіну. Крізь кишечник відбувається виділення незасвоєних решток їжі та продуктів метаболізму, що надходять із жовчю. Кінцеві продукти метаболізму також виділяються потовими залозами шкіри й нирками (наприклад, сечовина), про що ви дізнаєтесь із параграфів 35, 37.

Сечовидільна система. До сечовидільної системи належать нирки, сечоводи, сечовий міхур і сечовипускний канал (іл. 151). Виведення кінцевих продуктів метаболізму відбувається шляхом утворення сечі —

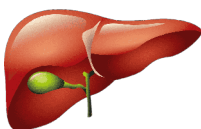
Іл. 150. Органи виділення



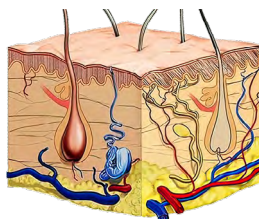
Нирки



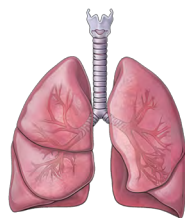
Товста кишка



Печінка



Шкіра



Легені



Виконайте тестове завдання.

Доберіть до органу (1–3) речовини (А – Г), виділення яких з організму він забезпечує.

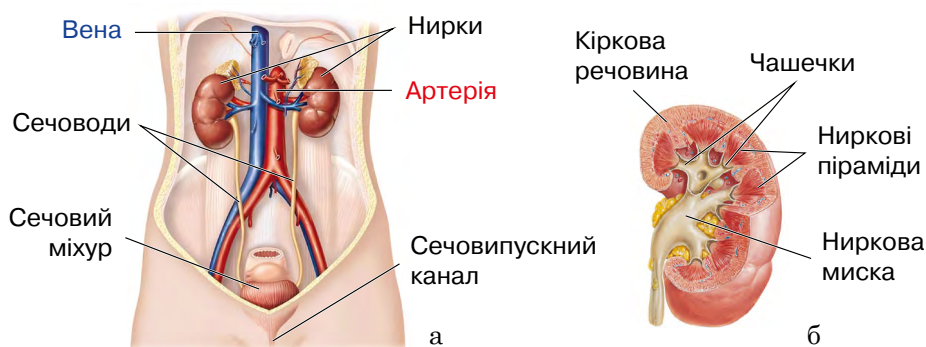


- | | |
|-----------|--|
| 1 легені | А вуглекислий газ, вода у вигляді пари |
| 2 печінка | Б незасвоєні рештки харчових продуктів |
| 3 нирки | В кінцеві продукти розщеплення гемоглобіну |
| | Г кінцеві продукти метаболізму, зокрема сечовина |

рідини, яка формується в нирках. Нирки — це парний орган бобоподібної форми, який зовні оточений сполучнотканинною капсулою. На розрізі нирки видно зовнішній більш світлий шар — коркову речовину, а також внутрішній, більш темний — мозкову речовину. Мозковий шар розділений невеликими прошарками коркової речовини на піраміди (від 8 до 16). Піраміди направлені своїми гострими кінцями до центральної порожнини нирок — миски (іл. 151). Від миски починається сечовід. Кожен сечовід впадає в сечовий міхур — порожнистий орган, основною функцією якого є збирання, накопичення й виведення сечі з організму. Його стінка утворена трьома шарами: зсередини він вкритий багат шаровим незроговілим епітелієм, середній шар утворений гладенькою м'язовою тканиною, а зовнішній — сполучною тканиною. Від сечового міхура відходить сечовипускний канал, яким сеча виводиться з організму людини (іл. 151).

Нефрон як складник нирки. Нефрон — складний багатоклітинний утвір. Він складений з ниркового тільця й системи каналців (іл. 152). Складниками ниркового тільця є клубочок, утворений дрібними кровеносними судинами, і капсула клубочка. Капсула клубочка має форму чаші з подвійними стінками. Кожна стінка утворена одношаровим епітелієм. Капсула огортає клубочок (іл. 152). До клубочка крізь приносну артеріолу надходить кров. Пройшовши крізь систему капілярів, кров відтікає по виносній артеріолі. Надалі виносна артеріола прямує до системи ниркових каналців, де знову розгалужується на капіляри. Від них кров відтікає крізь венули, які збираються в більші судини.

Іл. 151. Сечовидільна система: а — органи; б — будова нирки



Нирки також мають важливу функцію в регулюванні артеріального тиску, виробляючи гормони. Гормон нирок еритропоєтин контролює вироблення еритроцитів у кістковому мозку. Нирки також впливають на кількість Кальцію в крові та активують неактивну форму вітаміну D (кальцитріол).

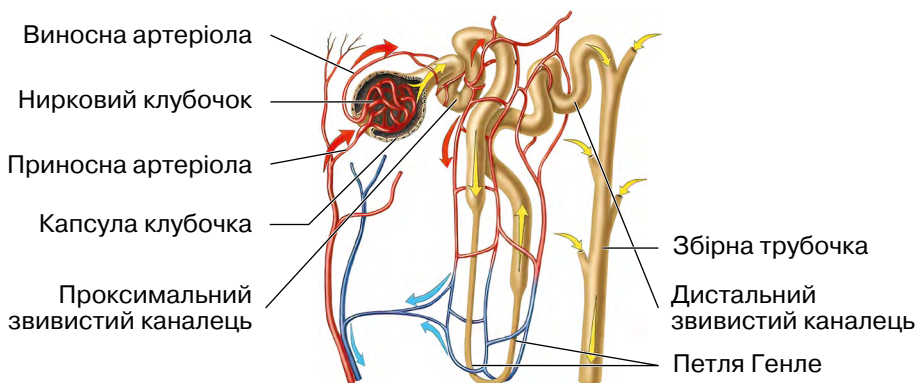


Доберіть до описів функцій сечовидільної системи, які наведено в підручнику, їхню назву поміж перелічених: кровотворна, рухова, регуляторна, опорна, видільна, гомеостатична, транспортна, травна, дихальна.

Кров із цих судин надалі тече в ниркову вену. У системі ниркових каналців виділяють звивисті та прямі каналці. Одразу від капсули починається проксимальний звивистий каналець, який переходить у проксимальний прямий каналець, потім ідуть дистальний прямий і дистальний звивистий каналці. Низхідна й висхідна частини прямого каналця утворюють петлю Генле (іл. 152). Звивисті каналці й ниркове тільце розташовані в корковій речовині, натомість петля Генле — у мозковій. Дистальний звивистий каналець впадає в збірну трубочку, яка проходить крізь мозковий шар і відкривається в миску на верхівці пірамід.

Робота нефрона. Утворення сечі відбувається під час таких процесів, як фільтрація, реабсорбція та секреція. Фільтрація — перенесення розчину речовин крізь стінку за рахунок різниці тисків. Цей процес відбувається в нирковому тільці. Фільтрація зумовлена тим, що приносна артеріола має більший діаметр, ніж виносна, по якій кров тече від капілярного клубочка. Завдяки цьому виникає тиск у 70–80 мм рт. ст. *(порівняйте з тиском у капілярах інших органів)*. Цей тиск приводить до витіснення рідини з капілярів до порожнини капсули. Рідина, яка фільтрується, проходить три шари: ендотелій клубочкових капілярів, у якому є численні отвори між клітинами, базальну мембрану та стінку каналця. Стінка каналця утворена особливими клітинами, які формують порівняно великі канали. Це приводить до того, що з крові фільтрується практично вся плазма. Цей бар'єр не проходять лише формені елементи крові й молекули білків і ліпідів.

Іл. 152. Будова нефрона



За допомогою фізіологічних ін'єкцій український учений Никанор Хржонцевський дослідив будову ниркових каналців, а також описав будову приносних артеріол і клубочка, вивчивши залежність розміру капілярів клубочка від діаметра артеріол.



Підготуйте повідомлення про життя та наукові досягнення Никанора Хржонцевського.

Утворену внаслідок цього рідину називають первинною сечею. За добу в людини її утворюється в середньому 100–150 л. Первинна сеча крім шкідливих продуктів обміну речовин — сечовини, містить також багато корисних компонентів, зокрема глюкозу, амінокислоти, вітаміни тощо. Тому в системі каналців відбувається реабсорбція — зворотний перехід деяких речовин із первинної сечі в кров. Цей процес відбувається часто за рахунок енергії АТФ. Унаслідок реабсорбції до кровотоку повертається вода, глюкоза, амінокислоти, вітаміни тощо. Унаслідок повернення сполук до кровоносного русла відбувається суттєве зниження об'єму сечі. Також у звивистих каналцях відбувається секреція — транспортування речовин із клітин стінок каналців до їхнього просвіту. У такий спосіб до сечі надходять йони K^+ , Na^+ , H^+ , Cl^- , деякі органічні кислоти, амоніак, компоненти лікарських засобів тощо.

Ці процеси завершуються в збірних трубочках, і рідину, яка протікає в них, називають вторинною, або кінцевою, сечею. Склад плазми, первинної та вторинної сечі ви можете проаналізувати з даних таблиці (іл. 153). Унаслідок процесів реабсорбції вторинна сеча суттєво відрізняється за хімічним складом від плазми крові. Так, за нормальної роботи нирок із сечі майже повністю видаляються глюкоза, амінокислоти. Натомість концентрація продуктів обміну білків — сечовини та креатиніну — істотно підвищується порівняно з плазмою. Добовий об'єм вторинної сечі становить 1,2–1,5 л, проте суттєво залежить від споживання води, температури повітря та інших чинників. Отже, за участю описаних процесів відбувається суттєве зниження об'єму сечі та її концентрація.

Іл. 153. Склад плазми, первинної та вторинної сечі (у масових %)

Речовини	Плазма	Первинна сеча	Вторинна сеча
Вода	90,0–91,0	99,0	96,0
Білки	7,0–8,0	–	–
Глюкоза	0,12	0,10	–
Йони Натрію	0,30	0,30	0,40
Йони Калію	0,02	0,02	0,15
Йони Хлору	0,40	0,40	0,70
Сечовина	0,03	0,03	2,00
Сечова кислота	0,004	0,004	0,05



Проаналізуйте дані таблиці (див. табл.). Чи є поміж наведених тверджень правильні?

I. Найбільша масова частка води в первинній сечі.

II. Масова частка глюкози однакова в первинній та вторинній сечі.

А правильне лише I В обидва правильні

Б правильне лише II Г немає правильних



1. Дайте означення поняття *виділення*. **2.** Назвіть органи, які беруть участь у виділенні. **3.** Схарактеризуйте будову сечовидільної системи. **4.** Опишіть будову нефрона. **5.** Поясніть процес утворення сечі. **6.** Порівняйте склад первинної та вторинної сечі. **6.** Оцініть значення сечовидільної системи для підтримання гомеостазу.

§36. Регуляція роботи сечовидільної системи. Профілактика хвороб

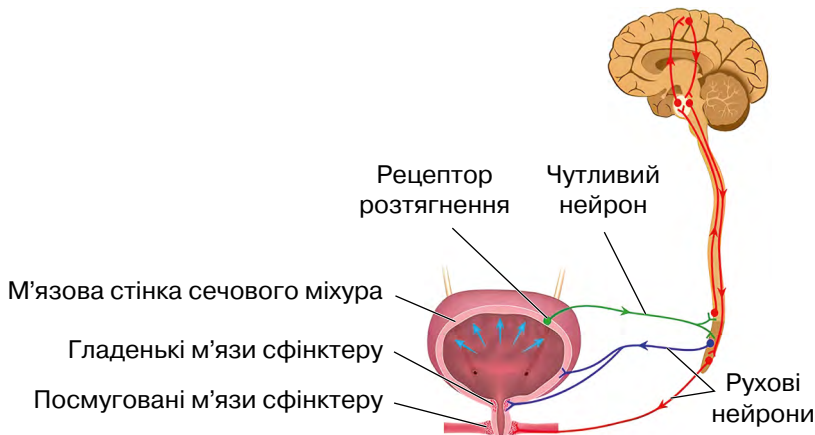


Вам відомо, що для діагностики будь-яких захворювань у медичних закладах зазвичай призначають аналіз сечі. Результати цього аналізу дають уявлення про роботу нирок, процеси обміну речовин і функціонування організму загалом.

Регуляція роботи сечовидільної системи. Нервову регуляцію роботи нирок здійснює автономна нервова система. Вплив симпатичного відділу зумовлює звуження ниркових кровоносних судин, унаслідок чого знижується швидкість фільтрації. Парасимпатичний відділ регулює роботу сечовидільної системи за рахунок впливу на функціонування сечового міхура. Центр регуляції цього рефлексу розміщений у крижових сегментах спинного мозку (іл. 154). Варто зазначити, що сфінктер також іннервують нерви соматичної нервової системи, активність яких контролюють вищі відділи нервової системи. Це дозволяє свідомо керувати процесом сечовиділення (іл. 154).

Основними гуморальними чинниками, що впливають на кількість і склад сечі, є гормони. Зокрема вазопресин, який накопичується в задній частині гіпофіза, і гормон кіркової речовини наднирників альдостерон. Секреція вазопресину посилюється в разі підвищення концентрації міжклітинної рідини, що може відбуватися внаслідок втрати організмом води або споживання солоної їжі. Місцем дії гормона є дистальні звивисті каналці та збірні трубочки, у яких він посилює реабсорбцію води.

Іл. 154. Регуляція роботи сечового міхура



Сеча сечоводами надходить до сечового міхура. На межі між ним і сечовипускним каналом є сфінктер, утворений м'язовою тканиною. Розтягнення стінок міхура в разі його наповнення запускає рефлекс сечовиділення, який полягає в розслабленні сфінктера й одночасному скороченні м'яза сечового міхура.

Альдостерон посилює реабсорбцію йонів Натрію, що також сприяє затримці в організмі води: за підвищення концентрації цих йонів у крові збільшує осмотичний тиск і, як наслідок, відбувається реабсорбція води.

Хвороби органів сечовидільної системи та їх профілактика.

Однією з причин хвороб сечовидільної системи є вплив інфекційних агентів, які спричиняють запальні процеси. Вони потрапляють крізь кров від інших внутрішніх органів або крізь сечівник. Запалення мискової та коркової частини нирок має назву пієлонефрит, коркової частини нирок із нефронами — гломерулонефрит, запалення слизової оболонки сечового міхура — цистит, а сечовипускного каналу — уретрит.

Порушення процесів фільтрації в нирках неминуче призводить до отруєння організму. Ураження нирок може супроводжуватися як збільшенням, так і зменшенням сечовиділення. Це призводить до розладів функціонування серцево-судинної системи, з-поміж яких найчастіше трапляється хронічне підвищення артеріального тиску (гіпертонія).

Розвитку хвороб сприяють переохолодження організму, інфекційні захворювання інших систем організму, недотримання правил особистої гігієни. Шкідливий вплив має незбалансоване харчування, уживання страв із додаванням великої кількості солі, унаслідок чого в організмі затримується вода. Уживання алкоголю та тютюнопаління супроводжується інтоксикацією нирок, що призводить до зниження їхньої функції. Алкогольні напої уражають клітини епітелію нирок, унаслідок чого зростає ризик ускладнення захворювань. Розуміння причин хвороб допоможе свідомо дотримуватися правил їх профілактики (іл. 155).

Іл. 155. Правила профілактики хвороб органів сечовидільної системи



Поясніть правила профілактики хвороб сечовидільної системи.



1. Назвіть хвороби органів сечовидільної системи. **2.** Схарактеризуйте нервову регуляцію роботи сечовидільної системи. **3.** Поясніть вплив гормонів на функціонування сечовидільної системи. **4.** Які причини хвороб цієї системи ви можете назвати? **5.** Оцініть можливості попередження хвороб у вашому повсякденному житті.

§37. Будова й функції шкіри



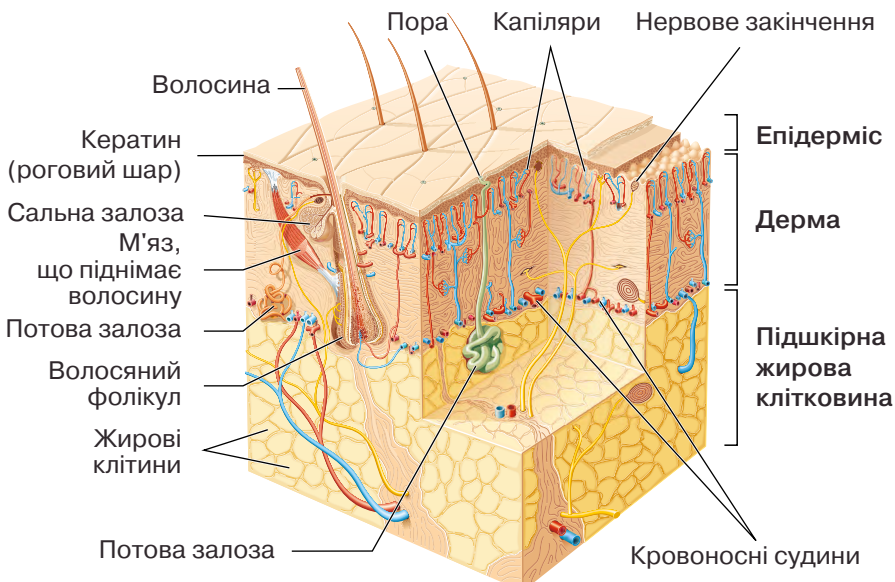
У всіх наземних хребетних тварин у зовнішніх клітинах епідермісу утворюється білок кератин. Він є основою формування рогового шару, який має різноманітні похідні. У амфібій такий шар ще досить тонкий, проте в рептилій він розвинений добре й утворює луски та щитки. Особлива роль цього шару під час утворення пір'я птахів і волосся ссавців. Цікаво дізнатися, чи має ця речовина таке саме значення для організму людини.

Будова та функції шкіри. Шкіра — це зовнішні покриви тіла людини, а отже вона запобігає механічному пошкодженню розміщених під нею органів і є ефективним бар'єром на шляху хвороботворних мікроорганізмів. Для розуміння інших функцій шкіри ми маємо ознайомитися із її будовою.

Шкіра складена з трьох шарів: епідермісу, дерми та підшкірної жирової клітковини (іл. 156). Епідерміс — це зовнішній шар шкіри, утворений багатошаровим зроговілим епітелієм. Його нижні шари здатні до поділу, а верхні шари відмирають і формують зроговілий шар. Деякі клітини епідермісу містять пігмент меланін, який надає шкірі кольору. Меланін виконує захисну функцію, а саме поглинає ультрафіолетове випромінювання, перешкоджаючи ураженню ним клітин шкіри. До епідермісу проникає частина чутливих нервових закінчень.

Під епідермісом розміщена власне шкіра, або дерма, яка містить два шари — сосочковий і сітчастий. Сосочковий шар утворений пухкою

Іл. 156. Будова шкіри



сполучною тканиною. Ця тканина випинається в товщу епідермісу у вигляді сосочків, що створює характерний рельєф шкіри, індивідуальний у різних людей — папілярні лінії (іл. 157). Сполучна тканина сосочкового й сітчастого шарів містить колагенові й еластинові волокна, які надають шкірі міцності та пружності. У дермі є кровоносні та лімфатичні судини, які забезпечують живлення клітин як дерми, так і епідермісу.

У сітчастому шарі розташовані потові й сальні залози, волосяні сумки. Протоки потових залоз відкриваються на поверхні шкіри. Піт містить воду, неорганічні йони та деякі продукти метаболізму. Випаровування води з потом забезпечує терморегуляторну функцію шкіри, про яку більш детально ви дізнаєтесь із наступного параграфа. Виділення з потом надлишку води й продуктів обміну речовин зумовлює її видільну функцію. Зокрема, за добу з поверхні шкіри випаровується близько 500 мл води. Запах поту визначається індивідуальними особливостями обмінних процесів. Неприємний запах поту з'являється внаслідок розщеплення органічних речовин поту бактеріями, які живуть на поверхні шкіри. Потовиділення суттєво підвищується під час фізичної роботи. Сальні залози відкриваються у волосяні сумки й забезпечують змащування волосся і шкіри жирним секретом, що запобігає їх пересиханню.

Особливим типом шкірних залоз є молочні залози. Вони закладаються в представників обох статей, проте в чоловіків перебувають у зачатковому стані. Ці залози трубчастого типу розміщені між шарами жирової тканини. Їхні вивідні протоки відкриваються на верхівці соска. Секреція молока починається після народження дитини

Іл. 157. Папілярні лінії: а — папілярний візерунок пальця; б — зображення відбитку, утворене від структури папілярного візерунку



а



б

Папілярний візерунок — це випинання епідермісу на пальцях, утворені з однієї або більше поєднаних папілярних ліній шкіри. Ці випинання слугують для посилення тактильного сприйняття особливостей поверхонь, можуть допомагати у хапанні нерівних поверхонь та покращувати контакт із поверхнею у вологих умовах. Відбитки пальців людини є детальними, майже унікальними й стійкими впродовж життя, що робить їх придатними для ролі маркерів ідентифікації людини. Ідентифікація відбитків пальців, або дактилоскопія — це процес порівняння двох екземплярів витисків папілярних ліній пальців для визначення, чи ці відбитки належать одній людині. Збирання відбитків пальців на місці скоєння злочину є важливим методом у криміналістиці.

й регулюється нервовими й гуморальними чинниками (*пригадайте, який гормон регулює вироблення молока*).

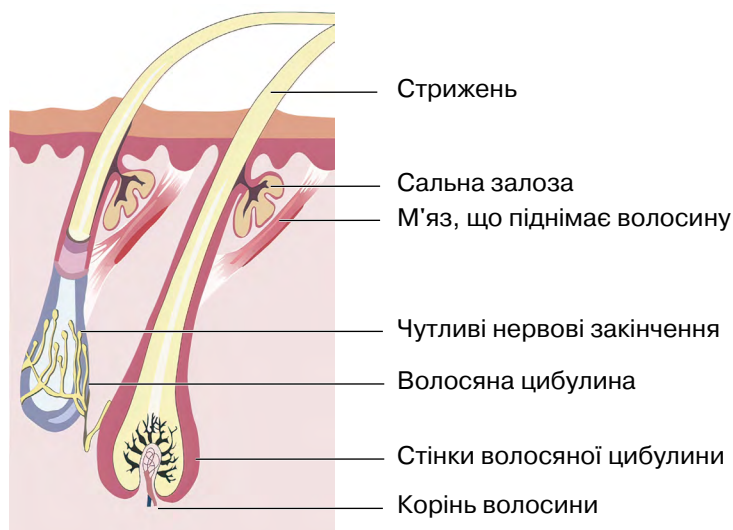
У цьому шарі багато рецепторів, які забезпечують тактильну, температурну та больову чутливості (§ 45).

Під дермою розміщений шар жирової клітковини, утворений жировою тканиною. Її товщина є різною в різних ділянках шкіри й залежить від генетичних особливостей людини, а також її харчування та способу життя. Жировий прошарок помірної товщини виконує функції механічного захисту, збереження теплоти (термоізоляції) та депонування поживних речовин. Зокрема, тут відкладається жир, а також вона бере участь у синтезі вітаміну D.

Похідні шкіри. Похідними шкіри є волосся, яке трапляється майже на всій її поверхні, за винятком долонь, губ тощо. Основною речовиною волосся та інших похідних шкіри є білок кератин. Волосина складається зі стрижня й кореня. Стрижень виступає зі шкіри, а корінь розміщений у дермі. Ріст волосся починається всередині волосяної сумки, де містяться епітеліальні клітини, здатні до поділу. Ріст волосся відбувається за рахунок поділу саме цих клітин. Із волосяною сумкою з'єднані гладенькі м'язові клітини, скорочення яких приводить до підняття стрижня волосся. Волосяна сумка густо обплетена нервовими закінченнями, через що волосся чутливе до механічних впливів (іл. 158).

Колір волосся визначається наявністю в ньому пігментів, зокрема меланіну. Із віком зменшується кількість пігментних клітин у волосяних фолікулах, а отже й знижується синтез пігменту. У волоссі збільшується

Іл. 158. Будова волосини



Підготуйте повідомлення про гігієну волосся.

кількість повітряних пухирців, що призводить до посивіння. Порівняно з іншими ссавцями волосяний покрив людини є незначним, а отже, незначним є й значення волосся в збереженні теплоти в організмі більшості людей. Проте волосся виконує й інші функції. Так, волосся голови виконує функцію захисту від механічних ушкоджень і запобігає перегріванню головного мозку. Окрім цього, змінюючи зачіску, людина певним чином впливає на комунікацію з іншими людьми, а положення брів є одним із важливих виявів емоцій.



Іншими похідними шкіри є нігті, які розвиваються з клітин епідермісу. Можна вивчити їхню будову під час виконання лабораторного дослідження, порівнявши зображення нігтя (іл. 159) з нігтями на руках. Нігті — це тонкі, опуклі зроговілі пластинки на кінцях фаланг пальців рук і ніг. Ніготь складається з нігтьової пластинки, яка розташована на нігтьовому ложі. Видима частина нігтьової пластинки утворена переважно відмерлими клітинами. Нижня частина нігтьової пластинки (лунула) у формі білуватого півмісяця є видимою частиною кореня нігтя. Він складається з клітин, які активно розмножуються і забезпечують ріст нігтьової пластинки. До нігтьового ложа підходять капіляри, які забезпечують надходження поживних речовин. Задній і бічні краї нігтьової пластинки оточені шкірною складкою — кутикулою, яка неможливіє проникнення до ростової зони нігтя хвороботворних мікроорганізмів. Основні функції нігтів — захист кінцевих фаланг пальців від механічних пошкоджень і підтримування чутливості пальців, що допомагає у виконанні тонких моторних дій.

Іл. 159. Будова нігтя



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження.



1. Назвіть шари шкіри. **2.** Схарактеризуйте будову й функції епідермісу шкіри. **3.** Перелічіть складники дерми. **4.** Опишіть функції залоз шкіри. **5.** Поясніть значення похідних шкіри. **6.** Які функції підшкірної жирової клітковини? **7.** Оцініть значення шкіри для організму людини.

§38. Терморегуляція. Перша допомога в разі теплового та сонячного удару



Унаслідок обмінних процесів в органах, що інтенсивно працюють, виробляється велика кількість теплоти. Однією з важливих функцій шкіри є терморегуляція — урівноваженість процесів теплоутворення й тепловіддавання.

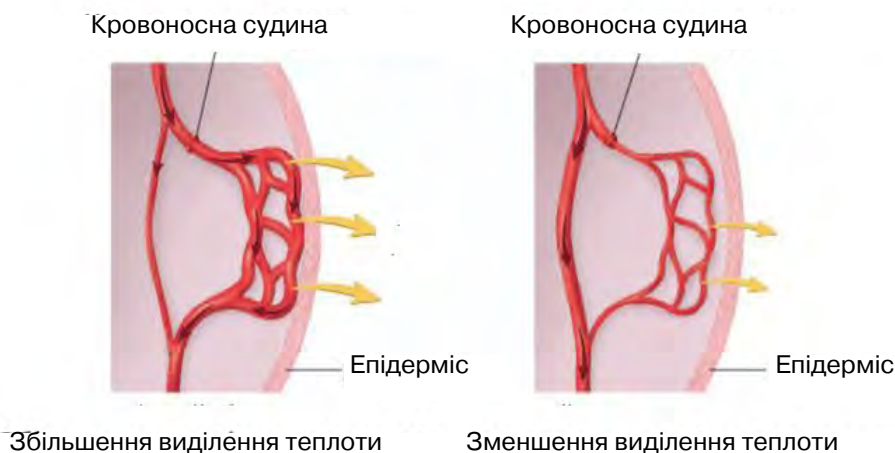
Терморегуляція. Людина належить до гомойотермних організмів, температура тіла яких підтримується на постійному рівні завдяки складним механізмам терморегуляції. Яка роль в цьому шкіри?

Завдяки високій питомій теплоємності води кров здатна ефективно переносити теплоту від органів до поверхні шкіри, що забезпечується її циркуляцією по організму. Цей процес може регулювати симпатична нервова система через зміну діаметра кровоносних судин (іл. 160).

Інший шлях охолодження організму — випаровування води, яка виділяється з потом. За низьких температур повітря відбувається переважно повітряне охолодження шкіри. У разі підвищення температури повітря до температури організму цей шлях стає неефективним, і головну роль відіграє потовиділення. Висока вологість повітря ускладнює випаровування води з поверхні шкіри, тому людина гірше переносить гаряче вологе повітря порівняно з гарячим сухим.

Тепловий і сонячний удар. Унаслідок тривалого впливу на організм сонячного опромінення та високої температури повітря його терморегуляція порушується і організм не справляється з відведенням

Іл. 160. Вивільнення теплоти крізь шкіру



Поясніть механізм регуляції зображеного процесу, використавши знання про автономну нервову систему.

надлишкової теплоти. Як результат, усередині тіла температура підіймається до 40 °С і вище. За такої температури порушується структура білків, зокрема ферментів. Це, своєю чергою, призводить до порушення метаболічних процесів і може спричинити загибель клітин. У такому випадку говорять про тепловий або сонячний удар. Тепловий удар — стан, пов'язаний із розладом терморегуляції та перегріванням організму загалом. Сонячний удар виникає у випадку місцевого перегрівання голови під впливом прямого сонячного випромінювання.

Ознаками перегрівання є головний біль, слабкість, інтенсивне виділення поту, слабкий частий пульс, можливі нудота, блювання, спрага, бліда й холодна шкіра. У разі погіршення стану можна говорити про тепловий або сонячний удар, який характеризується підвищенням температури тіла понад 39,5–40 °С, прискореним серцебиттям, пульсом 100–130 і вище ударів на хвилину. У людини можливе запаморочення чи непритомність, м'язові судоми, червона суха або волога шкіра. Цей стан потребує надання допомоги, етапи якої наведено на ілюстрації 161.

Тепловий і сонячний удари можна попередити. Для цього влітку ми маємо вдягати світлий легкий одяг з натуральних тканин (льон, бавовна), носити на голові світлі капелюхи. Необхідно уникати фізичної праці на сонці, не перебувати тривало (понад 30 хвилин) під впливом прямих сонячних променів від 11-ї до 16-ї години. Також варто за можливості часто провітрювати приміщення, приймати прохолодний душ. Для поновлення водно-сольового балансу в організмі маємо пити багато мінеральної води.

Іл. 161. Профілактика теплового та сонячного ударів



Якнайшвидше перейти
в прохолодне місце



Пити багато прохолодної води
маленькими ковтками



Розстібнути одяг,
за можливості — зняти



Обтирати постраждалого
прохолодною водою



Прикласти холодний
компрес до чола



Поясніть заходи профілактики теплового та сонячного ударів.



1. Дайте означення поняття *терморегуляція*.
2. Схарактеризуйте роль шкіри в терморегуляції.
3. Опишіть ознаки перегрівання, сонячного та теплового удару.
4. Поясніть надання допомоги при сонячному та тепловому ударах.
5. Як можна запобігти перегріванню організму?

§39. Хвороби шкіри та їх профілактика



Шкіра — це перша лінія захисту нашого організму від впливів навколишнього середовища та найбільший орган нашого тіла. Її площа в дорослої людини — $1,5\text{--}2\text{ м}^2$, а маса становить близько 15 % від загальної маси тіла. Від стану шкіри значною мірою залежить здоров'я людини.

Захворювання шкіри. Стани ураження шкіри, за яких можливі висипи, свербіж, почервоніння, запалення можуть свідчити про її захворювання. Поміж хвороб вирізняють інфекційні, які виникають унаслідок впливу бактерій (наприклад фолікуліт), вірусів (герпес, вітряна віспа тощо). Порушення правил особистої гігієни може збільшувати ризики паразитарних захворювань шкіри, які спричиняють деякі види грибів, червів, членистоногих (іл. 162). Хвороби можуть бути наслідком порушення обміну речовин, розладів функціонування ендокринної, нервової або імунної системи. Можна навести приклад псоріазу — автоімунного захворювання. Псоріаз спричинюється порушенням імунної відповіді, яка зумовлює надмірне утворення клітин шкіри й викликає хронічне запалення її ділянок. Чинником виникнення хвороб шкіри є також неконтрольоване ділення її клітин (онкологічні захворювання шкіри). Варто пам'ятати, що може бути спадкова схильність до деяких захворювань шкіри.

Як же можна попередити хвороби шкіри? Важливо підтримувати належну особисту гігієну тіла. Необхідно уникати спільного викори-

Іл. 162. Паразитарні тварини: а — коростяний свербун, який викликає коросту; б — воша людська, яка викликає педикульоз



а



б



Підготуйте повідомлення (презентацію): «Членистоногі тварини, які викликають паразитарні захворювання шкіри людини», «Грибкові захворювання шкіри», «Вугрі та екзема: причини, заходи попередження».

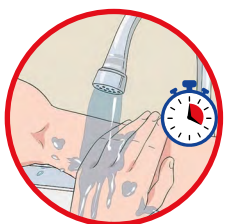
стання особистих речей, як-от рушники, гребінці, а також тісного контакту з людьми, які мають шкірні захворювання, що передаються. Щоб запобігти сухості та подразненню, шкіра має бути зволоженою. Треба намагатися зменшувати негативний вплив стресових ситуацій. Стрес може впливати на шкіру через активізацію симпатичної нервової системи та підвищення рівня кортизолу, що знижує імунний захист.

Варто нагадати, що раціональне харчування, дотримання режиму дня, загартовування є важливими чинниками збереження здоров'я. Своєю чергою, стан шкіри може слугувати індикатором порушення здоров'я. Тому, якщо на обличчі є висип, треба йти до лікаря.

Перша допомога при термічному ураженні шкіри. Пошкодження шкіри, спричинені впливом гарячого предмета, рідини високої температури або вогню, називають термічним опіком. Термічні опіки часто супроводжуються такими симптомами, як почервоніння або лущення шкіри, виникненням пухирів і набряку, появою блідості або обвуглення шкіри. Важливо швидко надати людині адекватну першу допомогу. Насамперед необхідно негайно промити уражену ділянку шкіри водою кімнатної температури, що допоможе знизити її температуру. Одяг, що розташований поблизу ділянки опіку, необхідно зняти, проте не можна чіпати речей, які прилипають до ураженої шкіри. Надалі прикрити рану стерильною пов'язкою (іл. 163). Дати потерпілому або потерпілій випити води, щоб зменшити інтоксикацію й уникнути зневоднення. У жодному разі не можна прикладати до рани лід чи обробляти уражену поверхню шкіри кремами або жирними речовинами.

Іл. 163. Перша допомога при ураженні шкіри

1



Зупинити контакт із джерелом опіку та обробити рану прохолодною водою

2



Викликати медичну допомогу

3



Прикрити рану стерильною пов'язкою

Опіки I ступеня зачіпають лише поверхневий шар шкіри (епідерміс), опіки II ступеня зачіпають дерму, а опіки III ступеня уражають глибокі тканини.



Обґрунтуйте кроки надання першої допомоги при термічному ураженні шкіри.



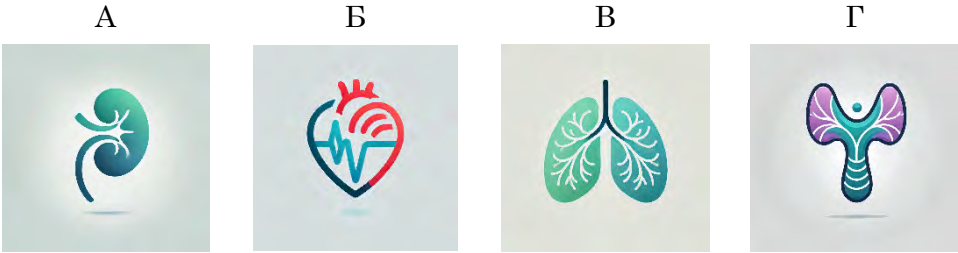
1. Назвіть хвороби шкіри. **2.** Поясніть причини шкірних хвороб. **3.** Як можна попередити хвороби шкіри? **4.** Що таке опіки? **5.** Обґрунтуйте кроки надання першої допомоги при термічному ураженні шкіри.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки
Проаналізуйте ситуацію та виконайте завдання.

Візит до лікаря

«Мій друг мав пройти лікарське обстеження сечовидільної системи. Для визначення медичного закладу для візиту вирішив використати інтернет. Під час пошуку звертав увагу на логотипи медичних закладів та ознайомився з інформацією, поданою на сайті.»

Завдання 1. Який логотип сайту, вірогідно, зацікавив мого друга в пошуках медичного закладу, що спеціалізується на діагностуванні та лікуванні сечовидільної системи.



Завдання 2. Проаналізувавши подану на сайті інформаційну таблицю, він знайшов у ній одруківку (див. таблицю).

Склад деяких речовин (НОРМА) у плазмі крові,
первинній та вторинній сечі (у масових %)

Речовини	Плазма	Первинна сеча	Вторинна сеча
Вода	90,0–91,0	99,0	А 96,0
Білки	7,0–8,0	Б 7,0–8,0	–
Глюкоза	0,12	В 0,10	–
Сечовина	0,03	0,03	Г 2,00

Укажіть поміж позначених буквами (А – Г) показник, який ПОМИЛКОВО внесли до таблиці.

- А
- Б
- В
- Г

Завдання 3. Обговоріть із однокласниками й однокласницями питання пошуку медичного закладу для діагностування та лікування в разі потреби. Які чинники ви будете враховувати під час пошуку?

Самоконтроль рівня навчальних досягнень

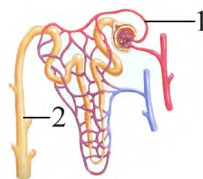


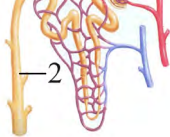
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Структурною одиницею будови нирки є
А нейрон В капіляр
Б нефрон Г альвеола
2. У нирці фільтрація відбувається в
А сечоводах В клубочках нефронів
Б нирковій мисці Г звивистих каналцях нефронів
3. Запалення сечового міхура називають
А анурією В уретритом
Б циститом Г пієлонефритом
4. Підшкірна жирова клітковина забезпечує
А збереження теплоти в організмі
Б регуляцію теплообміну в організмі
В виділення рідких продуктів обміну
Г виділення на поверхню шкіри сального жиру
5. Структура шкіри, яка забезпечує сприйняття подразнень, — це
А сальна залоза В рецептор
Б потова залоза Г капіляр
6. Правильний перелік складників організму, які здійснюють видільну функцію, наведено в рядку
А нирки, серце, шлунок В нирки, спинний мозок
Б потові залози, печінка Г сальні залози, нирки

Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Проаналізуйте твердження щодо наведеного зображення нефрона.
- I. Цифрою 1 позначено звивистий каналець.
- II. Цифрою 2 позначено збірну трубочку.
- 

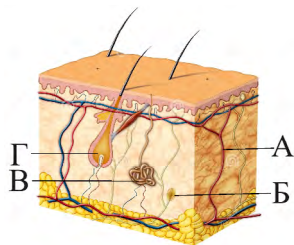


- Чи є поміж них правильні?
- А правильне лише І
Б правильне лише ІІ
В обидва правильні
Г немає правильних
8. Ознайомтеся з переліком органів сечовидільної системи, які позначено цифрами:
- 1 — сечівник, 2 — нирка, 3 — сечовий міхур, 4 — сечовід.
- Правильна послідовність транспортування продуктів метаболізму в напрямку виділення їх з організму наведена в рядку
- А 1 — 4 — 3 — 2
Б 1 — 4 — 2 — 3
В 2 — 4 — 3 — 1
Г 2 — 3 — 4 — 1
- 

9. Ознайомтеся з підписами складників шкіри, які позначено буквами (А – Г).

Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

- А капіляр
- Б рецептор
- В сальна залоза
- Г волосяна сумка



Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Прочитайте опис: «Частина нефрона, у якій відбувається реабсорбція, — це (1). Унаслідок цього процесу у кров повертається (2)». Правильний варіант для заповнення пропусків (1–2) наведено в рядку

- А 1 — капсула нефрона, 2 — глюкоза
- Б 1 — капсула нефрона, 2 — сечовина
- В 1 — звивистий каналець, 2 — сечовина
- Г 1 — звивистий каналець, 2 — глюкоза

11. Учень і учениця на уроці обговорювали функції шкіри. Учень зазначив, що в шкірі може утворюватися вітамін D. Учениця зауважила, що в терморегуляції беруть участь потові залози.

Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Розпізнайте представників різних видів, яких на рисунку позначено буквами А – В.

Оберіть правильні твердження.

А



Б



В



Представників видів, органами виділення яких є нирки, позначено

- 1 лише буквою В
- 2 буквами А, Б та В
- 3 лише буквами Б та В

Шкіра містить потові залози у представників видів, які позначено буквою (буквами)

- 1 Б та В
- 2 лише В
- 3 А, Б та В

Представники видів, позначені буквами Б та В, відрізняються від ящірок тим, що

- 1 їхня шкіра не містить залоз
- 2 є гомойотермними організмами
- 3 зовнішнім покривом тіла є шкіра



ТЕМА 8

СЕНСОРНІ СИСТЕМИ



§40. Сенсорні системи й чутливість організму

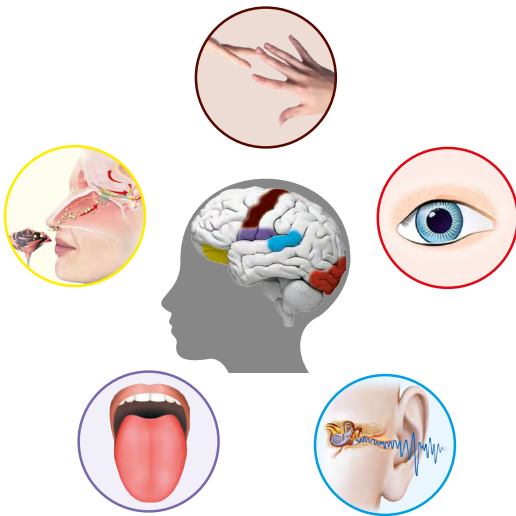


Реагування на подразники починається з активації чутливих рецепторних структур. Залежно від подразників, виокремлюють фоторецептори (сприймають світло), механорецептори (механічні впливи: тиск, дотик, слух, рівновага, чутливість тіла), хеморецептори (хімічні речовини), терморецептори (температура). Окремо говорять про больові або ноцицептори, проте цікаво, що окремих больових подразників не існує (див. § 47).

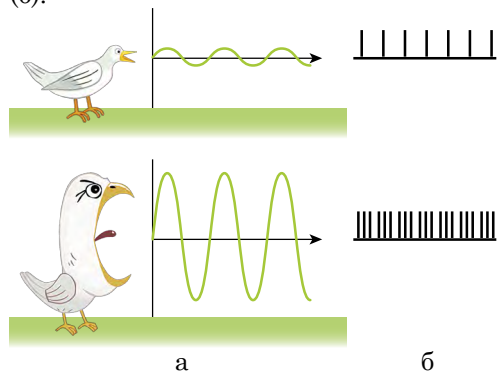
Будова сенсорних систем. Основою пристосування організму до змін є сприйняття та аналізування інформації про навколишній світ і формування за результатами програми дій. Структури, які сприймають та аналізують інформацію, називають **сенсорними системами**. В організмі людини виокремлюють зорову, слухову, вестибулярну (рівноваги), смакову та нюхову сенсорні системи (іл. 164). Також ми сприймаємо та аналізуємо сигнали від власного тіла: шкіри, м'язів, сухожилків і внутрішніх органів, що є функцією **соматовісцеральної системи**.

У складі кожної сенсорної системи виокремлюють периферійну, провідникову та центральну частини. Периферійна частина забезпечує безпосереднє сприйняття впливів зовнішнього середовища на організм і перетворення їх у єдину для нервової системи форму — нервові імпульси. Це може бути як спеціалізований орган чуття (наприклад око), так і частини організму, що можуть виконувати не лише сенсорні функції (шкіра).

Іл. 164. Сенсорні системи людини



Іл. 165. Кодування гучності звуку: амплітуда звукових коливань (а), нервові імпульси в слухових нервових волокнах (б).



Зверніть увагу на те, що всі нервові імпульси однакові, різниця лише в частоті їх виникнення.



Назвіть зображені сенсорні системи. Які стимули вони сприймають?

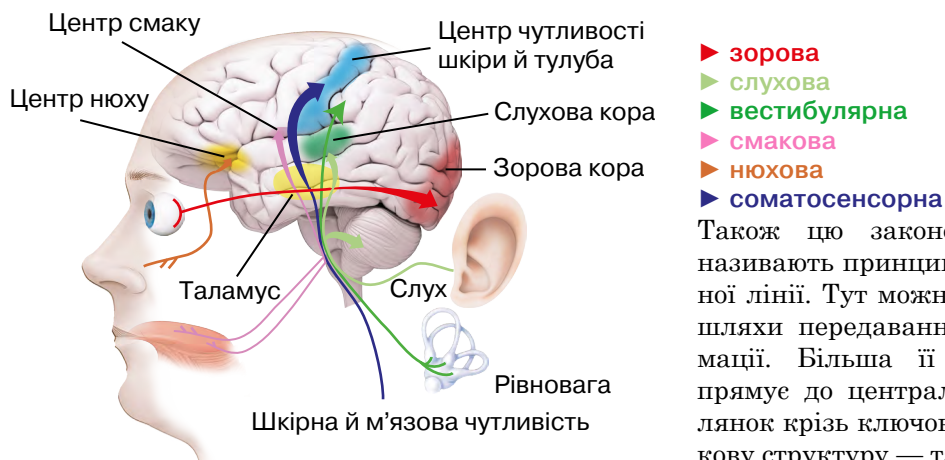
Функцією провідникових структур є передавання нервових імпульсів до центральної частини. Центральна частина представлена певною ділянкою кори головного мозку, яка отримує чутливу інформацію та здійснює її аналізування. У результаті цього можуть формуватися сенсорні відчуття — те, що ми бачимо, чуємо або сприймаємо в інший спосіб.

Робота рецепторів. Подразнення безпосередньо сприймаються чутливими структурами — **рецепторами**. Ними можуть бути закінчення сенсорних нейронів (шкірна чутливість) або спеціалізовані клітини (слухові, зорові рецептори тощо). Рецептори кожного типу найкраще пристосовані до сприйняття подразників лише певного типу. Для фоторецепторів ока таким є світло, для нюхових — хімічні речовини в повітрі, для терморецепторів шкіри — зміни температури.

У відповідь на стимул рецептори генерують електричні сигнали, які далі нервовими клітинами передаються до центральної нервової системи. Для їх виникнення необхідна мінімальна кількість енергії подразника — цю кількість називають порогом сприйняття. Що сильнішим є вплив на рецептор, то більше нервових імпульсів прямує провідниковими структурами. Саме так у нервовій системі закодована інтенсивність стимулів (іл. 165).

Просторове кодування сенсорної інформації. Шляхи передавання збудження в різних сенсорних системах не перехрещуються, а кінцеве аналізування здійснюється різними ділянками головного мозку (іл. 166). Отже, у тому, якими нервовими шляхами передається збудження, закодована інформація про тип подразника (світло, звук, дотик та ін.).

Іл. 166. Принцип просторового кодування



Також цю закономірність називають принципом міченої лінії. Тут можна бачити шляхи передавання інформації. Більша її частина прямує до центральних ділянок крізь ключову підкіркову структуру — таламус.



1. Назвіть сенсорні системи організму людини.
2. Дайте означення поняття *рецептор*.
3. Схарактеризуйте функції периферійної, провідникової та центральної частин сенсорних систем.
4. Як у нервовій системі закодована інформація про тип подразника, що сприймається, та його інтенсивність?

§41. Зорова сенсорна система. Око як оптичний прилад

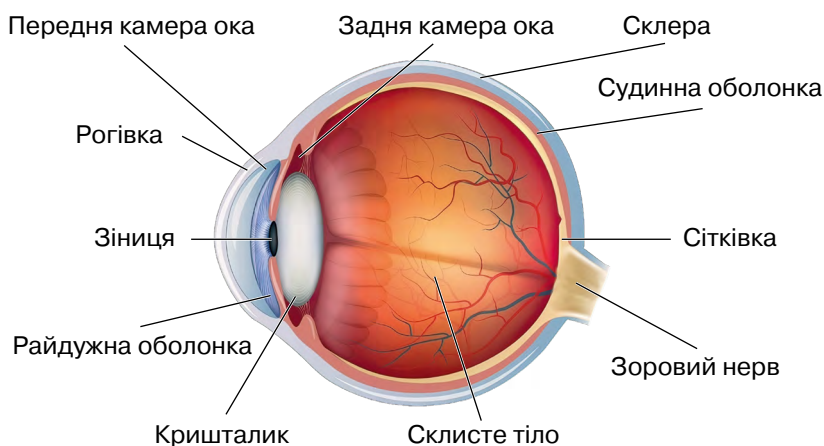


За допомогою зорової сенсорної системи ми отримуємо інформацію про зовнішній світ, яку наш мозок інтерпретує як «картинки». Подекуди трапляються оцінки, що через зір ми отримуємо 90% інформації про довкілля. Насправді точно оцінити таке навряд чи можливо, але якщо казати про усвідомлювану інформацію, це може бути близьким до істини.

Периферійна частина зорової сенсорної системи представлена очним яблуком і допоміжним апаратом ока.

Будова ока. Очне яблуко розташоване в заглибленні черепа — очній ямці. Ознайомимось з його будовою (іл. 167). Зовнішній шар очного яблука представлений сполучнотканинною оболонкою, у якій виокремлюють задню частину — склеру — і передню прозору — рогівку. Вони захищають око від ушкоджень. Під склерою розташована судинна оболонка, де проходять кровоносні судини. Спереду судинна оболонка переходить у війкове тіло (містить війковий м'яз) і райдужну оболонку. Райдужка — це круглий диск з отвором у центрі — зіницею. За райдужною оболонкою розташований кришталік — прозорий утвір, за формою і функціями подібний до двоопуклої лінзи. Простір між рогівкою та райдужною оболонкою називають передньою камерою, а простір між райдужкою та кришталіком — задньою камерою. Порожнина ока, заповнена драглистою масою, — це склисте тіло.

Іл. 167. Будова очного яблука



Різні люди мають різний «колір очей», зумовлений кольором райдужної оболонки. Які «кольори очей» ви знаєте? Відшукайте інформацію про те, які особливості будови райдужки зумовлюють її колір.

У внутрішньому шарі ока — сітківці — розташовані фоторецептори та сполучені з ними нервові клітини. Аксони певних нейронів сітківки формують зоровий нерв, яким інформація прямує до головного мозку.

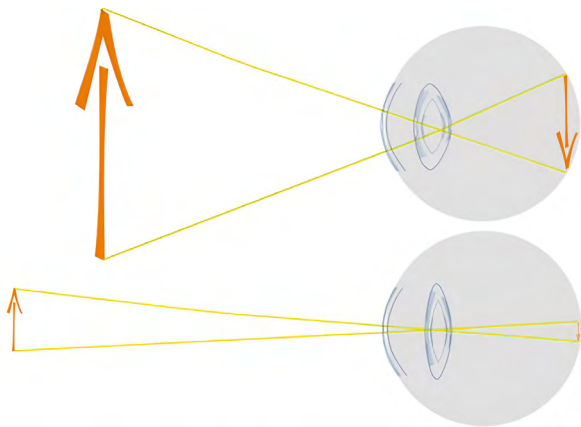
Допоміжний апарат ока представлений слізним апаратом, окоруховими м'язами, повіками та віями. Слізний апарат має слізну залозу. Сльоза зволожує поверхню ока, сприяє видаленню чужорідних тіл і містить протибактеріальну речовину лізоцим. Шість м'язів забезпечують рухи очного яблука, що є необхідним для стеження за об'єктами навколишнього середовища. Повіки захищають око, сприяють вимиванню слезою чужорідних тіл і зволоженню. По краях повік розташовані вії, які також виконують захисну функцію.

Око як оптичний прилад. Світло, що його випромінюють об'єкти довкілля або що відбивається від них, проходить крізь рогівку, передню камеру ока та кришталик. Перелічені структури працюють як лінзи, заломлюючи світло. Далі воно прямує крізь склисте тіло й досягає сітківки.



Об'єкти розташовані на різній відстані від очей. Тому є необхідність по-різному заломлювати світло, щоб зображення фокусувалось на сітківці. Це досягається зміною опуклості кришталіка внаслідок розслаблення або скорочення волокон війкового м'яза. Цей процес називають **акомодацією**. Принцип акомодації: що більш опуклим є кришталік, то сильніше він заломлює світло. Як результат фокусування на сітківці формується дійсне перевернуте зображення. Акомодацію ока можна дослідити (іл. 168). Цікаво, що світло проходить спочатку крізь шари нейронів, і лише потім крізь фоторецептори.

Іл. 168. Акомодація ока



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження акомодації ока. Дослідіть фокусування зображення: а) на близьких і далеких об'єктах; б) під час роботи з мікроскопом.



Акомодація може порушуватися: розрізняють міопію («близькозорість»), гіперопію («далекозорість») та вікові зміни (пресбіопію). Підготуйте повідомлення про причини цих станів, способи їх профілактики та корекції.



1. Назвіть складники ока. **2.** Схарактеризуйте значення сльози. **3.** Опишіть функції складників ока. **4.** Поясніть явище акомодації та роль кришталіка у фокусуванні зображення.

§ 42. Сприйняття світла й аналізування зорової інформації

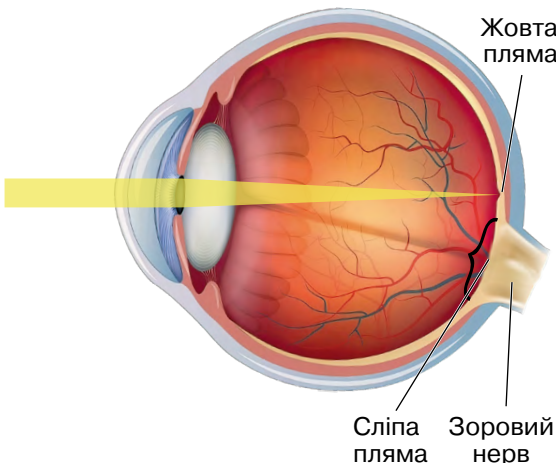


Деякі люди здатні «змішувати» сенсорні відчуття різного типу. Наприклад, вони сприймають цифри різнокольоровими або відчують смак слів. Це явище називають синестезією. Це унікальна властивість мозку, яка робить сприйняття світу яскравішим і цікавішим.

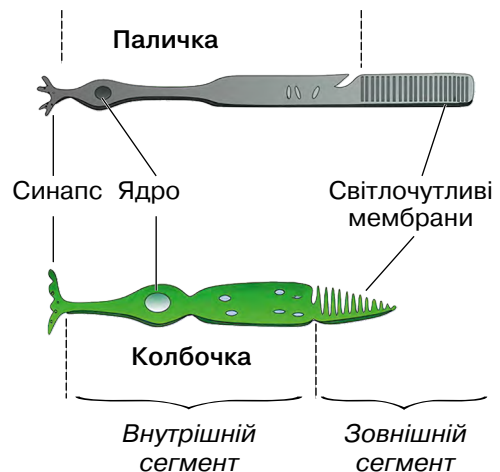
Фоторецептори. Фоторецептори бувають двох типів: палички й колбочки. Паличок набагато більше порівняно з колбочками (120 і 6–7 млн відповідно). Колбочки розташовані переважно в центральній частині сітківки, а палички — на периферії. У ділянці сітківки, яка розташована в місці перетину з головною оптичною віссю кришталика, розташовані самі колбочки. Це місце називають жовтою плямою (іл. 169). Тут забезпечується найбільша гострота зору. Тому для того, щоб найкраще розрізнити дрібні деталі, потрібно сфокусувати зображення саме на цю ділянку. У місці виходу з сітківки зорового нерву та кровоносних судин немає фоторецепторів, тому його називають сліпою плямою (іл. 169).

Механізм сприйняття світла. У будові фоторецепторів виокремлюють зовнішній і внутрішній сегменти (іл. 170). Внутрішній сегмент містить ядро, основні органели, а також утворює з нервовими клітинами синапс. Безпосередньо сприйняття світла забезпечують спеціалізовані сполуки — зорові пігменти, вбудовані в мембрани зовнішніх сегментів

Іл. 169. Розташування жовтої і сліпої плям сітківки



Іл. 170. Будова фоторецепторів



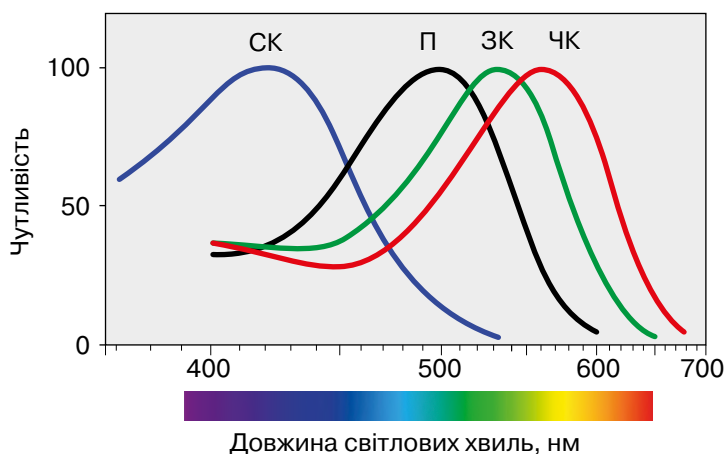
Підготуйте повідомлення про синестезію як цікавий феномен роботи мозку. Знайдіть тести на виявлення синестезії. Оцініть, чи властива вона й вам?

фоторецепторів. До них входить білкова частина — опсин, із яким сполучена небілкова речовина ретиналь. Саме ретиналь здатен поглинати кванти світла, запускаючи складний каскад біохімічних реакцій. Його результатом є розвиток на плазматичній мембрані клітини електричного сигналу. Він поширюється до синапсу, де спричинює вивільнення медіатору, який впливає на сполучені нервові клітини. Нейромережі сітківки утворені нейронами багатьох типів і забезпечують початкове аналізування зорової інформації. Його результатом є виникнення нервових імпульсів, які волокнами зорового нерва прямують до головного мозку.

Фоторецептори здатні адаптуватися до кількості світла, що потрапляє до ока. За денного яскравого освітлення їхня чутливість знижується (це називають світловою адаптацією). Коли ж ми переходимо в затемнене приміщення, спочатку світла недостатньо, і ми майже нічого не бачимо. За деякий час чутливість повертається до початкового рівня — ми знову добре бачимо.

Сприйняття кольорів. Зорові пігменти різних фоторецепторів неоднакові за будовою та функціями. У паличках вони однакові, а зорові пігменти колбочок містять опсини трьох типів. Ці опсини мають максимальну чутливість до світлових хвиль різної частоти, що лежить в основі нашої здатності розрізняти кольори (іл. 171). Пороги збудження паличок є меншими (отже вони більш чутливі) в порівнянні з колбочками, тому саме палички відіграють вирішальне значення у забезпеченні сутінкового зору.

Іл. 171. Максимуми чутливості зорових пігментів паличок (П) і колбочок (К)

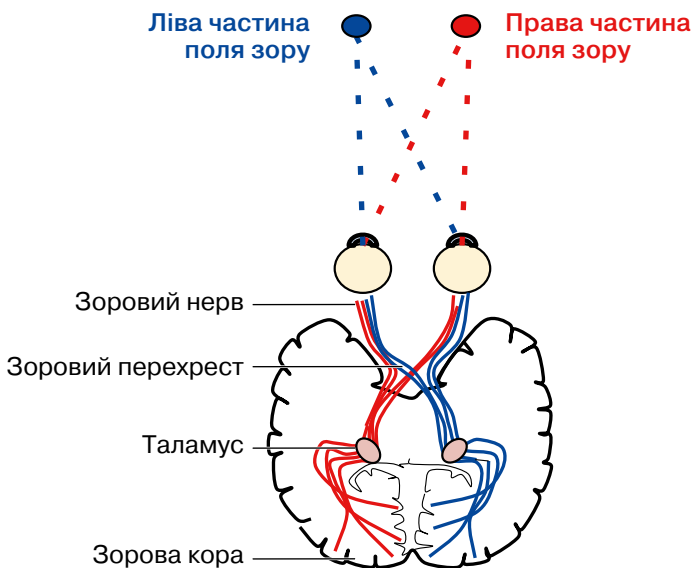


Можна бачити, що пігменти колбочок мають максимальну чутливість у синій (СК), зеленій (ЗК) та червоній (ЧК) частинах спектру видимого світла. Поміркуйте, до світла якого кольору найбільш чутливі палички. А до якого найменш? Який вплив це має на наш сутінковий зір?

Порушення світлосприйняття. Порушення сприйняття світла може бути наслідком нестачі синтезу одного чи кількох зорових пігментів. За нестачі пігментів паличок людина втрачає здатність сприймати світло за умов низького рівня освітлення («куряча сліпота»). Це може бути через низький вміст вітаміну А в їжі, оскільки він є хімічним попередником ретиналю. Нестача кожного з колбочкових пігментів призводить до часткової кольорової сліпоти. Найчастіше трапляється генетично зумовлена втрата зелено- або червоночутливого пігменту — **дальтонізм**. При втраті двох або всіх колбочкових пігментів спостерігають повну кольорову сліпоту.

Центральна обробка зорової інформації. Зорові нерви прямують під нижньою частиною головного мозку, де зближаються й зазнають часткового перехресту (іл. 172). Поверхню сітківки можна умовно розділити на дві частини: внутрішню, що ближче до носа, та зовнішню, що ближче до вух. Відростки нейронів зовнішньої частини сітківки прямують до півкулі, розміщеної з того самого боку тіла, що й око. Натомість відростки нейронів внутрішньої частини сітківки прямують до протилежної півкулі. Таким чином, обидві півкулі отримують інформацію від обох очей, що має значення для формування цілісної картини світу. Волокна зорового нерва входять до головного мозку й прямують до таламуса, бічні колінчасті ядра якого є головною перемикальною структурою на шляху до кори великих півкуль головного мозку. У цих та деяких інших таламічних ядрах відбувається початкове аналізування зорової інформації, зокрема її фільтрування або посилення, що лежить в основі зорової уваги.

Іл. 172. Шляхи передавання зорової інформації



Створіть проект щодо гігієни зору, розкривши одну або кілька запропонованих тем: «Правильне освітлення для читання й роботи»; «Оптимальна тривалість використання гаджетів»; «Вправи для зняття втоми очей»; «Першочергові дії при потраплянні до очей сторонніх предметів чи опіку»; «Профілактика інфекційних захворювань очей».



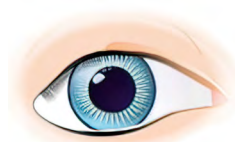
Частина зорового збудження надходить до середнього мозку, який забезпечує автоматичні реакції, пов'язані із зоровим сприйняттям — регуляцію діаметра зіниці, узгодження рухів двох очей тощо. Спостерігати зміну діаметра зіниці можна під час проведення лабораторного дослідження (іл. 173).

Від таламуса збудження прямує до потиличних ділянок кори великих півкуль (іл. 172), де здійснюється подальша обробка зорової інформації. Вона багатоетапна: спочатку виділяються прості характеристики, як-от лінії та кути, а далі з них — усе складніші й складніші форми. Виокремлюють дві підсистеми подальшого аналізування зорової інформації. Система «Що» пов'язана зі скроневою корою, де обробляється інформація про об'єкти, їхні форми та кольори. Завдяки їй ми розпізнаємо та можемо назвати знайомі речі. Система «Де» пов'язана з тім'яною корою та відповідає за визначення розташування об'єктів у просторі, їхніх розмірів і рухів відносно нас («зір для рухів»). Далі зорова інформація прямує до асоціативних ділянок кори великих півкуль, де зіставляється з інформацією від інших сенсорних систем для формування цілісної картини оточення.

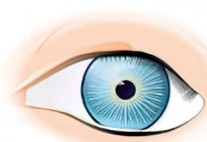


Цікаво, що збудження в кожному оці має фізіологічний дефект, адже в сліпій плямі немає фоторецепторів і з цієї частини сітківки не надходить інформації. Проте зазвичай ми цього не помічаємо, адже зорова кора добудовує відсутні фрагменти зображень на основі інформації від протилежного ока. Виявити наявність сліпої плями можна під час лабораторного дослідження (іл. 174).

Іл. 173. Зіничний рефлекс — зміни діаметру зіниці залежно від освітлення



Темрява

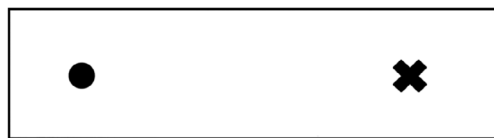


Яскраве освітлення



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження. Співпрацюючи з однокласником чи однокласницею, можна спостерігати реакції зіниці на зміни рівня освітлення: увімкни / вимкни додаткове освітлення, затули одне око долонею.

Іл. 174. Виявлення сліпої плями



Сформулюйте мету та складіть план лабораторного дослідження. Закривши долонею праве око, сфокусуйте зір на хрестик. Наближаючи або віддаляючи зображення, зловіть момент, коли зображення кружечка зникне.



1. Назвіть два типи фоторецепторів.
2. Схарактеризуйте спільне й відмінне в будові рецепторів.
3. Поясніть, як світло перетворюється на нервові імпульси.
4. Які особливості фоторецепторів забезпечують нашу здатність бачити кольори?
5. Опишіть механізм і значення зіничного рефлексу.
6. Поясніть функції зорової кори.

§43. Слух і рівновага

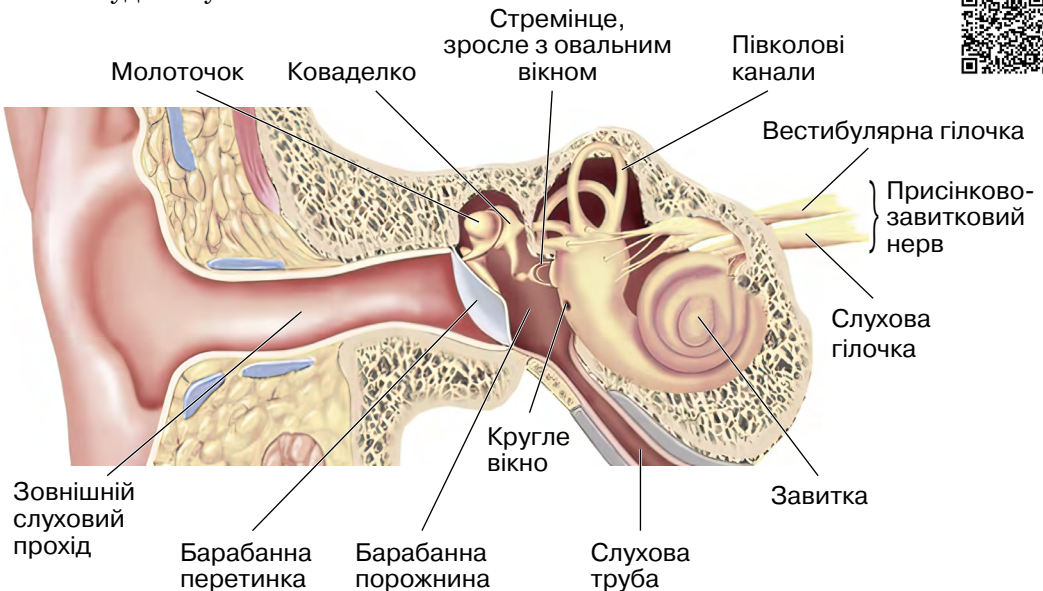


Звуки — це механічні коливання середовища, які поширюються як хвилі. Головними фізичними характеристиками звуку є частота та амплітуда коливань. Високочастотні звуки сприймаються як високі, а низькочастотні — як низькі. Людське вухо зазвичай сприймає звуки в діапазоні від 20 Гц до 20 000 Гц. Більша амплітуда відповідає гучнішому звуку, а менша — тихішому.

Будова вуха. Зовнішнє вухо представлене вушною раковиною та зовнішнім слуховим проходом і є першою ланкою сприйняття звуків (іл. 175). Зовнішній слуховий прохід має форму вигнутого каналу. У його стінці є багато сальних залоз, які продукують «вушну сірку», до складу якої входить, зокрема, лізоцим, тому вона виконує захисну функцію. Канал завершується барабанною перетинкою — пружною мембраною, що відділяє зовнішнє вухо від середнього.

Середнє вухо — це заповнена повітрям порожнина, у якій розташовані слухові кісточки: молоточок, коваделко та стремінце (іл. 175). Вони з'єднані між собою за допомогою суглобів та утворюють систему фізичних важелів. Молоточок з'єднаний із барабанною перетинкою й передає її коливання на коваделко, а те, своєю чергою, — на стремінце, зростає з мембраною овального вікна внутрішнього вуха. Особливі м'язи обмежують рухливість слухових кісточок при дії звуків надмірної сили, що обмежує їхню рухливість і запобігає виникненню больових відчуттів.

Іл. 175. Будова вуха

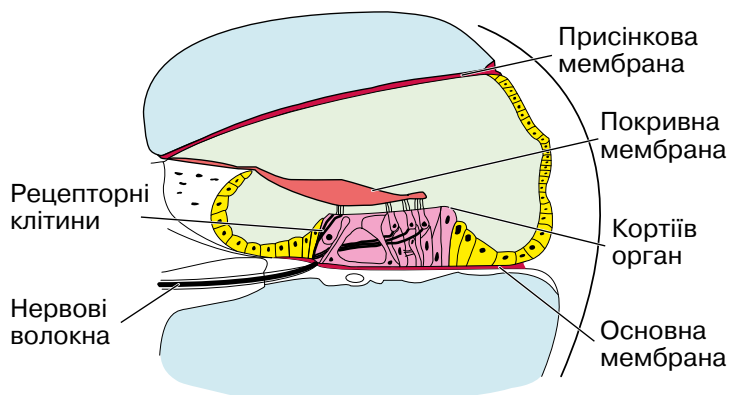


Порожнина середнього вуха сполучена за допомогою слухової труби з носоглоткою, що потрібно для врівноваження тиску в середньому вусі з атмосферним.

Внутрішнє вухо розташоване всередині скроневої кістки (іл. 175). Анатомічно в ньому виокремлюють завитку та присінок. Перша є органом слуху, а другий — вестибулярної чутливості. Завитка являє собою закручену структуру, діаметр якої зменшується в напрямку від основи до верхівки. Усередині порожнина завитки розділена на три заповнені рідиною канали, розділені двома мембранами: основною і присінковою. Ключові процеси сприйняття звуків забезпечуються слуховими рецепторами, розташованими на основній мембрані. Вони входять до складу спеціалізованої структури — **кортієвого органу** (іл. 176).

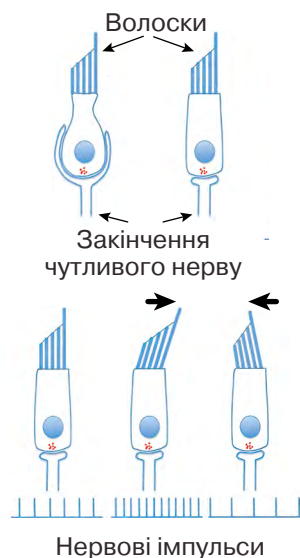
Сприйняття звуків. Рухи стремінця крізь мембрану овального вікна спричиняють коливання рідини, що нею заповнені канали завитки. Своєю чергою, ці коливання перетворюються на вертикальні коливання основної мембрани, на якій розташовані слухові рецептори — волоскові клітини. Їхньою особливістю є численні вирости мембрани, направлені в порожнину центрального каналу. Зверху волоски торкаються драглистої структури — покривної мембрани. Коливання основної мембрани приводять до відхилення волосків рецепторів у напрямку або до центральної осі, або до периферії завитки. Що гучніше звук, то сильніше коливається основна мембрана, сильніше відхиляються волоски, на рецепторах розвивається більше збудження (іл. 177).

Іл. 176. Будова кортієвого органу (переріз завитки)



Функцією середнього вуха є збільшення тиску коливань, що передаються. Із курсу фізики ви пам'ятаєте, що тиск — це сила, поділена на площу, на яку вона діє. Площа барабанної перетинки близько 70 мм^2 , а овального вікна завитки — $3,2 \text{ мм}^2$. Обчисліть, у скільки разів середнє вухо збільшує тиск, що його спричиняють слухові коливання.

Іл. 177. Принцип роботи волоскових клітин

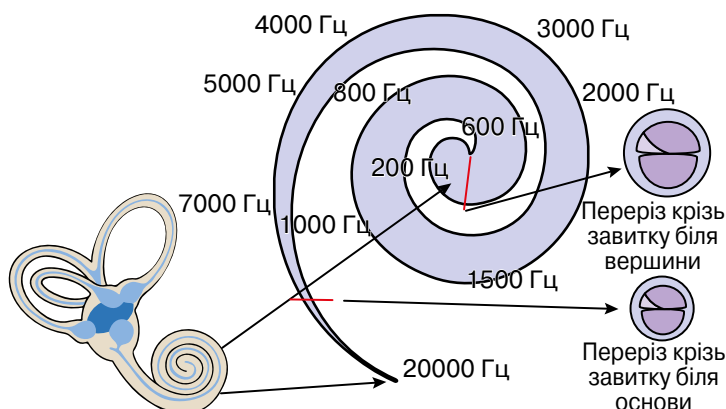


Основна мембрана має неоднакові механічні властивості: біля овального вікна вона тонша й менш жорстка, у напрямку до верхівки завитки товщина та жорсткість збільшуються. Це призводить до неоднаковості реагування мембрани на коливання різних частот. Високі звуки краще сприймаються основною мембраною біля основи завитки, а низькі — біля верхівки (іл. 178). Отже, інформація про частотний склад звуку закодована в просторовому розподілі збудження рецепторів кортієвого органа: різні клітини передають збудження про звуки різної частоти.

Центральне оброблення слухової інформації. Провідникова частина слухової сенсорної системи складається зі слухової гілочки присінково-завиткового нерву та низки підкіркових структур, які здійснюють проміжне оброблення інформації. Первинний центр слухової чутливості розташований у довгастому мозку. Важливою перемикальною структурою є нижні горбки середнього мозку. Вони передають збудження до присередніх колінчастих ядер таламуса, а також забезпечують автоматичні реакції, необхідні для координації слухового сприйняття, зокрема орієнтувальні рефлексії на нові, неочікувані звуки, прислуховування тощо. Від таламуса слухова інформація надходить до слухової кори, розташованої в скроневій частці, де відбувається її остаточне аналізування (іл. 179).

Система рівноваги або вестибулярний апарат. Ця система розташована в присінку внутрішнього вуха та складається з двох **камер** і трьох **півколових каналів** (іл. 175). На внутрішній поверхні камер розташовані чутливі клітини, будова яких подібна до волоскових клітин кортієвого органа (іл. 177).

Іл. 178. Принцип кодування частоти звуку: різні частини завитки найкраще сприймають «свої» звуки



Іл. 179. Локалізація кіркового центру слуху



Чому різні частини основної мембрани по-різному реагують на коливання різних частот? Для відповіді скористуйтеся знаннями, здобутими з вивчення курсу фізики. Однією з біологічно значущих характеристик звуку є напрям до його джерела. Поміркуйте, як на основі відомостей від двох вух можна отримати цю інформацію.

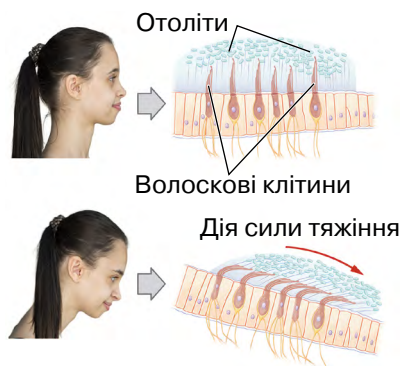
Їхні волоски занурені в драглисту речовину, на поверхні якої розташовані кристалики карбонату Кальцію — отоліти. При зміні положення голови в просторі отоліти під дією сили тяжіння зміщуються та відхиляють волоски рецепторних клітин, що спричиняє їхнє збудження (іл. 180).

У півколових каналах також є волоскові клітини. Обертання голови в різних площинах унаслідок інерційності спричиняє рух рідини, що заповнює канали. При цьому волоски відхиляються у відповідному напрямку (іл. 181). Півколові канали розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах, тому рецептори кожного з них найкраще реагують на обертання голови в одній з цих площин.

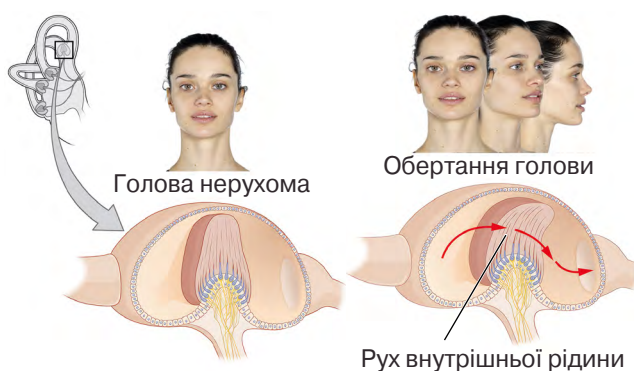
Отже, чутливі клітини камер реагують на постійне положення голови в просторі, а рецептори півколових каналів — на його зміни (обертання, повороти й нахили).

Значення вестибулярної інформації. Від рецепторів нервові імпульси вестибулярною гілочкою присінково-завиткового нерву прямують до стовбуру. Вестибулярна інформація має важливе значення для функціонування організму. Крізь таламус її частина прямує до кори для усвідомленого відчуття положення тіла в просторі та планування рухів. Важливою структурою, що опрацьовує вестибулярну інформацію, є мозочок. Він забезпечує координацію рухів і підтримку рівноваги. Чимало рефлексів узгоджують рухи голови й очей. Зокрема, вони дають нам змогу фокусувати погляд на нерухомих об'єктах, навіть коли ми крутимо головою. Також вестибулярні ядра надсилають керівні команди до мотонейронів спинного мозку, що забезпечує рефлекторну підтримку пози.

Іл. 180. Принцип роботи камер вестибулярного апарату (сприйняття сталого положення голови)



Іл. 181. Принцип роботи півколових каналів вестибулярного апарату (сприйняття обертань голови)



1. Назвіть головні структури зовнішнього, середнього та внутрішнього вуха.
2. Поясніть принцип роботи та значення внутрішнього вуха.
3. Схарактеризуйте особливості будови волоскових клітин внутрішнього вуха та принципи їх роботи.
4. Які структури головного мозку залучені до аналізування слухової інформації?
5. Поясніть принцип роботи вестибулярного апарату та значення вестибулярної інформації.

§44. Нюх і смак — хімічне чуття

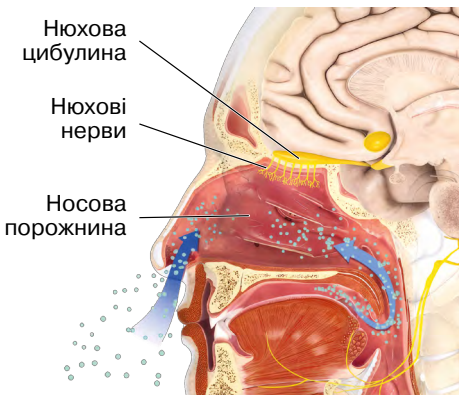


Порівняно з багатьма ссавцями, людина має обмежений нюх. Тим не менш, за оцінками дослідників і дослідниць навіть ми здатні розпізнавати до трильйона (1 000 000 000 000) різних запахів.

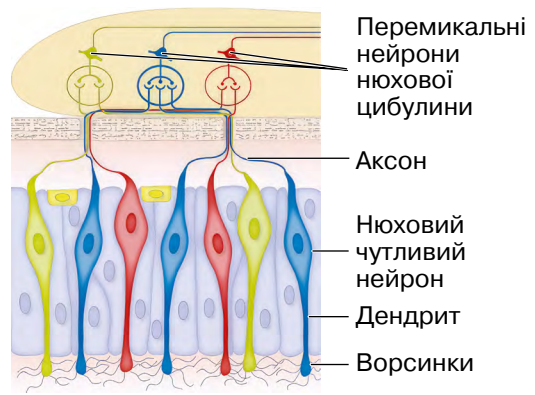
Нюхова сенсорна система. Ця система дозволяє нам сприймати й ідентифікувати наявні в повітрі леткі речовини. Чутливі нейрони — нюхові рецептори — розташовані в нюховому епітелії носової порожнини (іл. 182). Із повітря молекули пахучих сполук досягають ворсинок на поверхні цих клітин, які містять чутливі білки. Активація цих білків призводить до збудження нюхових рецепторів. Людина має близько 800 різних нюхових білків. За сучасними уявленнями, відчуття конкретного запаху формується не як результат активації конкретних окремих чутливих білків, а внаслідок їхньої взаємодії (іл. 183).

Аксони нюхових нейронів утворюють нюховий нерв. Крізь отвори в решітчастій кістці черепа вони прямують до нюхової цибулини. Від неї нюхова інформація передається до головного мозку. На відміну від решти сенсорних систем, таламус практично не залучений до проведення нюхового збудження. Провідна роль в обробленні нюхової інформації належить структурам лімбічної системи, які залучені до регуляції емоційної поведінки людини. Саме тому запахи зазвичай видаються нам приємними або неприємними. Частина нюхової сенсорної системи, де відбувається аналізування інформації, розташована в

Іл. 182. Розташування нюхових рецепторів



Іл. 183. Чутливі клітини нюхової сенсорної системи



У кожному нюховому нейроні працює лише один із 800 наявних чутливих білків. Тут різними кольорами показані лише три (Зелений, Синій, Червоний). Різним запахам відповідають різні комбінації активованих білків. На основі трьох білків можливі сім комбінацій (З, Ч, С, З+Ч, З+С, Ч+С, З+С+Ч). Поміркуйте, скільки комбінацій можливі з 800 чутливих білків. Чи вистачить їх, аби закодувати трильйон різних запахів?

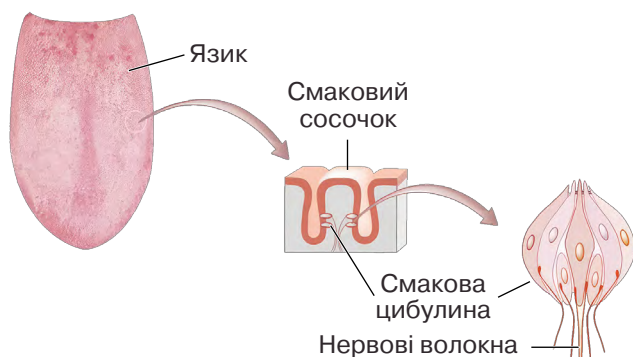
ділянках лобової частки, які розміщені на нижній поверхні головного мозку поблизу очних ямок (див. §9, іл. 40).

Смакова сенсорна система. Ця сенсорна система також аналізує хімічні речовини, але ті, що впливають на слизову оболонку язика. На ньому розташовані сосочки, де формуються смакові цибулини з чутливими клітинами (смаковими рецепторами) (іл. 184). Розрізняють п'ять основних смаків (іл. 185). Кислий смак пов'язаний із кислотністю розчинів, що впливають на язик. Чистий солоний смак має харчова сіль. Найрізноманітнішими за хімічною будовою є солодкі та гіркі речовини. Солодкий смак мають здебільшого цукри, тобто їжа, яка є джерелом енергії. Натомість гіркий смак мають продукти розпаду (гниття) білків та інші отруйні речовини. Наявність їх у їжі свідчить про її небезпечність. Смак юами (уами) визначається наявністю в розчині певних амінокислот, він пов'язаний зі смаком білків і м'ясних продуктів.

Від смакових рецепторів збудження передається до стовбурових центрів у складі аж трьох нервів: лицевого, язикоглоткового і блукального. Далі воно прямує до таламуса, звідки передається до смакової кори, яка розташована поруч із частиною соматосенсорної кори, що відповідає за язик (див. §9, іл. 40).

Описані вище п'ять базових смаків, зрозуміло, не можуть пояснити все розмаїття смаків їжі. Це зумовлено тим, що під час жування й ковтання частина повітря з ротової порожнини потрапляє до носової та стимулює нюхові рецептори (іл. 182). Комбінація смакового й нюхового збудження при цьому формує відчуття повного аромату їжі.

Іл. 184. Чутливі структури смакової сенсорної системи



Іл. 185. Базові смаки



Рослини для захисту від поїдання виробляють гіркі сполуки, деякі з яких ми використовуємо. Створіть проект «Рослини та спеції для приготування їжі».



1. Чому нюх і смак називають системами хімічного чуття? **2.** Назвіть головні структури нюхової сенсорної системи. **3.** Поясніть, як ми розпізнаємо різні запахи. **4.** Назвіть головні структури смакової сенсорної системи. **5.** Поясніть, як ми сприймаємо смак їжі.

§45. Власна чутливість тіла — соматовісцеральна система

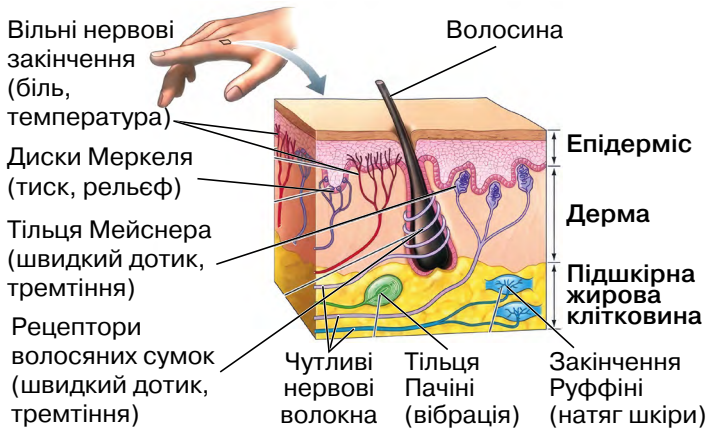


Якщо за пропорціями ділянок мозку, які забезпечують аналізування інформації від різних ділянок шкіри, побудувати фігурку людини, вона вийде досить непропорційною. Її називають сенсорним гомункулюсом (іл. 188).

Соматовісцеральна система. Ця сенсорна система об'єднує структури, периферійна частина яких розташована в шкірі і м'язах (соматична) та внутрішніх органах (вісцеральна чутливість).

Шкірна чутливість. Певно, більш знайомими є форми шкірної чутливості: тактильна (дотик, тиск), температурна і больова. Рецепторна частина цієї системи представлена закінченнями чутливих нейронів. Вони можуть вільно закінчуватися в товщі тканин або ж бути оточеними спеціальними капсулами. За розташуванням виділяють поверхневі рецептори, закінчення яких розміщені в епідермісі або у верхньому шарі дерми, та глибокі, розташовані в товщі дерми або навколо волосяних сумок. Відчуття дотику й тиску забезпечують механорецептори, поміж яких виокремлюють кілька типів (іл. 186). Щільність розташування рецепторів у шкірі є неоднаковою. Що більше їх на одиницю площі, то більшою буде просторова роздільна здатність відчуття (іл. 187). Шкірою пальців рук як окремі впливи ми здатні розрізняти дотики на відстані кілька міліметрів, а на шкірі спини — на відстані кілька сантиметрів. Температурна чутливість шкіри є важливою для терморегуляції.

Іл. 186. Різноманітність будови і функцій шкірних рецепторів



Іл. 187. Вимірювання тактильної чутливості



Ви можете зробити власний вимірювальний пристрій, скориставшись зубочистками та пластиліном. Об'єднавши у пари, виміряйте й порівняйте чутливість різних ділянок шкіри. Де вона найбільша? Поміркуйте, чому саме там.

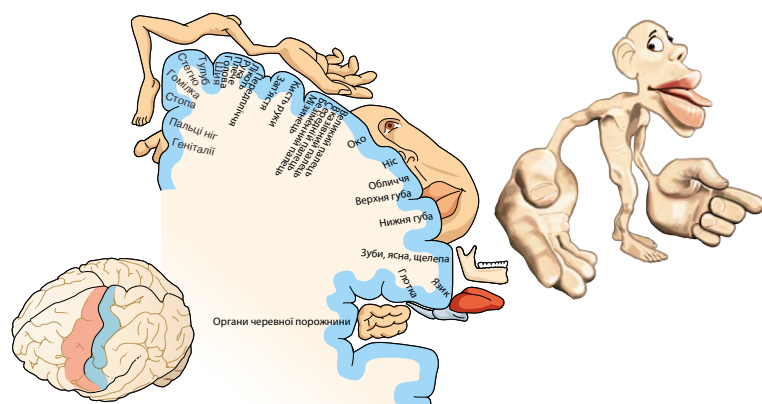
Власна чутливість м'язів, або пропріоцепція. Власна чутливість м'язів є іншим типом соматичної чутливості. Усередині м'язів і сухожилків існують механорецептори, які реагують на розтягнення. Завдяки їм ми отримуємо інформацію про стан та положення кінцівок і тулуба, що має важливе значення для керування рухами (див. § 8, іл. 33).

Больова чутливість, або ноцицепція. Це особливий тип чутливості, оскільки не існує специфічних больових подразників. Больові відчуття можуть бути викликані чинниками різної природи — високою або низькою температурою, зміною хімічного складу міжклітинної речовини при запаленнях або інших патологічних станах, пораненнях тощо. Гострий біль виникає відразу при порушенні цілісності тканин (наприклад опік або поріз) і швидко проходить. Отже, він уможливорює швидке інформування про ураження організму. Повільний біль триває довше, його інтенсивність менша. Такий біль може, зокрема, обмежувати різноманітні впливи на уражені ділянки організму під час загоєння ран.

Центральне оброблення інформації. Збудження від рецепторів соматовісцеральної системи надходить до центральної нервової системи крізь задні роги спинного мозку (див. § 8, іл. 31) або в складі чутливих черепно-мозкових нервів: за шкіру голови «відповідає» трійчастий нерв, а за більшу частину чутливості внутрішніх органів — блукальний (див. § 9, іл. 36). На шляху до кори збудження проходить крізь таламус. Соматосенсорна кора розташована в зацентральної звивині тім'яної частки (іл. 188).

Вивчення функціонування сенсорних систем дозволяє нам зрозуміти взаємодію власного організму із навколишнім середовищем.

Іл. 188. Організація соматосенсорної кори та сенсорний гомункулюс



Які ділянки шкіри мають більше представництво в соматосенсорній корі? Із чим це, на вашу думку, пов'язано? Як співвідносяться структура гомункулюса й чутливість різних ділянок шкіри?



1. Дайте означення поняття *соматовісцеральна сенсорна система*.
2. Які типи чутливості забезпечує шкіра?
3. Поясніть значення для функціонування організму власної чутливості м'язів.
4. Що таке біль та яке він має значення?
5. У якій ділянці кори великих півкуль відбувається аналізування соматовісцеральної чутливості? Схарактеризуйте особливості її функціональної організації.

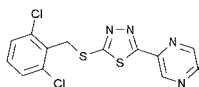
Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Сенсорні системи та сприйняття сили

За допомогою сенсорних систем ми сприймаємо подразники різноманітної природи: хімічні речовини, світло, температуру тощо. Тривалий час дослідники й дослідниці не могли зрозуміти, як саме клітини реагують на механічні впливи, зокрема розтягнення тканин. Виявилося, що за це переважно відповідають особливі білки, які назвали **PIEZO**. Ця назва походить від грецького слова *πίεση*, що означає тиск. Ці білки безпосередньо сприймають зміни напруженості, натягнення плазматичної мембрани, що обумовлює формування нервового імпульсу.

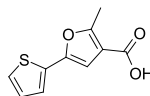
Білки **PIEZO** також можуть бути штучно активовані хімічними сполуками. Хто знайомий із всесвітом Зоряних Війн, зрозуміє, чому для хімічних активаторів білків, які реагують на прикладання сили, були обрані саме ці назви, а також чому так дивно побудовані речення (дивись рисунок).



Білків Piezo
стимулом механічні впливи
на мембрану є.

За допомогою хімічних
сполук бути активованими
також вони можуть.

Два активатори білка Piezo1
науковцям відомі:
Yoda1 та Jedi2.



Виконайте тестові завдання.

Завдання 1. Для роботи якого типу рецепторів вкрай важливі білки Piezo?

А фоторецептори

В терморекцептори

Б хеморецептори

Г механорецептори

Завдання 2. Сенсорні функції якого органу найбільше залежать від роботи білків Piezo?

А ока

В шкіри

Б язика

Г носа

Опрацюйте джерела інформації.

Завдання 3. Відкриття білків Piezo було відзначено частиною Нобелівської премії в галузі фізіології або медицини 2021 року. Другою частиною премії відзначено дослідження механізмів сприйняття температури. Користуючись додатковими джерелами інформації, підготуйте повідомлення про ту або іншу частину цієї премії. Підготувавши повідомлення про температурну чутливість, ви дізнаєтеся, чому гіркий перець або м'ята викликають у нас відчуття гарячого або прохолоди.

Самоконтроль рівня навчальних досягнень

Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)



1. Частину зорової сенсорної системи, яка забезпечує проведення нервового імпульсу до центральної частини, позначено буквою



2. Акомодацію ока забезпечує
 А рогівка В кришталик
 Б сітківка Г склисте тіло
3. Клітинами, які сприймають звукові подразнення, є
 А волоскові клітини завитки
 Б клітини сітківки — колбочки
 В клітини сітківки — палички
 Г волоскові клітини носової порожнини
4. Рецептори півколових каналів уможливають сприйняття
 А обертання голови В якості харчових продуктів
 Б сили звукових сигналів Г кольорів навколишніх об'єктів
5. Оберіть правильну пару «сенсорна система — рецептори».
 А зорова — механорецептори В слухова — фоторецептори
 Б смакова — хеморецептори Г вестибулярна — терморецептори
6. У якій частині кори півкуль головного мозку міститься центральна частина нюхової сенсорної системи?
 А лобовій В скроневій
 Б тім'яній Г потиличній

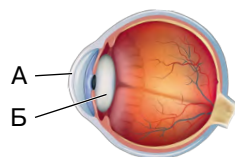
Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Роздивіться рисунок і проаналізуйте твердження.

- I. На рисунку буквою А позначено сітківку.
- II. На рисунку буквою Б позначено кришталик.

Чи є поміж них правильні?

- | | |
|---------------------|--------------------|
| А правильне лише I | В обидва правильні |
| Б правильне лише II | Г немає правильних |

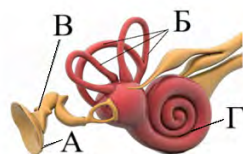


8. Ознайомтеся з переліком структур ока, які позначено цифрами:
 1 — рогівка, 2 — склисте тіло, 3 — кришталик, 4 — передня камера.
 Правильна послідовність структур під час проходження світла до сітківки наведена в рядку
 А 1 — 4 — 3 — 2
 Б 1 — 4 — 2 — 3
 В 2 — 4 — 3 — 1
 Г 3 — 2 — 4 — 1

9. На уроці учень зробив підписи до рисунка.

Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

- А Барабанна перетинка
- Б Кортіїв орган
- В Молоточок
- Г Завитка



Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Прочитайте опис: «*Нюхова сенсорна система сприймає (1) подразнення за допомогою рецепторів, які розташовані в (2)*». Замість цифр у речення необхідно вписати слова.

Правильний варіант наведено в рядку

- А 1 — світлові, 2 — сітківці
- Б 1 — хімічні, 2 — носовій порожнині
- В 1 — звукові, 2 — кортієвому органі завитки
- Г 1 — хімічні, 2 — півколових каналах завитки

11. Учень й учениця на уроці обговорювали будову сенсорних систем. Учень зауважив, що в шкірі є больові рецептори. Учениця стверджувала, що шкірна чутливість, зокрема сприйняття дотику й тиску, забезпечується механорецепторами.

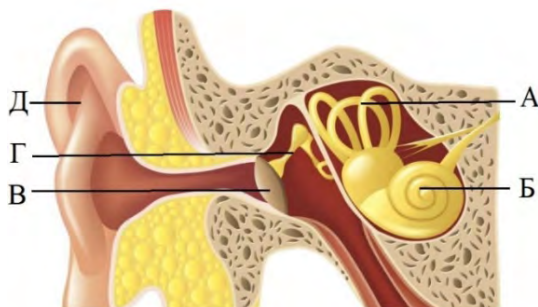
Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обое мають рацію
- Г обое помиляються

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Розгляньте рисунок, на якому буквами (А – Д) позначено складники вуха людини.

Укажіть правильні твердження.



Буквою В позначено

- 1 кортіїв орган
- 2 овальне вікно
- 3 барабану перетинку

Буквою Д позначено складник, який характерний для будови вуха лише

- 1 ссавців
- 2 ссавців і рептилій
- 3 ссавців і деяких птахів

Складник вуха, в якому містяться звукові рецептори, позначено буквою

- 1 А
- 2 Б
- 3 В



ТЕМА 9

ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ



§46. Вища нервова діяльність. Вроджена поведінка



Ідею рефлексів сформулював видатний французький філософ і математик Рене Декарт (іл. 189). У своїй праці «Трактат про людину» (1664), він описав рефлекси як автоматичні відповіді на зовнішні стимули, які здійснюються без участі свідомості. Декарт уявляв, що сигнали, які він називав тваринними духами, рухаються нервовими волокнами, подібно до води в трубах, і автоматично викликають відповідні рухи в м'язах. Хоч зараз ми знаємо, що нерви і м'язи працюють не так, його ідеї стали основою для подальших досліджень нервової системи й розвитку науки про рефлекси.

Як ви зрозуміли з вивченого матеріалу, головними функціями нервової системи є контроль діяльності внутрішніх органів, сприйняття й аналізування сенсорної інформації, а також керування роботою м'язів, результатом чого є пристосування організму до умов навколишнього середовища. Сукупність таких процесів ми називаємо поведінкою.

Поведінка людини — сукупність дій і реакцій людини на внутрішні та зовнішні стимули, що виражаються як фізичні рухи, емоційні реакції, розумові процеси та соціальна взаємодія. Мозкові процеси, що забезпечують поведінку, називають **вищою нервовою діяльністю**, що є складнішою за автоматичні реакції підтримки гомеостазу, розглянуті в попередніх розділах підручника. Вища нервова діяльність включає в себе складні психічні процеси як-от: мислення, пам'ять, емоції, мова тощо (іл. 190).

Іл. 189. Рене Декарт (1596–1650)



Іл. 190. Головні складники вищої нервової діяльності людини



Підготуйте повідомлення про історію вивчення поведінки людини.

Стимулом для здійснення поведінкових актів часто є зміна умов навколишнього середовища або ж зміна параметрів внутрішнього середовища (у тому числі й викликана змінами умов навколишнього середовища). Найпростіші форми поведінки полягають у відповіді фізіологічних систем на зазначені зміни за описаним раніше рефлекторним принципом (іл. 191). Виокремлюють вроджені (генетично зумовлені) та набуті протягом життя форми поведінки.

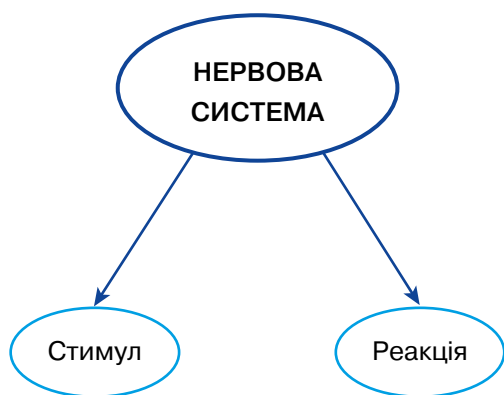
Вроджена поведінка. Основною формою вродженої поведінки є безумовні рефлекси.

Безумовні рефлекси — вроджені однотипні в усіх особин одного виду відповіді організму на певні подразники.

Вроджена поведінка забезпечує пристосувальні реакції у відповідь на подразники, біологічне значення яких незмінне в часі. Наприклад, контакт шкіри руки з гарячим предметом завжди є небезпечним, оскільки може призвести до опіку, внаслідок якого деякі клітини організму можуть загинути. Тому рефлекторна реакція відсмикування руки від гарячого є завжди пристосувальною. Безумовні реакції до певної міри можуть контролюватися свідомістю. Наприклад, якщо неочікувано гарячий предмет, що ми взяли в руку, — це дорога для нас порцелянова чашка, рефлекторний імпульс відкинути її може бути загальмованим, і ми поставимо чашку на стіл, аби не розбити (іл. 192).

Безумовні рефлекси можуть бути: простими (колінний рефлекс), складними багатокomпонентними (жування, чхання тощо), надскладними, до яких відносять інстинкти.

Іл. 191. Принцип здійснення рефлексів



Порівняйте наведену схему рефлекторної діяльності із схемою регуляції гомеостазу (§ 5). Чого тут не вистачає?

Іл. 192. Гальмування імпульсивної поведінки



Формою вродженої поведінки є **інстинкти** — сукупність послідовних безумовних рефлексів. У тварин (наприклад комах) інстинкти можуть виглядати як усвідомлена діяльність, проте в їхній основі лежать генетично зумовлені, вроджені механізми. У людини інстинкти не є настільки жорстко фіксованими послідовностями дій, радше це певний напрям поведінки. Прикладом такої поведінки є вроджений страх небезпечних потенційно отруйних тварин як-от змії чи павуки (іл. 193). Поведінку, направлену на уникнення та подолання небезпек для життя, розглядають як інстинкт самозбереження. Материнський (батьківський) інстинкт направлений на догляд за немовлям та його захист від загроз (іл. 194). Частково інстинктивною є гігієнічна поведінка, що ґрунтується на вродженій емоційній реакції відрази. Ми є соціальними істотами, тому нам властиві об'єднання в групи, взаємодія з іншими, взаємодопомога, що становить соціальний інстинкт.

Приклади безумовних рефлексів. Як безумовні, так і умовні (які ми розглянемо в наступному параграфі) рефлекси класифікують за біологічним значенням. Захисні рефлекси направлені на запобігання ушкодження організму: відсмикування кінцівок, кліпання очима або примруження, слезовиділення, кашель, чхання тощо. Харчові рефлекси направлені на здобуття їжі та забезпечують процеси травлення: смоктання, слиновиділення, секреція шлункового соку, дефекація тощо. Важливе значення має орієнтувальний рефлекс, що полягає у зверненні уваги на нові, неочікувані стимули з метою оцінювання їхньої значущості.

Іл. 193. Вроджена реакція страху



Іл. 194. Материнський інстинкт



Наведіть інші приклади інстинктивної поведінки людини.

Механізми здійснення рефлексів. Як уже було зазначено, рефлекторні реакції забезпечуються роботою рефлекторних дуг. У кожній з них відбувається передавання збудження з чутливих (рецепторів) до виконавальних (мотонейрони) структур — у цьому випадку ми говоримо про замикання рефлексу. Найпростіші рефлекторні дуги містять лише два нейрони, складніші — більше. Замикання рефлексів може здійснюватися на різних рівнях нервової системи. Чимало з них контролює спинний мозок (рефлекси розтягнення м'язів, відсмикування кінцівок, сечовипускання, дефекації тощо). Низка рефлексів замикається на рівні стовбуру головного мозку (ковтання, чхання, слиновиділення, підтримка пози, рухи очей тощо). Ці структури контролюють переважно безумовні рефлекси. Інстинктивна поведінка та умовні рефлекси більшою мірою пов'язані з роботою вище розташованих проміжного та кінцевого мозку (іл. 195).

Поведінка й нервові процеси. Активація виконавальних структур пов'язана зі збудженням відповідних нервових центрів. Проте в здійсненні як рефлексів, так і складніших форм поведінки важлива роль належить процесам гальмування. Для коректного здійснення рухів потрібно не лише активувати певні м'язи, а й загальмувати їхні антагоністи. У багатьох випадках симпатичний і парасимпатичний відділи автономної нервової системи працюють як антагоністи, тому активація одного з них супроводжується гальмуванням іншого. Наприклад, поведінка за типом «боротьба або втеча» в небезпечних ситуаціях пов'язана із симпатичною активацією, парасимпатичний відділ стає менш активним.

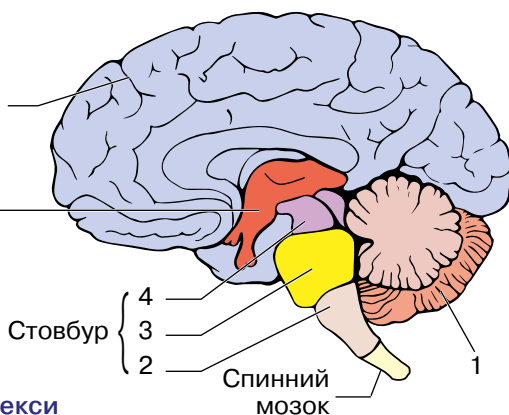
Іл. 195. Роль нервових структур в організації різних форм поведінки

**Вищі
психічні
функції**

**Кора
великих
півкуль**

**Проміжний
мозок**

**Безумовні
та прості
умовні рефлекси**



Назвіть відділи мозку, позначені цифрами 1–4. Пригадайте їхні функції.



1. Що таке вища нервова діяльність? 2. Назвіть вищі психічні функції людини. 3. Поясніть рефлекторний принцип роботи нервової системи. 4. Наведіть приклади відомих вам безумовних рефлексів і поясніть їхнє значення. 5. Поясніть роль збудження і гальмування в роботі нервової системи та забезпеченні поведінки.

§47. Умовні рефлекс



Умовні рефлекс були вперше виявлені відомим фізіологом Іваном Павловим під час дослідження регуляції травлення (іл. 196). Він помітив, що в дослідних собак слиновиділення розпочинається, коли вони лише чують із сусіднього приміщення звук мисок, що їх доглядачі наповнюють кормом. Тобто ще до потрапляння їжі в ротову порожнину та активації смакових рецепторів. Використавши інші стимули, дослідник спостерігав те саме.

Набута поведінка. Набута поведінка — це поведінка, яка формується впродовж життя особини внаслідок отримання досвіду й навчання, а не є вродженою. Вона є гнучкою і змінюваною, що робить її важливою для виживання та адаптації до нових умов середовища й обставин. Однією з форм набуті поведінки є формування умовних рефлексів.

Умовні рефлекс — це набуті протягом індивідуального життя реакції організму на певні чинники.

Умови формування умовних рефлексів. Утворення умовних рефлексів вимагає дотримання низки умов (тому вони й отримали таку назву). Головною з них є збіг у часі двох подразників (іл. 197). Перший з них спочатку не має істотної біологічної значущості для організму, його називають нейтральним. Другий подразник викликає певний безумовний рефлекс, тому його називають безумовним. Якщо нейтральний стимул буде часто передувати важливому, відповідна фізіологічна реакція розвивається до початку безумовного стимулу.

Іл. 196. Муляж собаки, що брала участь у дослідях Павлова



Протока слинної залози була хірургічним шляхом виведена до трубочки, крізь яку слина збиралася до пробірки. Це давало змогу аналізувати її кількість і склад.

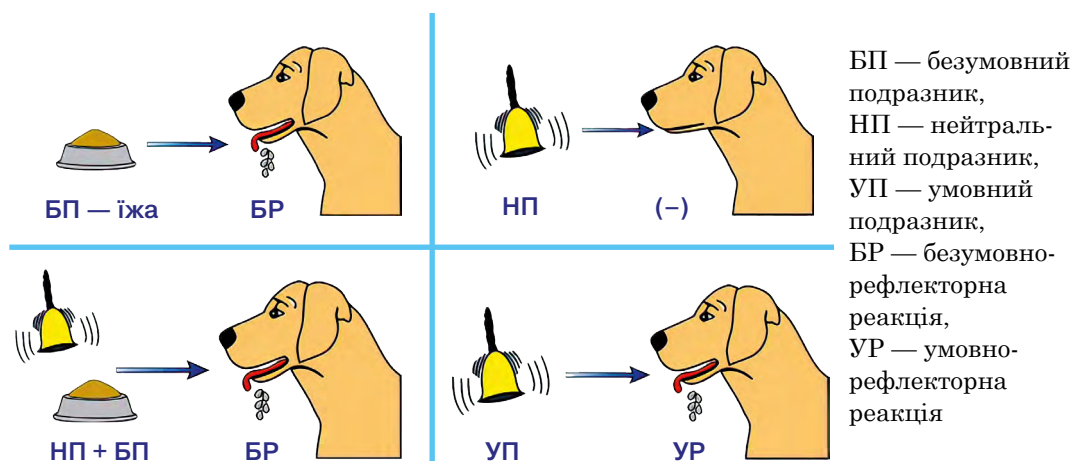
Саме таку випереджувальну реакцію й називають умовним рефлексом. Після його формування перший у часі подразник перестає бути нейтральним, тепер його називають умовним. У наведеному вище прикладі нейтральний / умовний стимул — це дзвоник, безумовний — їжа, а фізіологічна реакція — слиновиділення. За допомогою умовних рефлексів організм ніби передбачає майбутнє й реагує на важливі стимули завчасно. Умовнорефлекторне виділення слини та шлункового соку готує травну систему до надходження невдовзі їжі, процес травлення стає швидшим і ефективнішим. Подібні рефлекси формуються і в нас. Чи помічали ви виділення слини, коли чуєте з кухні звуки приготування їжі або сервірування столу?

Окрім збігу в часі, є й інші умови формування таких рефлексів. Зокрема, нейтральний подразник повинен бути помітним для організму, але не надто сильним. Якщо в прикладі із собакою замість дзвоника ми використаємо автомобільну сирену, то спостерігатимемо захисний рефлекс (сховатися), а слиновиділення загальмується. Значення має стан організму: слиновидільний рефлекс добре виробляється в голодного собаки й не буде утворюватися в нагодованого.

Швидкість формування умовних рефлексів залежить від типу подразника. Захисні реакції можуть розвиватися навіть при одноразовому поєднанні нейтрального стимулу із сильним больовим подразником. Чинники інших типів можуть вимагати кількох десятків поєднань.

Типи умовних рефлексів. Подібно до безумовних рефлексів, умовні класифікують за біологічним значенням.

Іл. 197. Схема формування умовного рефлексу



Проведіть дослідження з вироблення умовного рефлексу в людини, використавши інструкцію 1 на сторінці досліджень психофізіологічних функцій.

Залежно від виконувальної частини розрізняють рефлекси соматичні (виконання забезпечують скелетні м'язи) та вісцеральні (внутрішні органи).

Описані вище рефлекси називають класичними. Окрім них, існують інструментальні, в яких результат суттєво залежить від поведінки тварини. У класичній схемі отримання підкріплення (наприклад їжі) не залежить від поведінки тварини: її нагодують незалежно від формування рефлексу. Прикладом інструментального навчання може бути ситуація, коли тварина перебуває в експериментальній камері, де може отримати їжу або воду, натиснувши на важіль (іл. 198). Ненавчена тварина не має таких навичок. Випадково помітивши ефект від натискання, тварина починає повторювати його, а з часом ця дія виконується швидше і частіше. Інструментальна поведінка є складнішою та більше подібна до природної.

Механізм формування умовних рефлексів. Дія на організм як нейтрального, так і значущого (безумовного) стимулів супроводжується збудженням відповідних ділянок головного мозку. Унаслідок збіжної в часі активації між цими ділянками формується нервовий зв'язок: збудження центру нейтрального подразника викликає збудження центру безумовного подразника. Це, своєю чергою, запускає фізіологічну реакцію, яку ми спостерігаємо як умовний рефлекс. Тобто в нервовій системі утворюються **тимчасові функціональні зв'язки**. Це відбувається в корі великих півкуль або в підкоркових структурах (іл. 199). Основою цього процесу є описана в § 6 синаптична пластичність.

Іл. 198. Принцип інструментального навчання

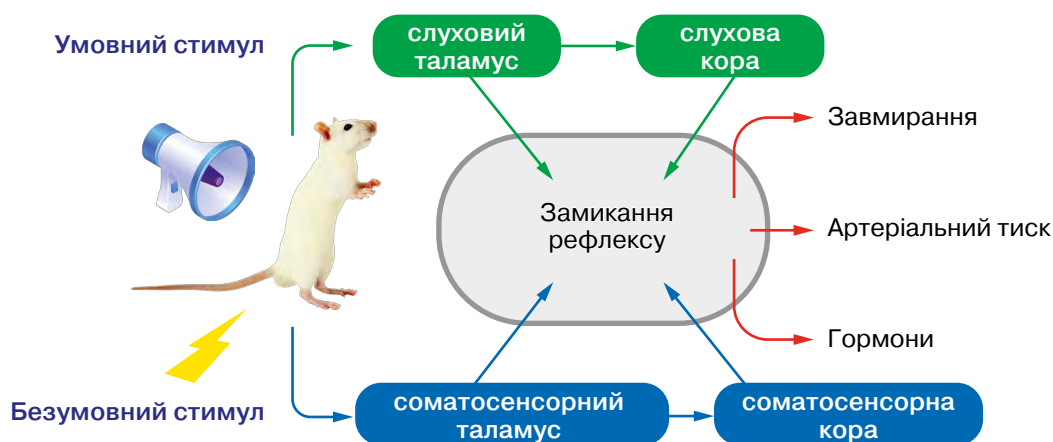


Сигналом для натискання на важіль може бути звук з динаміка або світло від лампочок.

Гальмування умовних рефлексів. Ми живемо в мінливому світі, і з часом значення тих чи інших сигналів може змінюватися. Наприклад, якщо умовний стимул тривалий час не буде супроводжуватися безумовним, його значущість зникне, а розвиток умовної реакції перестане бути адаптивним. Якщо після дзвоника не буде їжі, для чого виділяти слину? У такому випадку умовнорефлекторна відповідь поступово зменшується, це називають **згасанням** умовного рефлексу. При цьому він не зникає повністю, оскільки в разі відновлення поєднання нейтрального та значущого стимулів рефлекс проявиться швидше, ніж він утворювався вперше. Ключову роль у припиненні неактивних рефлексів відіграють процеси гальмування. В описаному випадку говорять про **згасальне гальмування**. Умовні рефлекси також можуть блокуватися сильнішими подразниками як-от больові або згадана вище автомобільна сирена. Цікавим є умовне гальмування поведінки, коли певний стимул сам по собі підкріплюється безумовним подразником, а в поєднанні з іншим — ні. Вид і запах їжі може бути чинником запуску харчової поведінки — собака чи кішка можуть «вкрасти» її зі стола. Присутність же господаря (який сваритиме за це) є гальмівним сигналом.

Значення умовних рефлексів. Встановлення зв'язку або асоціації між нейтральними та важливими сигналами дає змогу організму діяти на випередження, реагувати більш ефективно. Завчасний розвиток захисних реакцій може запобігти травмуванню або загибелі організму. Отже, формування та гальмування умовних рефлексів є одним із механізмів пристосування організму до умов навколишнього середовища.

Лл. 199. Утворення тимчасового функціонального зв'язку на прикладі захисної реакції при поєднанні звуку з больовим подразником



1. Дайте означення поняття *умовний рефлекс*.
2. Схарактеризуйте правила утворення умовних рефлексів.
3. Поясніть механізми формування умовних рефлексів.
4. Поясніть біологічне значення умовних рефлексів.

§48. Емоції, пам'ять та увага



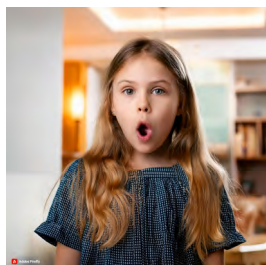
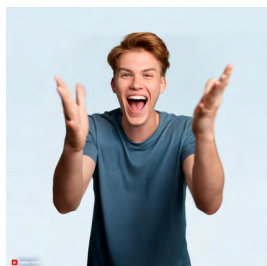
Психофізіологія — це розділ науки, що досліджує взаємозв'язок між психічними процесами та фізіологічними функціями організму. Вона пояснює, як емоції, думки, поведінка та інші психічні явища пов'язані з діяльністю мозку та інших систем організму. У цьому та наступних параграфах ми ознайомимося з основними психофізіологічними функціями людини.

Емоції як фізіологічне явище. Емоції — це суб'єктивне внутрішнє відображення в мозку людини навколишнього світу, ставлення до нього й себе самої. Спрощено їх можна уявити як швидку і просту оцінку за принципом «подобається чи не подобається». Розрізняють емоційне переживання — суб'єктивне ставлення до певної ситуації, та емоційне вираження — зовнішній прояв емоцій, зміни поведінки, міміки, діяльності внутрішніх органів (іл. 200). Емоційні відчуття змінюють нашу поведінку — ми прагнемо повторювати те, що приводить до позитивних відчуттів, і уникати того, що пов'язано з негативними переживаннями. Регуляцію емоційних реакцій здійснює низка структур головного мозку, головні з яких належать до лімбічної системи (див. §9).

Пам'ять та навчання. Пам'ять — здатність особи зберігати та відтворювати інформацію, яка зумовлена роботою нервової системи. Із пам'яттю тісно пов'язане поняття навчання.

Навчання — це процес набуття нових знань, навичок або звичок через досвід і практику.

Іл. 200. Приклади емоційного вираження



Ми згенерували ці зображення за допомогою штучного інтелекту. Як, на вашу думку, він впорався? Які емоції зображені на цих ілюстраціях? Які ознаки на це вказують?

Це дозволяє нам змінювати свою поведінку на основі того, що ми дізналися. Пам'ять зберігає ці зміни, щоб ми могли використовувати їх надалі.

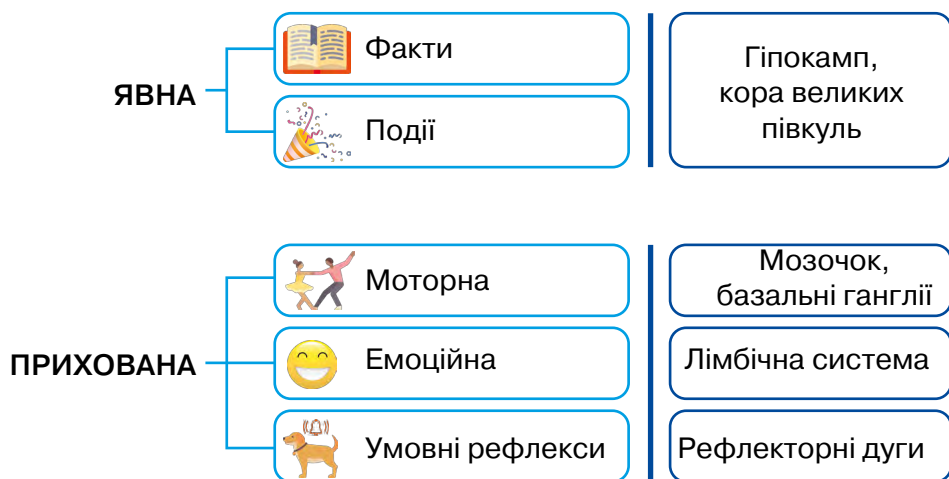
За часом збереження інформації розрізняють сенсорну, короткочасну та довготривалу форми пам'яті. **Сенсорна** пам'ять забезпечується збудженням клітин відповідних сенсорних систем і триває долі секунди. Завдяки цьому, наприклад, ми практично не відчуваємо затемнення під час кліпання очима. **Короткочасна** пам'ять триває кілька секунд або хвилин. Її обсяг обмежений і становить приблизно $7 (\pm 2)$ одиниць інформації. Із короткочасної пам'яті інформація може переходити до довготривалої, яка триває кілька годин, днів, років і навіть усе життя. Такий процес ми називаємо запам'ятовуванням. Стійкішими є спогади автобіографічного характеру.

За типом інформації, яку запам'ятовують, розрізняють зорову, слухову, тактильну, смакову форми пам'яті тощо. У найменшому ступені ми здатні пригадувати запахи, оскільки нюхова сенсорна система не має настільки потужного коркового представництва порівняно з іншими. Нюхова пам'ять зазвичай здійснюється за принципом розпізнавання наявних стимулів («чим пахне?»). Ми не можемо чітко уявити певні аромати, натомість можемо легко відтворити зорові (наприклад, уявити стілець), слухові (подумки відтворити знайому мелодію) та інші образи.

Особливості довготривалої пам'яті. За фізіологічними механізмами виокремлюють два типи довготривалої пам'яті: **явну** й **приховану**.

Явна пам'ять — це все, що ми можемо пригадати та виразити за допомогою слів, зокрема, інформацію про події та певні факти (іл. 201).

Іл. 201. Класифікація форм пам'яті та залучені до їх формування нервові структури

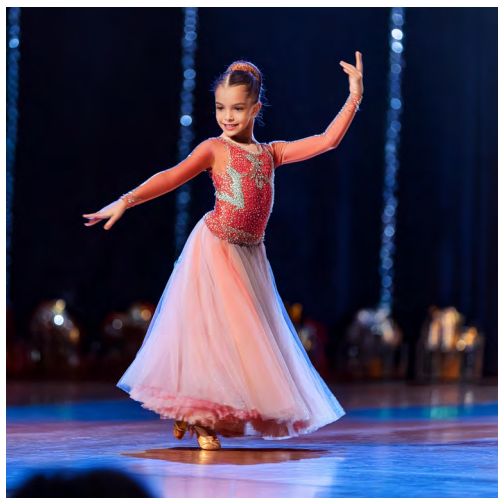


Наприклад, прочитавши цей параграф, ви зможете розповісти друзям викладені в ньому відомості. Цю форму пам'яті ще можна назвати змістовою. Формування явної пам'яті залежить від гіпокампу (див. § 9), ураження цієї структури супроводжується втратою здатності запам'ятовувати нову інформацію. А де ж зберігаються спогади? Дослідження мозку не виявило окремого центру пам'яті. Спогади закарбовуються в результаті перебудови структури синаптичних зв'язків кори великих півкуль унаслідок процесів синаптичної пластичності (див. § 6). Різні форми пам'яті залучають різні мозкові структури, причому найбільше значення мають асоціативні ділянки кори.

Прихована, неявна пам'ять також є результатом навчання, але ми не можемо виразити її словами (іл. 201). Одним з її типів є **моторна пам'ять** — рухові навички й вміння (іл. 202). Наскільки б детально ми не розповідали, як їздити на велосипеді чи грати на гітарі, навчитися цього можна лише самостійно виконавши ці дії. Крім рухової, до прихованих форм навчання належить емоційна пам'ять, а також утворення умовних рефлексів. Подібно до явної, у формуванні прихованої пам'яті ключова роль належить синаптичній пластичності, але в інших мозкових структурах. Зокрема, рухова пам'ять пов'язана з мозочком та основними ядрами кінцевого мозку (див. § 9), а емоційна — з лімбічною системою (іл. 202).

Робоча пам'ять. Читаючи текст, ми повинні «тримати в голові» окремі слова задля збирання їх у речення. Або ж, виконуючи певну роботу, маємо пам'ятати послідовність виконання елементарних дій.

Іл. 202. Приклади моторної пам'яті



Наведіть інші приклади утворення рухових навичок.

У зв'язку з цим постає необхідність у виборі більш важливої інформації, що забезпечується функцією уваги.

Увага — це психічний процес, який дозволяє людині вибірково зосереджуватися на певній інформації або стимулі, ігноруючи інші. Увага допомагає організовувати потік інформації, щоб ефективно виконувати завдання, розв'язувати проблеми та приймати рішення.

Розрізняють дві форми уваги. **Довільну увагу** можна розуміти як певний фільтр сенсорної інформації, вона проявляється у вибіркового гальмуванні деяких не важливих на цей момент сенсорних потоків і вибіркового посиленні інших — важливих. На них ми зосереджуємося, концентруємо увагу. Наприклад, якщо ми із захопленням читаємо книгу, то можемо не помічати розмов навколо нас, змін температури повітря, легких дотиків тощо (іл. 204). Проте якщо поряд хтось почне розмовляти дуже голосно, то, скоріше за все, ми відволічемося від книги і звернемо увагу на новий інтенсивний подразник. Це є проявом іншої форми — **мимовільної уваги**. Вона є автоматичним процесом, тобто відбувається без участі свідомості, а в її основі лежить безумовний орієнтувальний рефлекс.

Особливості роботи мимовільної уваги треба враховувати під час організації розумової діяльності. Наявність у сенсорному оточенні великої кількості різноманітних і інтенсивних подразників буде відволікати людину від зосередження на основній формі діяльності. Наприклад, навчатися краще в знайомому приміщенні без сторонніх подразників (гучної музики, розмов тощо).

Іл. 204. Довільна увага — концентрування на певній діяльності



1. Дайте означення понять *емоції, пам'ять, навчання, увага*. **2.** Схарактеризуйте значення емоцій у житті людини. **3.** Назвіть різні форми пам'яті та наведіть їх приклади. **4.** Поясніть, як пов'язані пам'ять і синапси. **5.** Чим відрізняються довільна та мимовільна увага?



Сторінка інструкцій досліджень психофізіологічних функцій людини

Утворення умовного рефлексу

Учні та учениці об'єднуються в пари «експериментатор/ка та піддослідний/на». Дослідом керує учитель/ка або хтось з учнів. Він чи вона подає звуковий сигнал приблизно раз на хвилину з паузами випадкової тривалості (30–90 с), процес повторюється 20–30 разів. Через 3 с після початку сигналу «піддослідний/на» долонею затуляє одне око, а іншим дивиться на «експериментатора/ку». «Експериментатор/ка» спостерігає за змінами діаметра зіниці відкритого ока, занотовуючи час її розширення — після затуляння ока або до нього. Що зі спостереженого є безумовним рефлексом (див. § 44), а що умовним? Після скількох поєднань звуку із затемненням ока розвинувся умовний рефлекс?

Емоційне вираження

Перша наукова праця з вивчення емоцій належить англійському природодосліднику Чарльзу Дарвіну. Він відзначив подібність емоційного вираження в людей і тварин, що вказує на еволюційне походження таких реакцій. У своїй праці він ґрунтовно дослідив рухи, пов'язані з різними емоціями, і вказав на пряму роль нервової системи в їх розвитку. Дарвін визначив шість базових емоцій: лютість, страх, подив, відраза, щастя та журба. Єдиного підходу до класифікації емоцій наразі не існує, різні дослідники виділяють від чотирьох до кількох десятків.

Учні та учениці об'єднуються в пари. Завданням одного є зобразити в довільному порядку різні емоції з переліку Дарвіна, а іншого — розпізнати їх, занотувавши по порядку. Потім можна помінятися ролями.

Короткочасна пам'ять

Учитель/ка зачитує вголос послідовності двозначних чисел довжиною від 3 до 10 елементів. Через три секунди після завершення читання учні й учениці записують продиктовані числа. По завершенні запису останнього ряду їх зачитують ще раз для перевірки. Обсягом короткочасної пам'яті вважають кількість елементів у ряді, що був повністю правильно відтворений перед першим рядом з помилкою.

Довготривала асоціативна пам'ять

На початку уроку учитель/ка зачитує вголос по чергово 10 словосполучень, що складаються з іменника та прикметника, наприклад «швидкий вітер». Учні й учениці протягом 30 секунд мають без використання букв і чисел замалювати певне асоціативне зображення. Наприкінці цього або наступного уроку учні й учениці за рисунками та словами-асоціаціями згадують і записують словосполучення. Об'єм асоціативної пам'яті, оцінюють як відсоток правильно відтворених пар слів (якщо правильно пригадане лише одне, його враховують як половину).

Увага

Цей тест оцінює взаємодію двох сигнальних систем. Учні й учениці об'єднуються в пари. Один якомога швидше зачитує вголос назви кольорів зображених слів, інший вимірює час виконання тесту та фіксує наявність помилок. У другій спробі вимірюється час, потрібний для читання слів. Яка з частин була виконана швидше? Як ви гадаєте, чому?

§49. Фізіологічні основи мовлення



Значення мови в еволюції людства важко переоцінити. Більшість думок та ідей, які ми називаємо свідомими, можуть бути виражені словами. Спогади, які можна сформулювати за допомогою слів, утворюють явну підсистему пам'яті. Використання мови дозволяє передавати знання між різними поколіннями (іл. 205).

Дві сигнальні системи. Як уже було наголошено, функцією сенсорних систем є сприйняття стимулів навколишнього середовища, їх аналіз і формування відчуттів — внутрішніх образів сенсорних сигналів. Описану сукупність процесів називають **першою сигнальною системою**. Окрім таких безпосередніх стимулів людина здатна сприймати й сигнали іншого типу, або «сигнали сигналів». До них відносять слова, які позначають ті чи інші поняття. Так, слово «ЗВУК», яке ви зараз прочитали, представлене на папері комбінацією темних і світлих точок, які разом є зоровим подразником. Проте нервова система перетворює його на поняття «звук». Сукупність таких стимулів формує **другу сигнальну систему** — здатність використовувати в міжособовій комунікації сигнали, які позначають певні поняття.

Мова. Проявом функціонування другої сигнальної системи є **мова** — система подразників, які позначають об'єкти навколишнього світу та їхні характеристики. Деякі характеристики є конкретними, ми їх називали під час вивчення сенсорних систем (яскравість світла, гучність звуків).

Іл. 205. Видатний фізик і популяризатор науки Стівен Гокінг



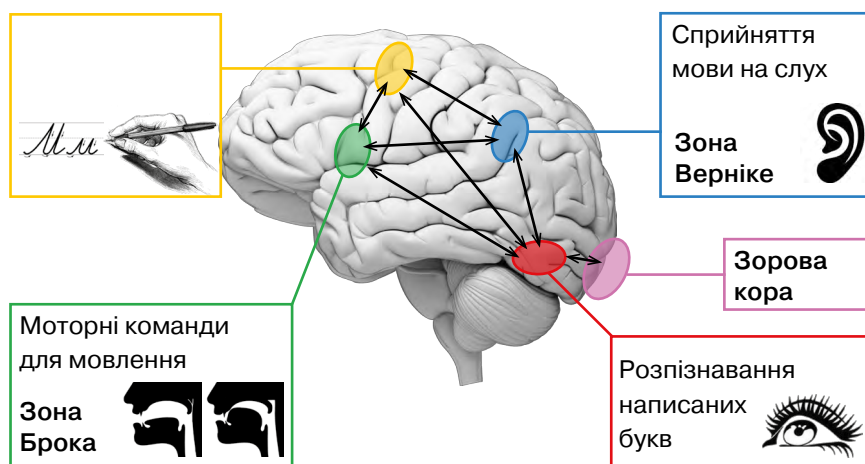
«Протягом мільйонів років людство існувало в тваринному стані. Потім трапилося щось, що вивільнило силу нашої уяви. Ми навчилися говорити, і ми навчилися слухати. Мова вможливила обмін ідеями, дозволила людям працювати сумісно, втілюючи неможливе. Найбільші успіхи людства стали можливими завдяки спілкуванню, а найбільші невдачі відбулися через його відсутність. Такого не повинно бути. Наші найбільші сподівання цілкомовито можуть у майбутньому стати реальністю. Завдячуючи технологіям, що ми маємо, наші можливості є необмеженими. Усе, що нам потрібно робити, — це впевнитися, що ми продовжуємо розмовляти».

Абстрактні характеристики позначають певні співвідношення між об'єктами або явищами: «більше», «справа», «усередині». Розрізняють усну (мовлення) і письмову мову. Внутрішня мова (проговорювання слів подумки) є способом вираження думок, міркування тощо.

Мова та структури головного мозку. У забезпеченні здатності розуміти мову та розмовляти головна роль належить двом ділянкам мозку (іл. 206). **Зона Верніке** або **слуховий центр мови** розташована у верхній частині скроневої частки на межі з тім'яною. Вона відповідає за сприйняття звуків мови й формування з них зрозумілих слів і речень. При її пошкодженні людина може говорити граматично правильно, але не розуміє чужих слів і не здатна скласти осмислені речення. Друга структура — це **зона Брока**, або **моторний центр мови** в нижній лобовій звивині. Вона контролює мовленнєві рухи, а відтак забезпечує здатність правильно говорити. Її пошкодження супроводжується труднощами у вимові слів і формуванні граматично правильних речень, хоча розуміння мови залишається відносно збереженим. Обидві зони тісно функціонально пов'язані між собою. Функціональні центри є й у письмової мови. Частина зорової сенсорної системи працює як **зона зорового сприйняття слів**, вона спеціалізується на розпізнаванні букв і слів. Розташована поблизу моторного центру мови **зона Екскнера** відповідає за координацію дрібної моторики руки, необхідної для написання букв і слів.

Зазначені ділянки розташовані лише в одній півкулі головного мозку. Майже в усіх праворуких і в більшості ліворуких людей це ліва півкуля.

Іл. 206. Мозкові структури, залучені до усної та письмової мови



1. Дайте означення понять *мова*, *мовлення*.
2. Поясніть різницю між першою та другою сигнальними системами.
3. Назвіть структури головного мозку, які залучені до регуляції мови та мовлення.

§50. Свідомість



Прагнення пізнання себе є одним з головних рушіїв розвитку людства. Нейробіологія, мабуть, найбільше дозволяє нам зрозуміти самих себе, адже вона вивчає мозок, що є джерелом формування всіх психічних явищ — від простих відчуттів до складних філософських концепцій і наукових теорій. Найскладнішим і найменш вивченим феноменом людської психіки є свідомість.

Свідомість — це внутрішнє відображення оточення, усвідомлення себе та свого положення у світі, розуміння закономірностей взаємозв'язків себе з навколишніми об'єктами.

Свідомість і мислення. Поняття «свідомість» має кілька складників. Зокрема, ми говоримо про усвідомлене сприйняття та аналіз інформації. У цьому важливу роль відіграє мова. Вона є не лише засобом міжособової комунікації, а й способом внутрішнього представлення й аналізу картини світу. Зазвичай усвідомлене сприйняття дійсності пов'язане з утворенням відповідного словесного внутрішнього образу. За допомогою мови ми формуємо уявлення про взаємозв'язки між елементами оточення. Такий активний психічний процес називають **мисленням**. Його складниками є: виділення різних характеристик — аналіз, об'єднання різних характеристик — синтез, порівняння, класифікація, абстрагування тощо (іл. 207). Здатність людини до мислення, навчання, розв'язування проблем, адаптації до нових ситуацій та використання набутих знань і досвіду для виконання завдань називають

Іл. 207. Складники процесу мислення



Знайдіть за допомогою інтернет-джерел означення понять, наведених на схемі.



Спробуйте навести приклади цих складників процесу мислення.

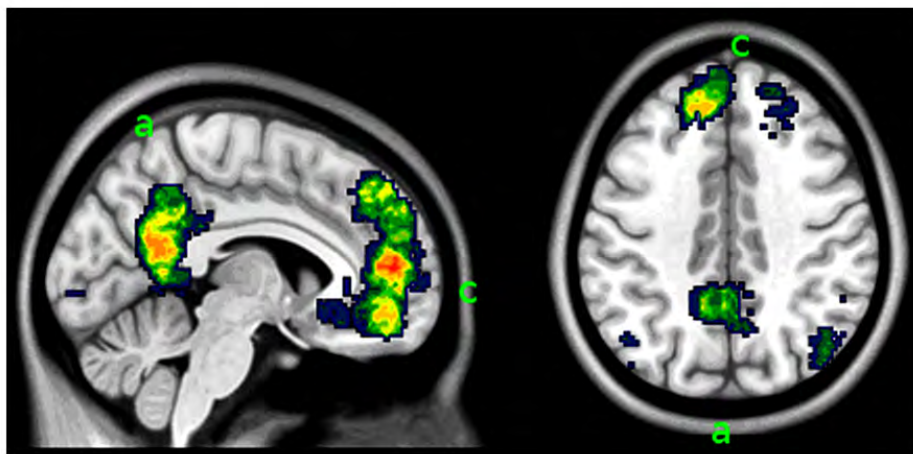
Наведіть приклад порівняння двох організмів, із якими ви ознайомилися під час вивчення хордових тварин.

інтелектом. У забезпеченні різних форм мислення головна роль належить асоціативним ділянкам лобової та тім'яної часток.

Свідомість як самоусвідомлення. Іншою формою свідомості є сприйняття нами нас самих як індивідуальностей. Мозкові структури, що забезпечують самоусвідомлення, були виявлені в результаті узагальнень експериментів зі скануванням мозку (іл. 208). Зазвичай дослідники порівнюють роботу мозку в стані спокою та в процесі виконання певного завдання. Учені помітили, що при цьому спостерігається не лише активація специфічних для завдання ділянок головного мозку, а й зниження активації деяких інших. При цьому характер такої інактивації був подібним, незалежно від типу завдання, яке виконувала людина. Тобто підтримання роботи мозку в стані спокою, коли ми нічим не зайняті, але не спимо, саме по собі є мозковою функцією, за яку відповідають **нейромережі спокою**. Головними складниками цих мереж є структури головного мозку, залучені до самоусвідомлення (іл. 208). Розлади цих структур пов'язані з низкою психіатричних і неврологічних хвороб.

Свідомість як стан мозку. Також про свідомість говорять у вужчому значенні, характеризуючи стан людської психіки. Її відсутність визначають як непритомність. На противагу виділяють нормальний, притомний, свідомий стан. Зміни свідомості, за яких людина не відчуває себе як суб'єкта або таке відчуття суттєво відрізняється від «звичайного» стану, можуть виникати як унаслідок природних причин, так і під дією штучних чинників. Головним природним зміненням станом свідомості є сон, про який буде йтися в наступному параграфі.

Іл. 208. Структури головного мозку, залучені до самоусвідомлення



1. Дайте означення понять *свідомість, мислення*.
2. Назвіть основні складники процесу мислення.
3. Які виділяють форми свідомості?
4. Які структури головного мозку беруть участь у самоусвідомленні?

§51. Сон як прояв біоритмів організму

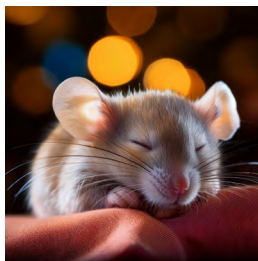
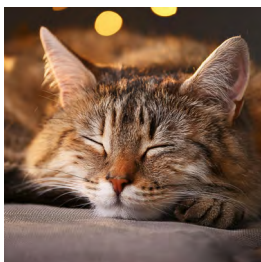
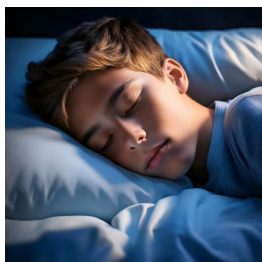


Усі ми багато разів переживали таке явище, як сон. Цей змінений стан свідомості часто супроводжується внутрішніми переживаннями, які ми називаємо сновидіннями. Цікаво, що подібні стани притаманні й іншим тваринам (іл. 209). Ми не можемо точно знати, чи сниться їм щось та як виглядають їхні сни, але низка фізіологічних ознак вказує на тотожність пов'язаних із цим мозкових станів.

Характеристика сну. Сон є прикладом існування в організмі людини циклічних процесів — **біоритмів**. Ритмічні зміни притаманні біологічним системам різних рівнів. Із попередніх розділів цього підручника ви знайомі з ритмами роботи серця, дихання, роботи травної системи тощо. Їхня тривалість мала — секунди та хвилини. Сон є прикладом організованої ритміки тривалістю близько доби. На його важливість вказує те, що він пов'язаний зі змінами активності всіх фізіологічних систем. Є й триваліші біоритми, наприклад менструальний цикл у жіночому організмі, про які йтиметься в наступній темі.

Під час сну поведінкова активність знижується, ми мало рухаємося, не реагуємо на більшість сенсорних подразників, наші дихання, кровообіг і травлення сповільнюються, дещо зменшується температура тіла. Традиційно сон сприймають як період відпочинку. Проте сучасні дослідження показують, що нервова система під час сну споживає практично

Іл. 209. Сон притаманний найрізноманітнішим організмам



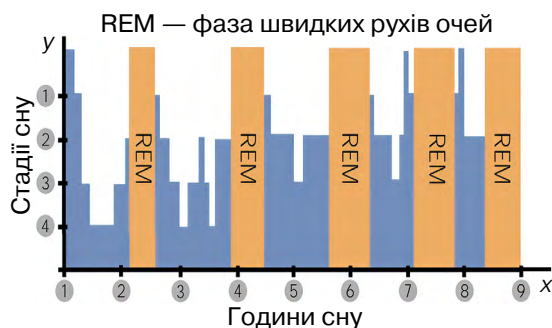
Поспостерігайте за своїми домашніми улюбленцями. Скільки часу вони сплять? Чи помічали ви в них різні стадії сну?

стільки ж енергії, як і в стані притомності. Отже, принаймні для нервової системи сон — це не інактивація, зниження активності, а радше перехід до іншого режиму роботи. Загалом під час сну енергоспоживання організму знижується, але головною причиною цього є зменшення активності м'язів, уповільнення серця та дихання тощо.

Структура сну. Дослідження активності головного мозку дозволили виділити дві головні фази сну: повільний, або глибокий, сон, коли людину найважче розбудити, та фазу швидких рухів очима, коли людина переживає сновидіння. Під час швидкого сну очі заплющені, але очні яблука рухаються, ніби стежачи за якимись об'єктами. Водночас м'язи тіла перебувають у максимально розслабленому стані, а електрична активність мозку нагадує активність під час неспання (іл. 210). Тому цю фазу ще називають парадоксальним сном. У людини глибокий сон додатково поділяють на кілька стадій. Під час звичайного нічного сну відбувається три-чотири чергування обох фаз (іл. 210). Уважають, що ми бачимо сновидіння під час кожного періоду швидкого сну, проте після прокидання можемо пам'ятати лише останній.

Надійну реєстрацію фаз сну здійснюють за допомогою електроенцефалографу — приладу, що вимірює електричну активність головного мозку, окорухових м'язів тощо (іл. 211). Сучасні мобільні прилади, як-от розумні годинники або фітнес-трекери на основі різних параметрів також розподіляють сон на активний і неактивний. Проте принаймні поки що їхня класифікація дуже неточна, достатньо надійно визначається лише загальна тривалість сну.

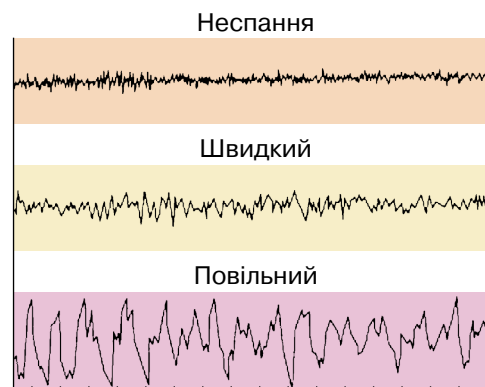
Іл. 210. Структура сну



По осі X години сну, по Y — стадії сну, REM — фаза швидких рухів очей.

Можна бачити, що сон глибший на початку, до ранку тривалість парадоксального сну збільшується, а паузи між ними скорочуються.

Іл. 211. Активність мозку під час неспання, швидкого та повільного сну

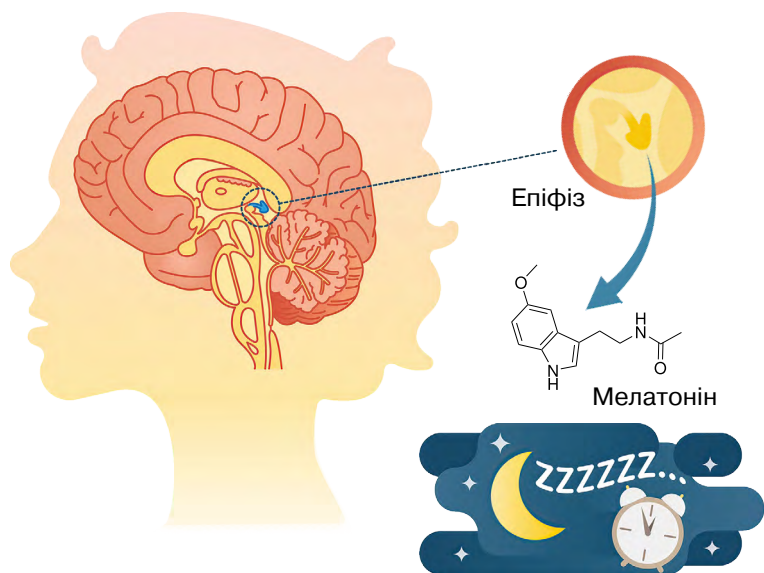


Можна бачити, що швидкий сон більше подібний на неспання, ніж повільний.

Механізми сну. Сон є складним фізіологічним явищем, і ми досі не все знаємо про його регуляцію. У ній залучені нервові та гуморальні механізми. Як уже було відзначено, у стовбурі головного мозку міститься сітчастий утвір (див. § 9). Його нейрони чинять збуджувальний вплив на кору великих півкуль, підтримуючи ступінь її активації. Коли на нас діє чимало зовнішніх подразників, нейрони сітчастого утвору збуджують кору. Тому зазвичай у шумному приміщенні погано спиться. І навпаки, коли зовнішніх подій мало, збуджувальний вплив зменшується, і людина засинає.

Проте, як би гучно навколо нас не було, якщо ми вкрай стомлені, то рано чи пізно сон нас зморить. Причиною цього є накопичення в тканині головного мозку продуктів обміну речовин, які гальмують мозкову діяльність. Також у мозку є своєрідний біологічний годинник, що забезпечується роботою деяких ядер гіпоталамусу (див. § 9). Там працюють специфічні гени, робота яких формує цикл тривалістю близько доби. Його тривалість регулюється інформацією про рівень освітленості, що її ці ядра отримують від зорової системи. Кількість навколишнього світла також впливає на роботу епіфізу (див. § 10). Його нейрони виробляють гормон мелатонін, причому 80 % його утворюється вночі (іл. 212). Цей гормон ніби інформує мозок про відсутність світла, підлаштовуючи активність організму до сну.

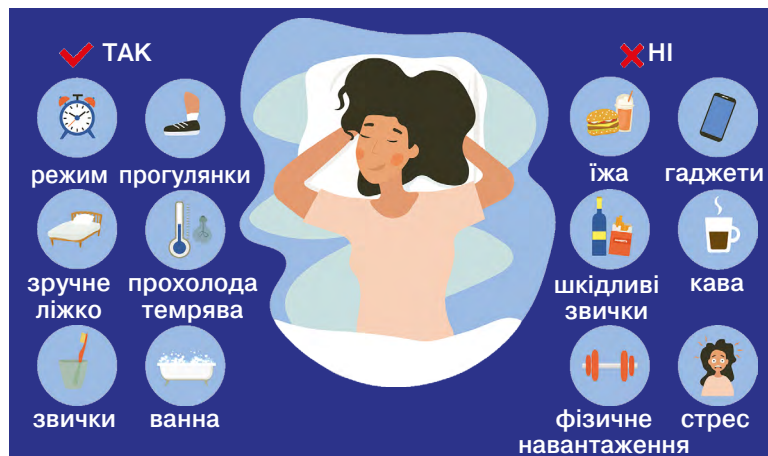
Іл. 212. Епіфіз і гормон сну — мелатонін



Є й інші мозкові структури, що регулюють тривалість і структуру сну. Важливе значення в регуляції сну відіграють процеси гальмування. Спокуси, що активують рецептори до найбільш поширеного в нервовій системі медіатору ГАМК (див. § 6), часто чинять снодійний ефект.

Значення сну. Сон є важливим складником життєдіяльності людини. Під час сну відбуваються процеси формування довготривалої пам'яті. Також з нервової тканини видаляються продукти обміну речовин, що сприяє працездатності мозку та запобігає розвитку неврологічних хвороб. Тривале позбавлення можливості спати супроводжується зниженням працездатності, розвитком втоми, дратівливості, а в разі дуже тривалого неспання провалами в пам'яті, головним болем, запамороченням, галюцинаціями, сенсорними розладам тощо. Регулярне недосипання є чинником розвитку стресу. Для забезпечення здорового сну потрібно дотримуватися кількох простих рекомендацій (іл. 213). Лягати спати й прокидатися треба в той самий час щодня, навіть у вихідні. У спальні потрібно забезпечити комфортну температуру, тишу та темряву. Перед сном не варто користуватися пристроями з яскравими екранами. Світлозалежні механізми регуляції сну більшою мірою активуються синьою частиною спектру, тому в багатьох пристроях є можливість увімкнення нічного режиму — коли екран випромінює менше синього, «тепліші» кольори. Це може покращувати засинання. Перед сном треба уникати значної кількості їжі та сильних хвилювань. Регулярні фізичні вправи протягом дня допомагають заснути, але треба уникати інтенсивних навантажень перед сном.

Іл. 213. Гігієна сну



Оцініть якість свого сну. Чи можна її покращити? Яких з наведених рекомендацій ви дотримуетесь, а яких ні?

1. Що таке сон? 2. Перелічіть характеристики сну. 3. Які стадії сну виділяють?
4. Поясніть механізми нервової регуляції сну. 5. Обґрунтуйте правила гігієни сну.

§52. Біологічні основи індивідуальності людини

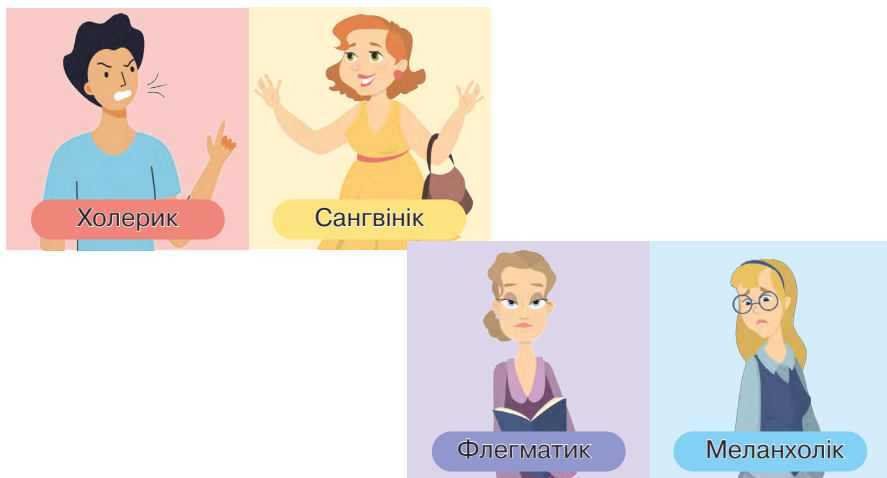


Ми є різними, і це має, зокрема, біологічне підґрунтя. Одну з перших концепцій, що пояснювала індивідуальні відмінності людей, сформулював давньогрецький дослідник і філософ Гіппократ. Вона відома як гуморальна теорія та стверджує, що темперамент і здоров'я людини визначаються балансом чотирьох тілесних рідин. Домінування однієї з них визначає темперамент: кров — сангвінік (веселий, енергійний), лімфа — флегматик (спокійний, повільний), жовта жовч — холерик (гарячковий, запальний), чорна жовч — меланхолік (сумний, задумливий). Ця теорія мала великий вплив на медицину та психологію протягом століть, хоча сучасна наука її не підтримує.

Незважаючи на те, що кожна людина є унікальною й неповторною особистістю, нас можна об'єднати в певні групи за спільністю поведінкових рис. **Темперамент** — це сукупність уроджених психологічних особливостей людини, які визначають характер її поведінки та реакції на події. Темперамент є основою особистості, на якій формуються інші психологічні риси, він впливає на те, як людина сприймає світ, реагує на стреси та взаємодіє з іншими.

Типи вищої нервової діяльності. Одна з історичних теорій пояснює індивідуальні відмінності співвідношенням трьох властивостей вищої нервової діяльності: сили, врівноваженості та рухливості нервових процесів.

Лл. 214. Базові типи темпераментів



Прочитайте означення темпераментів за типами вищої нервової діяльності. До якого з них ви відносите себе? Які ознаки на це вказують?

Під силою нервової системи розуміють здатність витримувати тривале та сильне збудження. Урівноваженість нервової системи характеризує співвідношення процесів збудження та гальмування. Рухливістю нервових процесів називають швидкість і легкість переключення між збудженням і гальмуванням.

На основі комбінацій цих властивостей виділяють чотири типи темпераменту (іл. 214). **Сангвініки** мають сильний, урівноважений, рухливий тип нервової системи, швидко адаптуються, є оптимістичними й активними. **Флегматики** також сильні та врівноважені, але водночас інертні, вони погано перемикаються між різними типами діяльності. **Холерики** мають сильну неврівноважену нервову систему, вони імпульсивні, енергійні, схильні до різких змін настрою. **Меланхолікам** притаманний слабкий тип нервової системи, вони вразливі, схильні до тривог і переживань, швидко втомлюються. Незважаючи на використання тих самих назв темпераментів, що й у гуморальній теорії, цей підхід, безперечно, більш біологічний.

Велика п'ятірка. Сучасна психологія виділяє «велику п'ятірку» індивідуальних рис людини (іл. 215). **Відкритість до нового досвіду** характеризує допитливість і готовність до змін, креативність, схвальне сприйняття мистецтва, емоцій, пригод, незвичайних ідей, цікавість і різноманітність досвіду. **Сумлінність** — це тенденція бути організованими та надійними, демонструвати самодисципліну, діяти слухняно, прагнути до досягнення й віддавати перевагу планованій, а не спонтанній поведінці.

Іл. 215. П'ять базових психологічних характеристик людини



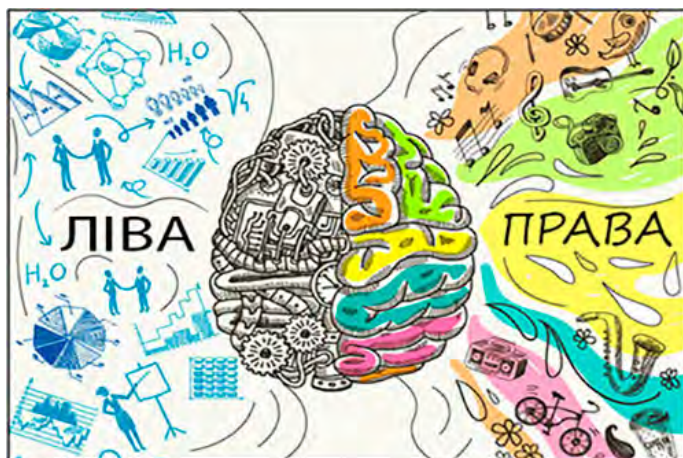
Для полегшення запам'ятовування з перших букв англійських назв цих характеристик — openness, conscientiousness, extraversion, agreeableness, neuroticism — склали слово OCEAN, що означає океан.

Високу сумлінність можуть сприймати як упертість і одержимість, низька ж пов'язана з гнучкістю і спонтанністю, проте може також виявлятися як неспроможність і відсутність надійності. **Екстраверсія** — це енергійність, тенденція відчувати позитивні емоції, комунікабельність і прагнення бути в компанії інших. Екстравертні люди мають тенденцію домінувати в соціумі, на відміну від інтровертних людей, які є більш сором'язливими і застереженими. **Доброзичливість** — це тенденція більше співчувати та допомагати людям, аніж бути підозрілим, сперечатися та ворожо ставитися до інших. Це також є показником довірливого і альтруїстичного характеру, а також показником доброго виховання. **Нейротизм** — схильність до психологічного стресу, здатність легко відчувати неприємні емоції, як-от гнів, тривога, депресія й уразливість. Часто нейротизм називають емоційною стійкістю. Висока стійкість проявляється як стабільна і спокійна особистість, але її можна розглядати як незворушливу та байдужу. Низька стабільність проявляється як реактивна і збудлива особистість, часто трапляється в динамічних індивідів, але може сприйматися як нестабільна або небезпечна. Окрім того, люди з більш високим рівнем нейротизму зазвичай мають гірше психологічне благополуччя.

Як бачимо, ця класифікація ґрунтується на більшій кількості рис особистості, що, відповідно, зумовлює більшу кількість груп людей, що можна виділити на її основі.

Мозкові механізми індивідуальності. Дослідження виявили багато біологічних особливостей, що пов'язані з характеристиками

Лл. 216. Поширений міф про виразну функціональну спеціалізацію півкуль та зумовленість переважанням однієї з них психологічних характеристик людини



Пригадайте, з якими ще міфами про роботу мозку ви ознайомилися протягом вивчення цього курсу.

«великої п'ятірки». Це будова певних ділянок головного мозку, структура зв'язків між ними, інтенсивність виділення певних нейромедіаторів у синапсах тощо. Деякі з них вроджені, а деякі набуваються протягом життя.

Часто вважають, що певні індивідуальні особливості пов'язані з переважанням тієї чи іншої півкулі в процесах оброблення інформації. Ліва зумовлює математичні здібності, логіку, міркування, аналітику тощо. Права — сприйняття і створення музики, художніх образів, переживання емоцій тощо (іл. 216). Таке спрощене уявлення не має наукового підтвердження. У здорової людини обидві півкулі інтенсивно обмінюються інформацією, більша частина якої проходить крізь мозолисте тіло. Тому опрацювання інформації різного типу здійснюється обома півкулями. Виняток становить сприйняття мови і мовлення, про що йшлося вище. Дещо активнішою є ліва півкуля під час здійснення математичних обчислень, але це пов'язують також з її мовленнєвою функцією.

Індивідуальність і вибір професії. Різні професії вимагають різних навичок. Для певних професій важливою є здатність багато спілкуватися з іншими людьми, організовувати їх у колективи, уміти працювати командою. Деякі критичною є стресостійкість, а деякі — творчі навички. Відповідність індивідуальних особливостей майбутній професії зробить роботу ефективнішою, а життя комфортнішим. І навпаки — на посаді, що не відповідає індивідуальним схильностям, людина буде нещасливою та неефективною. Існує чимало підходів до визначення персональних професійних схильностей.

Лабораторний практикум



Існують різні методи визначення професійних схильностей. Одним з них є тест американського науковця Джона Герні Голланда — опитувальник професійного самовизначення. Цей тест дозволяє співвідносити схильності, здібності із вимогами до певних професій. Він досить простий, а його виконання не займе багато часу. Пропонуємо пройти його та визначити схильність до певних професій, скориставшись поданим QR-кодом.



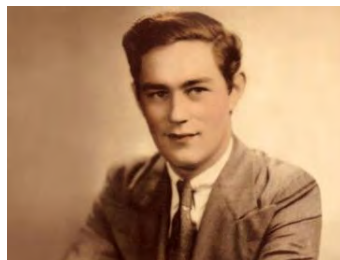
1. Назвіть типи темпераменту за особливостями вищої нервової діяльності.
2. Які базові психологічні характеристики виділяють у моделі «велика п'ятірка»?
3. Поясніть роль індивідуальних особливостей людини у виборі професії.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте тестові завдання.

Пам'ять і морський коник

Подекуди цілі розділи науки починаються з вивчення унікальних випадків. В історії медицини відомий пацієнт Н. М. Зазвичай, коли публікують медичні дані конкретної людини, її ім'я приховують. Але справжнє ім'я Н. М. відоме — це Генрі Молісон, і він є найбільш дослідженим пацієнтом за всю історію.



Дитиною Генрі впав з велосипеда й отримав травму мозку. Унаслідок цього в нього розвинулися епілептичні напади. З ними не можна було впоратися за допомогою ліків, і, коли Генрі було 27, нейрохірурги запропонували зробити операцію з видалення частини мозку, яка була причиною виникнення нападів. Операція пройшла успішно, і епілептичні напади минули. Але з ними минула й здатність запам'ятовувати нову інформацію. Генрі добре пам'ятав події, що відбулися за 27 років його життя, він регулярно розгадував кросворди, ґрунтуючись на інформації, що її запам'ятав до операції. Проте не міг, наприклад, пригадати людину, з якою спілкувався вчора. Такий унікальний розлад пам'яті зацікавив лікарів, і вони почали детально досліджувати пацієнта Н. М.

Виявилося, що під час операції був видалений майже весь гіпокамп або морський коник (див. § 9). Випадок Н. М. стимулював розвиток великого напрямку нейробіології — вивчення ролі гіпокампа в системі пам'яті та роботі мозку. На момент написання підручника пошук за ключовим словом «hippocampus» у Національній медичній бібліотеці США дає понад 190 тис. наукових статей. Генрі Молісон дожив до 82 років. Його мозок було препаровано та детально вивчено, із результатами чого, а також з історією життя цієї людини можна ознайомитися на сайті PatientHM.org

Завдання 1. Який тип пам'яті був уражений у пацієнта Н. М.?

- | | |
|---------------------|------------|
| А довготривала явна | В емоційна |
| Б моторна | Г робоча |

Завдання 2. Яке твердження правильно характеризує роль гіпокампа у формуванні пам'яті?

- А гіпокамп є місцем, де зберігається змістова пам'ять
- Б гіпокамп забезпечує розуміння мови, тому важливий для словесної пам'яті
- В гіпокамп є ключовою для запам'ятовування нової інформації мозковою структурою
- Г гіпокамп є частиною кінцевого мозку

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Відповідь на подразнення за участі нервової системи називають
 А таксисом В тропізмом
 Б рефлексом Г подразливістю
2. Прикладом безумовного рефлексу може бути
 А реакція людини на власне ім'я
 Б пересування людини на ковзанах
 В відсмикування руки від гострого предмета
 Г виділення слини при згадуванні смачної страви
3. Збереження та відтворення інформації в мозку людини називають
 А увагою
 Б емоцією
 В пам'яттю
 Г мисленням
4. Проаналізуйте наведену на рисунку ситуацію.
 Який темперамент притаманний людині, у якої пошкодили капелюха?
 А холеричний
 Б сангвінічний
 В флегматичний
 Г меланхолічний



Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Прочитайте опис: «Безумовними рефlekсами називають (1), відносно постійні реакції організму. Сукупність послідовних безумовних рефлексів називають (2)». Замість цифр у реченні необхідно вписати слова. Виберіть правильний варіант.
 А 1 — набуті, 2 — таксисом
 Б 1 — набуті, 2 — інстинктом
 В 1 — вроджені, 2 — інстинктом
 Г 1 — вроджені, 2 — умовним рефлексом

8. Суб'єктивне внутрішнє відображення в мозку людини навколишнього світу, ставлення до нього й себе самої, — це
- | | |
|----------|--------------|
| А увага | В пам'ять |
| Б емоції | Г свідомість |
9. Допишіть правильно твердження: «Моторна пам'ять
- | |
|---|
| А триває кілька секунд або хвилин |
| Б пов'язана із лімбічною системою мозку |
| В обумовлює формування рухових навичок |
| Г забезпечує можливість розповісти зміст статті |

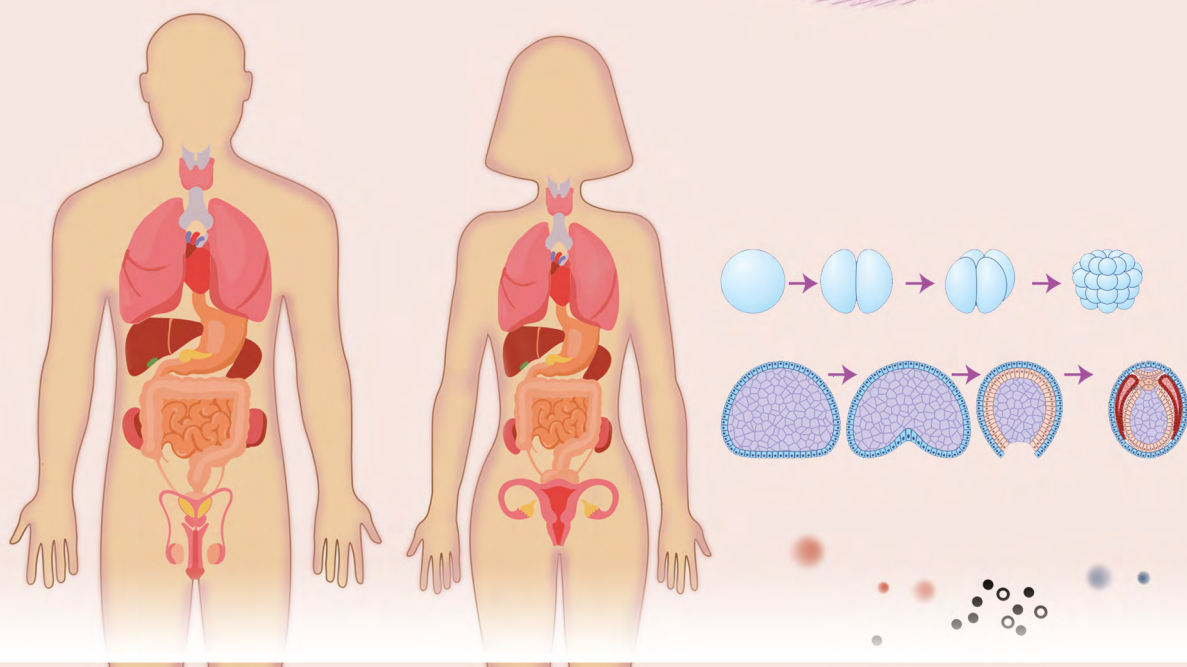
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Проаналізуйте твердження стосовно пам'яті людини.
- I. За осмисленого запам'ятовування інформація зберігається недовго.
- II. Для запобігання перевантаженню мозку частина інформації не зберігається.
- Чи є поміж них правильні?
- А правильне лише I В обидва правильні
- Б правильне лише II Г правильних немає
11. Два учні на уроці обговорювали сприйняття інформації та формування реакцій у людини. Перший учень висловив судження, що людина має лише одну сигнальну систему. Другий зауважив, що друга сигнальна система проявляється в спілкуванні за допомогою слів.
- Чи має хтось із них рацію?
- А лише перший учень В обидва мають рацію
- Б лише другий учень Г обидва помиляються

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Укажіть правильні твердження щодо умовних рефлексів.

<i>Умовні рефлекси</i>	<i>Умовою формування є</i>	<i>Прикладом умовного рефлексу є</i>
1 притаманні всім особинам одного виду	1 передування нейтрального стимулу	1 виділення слини під час споживання їжі
2 є вродженими реакціями організму на подразник	2 передування безумовного стимулу	2 виділення слини на запах улюбленої страви
3 є набутими протягом життя реакціями організму на певні чинники	3 випадкове поєднання в часі нейтрального й безумовного стимулів	3 кашель при потраплянні шматочка їжі у верхні дихальні шляхи



ТЕМА 10

РЕПРОДУКЦІЯ ТА ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ



§53. Репродуктивна система людини

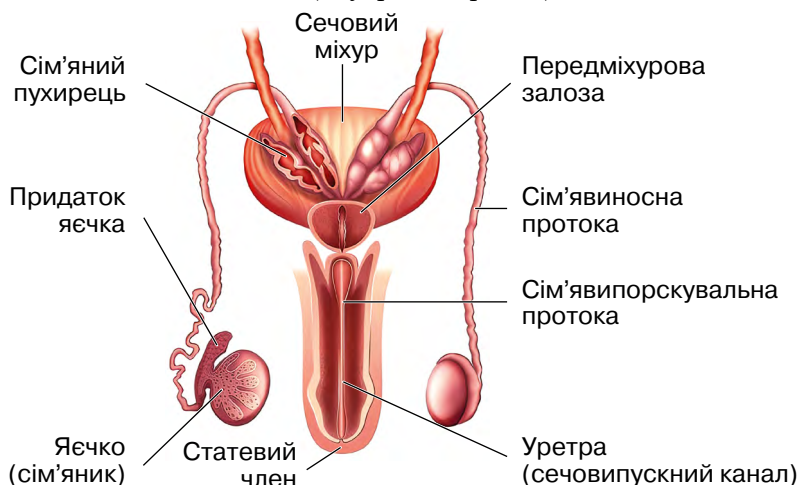


Розмноження людини забезпечується статевією системою. Чоловіки й жінки відрізняються за будовою й функціонуванням статевих органів.

Чоловіча статевіа система. У чоловіків до внутрішніх статевих органів відносять сім'яники, сім'явивідні протоки, передміхурову та деякі інші залози, уретру (іл. 217). Сім'яники, або яєчка — парні органи, що продукують сперматозоїди після статевіа дозрівання, а також утворюють статевіа гормони, зокрема тестостерон. Сім'яники розвиваються в черевній порожнині, а невдовзі після народження опускаються до шкірно-м'язового мішечка — мошонки. Сім'яники містять звивисті сім'яні канальці, які виходять із товщі яєчка й формують його придаток. Усі канальці впадають в одну протоку придатка. Ця протока переходить у сім'явиносну протоку. Біля сечового міхура стінки сім'явиносної протоки утворюють вирости, всередині яких розвиваються залозисті сім'яні пухирці. Поряд розміщуються передміхурова та куперова залози. Секрети сім'яних пухирців і зазначених залоз додаються до сперми. Сім'явиносна протока, зливаючись із протоками придаткових статевих залоз, утворює сім'явипорскувальну протоку, яка відкривається в уретру. Сформована сперма виноситься з організму крізь уретру.

До зовнішніх статевих органів відносять мошонку й статевий член. У ньому розрізняють корінь, тіло й головку. На верхівці головки розташований отвір уретри. Біля основи головки шкіра утворює складку —

Іл. 217. Чоловіча статевіа система (внутрішні органи)



Порівняйте будову статевої системи людини з будовою статевої системи хребетних тварин: окуня річкового, жаби ставкової, ящірки прудкої, голуба сизого й кроля дикого. У чому схожість і відмінності? Чим зумовлені відмінності?

крайню плоть. Статевий член забезпечує виділення сечі, а також уведення сперми в статеві органи жінки, що забезпечується ерекцією — набуханням статевого члена внаслідок наповнення кров'ю порожнин його печеристих тіл.

Жіноча статева система. До внутрішніх статевих органів організму жінки відносять яєчники, матку та піхву (іл. 218). Яєчники — невеликі парні органи округлої форми, що продукують яйцеклітини й утворюють жіночі статеві гормони. Яєчник складений з мозкової та кіркової речовини. У кірковій речовині містяться невеликі за розміром пухирці — фолікули. У них відбувається утворення яйцеклітин. У мозковій речовині проходять кровоносні судини та нерви. Яйцеклітини утворюються внаслідок поділу клітин, який починається ще до народження дівчинки. Завершення поділу відбувається після настання статевої зрілості. Матка — це м'язовий порожнистий орган. З одного боку вона сполучається з піхвою, з іншого — формує маткові (фалопієві) труби. Ці труби відкриваються в черевну порожнину отвором. Крізь нього яйцеклітини, що дозрівають у яєчнику, потрапляють до порожнини маткових труб.

До зовнішніх статевих органів відносять великі й малі соромітні губи, клітор і присінок піхви. Соромітні губи — це шкірні складки, що обмежують вхід до піхви. Між ними розташовується присінок піхви, куди відкривається отвір сечовипускного каналу. Дно присінка має сполучнотканинну мембрану — дівочу плівку. Після перших статевих зносин вона руйнується. Клітор розташований біля місця з'єднання малих соромітних губ. Він є гомологом чоловічого статевого члена й також має головку й печеристі тіла.

Іл. 218. Жіночі статеві органи (внутрішні органи)



1. Назвіть зовнішні й внутрішні органи чоловічої та жіночої статевої системи.
2. Схарактеризуйте функції та будову чоловічої статевої системи.
3. Схарактеризуйте функції та будову жіночої статевої системи.
4. Поясніть різницю між будовою чоловічої та жіночої статевих систем.

§54. Статеві клітини. Запліднення

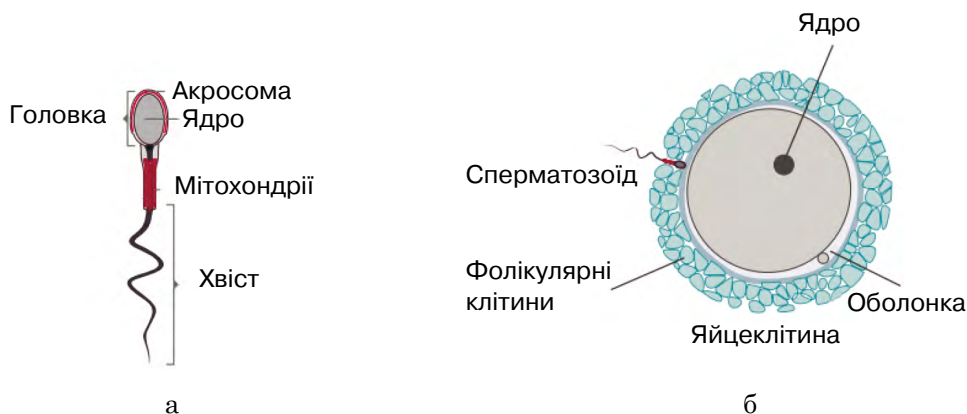


Ви вже знаєте, що найпоширенішим способом розмноження є статеве, яке пов'язане з обміном між різними особинами спадковою інформацією та здійснюється за участі спеціалізованих гаплоїдних гамет.

Будова статевих клітин. У більшості організмів виділяють різні за будовою чоловічі та жіночі статеві клітини (гамети). Їхньою особливістю є половинний (гаплоїдний) набір хромосом, що міститься в ядрах. Невеликі рухливі чоловічі статеві клітини називають сперматозоїдами. У людини сперматозоїд складається з головки, основну частину внутрішнього вмісту якої займає ядро, шийки та хвоста. Основою хвоста є джгутик, що забезпечує переміщення в просторі. У головці сперматозоїда є важлива мембранна органела — акросома. Вона заповнена ферментами, потрібними для розчинення захисних оболонок яйцеклітини (іл. 219, а). Жіночі статеві клітини називають яйцеклітинами. Вони містять багато цитоплазми, потрібної для забезпечення організму речовинами та енергією на ранніх стадіях ембріонального розвитку (іл. 219, б).

Формування статевих клітин. Процес утворення статевих клітин називають **гаметогенезом**. Формування чоловічих статевих клітин називають **сперматогенезом**. Із клітин-попередників сім'яних каналців сім'яників спочатку утворюються гаплоїдні клітини, які в процесі дозрівання утворюють акросому та хвіст. Зрілі сперматозоїди вивільняються в просвіт каналця.

Іл. 219. Будова статевих клітин людини: а — сперматозоїд; б — яйцеклітина, яка запліднюється

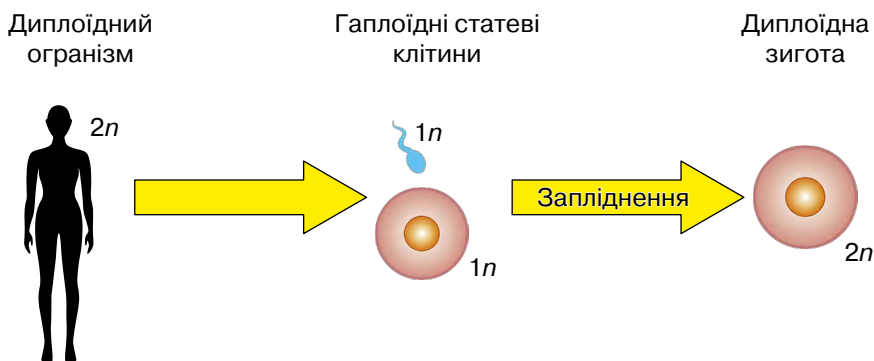


Пригадайте особливості будови гамет інших організмів.

Утворення яйцеклітин називають **оогенезом**. Поділ клітин-попередників та утворення гаплоїдних клітин розпочинається ще до народження майбутньої дівчинки. Дозрівання яйцеклітин і завершення поділу відбувається після настання статевої зрілості регулярно кожні 25–30 діб. Цей період називають **менструальним циклом**. Зазвичай за один цикл дозріває одна яйцеклітина. Вона виходить з фолікула та потрапляє до маткових труб — це називають **овуляцією**. Далі фолікул перетворюється на жовте тіло. Його клітини виробляють гормон прогестерон, що забезпечує підготовку організму жінки до майбутньої вагітності.

Запліднення. Формування нового організму відбувається в результаті злиття статевих клітин, яке називають **заплідненням**. У людини сперматозоїди під час статевого акту потрапляють до статевих шляхів жінки. За допомогою джгутика хвоста сперматозоїди рухаються до маткових труб. Якщо вони досягають яйцеклітини, то можуть запліднити її. Запліднення починається з акросомної реакції, коли сперматозоїд взаємодіє з прозорою зоною яйцеклітини. За допомогою вмісту акросоми розчиняються захисні оболонки, і сперматозоїд уводить у неї своє ядро. Після цього в мембрані яйцеклітини відбуваються зміни, що внеможливають злиття з нею іншого сперматозоїда. Гаплоїдні ядра яйцеклітини та сперматозоїда зливаються. З цього моменту клітина називається **зиготою** (іл. 220). Вона просувається за допомогою війкових клітин епітелію труб матки, де починається ембріональний розвиток нового організму, до її порожнини (§ 55). У процесі запліднення відновлюється диплоїдний набір хромосом, що важливо для підтримання сталості хромосомного набору виду.

Іл. 220. Зв'язок процесів гаметогенезу та запліднення



Кількість хромосом у гаплоїдному наборі в людини $n = 23$.



1. Дайте означення понять *гаметогенез*, *запліднення*.
2. Порівняйте особливості будови яйцеклітини та сперматозоїда.
3. Чим зумовлені відмінності в будові статевих клітин?
4. Поясніть процес гаметогенезу в людини.
5. Оцініть значення запліднення.

§55. Онтогенез. Ембріональний період розвитку людини

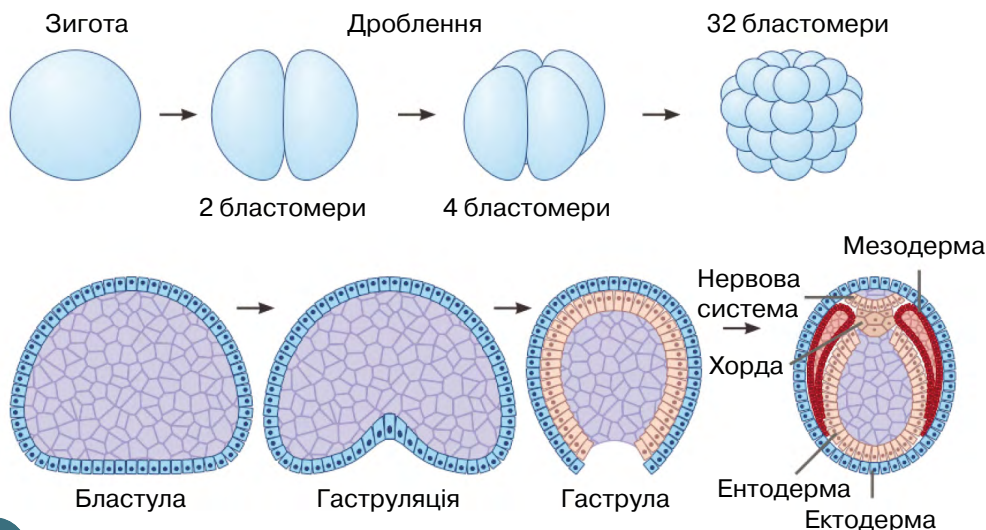


Видатний український педагог і письменник Василь Сухомлинський у своїй праці «Серце віддаю дітям» посилається на слова німецького поета Генріха Гейне: «Кожна людина — це світ, який з нею народжується і з нею вмирає. Під кожною могильною плитою лежить всесвітня історія». Дослідники й дослідниці в галузі біології сказали б, що мовиться про онтогенез.

В онтогенезі (індивідуальному розвитку) людини виділяють два періоди — ембріональний (ембріогенез) та постембріональний. Сукупність фізіологічних процесів, що супроводжують та забезпечують ембріональний розвиток, називають вагітністю.

Особливості ембріогенезу хордових тварин. Перший етап ембріонального розвитку називають дробленням. У цей час зигота послідовно ділиться. Особливість цього процесу полягає в тому, що утворені клітини (їх називають бластомерами) не збільшуються в об'ємі (іл. 221). Усі утворені клітини зазнають поділу водночас, а тому після першого поділу зародок складається з 2 бластомерів, далі їх стає 4, потім 8, 16 і т. д. Утворені бластомери зрештою розташовуються по периметру сфери. У цей час зародок складається з одного шару клітин, усередині якого є порожнина. Цю стадію називають бластулою, а процес її утворення — бластуляцією (іл. 221). На наступній стадії зародок стає двошаровим — частина бластомерів формує внутрішній шар. Це може відбуватися в різні способи,

Іл. 221. Етапи ембріогенезу хордових тварин



Підготуйте повідомлення про особливості ембріогенезу в людини.

один з яких — впинання частини зародка всередину. Цю стадію називають гастролою, а процес — гастрюляцією (іл. 221). Утворені шари клітин називають зародковими листками, зовнішній листок — ектодермою, внутрішній — ентодермою. Далі формується третій зародковий листок — мезодерма (іл. 221). Наступний етап розвитку називають органогенезом: формуються органи та системи органів. Різні зародкові листки дають початок різним частинам організму. З ектодерми розвиваються зовнішні покриви та нервова система, з ентодерми — травний канал і дихальна система, а клітини мезодерми утворюють скелет, м'язи та частину внутрішніх органів.

Вагітність. Вагітність у людини триває близько 280 діб. У ній виокремлюють три послідовні періоди: початковий, зародковий і плодовий.

Початковий період триває перший тиждень ембріонального розвитку. Перший поділ зиготи закінчується приблизно через 30 годин після запліднення. Надалі відбувається формування бластомерів, бластули та гастрюли. Зародок досягає порожнини матки за 5–7 діб. Далі він занурюється в епітелій матки (фаза імплантації). Частина клітин формує ембріобласт — частину зародка, з якої буде розвиватися безпосередньо плід. Інші клітини формують трофобласт — те, з чого розвиватимуться зародкові оболонки (іл. 222).

Зародковий період триває від початку другого й до закінчення восьмого тижня вагітності. На початку другого тижня розпочинається гастрюляція, на третьому — розвиток хорди, нервової трубки, серця

Іл. 222. Початковий період ембріогенезу людини (електронна мікрофотографія чотирьох бластомерів)



та мозку. Загалом до закінчення восьмого тижня завершуються основні події гістогенезу й органогенезу. Одна з ембріональних оболонок (амніон) формує заповнений рідиною пухир, у якому розташований зародок. Інша (хоріон) утворює важливий орган — плаценту.

Плодовий період починається з дев'ятого тижня вагітності та завершується народженням. Зародок на цій стадії називають плодом. У цей час плід посилено росте й живиться за допомогою плаценти (іл. 223). Окрім того, плацента захищає плід від проникнення багатьох токсичних речовин і більшості хвороботворних мікроорганізмів. Однак через плаценту можуть проникати деякі віруси (наприклад ВІЛ), бактерії (збудники сифілісу тощо), одноклітинні (токсоплазма тощо) та багатоклітинні (різні види гельмінтів) паразитичні тварини. Отже, захист плода материнським організмом не є абсолютним.

Наприкінці другого місяця довжина плода зростає до 20–25 мм — майже половина довжини тіла припадає на голову; формуються риси обличчя, повіки, ніс, губи, очні западини, кінцівки, розпрямляється спина. У цей час, якщо клітини ембріона містять Y-хромосому, розпочинається формування плода за чоловічим типом. Наприкінці третього місяця розвиваються пальці.

Упродовж шостого та сьомого місяців тривають ріст і збільшення маси. На п'ятому місяці плід починає рухатися. З початку останнього, дев'ятого місяця вагітності остаточно встановлюються пропорції плода. Перед пологами (38–40-й тиждень зародкового розвитку) доношений плід має довжину близько 45–60 см і масу 2,5–4 кг.

Іл. 223. Плодовий період ембріогенезу людини (плід, що росте й живиться за рахунок плаценти)



Обґрунтуйте необхідність відповідального ставлення майбутньої матері до свого здоров'я під час вагітності.

Під час розвитку існує небезпека передчасного переривання вагітності внаслідок дії несприятливих чинників. Зародок людини найбільш чутливий до негативних впливів на 7–8-му днях ембріогенезу, коли зародок занурюється в слизову стінку матки (перший критичний період). Другий критичний період — це час розвитку плаценти (3–10-й тиждень зародкового розвитку, який збігається з періодом формування зачатків органів). В останні два місяці зростає ризик передчасних пологів (іл. 224).

Пологи. Після закінчення цього строку в крові починає підвищуватися концентрація гормону задньої частки гіпофіза — окситоцину, який стимулює скорочення гладеньких м'язів матки та збільшує ступінь розтягання стінок піхви. Скорочення м'язів матки спричинює просування плоду з матки до виходу зі статевих шляхів. У нормі такий рух відбувається головою плода вперед.

Після повного виходу немовляти з материнського організму перерізають пуповину, унаслідок чого припиняється постачання організму новонародженого киснем і видалення вуглекислого газу. Концентрація останнього поступово підвищується і спричинює стимуляцію дихального центру, що рефлекторно викликає перший вдих. Перше розширення тканини легень пов'язане з больовими відчуттями, тому після першого вдиху дитина починає кричати. Запуск власного дихання є критичним моментом, який визначає життєздатність немовляти. Після народження дитини матка починає скорочуватися знову й виштовхує плаценту з ембріональними оболонками.

Іл. 224. Вагітність



1. Дайте означення понять *онтогенез*, *ембріогенез*.
2. Опишіть етапи ембріогенезу хордових тварин.
3. Схарактеризуйте періоди вагітності людини.
4. Опишіть, як відбуваються пологи в людини.

§56. Постембріональний період розвитку людини



Український поет і журналіст Василь Симоненко у вірші «Можна» 1956 року стверджував: «Можна жити, а можна існувати, можна думати — можна повторять». Це філософська думка, яка торкається людського вибору та сенсу життя.

Постембріональний період розвитку людини поділяється на декілька етапів (іл. 225), які характеризуються низкою змін в організмі.

Новонароджені. Новонароджена дитина лише частково пристосована до самостійного життя. У неї не повністю сформовані основні сенсорні системи, вона здатна сприймати лише обмежену кількість подразників — звуки, запахи, дотики. Також немовля не здатне до самостійного пересування. Виживання дитини цілком залежить від батьківського піклування (іл. 226). Новонароджені живляться материнським молоком, із яким надходять необхідні речовини та антитіла, що формують пасивний природний імунітет. Він починає формуватися ще до народження крізь плаценту. На момент народження травний тракт не є повністю стерильним, оскільки бактерії проникають до нього ще в утробі матері.

Грудний вік. Під час грудного періоду розвитку зріст дитини збільшується в 1,5–2 рази (на 23–25 см), а маса — втричі. Грудна дитина більшу частину часу спить, прокидаючись для годування. У шестимісячному віці починають прорізатися перші зуби. Зі збільшенням маси тіла збільшується й потреба в їжі, тому лише материнського молока не вистачає. Дитину починають підгодовувати.

Іл. 225. Етапи постембріонального періоду розвитку людини

Етапи	Вік
Новонароджені	1–10 діб
Грудний вік	10 діб — 1 рік
Дитинство	1–12 років
Підлітковий вік	12–16 років (хлопці), 12–15 років (дівчата)
Юнацький вік	17–21 (юнаки), 16–20 (юнки)
Зрілий вік	22–60 (чоловіки), 21–55 (жінки)
Похилий вік	61–74 (чоловіки), 56–74 (жінки)
Старечий вік	74–90 років
Довгожителі	Від 90 років

У цей момент відбувається перебудова функціонування травної системи, а подальше заселення симбіотичними мікроорганізмами може призводити до розладів травлення. Відбуваються ускладнення в будові опорно-рухового апарату. Хрящова тканина, яка формує значну частину скелета на момент народження, здебільшого заміщується на кісткову (цей процес триває до пізнього підліткового віку). У черепі новонародженої дитини відсутні шви, а кістки з'єднані з допомогою тім'ячок — сполучно-тканинних проміжків між кістками. Це необхідно для полегшення проходження голови через пологові шляхи. Протягом грудного періоду відбувається заростання тім'ячок. На момент народження дитина не здатна добре бачити, що зумовлено функціональною несформованістю мозкової частини зорової сенсорної системи. Поступово ця здатність покращується.

Дитинство. У цей період відбувається подальший ріст і розвиток організму. Діти починають самостійно ходити, навчаються сприймати мову інших людей і говорити самостійно. У процесі накопичення досвіду ускладнюється їхня поведінка.

Підлітковий та юнацький вік. Із початком статевого дозрівання діти переходять у підлітковий вік. Статеве дозрівання дівчаток починається раніше, ніж хлопців (іл. 227). Його причиною є збільшення секреції гіпофізом гонадотропних гормонів, які стимулюють виділення статевими залозами статевих гормонів. Розрізняють первинні та вторинні статеві ознаки. Первинні статеві ознаки визначають належність людини до однієї з двох статей, до них відносять зовнішні та внутрішні статеві органи. Вторинні статеві ознаки також відрізняють представників двох

Іл. 226. Батьківське піклування про новонародженого



Національний банк України 1 березня 2024 року випустив унікальну пам'ятну монету із зображенням немовляти. Назва монети «Батьківське щастя». На аверсі розмістили зображення ніжок немовляти в долонях батьків. Також на монеті є напис «Україна», Герб та рік випуску, де замість цифри «0» зобразили серце. На реверсі зобразили малюка в пелюшках, який спить зі своїми іграшками на подушках-хмаринках.

статей, проте не є необхідними для виконання статевої функції. До них належать загальна форма тулуба (у хлопців більш широкими є плечі, натомість у дівчаток — стегна), форма грудей (у дівчаток більш розвинуті молочні залози), характер зволосіння тіла (волосся є більш густим у чоловіків, на обличчі розвивається борода, часто наявний волосяний покрив у нижній частині живота й на грудях), у чоловіків формується кадик.

Послідовність процесів, пов'язаних зі статевим дозріванням у дівчаток, є такою: ріст молочних залоз; поява волосся на лобку; поява волосся в пахвовій ділянці; відбувається менархе. У хлопців послідовність подій є такою: збільшення в розмірі сім'яників; зволосіння лобка; збільшення в розмірі статевого члена; поява еякуляцій; поява волосся в пахвовій ділянці, на ногах; поява волосся на обличчі; відбувається мутація голосу через зміну гортані під впливом гормонів. Настання повної статевої зрілості свідчить про закінчення юнацького віку. Усі системи вже є сформованими, як у дорослої людини.

Зрілий вік. У цьому віці може тривати формування вторинних статевих ознак. Для багатьох чоловіків характерним є зменшення волоссяного покриву на голові, що пов'язано з дією тестостерону. Саме в цей період людина реалізується в професії, будує сім'ю тощо.

Похилий вік. У цьому віці починаються процеси старіння. У цей час поступово згасає статева функція — цей стан організму називається клімаксом. Припинення гормональної циклічності в організмі жінок може призводити до розладів у функціонуванні різних фізіологічних

Лл. 227. Показники зросту й маси тіла підлітків

Вік	Хлопці		Дівчата	
	зріст, см	маса тіла, кг	зріст, см	маса тіла, кг
11 років	128–161	26–55	130–160	25–52
12 років	130–173	29–61	134–171	26–64
13 років	140–178	31–70	143–173	30–72



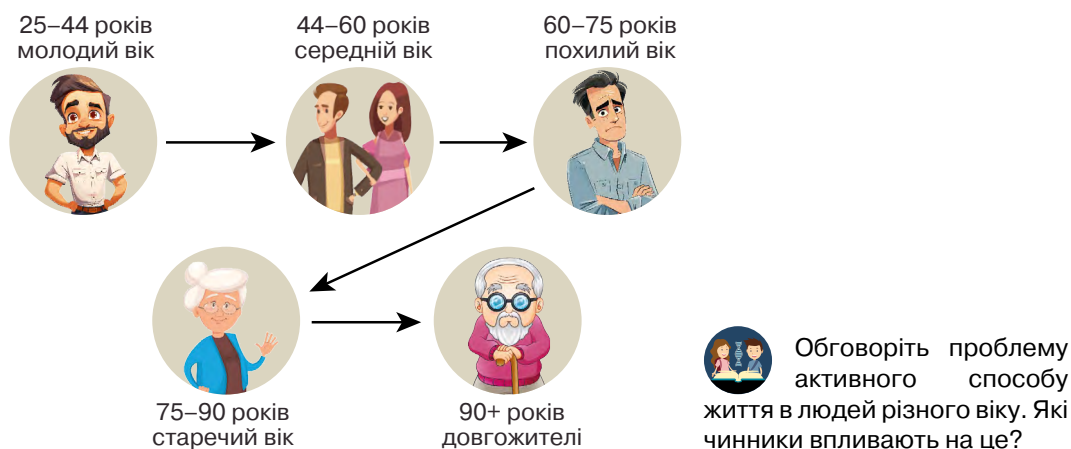
Проаналізуйте дані, наведені в таблиці. У чому полягає різниця в зрості та масі тіла між дівчатами й хлопцями в підлітковому віці? Із чим це може бути пов'язано?

систем. У процесі старіння зменшується ефективність імунної системи, організм стає більш уразливим до різних хвороб. Знижується ефективність роботи багатьох органів, що пояснюється загибеллю їхніх клітин. Сполучні тканини частково втрачають еластичність, порушується структура шкіри, пружність кровоносних судин.

Старечий вік. Старіння може супроводжуватися розвитком хвороб старечого віку. Збільшується ймовірність розвитку інфаркту, інсультів, атеросклерозу, гіпертонії, хвороби Паркінсона (розлад рухової діяльності) та Альцгеймера (розумова слабкість) тощо. Ступінь згасання функціонування організму людини похилого віку залежить від стану організму в дорослому віці, а також способу життя (іл. 228).

Описані незворотні зміни в організмі так чи інакше призводять до смерті людини. Розрізняють клінічну й біологічну смерть. Клінічна смерть характеризується зникненням видимих проявів життя: зупинкою серцебиття, дихання, деяких безумовних рефлексів, втратою свідомості. Критичним моментом у поверненні з цього стану є запуск дихання й кровообігу, що досягається штучним диханням, масажем або штучною електричною стимуляцією серця. Якщо це вдалося зробити протягом 4–6 хвилин, людина може повернутися до життя. В іншому випадку в клітинах організму відбуваються незворотні процеси. Насамперед це стосується нервової системи, оскільки нейрони не мають власних запасів поживних речовин, а рівень їхніх обмінних процесів дуже інтенсивний. Після загибелі нервової системи відновлення життєдіяльності організму стає неможливим, і настає біологічна смерть.

Іл. 228. Вікова класифікація відповідно до Всесвітньої організації охорони здоров'я



1. Які особливості новонароджених? 2. Опишіть зміни в дітей грудного віку. 3. Які особливості дитини віком 1–12 років? 4. Які зміни відбуваються в підлітковому віці? 5. Схарактеризуйте особливості юнака та юнки. 6. Порівняйте людей зрілого, похилого та старечого віку. 7. Що таке клінічна смерть і біологічна смерть?

§57. Репродуктивне здоров'я



Репродукція є важливим аспектом життя людини. Відтворення чисельності населення та підтримання його вікової структури є запорукою стабільного розвитку суспільства (іл. 229).

Особливості репродукції людини. Соціальна природа людини вносить істотні корективи у вроджені біологічні програми розмноження. Ви вже знайомі з багатьма їхніми аспектами: гаметогенез, функціонування статевих органів, запліднення, ембріональний розвиток і народження. Репродуктивну поведінку контролюють статеві гормони, які активують вроджену поведінку. Проте в людини ці механізми не мають безумовної пускової функції, вона здатна стримувати сексуальний потяг залежно від умов оточення. Іншим важливим аспектом є здатність людини контролювати народжуваність. Сексуальні стосунки є важливим аспектом людського життя, але не завжди скеровані на зачаття дитини, чому можуть бути найрізноманітніші причини. Існує багато способів запобігти небажаній вагітності, що називають контрацепцією. Найбільш доступним і популярним є використання презерватива, проте у світі перше місце поміж методів контрацепції за поширеністю займають гормональні контрацептиви, як-от оральні контрацептиви та внутрішньоматкові засоби (спіралі). Також людина здатна коригувати проблеми з вагітністю чи пологами за допомогою медицини, завдяки успіхам якої за останні 25 років смертність під час пологів знизилася на 44%.

Іл. 229. Зображення статуетки Венери Віллендорфської (24–22 тис років до н.е.)



Репродуктивна функція мала велике значення для виживання людства в давні часи. У фігурки відсутні риси обличчя, проте акцентована увага на статевій приналежності. Припускають, що ця статуетка слугувала символом родючості.

Порушення процесів репродукції. Буває так, що в людей виникають проблеми із зачаттям і народженням дитини. Цьому може бути низка причин. У жінок ними можуть бути непрохідність маткових труб, гормональні розлади, які призводять до порушення овуляції або ж імунологічна несумісність, коли імунна система виробляє антитіла проти сперматозоїдів, унеможливаючи їхнє функціонування. У чоловіків безпліддя може бути зумовлене порушеннями сперматогенезу, дефектами формування джгутика, через що сперматозоїди втрачають здатність рухатися, а також іншими розладами. Такі проблеми часто можна розв'язати за допомогою досягнень сучасної медицини.

Репродуктивне здоров'я. Здоров'я репродуктивної системи має важливе значення не лише для розмноження. Значну кількість фізіологічних процесів регулюють статеві гормони, а тому репродуктивне здоров'я є запорукою тривалого нормального функціонування організму загалом (іл. 230). Зовнішні статеві органи мають чутливі слизові оболонки, тому за їх гігієною необхідно ретельно слідкувати.

Значну проблему становлять хвороби, які передаються під час статевого контакту, збудниками яких можуть бути віруси (ВІЛ у випадку СНІДу, герпесвірус — генітального герпесу тощо), бактерії (гонокок у випадку гонореї, бліда спірохета — сифілісу, хламідії — хламідіозу), гриби (*Candida albicans* у випадку кандидозу) або найпростіші (трихомонади). Наслідками цих хвороб можуть бути втрата сексуальної функції (імпотенція), безпліддя й системні захворювання, які можуть закінчитися смертю. Варто зауважити, що багато інфекцій можуть бути безсимптомними, що підвищує ризик їхнього поширення.

Іл. 230. Підтримка репродуктивного здоров'я — запорука здорової вагітності



Які чинники впливають на репродуктивне здоров'я людини?

Для профілактики потрібно слідкувати за своїм сексуальним життям: уникати випадкових статевих контактів, завжди користуватися презервативом, який у багато разів зменшує ризик передавання збудника. Варто зауважити, що багато захворювань, які передаються статевим шляхом, мають тривалі приховані періоди, під час яких видимих симптомів ще немає, але ймовірність передавання збудника (зараження) є високою. Тому використання презерватива повинно бути обов'язковим елементом статевого життя.

Репродуктивна медицина. Ця галузь медицини в останні роки здобула велику популярність, оскільки щораз більше пар не може самостійно зачати дитину та вдається до допомоги медиків. Репродуктивна медицина — це комплекс медико-біологічних знань і досвіду, спрямований на розв'язання проблеми дітонародження та планування сім'ї. Наразі репродуктивна медицина зробила крок уперед, завдяки чому з'явилися новітні методики, спрямовані на реалізацію репродуктивної функції пар, які не можуть зачати дитину природним шляхом. Доречно розглянути декілька сучасних методів репродуктивної медицини.

Метод екстракорпорального запліднення (ЕКЗ) полягає в тому, що в жінки за допомогою спеціальної гормональної терапії провокують вироблення яйцеклітин, які витягують і запліднюють у сприятливих умовах за допомогою сперми її чоловіка або донора. Надалі отриманий ембріон вводять у порожнину матки, що вможливорює вагітність (іл. 231).

Заморожування ембріонів необхідно для повторного ЕКЗ. Наприклад, досить часто трапляються випадки, коли перше ЕКЗ не закінчується вагітністю.

Іл. 231. Сучасні методи репродуктивної медицини (екстракорпоральне запліднення)



Створіть просвітницький проект «Успіхи репродуктивної медицини в Україні».

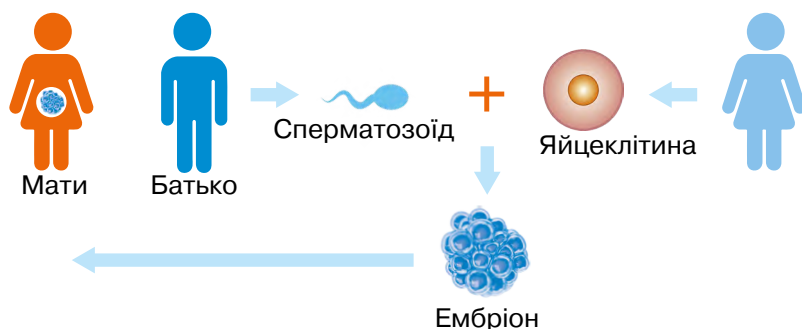
Щоб не піддавати жінку гормональній терапії зайвий раз, під час першого ЕКЗ в неї беруть кілька яйцеклітин, які запліднюють. Лише два ембріони впроваджують у порожнину матки за екстракорпорального запліднення, решта проходять криозамороження для можливого повторного ЕКЗ. Проте використання ембріонів, що залишаються після ЕКЗ, викликає етичні дискусії. Крім того, є ризики, пов'язані з успішністю імплантації після криозамороження.

Сурогатне материнство застосовують тоді, коли жінка не може виносити дитину. Зокрема, коли в жінки трапляються часті викидні. Сутність методу полягає в тому, що сурогатній матері вводять у порожнину матки ембріон, який вона виношує. Прийняття рішення про використання цього методу репродуктивної медицини вимагає згоди обох із подружжя.

Донорство яйцеклітини необхідне в тих випадках, коли організм жінки з якоїсь причини не може продукувати власні яйцеклітини або ж вони не дозрівають. Яйцеклітина від здорової жінки-донора дає можливість жінці виносити й народити дитину (іл. 232).

Банк донорської сперми існує практично в кожній клініці репродуктивної медицини. У ньому виникає необхідність, якщо чоловік абсолютно безплідний. Наразі тривають дискусії навколо соціальних аспектів, переважно так званого права плода на життя. Це зумовлено тим, що багато сучасних технологій пов'язані з використанням тканин ембріона й плода. Прикладом втручання в процес внутрішньоутробного розвитку є методики, використовувані під час ЕКЗ.

Іл. 232. Донорство яйцеклітини



Висловіть власне ставлення щодо біологічних і соціальних аспектів регулювання розмноження людини.



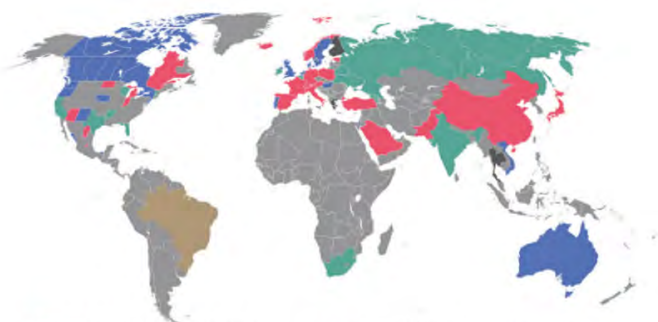
1. Дайте означення понять *репродуктивне здоров'я*, *репродуктивна медицина*.
2. Поясніть особливості репродукції людини.
3. Які причини порушення репродуктивної функції?
4. Які чинники впливають на репродуктивне здоров'я людини?
5. Схарактеризуйте сучасні методи репродуктивної медицини.

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Сурогатне материнство має етичні та юридичні аспекти. Розрізняють дохідну й альтруїстичну її форми. Дохідне, або комерційне сурогатне материнство передбачає винагороду за те, що жінка виношує та народжує біологічно чужу їй дитину. Альтруїстична, або некомерційна форма сурогатного материнства має на меті безоплатну допомогу жінкам, які з тих чи інших причин не можуть самостійно виносити дитину. Зважаючи на надзвичайну важливість завдання, сурогатні матері мають бути здоровими не лише фізично, а й психічно, крім того, у них повинні бути свої діти.

У світі існують різні підходи до законодавчого врегулювання питання сурогатного материнства, які відображено на карті (див. рисунок).



- Обидві форми: дохідна та альтруїстична є законними
- Немає правового регулювання
- Тільки альтруїстична форма є законною
- Дозволена між родичами до другого ступеня споріднення
- Заборонена
- Немає регуляції / невизначена ситуація

Завдання 1. Учень й учениця обговорювали наведену інформацію.

Учень стверджував, що альтруїстична форма передбачає винагороду. Учениця зауважила, що вимогою до сурогатного материнства є лише фізичне здоров'я жінки. Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обое мають рацію
- Г обое помиляються

Завдання 2. Яке з поданих тверджень можна сформулювати внаслідок аналізування наведеної на карті інформації?

- А сурогатне материнство заборонене в Австралії
- Б у Канаді законною є дохідна форма сурогатного материнства
- В законною в Україні є лише альтруїстична форма сурогатного материнства
- Г невизначеною щодо сурогатного материнства є ситуація в більшості країн Африки

Завдання 3. Висловіть власне ставлення щодо сурогатного материнства як методу регулювання розмноження людини.

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



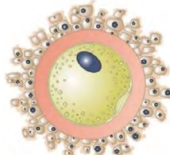
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. На рисунку зображено
 - А нейрон
 - Б остеоцит
 - В яйцеклітину
 - Г сперматозоїд
- 
2. Одношаровий зародок із порожниною всередині, який утворюється під час ембріогенезу, називають
 - А зиготою
 - Б бластулою
 - В гастрولوю
 - Г нейрулою
 3. Як називають процес злиття статевих клітин?
 - А вагітність
 - Б імплантація
 - В запліднення
 - Г запліднення
 4. Вірусне захворювання, що передається статевим шляхом, — це
 - А сифіліс
 - Б гонорея
 - В хламідіоз
 - Г ВІЛ-інфекція
 5. Як називають процес прикріплення зародка до слизової оболонки матки?

А пологи	В імплантація
Б запліднення	Г трансплантація
 6. Статеве дозрівання організму людини відбувається в період

А 1–3 роки	В 8–18 років
Б 4–7 років	Г 18–30 років

Тестові завдання з однією відповіддю (1 бал)

7. Проаналізуйте твердження щодо зображеної статевої клітини організму людини.
 - І. Зображена клітина утворюється в організмі жінки.
 - ІІ. Ця клітина містить гаплоїдний набір хромосом.
 Чи є поміж них правильні?
 - А правильне лише І
 - Б правильне лише ІІ
 - В обидва правильні
 - Г немає правильних
- 

8. З ектодерми розвивається
 А нервова система
 Б дихальна система
 В травний канал
 Г скелет і м'язи
9. У репродуктивній медицині застосовують метод
 А енцефалографії
 Б мічених атомів
 В ЕКЗ
 Г ПЛР

Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

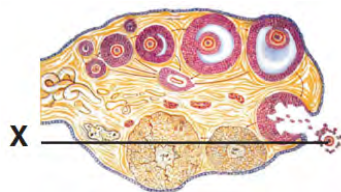
10. Проаналізуйте твердження щодо зображеного на рисунку органа.

I. На рисунку зображено яєчник.

II. Буквою X позначено дозрілий сперматозоїд.

Чи є з-поміж них правильні?

- А правильне лише I
 Б правильне лише II
 В обидва правильні
 Г немає правильних

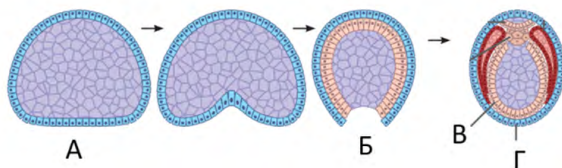


11. Прочитайте речення: «Сім'яники — парні органи, що продукують (1), а також утворюють статеві гормони, зокрема (2)». Правильні варіанти для заповнення пропусків, позначених цифрами 1–2, наведено в рядку

- А 1 — яйцеклітини, 2 — тироксин
 Б 1 — сперматозоїди, 2 — тестостерон
 В 1 — сперматозоїди, 2 — мелатонін
 Г 1 — яйцеклітини, 2 — окситоцин

Тестове завдання з однією відповіддю в кожному стовпчику (3 бали)

12. Роздивіться рисунок, на якому зображено деякі етапи ембріогенезу. Укажіть правильні твердження.



Буквою А
позначено

Гаструлу
позначено буквою

Поділ клітин шару,
який позначено буквою Г,
забезпечує утворення

- 1 бластулу
2 гастралу
3 нейрулу

- 1 Б
2 В
3 Г

- 1 покривів тіла
2 кісток та м'язів
3 органів травлення

§58. Людина — біосоціальна істота



Сучасне людство належить до одного біологічного виду Людина розумна (*Homo sapiens*), роду Людина, родини Гомініди, ряду Примати, класу Ссавці. До родини гомінідів також належать сучасні людиноподібні мавпи — орангутанги, горили, шимпанзе, а також деякі вимерлі форми людей. Процес еволюційного розвитку нашого виду називають антропогенезом.

Характерні особливості людини. Які характеристики вважають притаманними переважно людині? Учені виокремлюють кілька таких ознак, і розвиток деяких з них можна простежити шляхом аналізування викопних решток. Це прямоходіння, розвинений головний мозок, пристосована для виготовлення та використання знарядь праці кисть руки, щелепи з невеликими зубами й невиразними іклами, а також втрата густого волосяного покриву на більшій частині шкіри.

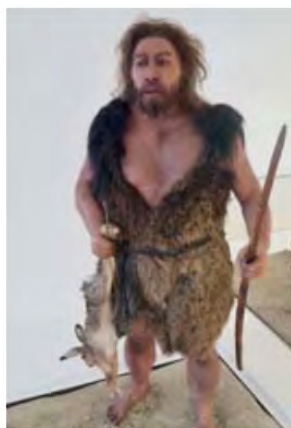
Етапи виникнення людини. Науці відома велика кількість викопних знахідок давніх гомінідів. Були види, які з часом поступово перетворювалися на інші, деякі види могли давати початок різним лініям. Одна з них привела до появи сучасної людини, інші — до сучасних людиноподібних мавп, багато видів із часом вимерли. Ми опишемо лише основні етапи антропогенезу, які сьогодні не викликають заперечень у більшій частині наукової спільноти.

Виникнення родини гомінідів розпочалося 18–15 млн років тому з тварин, до яких належав проконсул (іл. 233). Це був примат, що мешкав

Іл. 233. Реконструкція тіла проконсула (а) та одного з перших людей сучасного типу (б)



а



б

у тропічних лісах Африки й поєднував у будові риси мартішкових мавп і гомінідів. Проконсулів вважають спільними предками людини, людиноподібних мавп і вимерлих предків і родичів роду Людина.

На еволюційному шляху до предків людини відомо кілька докладно описаних викопних видів, зокрема сахелантропи, орорин, ардипітеки. Усі зазначені види мешкали на території Африки й мали проміжну будову тіла між мавпами та людиною. Вони були здатні до прямоходіння, але завдяки будові стоп і кистей рук значну частину часу проводили на деревах. Наступні етапи розвитку пов'язані з нащадками ардипітеків. Австралопітек афарський (3,9–2,9 млн років тому) мав «мав'ячий» череп з невеликим мозком і подібний до людського скелет інших частин тіла. Удень австралопітеки кочували саваною, а вночі ховалися на деревах. Одна з гілок розвитку австралопітеків дала початок лінії роду Людина.

Розвиток роду Людина. Одним із ранніх представників роду Людина є Людина рудольфійська (Кенія, 2,3–1,5 млн років тому). Визначним етапом антропогенезу став початок виготовлення людиною знарядь праці з каменю. Це визначило назву наступного представника еволюційного літопису — Людина вміла (Африка, 2,3–1,5 млн років тому). Відтоді в лінії людей починається стрімке збільшення об'єму головного мозку. Дещо пізніше існувала Людина працююча (Африка, 1,8–1,4 млн років тому) — це перші люди, які опанували використання вогню. Їхнім нащадком стала Людина прямоходяча (*Homo erectus*, 1,8–0,8 млн років тому). Вони були першими людьми, які прийшли з Африки до Азії та Європи. Унаслідок еволюції Людини прямоходячої виникла Людина

Іл. 234. Реконструкції голови деяких викопних гомінідів, що їх було зроблено на основі будови кісток черепа



Сахелантроп

Австралопітек

Людина
прямоходячаЛюдина
неандертальська

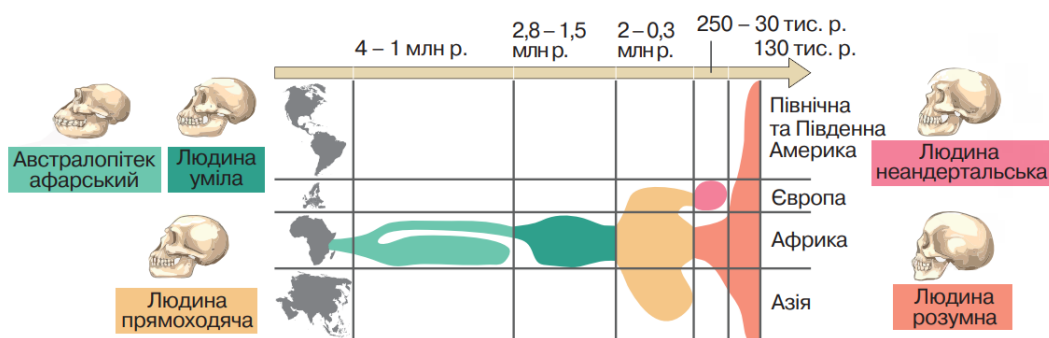
Простежте зміни в будові черепа, що відбулися в еволюції людини.

гейдельберзька, яка мешкала в Африці, Європі та Західній Азії (800–130 тис. років тому). Це перші люди, які почали ховати своїх мерців, тобто мали порівняно складні соціальні ритуали. Унаслідок еволюції гейдельберзької людини в Європі виник вид Людина неандертальська (230–28 тис. років тому), який згодом поширився в Азії. Відомі стоянки неандертальців і на теренах України. Раніше вважалося, що неандертальці були прямими предками сучасної людини, наразі цей погляд вважають хибним.

Вид Людина розумна виник унаслідок еволюції гейдельберзьких людей Африки. Найдавніші кістяки людей із сучасною будовою датують 200 тис. років тому, їх було знайдено на території Ефіопії. Унаслідок збільшення кількості й розселення популяцій люди почали мігрувати з Африки й розселятися в Європі та Азії.

Чинники антропогенезу. Еволюція людини відбувалася під дією біологічних і соціальних чинників. До соціальних чинників антропогенезу відносять працю, суспільний спосіб життя, розвинену свідомість і мову. На пізніших етапах становлення людини їм належала провідна роль. Найважливіший чинник еволюції людини — праця. Упродовж життя багатьох поколінь унаслідок природного добору зберігалися особини зі спадковими змінами, що сприяло прямоходінню. Прямоходіння спричинило вивільнення руки. Розвинена рука вможливила виготовлення людиною примітивних знарядь праці. Спільна трудова діяльність сприяла об'єднанню членів колективу, що потребувало спілкування за допомогою слів. Вид Людина розумна (*Homo sapiens*) залишився єдиним представником роду на планеті.

Іл. 235. Узагальнена схема еволюції людини



1. Дайте означення поняття *антропогенез*.
2. Які ознаки відрізняють людину від інших приматів?
3. Опишіть основні етапи розвитку виду Людина розумна.
4. Чому людину вважають біосоціальною істотою?

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Нобелівська премія та антропогенез

Людство завжди цікавилося своїм походженням. Чим ми, *Homo sapiens*, відрізняємося від інших споріднених видів? Багато інформації щодо цих питань надавали нам класичні дослідження кісток і місць стоянок давніх людей. Проте шведський науковець Сванте Паабо значно вдосконалив методи занурення в минуле нашого родоводу. За дослідження еволюції людини вчений здобув Нобелівську премію 2022 року в галузі фізіології або медицини.



Спочатку з невеликого шматка кістки неандертальця (вимерлого виду) ученому вдалося вилучити й вивчити будову його мітохондріальної ДНК, а згодом — будову ядерної ДНК. Порівняльний аналіз показав, що останній спільний предок неандертальців і *Homo sapiens* жив близько 800 000 років тому. Крім того, особливості будови ДНК неандертальців були більше схожі на будову цієї молекули сучасних людей з Європи чи Азії, ніж на сучасних людей з Африки. Це означає, що неандертальці та *Homo sapiens* схрещувалися протягом тисячоліть співіснування.

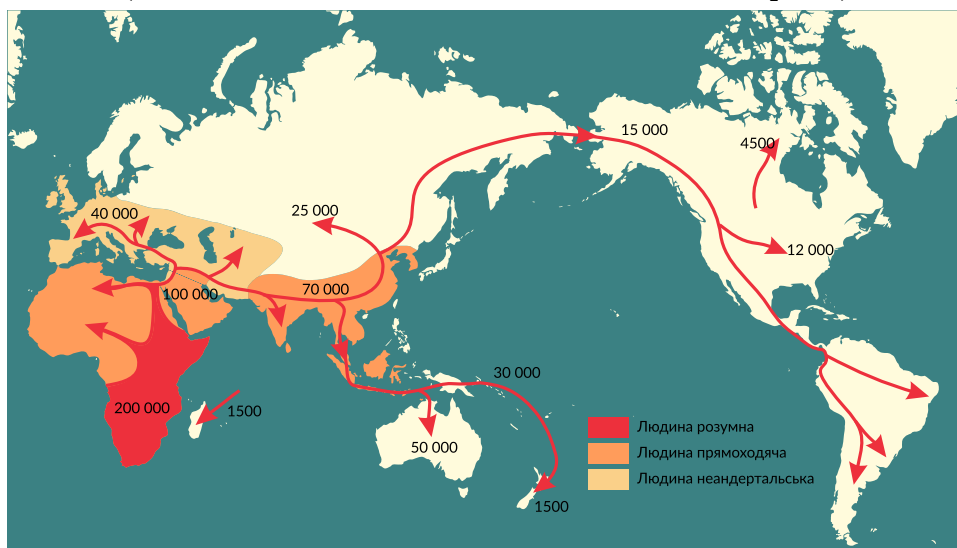
Надалі науковець зробив ще одне сенсаційне відкриття. У 2008 році в Денисовій печері на півдні Сибіру виявлено уламок кістки пальця віком 40 000 років. Кістка містила добре збережену ДНК, яку команда Паабо розшифрувала. Отже, було відкрито ще одну загадкову лінію людей, які отримали назву «денисівці». Результати порівняння спадкової інформації денисівців і сучасних людей також вказували на те, що ці види схрещувалися і давали потомство.

Відкриття Паабо стали основою для нового розуміння еволюційної історії людей. У той час, коли *Homo sapiens* мігрував з Африки, принаймні дві вимерлі популяції гомінінів (підродина) населяли Євразію. Неандертальці жили на заході Євразії, натомість денисівці населяли східні частини материка. Під час міграції *Homo sapiens* за межі Африки вони не лише стикалися з іншими гілками людського родоводу, а й схрещувалися з ними.

Перша спроба виходу Виду Людина розумна на Близький Схід майже 125 тис. років тому була невдалою через конкуренцію з панівними на той час неандертальцями. Успішною виявилася друга спроба, що поча-

лася близько 75 тис. років тому. Людина розумна досягла Південної Азії (50 тис. років тому), Австралії (46 тис. років тому), Європи (43 тис. років тому), Східної Азії (30 тис. років тому). Дата початку заселення Америки є спірною, її відносять до діапазону 30–14 тис. років тому. Конкуренція з неандертальцями на територіях спільного проживання призвела до вимирання останніх.

Карта міграції виду Людина розумна
(числа позначають час відповідних хвиль міграції)



Завдання 1. Учень й учениця обговорювали наведену інформацію. Учень стверджував, що під час досліджень використовували здобутки в галузі генетики й молекулярної біології. Учениця зауважила, що досліджували молекули ДНК вимерлих організмів. Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

Завдання 2. Яке з поданих тверджень можна сформулювати внаслідок аналізування наведеної інформації?

- А Неандертальці довгий час мешкали на території Африки
- Б Безпосередніми предками сучасної людини є неандертальці
- В Вид *Homo sapiens* виник і певний час жив на території Африки
- Г На час міграції *Homo sapiens* до Євразії неандертальці вже вимерли

Завдання 3. Підготуйте повідомлення про відкриття шведського науковця Сванте Паабо.

Чи досягнуто результатів навчання?



Тема 1–4

Досліджую природу

1. Під час проведення дослідження в полі зору оптичного мікроскопа було виявлено зайву хромосому в ядрах клітин організму людини. Який метод було застосовано?

А мікробіологічний
 Б цитологічний
 В гістологічний
 Г біохімічний

2. Ознайомтеся з переліком етапів наукового дослідження.

1 — планування дослідження
 2 — формулювання гіпотези дослідження
 3 — аналізування результатів дослідження
 4 — проведення експерименту

Правильна послідовність етапів наведена в рядку

А 2 – 1 – 4 – 3
 Б 3 – 4 – 2 – 1
 В 1 – 2 – 3 – 4
 Г 1 – 3 – 4 – 2

3. На уроці учень досліджував будову головного мозку за допомогою моделі й визначив назви його відділів. Проаналізуйте відповіді учня (I, II).

I. Позначений цифрою 1 відділ учень назвав 1
 стовбуром мозку.

II. Відділ, позначений цифрою 2, учень назвав 2
 довгастим мозком.



Чи є поміж них правильні?

А правильна лише I
 Б правильна лише II
 В обидві правильні
 Г немає правильних

4. Енергетична цінність (кДж) зображеного на рисунку харчового продукту —

А 11,1
 Б 247
 В 494
 Г 1123

Йогурт 100 г

У 100 г:
 білків — 3,7 г
 жирів — 2,5 г
 вуглеводів — 4,9 г

5. На уроці учні й учениці провели такий експеримент: до склянки із суспензією крохмалю добавили розчин Йоду. Розчин набув синього кольору, що свідчить про наявність у ньому крохмалю. Далі добавили до склянки розчин слини. Отримали результат, який наведено на рисунку.



Дайте відповіді на питання.

*Про розщеплення
якої сполуки свідчить
зникнення синього
кольору розчину?*

*У яку частину
травної системи
відкриваються
протоки залоз,
що виробляють слину?*

*Який фермент
працює в слині?*

- 1 крохмалю
- 2 білків
- 3 жирів

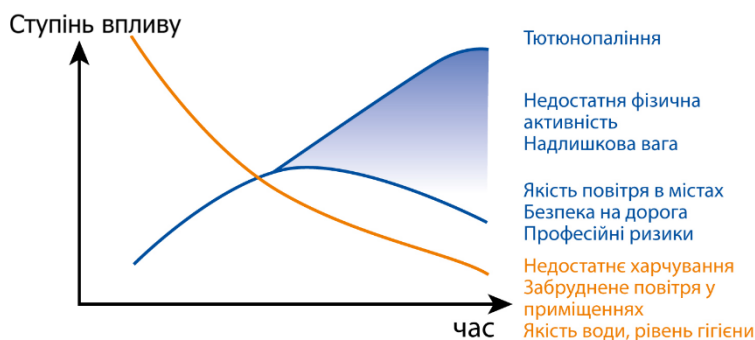
- 1 ротову порожнину
- 2 тонку кишку
- 3 шлунок

- 1 амілаза
- 2 пепсин
- 3 ліпаза

6. Сформулюйте мету й складіть план дослідження статичної та динамічної роботи м'язів за різного навантаження.

Здійснюю пошук та опрацьовую інформацію

7. На уроці біології учень й учениця обговорювали графік, що відображає вплив різних чинників на здоров'я населення планети протягом останніх двох століть (дані ВООЗ)



Учень зазначив, що найбільшу небезпеку натеper становить тютюнопаління й недостатня фізична активність людини. Учениця зауважила, що впродовж зазначеного часу суттєво знизився ступінь впливу рівня гігієни та якості води.

Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обидва мають рацію
- Г обидва помиляються

8. Ознайомтеся із зображенням відділу опорно-рухової системи людини, на якому зрослі кістки позначено цифрами (1–3). Використавши інтернет-джерела, укажіть правильні назви цих кісток.

- А 1 — сіднична, 2 — клубова, 3 — лобкова
- Б 1 — клубова, 2 — сіднична, 3 — лобкова
- В 1 — сіднична, 2 — лобкова, 3 — клубова
- Г 1 — клубова, 2 — лобкова, 3 — сіднична



9. Розпізнайте представників різних видів, яких на рисунку позначено буквами А – В.

Виберіть правильні твердження в кожному стовпчику, використавши інтернет-джерела й знання будови організму людини.

А

Б

В



Найбільше розвинена кора великих півкуль головного мозку формується в представників виду, позначеного буквою

Стегнову й плечову кістки в складі вільних кінцівок мають організми, які позначено

В усіх зображених організмів у складі травної системи

- 1 А
- 2 Б
- 3 В

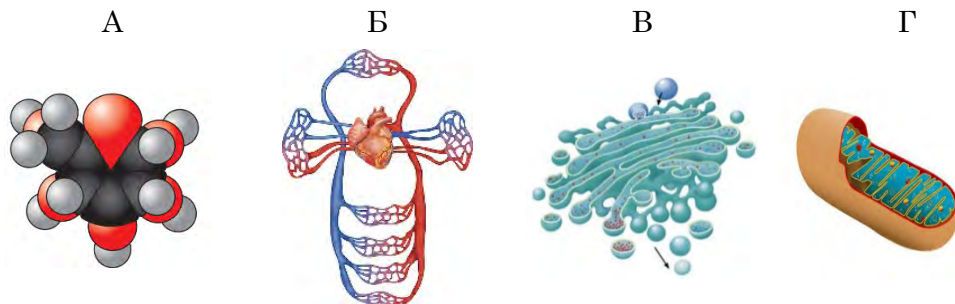
- 1 лише буквою В
- 2 буквами А та Б
- 3 буквами Б та В

- 1 є слинні залози
- 2 є печінка та підшлункова залоза
- 3 відсутня підшлункова залоза

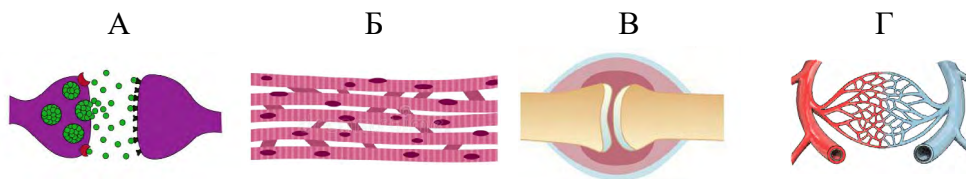
10. Підготуйте повідомлення про розвиток біологічних наук в Україні (цитології, фізіології, біохімії тощо).

Усвідомлюю закономірності природи

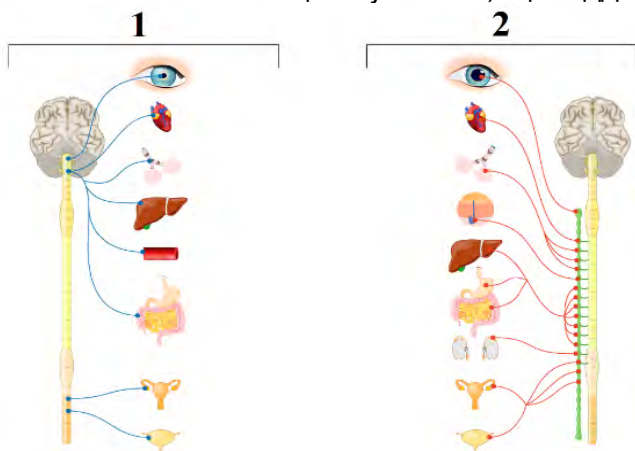
11. Якою буквою позначено складник біологічної системи організмового рівня?



12. В організмі людини складники взаємопов'язані один з одним. Якою буквою позначено зображення синапсу?



13. Учень й учениця на уроці обговорювали наведений рисунок. Учень стверджував, що на ньому цифрою 1 позначено симпатичний відділ автономної нервової системи. Учениця зауважила, що відділ, який позначено цифрою 2, забезпечує відновлення організму після навантаження.



Чи має хтось із них рацію?

- А лише учень
- Б лише учениця
- В обоє мають рацію
- Г обоє помиляються

14. Правильне твердження щодо функціонування скелетних м'язів наведено в рядку

- А Під час ритмічного скорочення м'яза втома не настає
- Б За інтенсивного дихання м'яз завжди отримує необхідну кількість енергії
- В Основною причиною втоми скелетних м'язів є виснаження нервових центрів
- Г Унаслідок динамічної роботи скелетних м'язів втома настає швидше, ніж за статичної

15. Доберіть правильне продовження кожного наведеного речення.

Наука, предметом вивчення якої є процеси життєдіяльності організмів, — це

Будову, життєдіяльність та різноманітність клітин вивчає

Розвиток еволюційної біології вможливив пояснення

- 1 анатомія
- 2 фізіологія
- 3 цитологія

- 1 біохімія
- 2 генетика
- 3 цитологія

- 1 причин інфекційних хвороб
- 2 впливу тютюнопаління на організм
- 3 закономірностей історичного розвитку органічного світу

16. Поясніть роль нейрогуморальної регуляції функцій організму людини.

Оцінювання роботи

Група результатів	№ завдання	Кількість балів за завдання	Максимальна кількість балів
Досліджую природу	1, 2, 3, 4 5 6	0 або 1 0, 1, 2 або 3 5	12
Здійснюю пошук та опрацьовую інформацію	7, 8 9 10	0 або 1 0, 1, 2 або 3 7	12
Усвідомлюю закономірності природи	11, 12, 13, 14 15 16	0 або 1 0, 1, 2 або 3 5	12

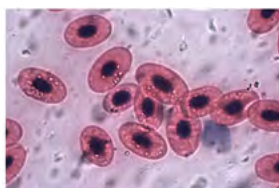
Чи досягнуто результатів навчання?

Тема 5–10

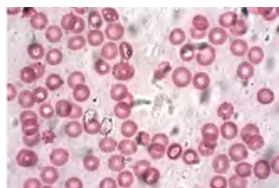


Досліджую природу

- Унаслідок проведених досліджень у крові людини було виявлено підвищений рівень глюкози порівняно з нормою. Метод, який було застосовано, —
 А мікробіологічний
 Б цитологічний
 В гістологічний
 Г біохімічний
- Прочитайте речення: «Низка методів скерована на вивчення функціонування внутрішніх органів: (1) реєструє електричну активність серця, а (2) — головного мозку». Правильний варіант для заповнення пропусків, які позначено цифрами (1, 2), наведено в рядку
 А 1 — електрокардіографія, 2 — спірометрія
 Б 1 — спірометрія, 2 — електроенцефалографія
 В 1 — електрокардіографія, 2 — електроенцефалографія
 Г 1 — електроенцефалографія, 2 — електрокардіографія
- Учні й учениці на уроці досліджували будову крові людини й жаби. У полі зору оптичного мікроскопа розглядали мікропрепарати, які було позначено буквами (а, б).



а



б

За результатами були зроблені висновки:

Висновок І. Буквою а позначено мікропрепарат крові людини.

Висновок ІІ. Еритроцити крові людини містять ядро.

Чи є поміж них правильні?

- правильний лише І
 - правильний лише ІІ
 - обидва правильні
 - немає правильних
- На уроці учні й учениці спостерігали зіничний рефлекс.



Правильне твердження щодо нього наведено в рядку

- А Унаслідок впливу яскравого світла зіниця розширюється
- Б Зіничний рефлекс є реакцією на зміни рівня освітлення у приміщенні
- В Центр керування зіничним рефлексом розташований в довгастому мозку
- Г Під час дослідження учні й учениці спостерігали вияв умовного рефлексу

5. Під час вивчення сечовидільної системи було складено наведену схему, на якій плазму крові, первинну сечу та вторинну сечу позначено відповідним колом. Номери сполук, що є спільними для рідин (у нормі), уписано у фігури на перетині кіл, а сполук, що притаманні лише одній рідині (у нормі), — у відповідному колі поза перетинами.



Продовжте правильно твердження, які наведено в трьох стовпчиках.

Білок позначено цифрою

Цифрою 3 позначено

Які речовини позначено цифрами 1 та 4?

1 2

1 воду

1 воду й сечовину

2 3

2 глюкозу

2 глюкозу

3 4

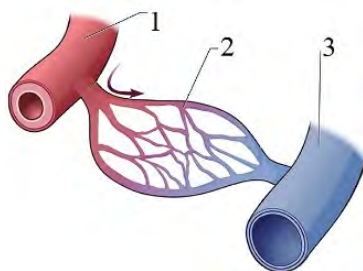
3 сечовину

й гемоглобін
3 фібриноген
і інсулін

6. Сформулюйте мету й складіть план дослідження психофізіологічних функцій людини на вибір (дослідження короточасної пам'яті; дослідження уваги).

Здійснюю пошук та опрацьовую інформацію

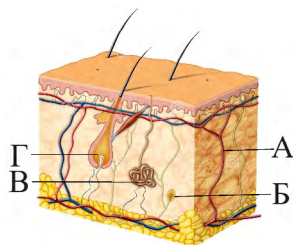
7. На сторінці науково-популярної книги наведено опис зображеної на рисунку частини кровоносної системи: «Цифрою 1 на рисунку позначено артерію. Стрілкою позначено напрямок руху артеріальної крові». Правильно продовжити опис можна, вибравши твердження в рядку
- А Ця судина забезпечує транспортування крові від серця до тканин організму
 - Б На рисунку відображено частину малого кола кровообігу
 - В Позначена цифрою 3 судина несе артеріальну кров
 - Г Цифрою 2 на рисунку позначено капіляри альвеол



8. На сторінці науково-популярної книги наведено рисунок шкіри з підписами складників, які позначено буквами (А – Г).

Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

- А капіляр
- Б сальна залоза
- В потова залоза
- Г волосяна сумка



9. Розпізнайте представників різних видів, яких на рисунку позначено буквами А – В.

Виберіть правильні твердження в кожному стовпчику, використавши інтернет-джерела й знання будови організму людини.

А



Б



В



Вушна раковина є в представників, які позначено буквою

Бічна лінія як орган чуття, притаманний у дорослому стані для представників, які позначено буквою

Середнє вухо мають представники видів, які позначено

1 А

1 А

1 лише буквою В

2 Б

2 Б

2 буквами Б та В

3 В

3 В

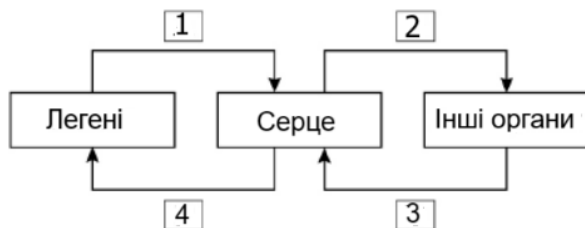
3 буквами А, Б та В

10. Підготуйте повідомлення про відкриття явища фагоцитозу.

Усвідомлюю закономірності природи

11. Ознайомтеся зі схемою кровообігу в організмі людини. Укажіть правильне твердження щодо неї.

- А Цифрою 1 на схемі позначено транспортування венозної крові
 Б Рух крові на ділянках, позначених цифрами 2 та 4, відбувається по артеріях
 В Артеріальна кров рухається по судинах ділянок, які позначено цифрами 3 та 4
 Г Найбільший артеріальний тиск на ділянці кровотоку, який позначено цифрою 3



12. Згадайте будову та функціонування легеневих альвеол і капсули нефрона.

Проаналізуйте наведені твердження.

- I. Обидві структури контактують із стінкою кровоносних капілярів.
- II. Ефективність роботи обумовлена тим, що їхні стінки утворені одношаровим епітелієм.

Чи є поміж них правильні?

- A правильне лише I
- Б правильне лише II
- В обидва правильні
- Г немає правильних

13. Одним із заходів попередження серцево-судинних хвороб є

- A уникнення перевтоми й стресових ситуацій
- Б контролювання кількості комах-переносників
- В дотримання правил гігієни під час уживання їжі
- Г використання стерильних масок під час епідемії

14. Ознайомтеся з переліком органів дихальної системи, які позначено цифрами:

- 1 — бронхи,
- 2 — носова порожнина,
- 3 — трахея,
- 4 — гортань,
- 5 — легені.

Правильна послідовність руху повітря під час вдиху наведена в рядку

- A 2 – 3 – 4 – 2 – 5
- Б 2 – 4 – 3 – 1 – 5
- В 5 – 1 – 3 – 4 – 2
- Г 5 – 1 – 3 – 2 – 4

15. Розпізнайте представників різних видів, яких на рисунку позначено буквами А – В.

Порівняйте їх та виберіть правильні твердження.

А



Б



В



Представників видів, які є гомойотермними, позначено

Загальною ознакою для представників видів, які позначено буквам Б та В, є

Позначені буквою В представники виду, на відміну від інших зображених видів,

- 1 лише буквою В
- 2 лише буквами Б та В
- 3 буквами А, Б та В

- 1 здатність до прямоходіння
- 2 розвинена свідомість і мова
- 3 вигодовування дитинчат молоком

- 1 мають кровоносну систему
- 2 дихають за допомогою легень
- 3 мають другу сигнальну систему

16. Наведіть аргументи, чому потрібно вивчати будову та функціонування власного організму.

Оцінювання роботи

Група результатів	№ завдання	Кількість балів за завдання	Максимальна кількість балів
Досліджую природу	1, 2, 3, 4 5 6	0 або 1 0, 1, 2 або 3 5	12
Здійснюю пошук та опрацьовую інформацію	7, 8 9 10	0 або 1 0, 1, 2 або 3 7	12
Усвідомлюю закономірності природи	11, 12, 13, 14 15 16	0 або 1 0, 1, 2 або 3 5	12

Предметний покажчик

- Анаболізм 74
- Вітаміни 86
- Внутрішнє дихання 134
- Внутрішнє середовище організму 22
- Втома 66
- Гіподинамія 67
- Гіпоталамо-гіпофізарна система 47
- Гомеостаз 23
- Гормони 40
- Гуморальна регуляція 40
- Динамічна робота м'язів 66
- Енергетичний баланс харчового раціону 91
- Еритроцити 102
- Здоров'я 7
- Зовнішнє дихання 134
- Імунітет 122
- Імунотерапія 128
- Катаболізм 74
- Клітина 14
- Кров'яний тиск 116
- Лейкоцити 106
- Лімфа 120
- Лінійна швидкість руху крові 117
- Медіатори 25
- Метаболізм (обмін речовин) 74
- Міофібрили 61
- Нейрогуморальна регуляція 17
- Нейрони 24
- Неспецифічний гуморальний імунітет 122
- Неспецифічний клітинний імунітет 123
- Орган 15
- Орган 15
- Проміжні (інтернейрони) 27
- Пульс 116
- Раціональне харчування 90
- Рефлекс 26
- Рефлекторна дуга 27
- Рухові (моторні) нейрони 26
- Серце 111
- Синапси 24
- Специфічний гуморальний імунітет 123
- Специфічний клітинний імунітет 124
- Статична робота м'язів 66
- Травлення 78
- Тромбоцити 108
- Фізіологічна система органів 15
- Функціональна система органів 16
- Хвороба 7
- Чутливі (сенсорні) нейрони 26

Перелік додаткових джерел наукової інформації, використаних у підручнику

1. Чернінський А. О. Біологія людини. Олімпіадний мінімум. Х. : Вид.група «Основа», 2013 — 303 с. — ISBN 978-61700-1744-4
2. Ганоні Вільям Ф. Фізіологія людини: Підручник / Переклад з англ. Наук. ред. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. — Львів : БаК, 2002. — 784 с. — ISBN 966-7065-38-3.
3. Загальна цитологія та гістологія. Частина I: Загальна цитологія: Навчальний посібник.— К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. — 275 с.
4. The Human Nervous System Edited by: Jürgen K. Mai and George Paxinos / Third Edition, Academic Press 2012, 1415 p.
5. C. Barbaranelli et al. A questionnaire for measuring the Big Five in late childhood / Personality and Individual Differences 34 (2003) 645–664
6. Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., Swann, W. B., Jr. (2003). A Very Brief Measure of the Big Five Personality Domains. Journal of Research in Personality, 37, 504-528.
doi:10.1016/S0092-6566(03)00046-1
7. Klimanska, M., & Haletska, I. (2019). UKRAINIAN ADAPTATION OF THE SHORT FIVE FACTOR PERSONALITY QUESTIONNAIRE TIPI (TIPI-UKR). PSYCHOLOGICAL JOURNAL, 5(9), 57–76. <https://doi.org/10.31108/1.2019.5.9.4>

Шановний восьмикласнику! Шановна восьмикласнице!	3
--	---

ТЕМА 1. Вступ. Організм людини як біологічна система 5

§ 1. Організм людини як об'єкт дослідження.	6
§ 2. Сучасні методи дослідження організму людини	8
§ 3. Різноманітність клітин організму людини. Тканини	10
§ 4. Організм людини — саморегульована біологічна система	14
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	18
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	19

ТЕМА 2. Регуляторні системи організму людини 21

§ 5. Гомеостаз — сталість стану організму	22
§ 6. Принципи нервової регуляції	24
§ 7. Огляд будови нервової системи.	28
§ 8. Будова і функції спинного мозку	30
§ 9. Будова і функції головного мозку.	34
§ 10. Гуморальна регуляція	40
§ 11. Взаємодія регуляторних систем організму	44
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	48
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	49

ТЕМА 3. Опорно-рухова система 51

§ 12. Опорно-рухова система. Кістки	52
§ 13. Будова скелета людини, його особливості	56
§ 14. Скелетні м'язи як складники опорно-рухової системи.	60
§ 15. Особливості функціонування скелетних м'язів.	64
§ 16. Ушкодження опорно-рухової системи. Порушення постави	68
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	70
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	71

ТЕМА 4. Травна система. Процеси метаболізму 73

§ 17. Обмін речовин та перетворення енергії в організмі.	74
§ 18. Будова травної системи. Травлення в ротовій порожнині й шлунку.	78
§ 19. Травлення в кишечнику. Функції печінки	82
§ 20. Вітаміни, їхня роль в обміні речовин	86
§ 21. Раціональне харчування — основа нормального обміну речовин	90

§ 22. Хвороби травної системи	94
Аналізуємо інформацію, робимо висновки.	96
Самоконтроль рівня навчальних досягнень.	97

ТЕМА 5. Внутрішнє середовище організму

людини	99
§ 23. Кров як складник внутрішнього середовища організму	100
§ 24. Еритроцити. Групи крові.	102
§ 25. Лейкоцити й тромбоцити.	106
§ 26. Кровоносна система. Серце	110
§ 27. Кровоносні судини. Велике й мале кола кровообігу	114
§ 28. Хвороби серцево-судинної системи. Кровотечі	118
§ 29. Лімфатична система	120
§ 30. Імунна система. Імунітет і його види.	122
§ 31. Інфекційні та інвазійні хвороби. Поняття про імунотерапію	126
Аналізуємо інформацію, робимо висновки.	130
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	131

ТЕМА 6. Дихальна система 133

§ 32. Дихальна система. Голосовий апарат	134
§ 33. Газообмін у легенях і тканинах	136
§ 34. Перша допомога під час зупинки дихання.	
Захворювання органів дихальної системи та їхня профілактика	140
Аналізуємо інформацію, робимо висновки.	144
Самоконтроль рівня навчальних досягнень.	145

ТЕМА 7. Процеси виділення та терморегуляції 147

§ 35. Виділення. Сечовидільна система	148
§ 36. Регуляція роботи сечовидільної системи.	
Профілактика хвороб	152
§ 37. Будова й функції шкіри	154
§ 38. Терморегуляція. Перша допомога в разі теплового та сонячного удару	158
§ 39. Хвороби шкіри та їх профілактика	160
Аналізуємо інформацію, робимо висновки.	162
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	163

ТЕМА 8. Сенсорні системи 165

§ 40. Сенсорні системи й чутливість організму	166
§ 41. Зорова сенсорна система. Око як оптичний прилад	168
§ 42. Сприйняття світла й аналізування зорової інформації	170
§ 43. Слух і рівновага	174

§ 44. Нюх і смак — хімічне чуття	178
§ 45. Власна чутливість тіла — соматовісцеральна система	180
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	182
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	183

ТЕМА 9. Вища нервова діяльність 185

§ 46. Вища нервова діяльність. Вроджена поведінка	186
§ 47. Умовні рефлекси	190
§ 48. Емоції, пам'ять та увага	194
§ 49. Фізіологічні основи мовлення	200
§ 50. Свідомість.	202
§ 51. Сон як прояв біоритмів організму.	204
§ 52. Біологічні основи індивідуальності людини	208
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	212
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	213

ТЕМА 10. Репродукція та індивідуальний розвиток людини 215

§ 53. Репродуктивна система людини	216
§ 54. Статеві клітини. Запліднення.	218
§ 55. Онтогенез. Ембріональний період розвитку людини.	220
§ 56. Постембріональний період розвитку людини	224
§ 57. Репродуктивне здоров'я	228
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	232
Самоконтроль рівня навчальних досягнень	233
§ 58. Людина — біосоціальна істота.	235
Аналізуємо інформацію, робимо висновки	238

Чи досягнуто результатів навчання? Тема 1–4 240

Чи досягнуто результатів навчання? Тема 5–10 245

Предметний покажчик 251

**Перелік додаткових джерел наукової інформації,
використаних у підручнику 252**

ЕЛЕКТРОННИЙ ДОДАТОК ДО ПІДРУЧНИКА



Навчальне видання

АНДЕРСОН Оксана Анатоліївна
ЧЕРНІНСЬКИЙ Андрій Олександрович
ВИХРЕНКО Марина Анатоліївна
АНДЕРСОН Арсеній Олексійович

БІОЛОГІЯ

Підручник для 8 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

Підготовка оригінал-макета *Олена Корбуш*
Редактор, коректор *Андрій Панченко*
Художники *Олексій Глазунов, Сергій Бебс*
Художниця обкладинки *Ірина Шпак*
Створення та підготовка е-додатка *Марія Корбуш, Олександр Корбуш*

Формат 70х100/16. Обл.-видавн. 16.76. Гарнітура Шкільна.
Підписано до друку ???.2025. Умов. друк. арк. 20.8. Друк офсет.
Тираж ????? пр. Зам. № _____.

Виготовлено згідно зі СОУ 18.1-02477019-07:2015 (Зі змінами)

Учбово-видавничий центр «Школяр»
02094, Київ, вул.Сергієнка, 18
Свідоцтво ДК № 7925 від 04.09.2023 р.
Тел.: 066-061-01-76, 063- 280-78-83, 067-209-60-88
www.shkolyar.com.ua
E-mail: shkolyar_info@ukr.net

Права авторів і видавничі права УВЦ «Школяр» захищені Законом України
(Про авторське право і суміжні права) від 23.12.1993 р.
(зі змінами і доповненнями, внесеними Законом України
від 13.12.2022 р. № 2849-IX; від 20.03.2023 р. № 2974-IX)
Друковане копіювання книжки або її частини, будь-які інші контрафактні видання
тягнуть за собою відповідальність згідно зі ст. 52 цього Закону

Закономірності спадковості та мінливості – **генетика**

Будову, властивості вірусів, розробляє методи лікування та профілактики вірусних захворювань – **вірусологія**

Мікроскопічні організми – **мікробіологія**

Будову, життєдіяльність та різноманітність грибів – **мікологія**

Будову, життєдіяльність та різноманітність рослин – **ботаніка**

Будову, життєдіяльність та різноманітність тварин – **зоологія**

Вимерлі організми – **палеонтологія**

Фізичні процеси в організмах – **біофізика**

Закономірності географічного поширення організмів та їхніх угруповань – **біогеографія**

Біологія
досліджує
різних
в усіх його

ні науки
ть життя на
рівнях і
о проявах

Закономірності історичного розвитку органічного світу – **еволюційна біологія**

Хімічний склад і процеси, що відбуваються в організмах, – **біохімія**

Молекулярні механізми біологічних процесів – **молекулярна біологія**

Будову, життєдіяльність та різноманітність клітин вивчає
цитологія

Внутрішню будову організмів вивчає
анатомія

Процеси життєдіяльності організмів –
фізіологія

Взаємозв'язки організмів між собою та умовами навколишнього середовища –
екологія

Застосування обчислювальної техніки для аналізу великих наборів біологічних даних – **біоінформатика**

Можливості використання організмів і біологічних процесів у виробництві – **біотехнологія**

1

**НІ
БІДНОСТІ**

2

**НІ
ГОЛОДУ**

3

**ГАРНЕ
ЗДОРОВ'Я**

7

**ВІДНОВЛЮВАЛЬНА
ЕНЕРГІЯ**

8

**ГІДНА ПРАЦЯ
ТА ЕКОНОМІЧНЕ
ЗРОСТАННЯ**

9

**ІННОВАЦІЇ ТА
ІНФРАСТРУКТУРА**

13

**БОРОТЬБА ЗІ
ЗМІНОЮ
КЛІМАТУ**

14

**ЗБЕРЕЖЕННЯ
МОРСЬКИХ
ЕКОСИСТЕМ**

15

**ЗБЕРЕЖЕННЯ
ЕКОСИСТЕМ
СУШІ**

4

**ЯКІСНА
ОСВІТА**

5

**ГЕНДЕРНА
РІВНІСТЬ**

6

**ЧИСТА ВОДА ТА
НАЛЕЖНІ САНІТАРНІ
УМОВИ**

10

**ЗМЕНШЕННЯ
НЕРІВНОСТІ**

11

**СТАЛИЙ
РОЗВИТОК МІСТ
ТА СПІЛЬНОТ**

12

**ВІДПОВІДАЛЬНЕ
СПОЖИВАННЯ**

16

**МИР ТА
СПРАВЕДЛИВІСТЬ**

17

**ПАРТНЕРСТВО
ЗАРАДИ СТІЙКОГО
РОЗВИТКУ**



ГЛОБАЛЬНІ ЦІЛІ
Сталого розвитку