



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**

Біологічні науки
досліджують життя на
різних рівнях і
в усіх його 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**

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**

Біологічні науки
досліджують життя на
різних рівнях і
в усіх його 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**

Біологія

**Підручник для 8 класу
закладів загальної середньої освіти**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

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.)

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.

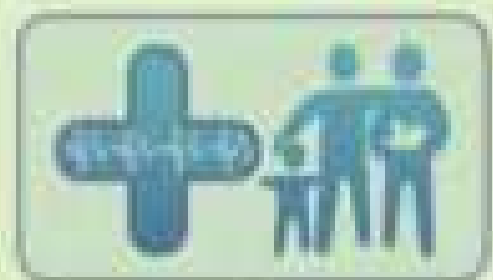
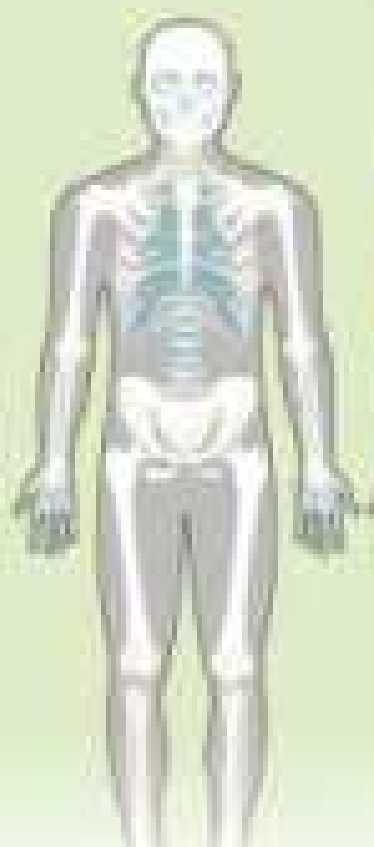
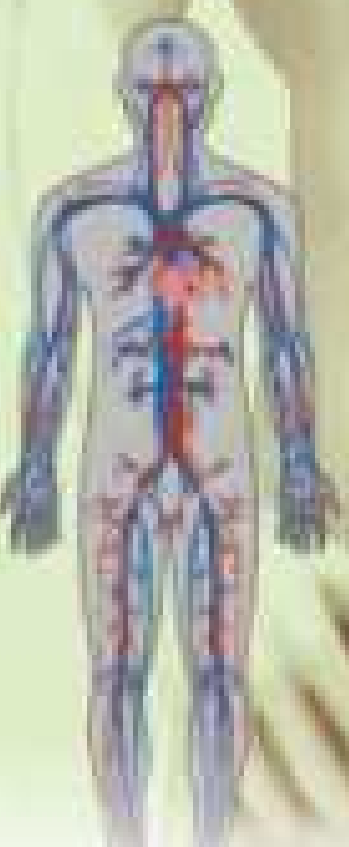
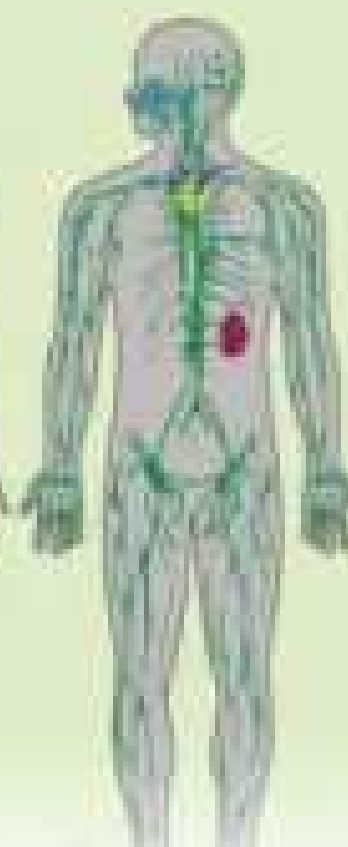
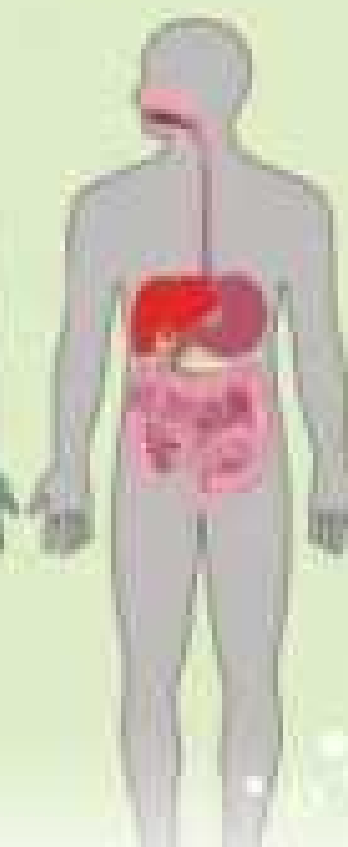
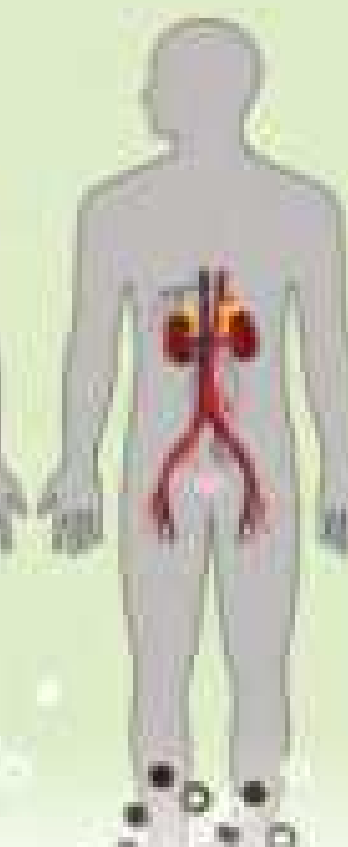
Ви вже знаєте, що підручник — не просто книжка для читання, тому дуже важливо вміти працювати з ним. Для цього необхідно знати, як побудовано саме цей підручник. Тож спочатку погортайте його сторінки й ознайомтеся зі структурою.

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

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



§ 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

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 сформулювати принципи здорового способу життя, зокрема раціонального харчування, забезпечення певного рівня фізичної активності, уникнення шкідливих звичок.

Хвороба — істотне порушення здоров'я, яке супроводжується зниженням

§ 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 досліди 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

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, застосовувши 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, електроенцефа-

§ 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

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 каналці. 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 кола-

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 — остеоцити. 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

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. Посмутована 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 зало-

§ 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 сходінок, 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.

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

- ✓ видільна, яка вможливляє 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 відповідає 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 плунок), 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 досяг-

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.

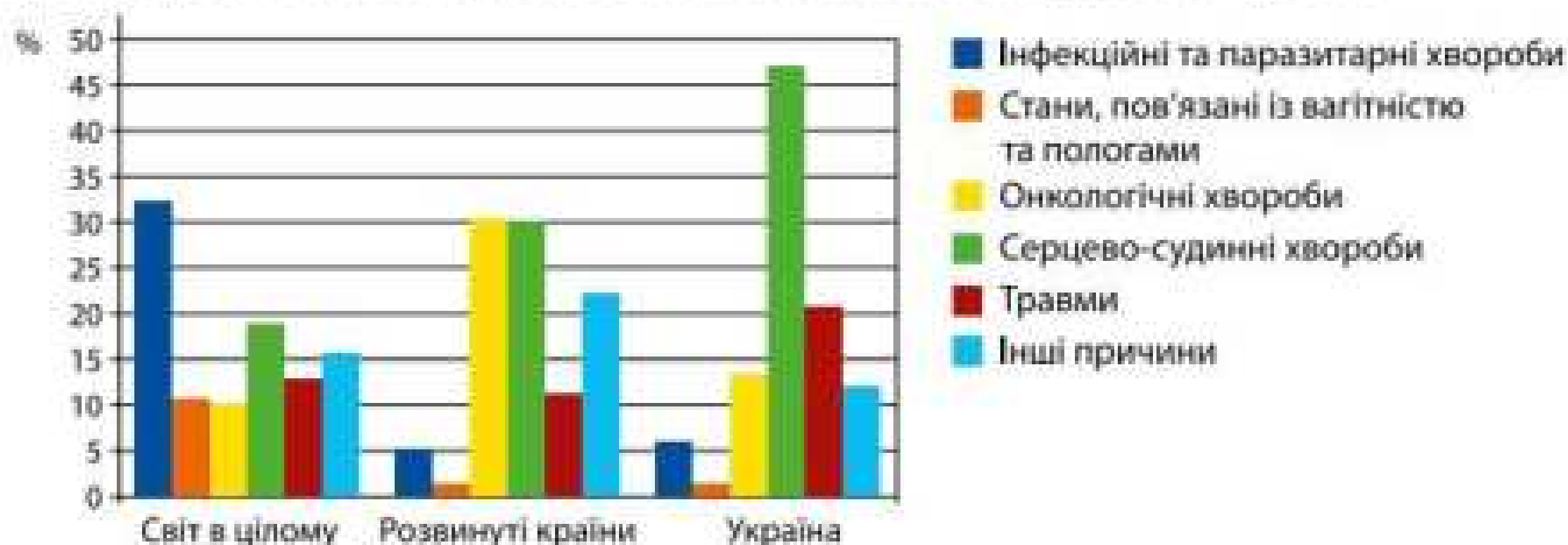
Згідно з уявленнями сучасної науки, імунна регуляція забезпечує запобігання інфекціям різної природи, знешкодження генетично змінених клітин власного організму, бере участь у регуляції запалення.

Для пристосування організму людини до мінливих умов навколишнього середовища та підтримки сталості внутрішнього середовища необхідна узгоджена робота нервової та ендокринної систем, яка обумовлюється

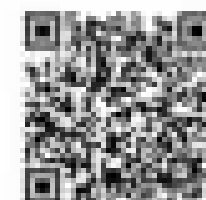
Аналізуємо інформацію, робимо висновки

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.



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.



8. Здатністю до скорочення характеризуються клітини

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

9. Зображення органа організму людини позначено буквою



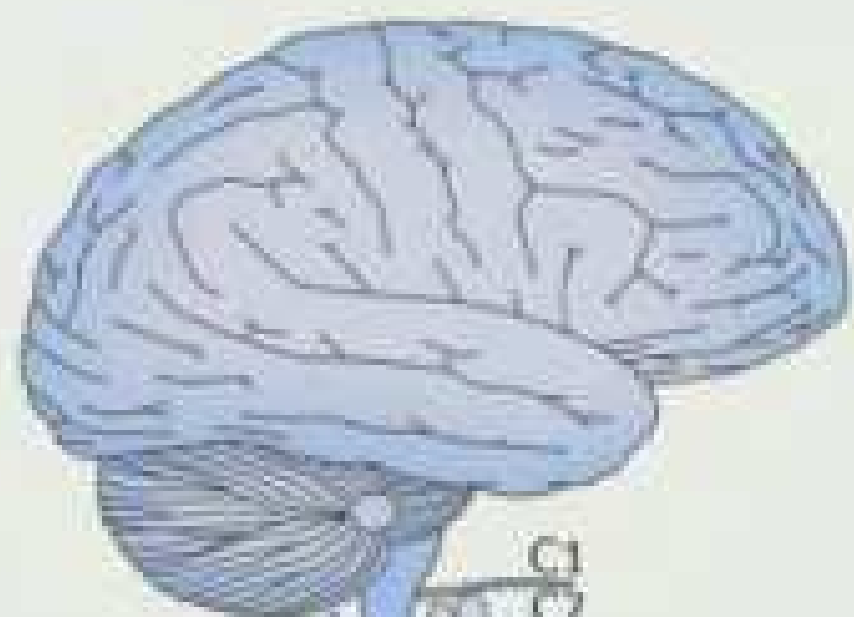
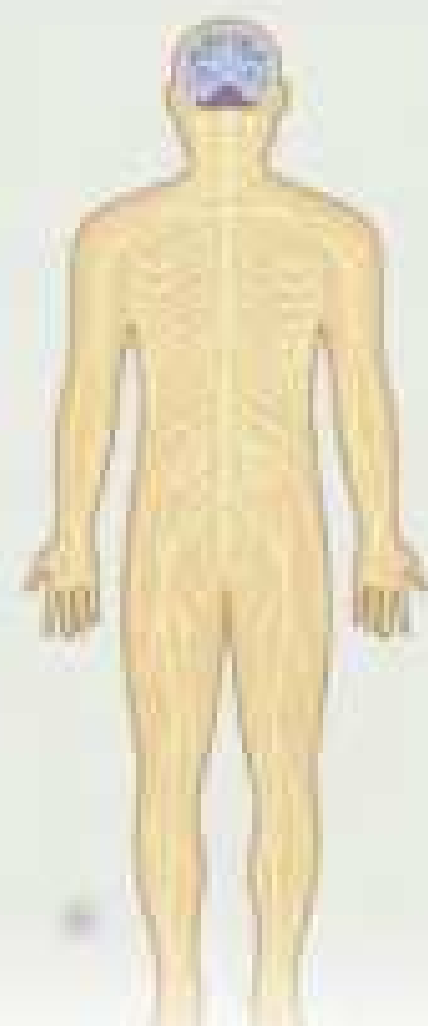
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бали)

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





§ 5. Гомеостаз — сталість стану організму



Ідея, що організми підтримують сталість через ряд контролюваних 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'я-

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

§ 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 нейробиології.

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-

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

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, рефлекси та набуті, або умовні, рефлекси. 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.

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

§ 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 центральний 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

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

§ 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 стовищення — спинномозковий вузол, у якому

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-пошуговані м'язи тулуба й кінцівок. Руїнування заднього корінця призводить до втрати чутливості певної ділянки тіла з боку ураження. Руїнування переднього корінця призводить до втрати здатності до рухів (паралічу) відповідної ділянки тіла з боку ураження.

Функції спинного мозку. Функції цього відділу ЦНС можна об'єд-

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 рефлекси 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 рефлекси 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 розтяг-

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

§ 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 спинно-мозковою 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

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

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

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.

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-потилічна — поділяють кору на чотири частки: лобову, тім'яну, скроневу й потилічну (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

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

§ 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

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

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,

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. Порухення 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 орга-

§ 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

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 адренокортикотропного 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)

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 тироїдних 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 гіпоталамуса в нервовій регуляції гомеостазу. Деякі його нейрони безпосередньо сприймають важливі гоме-

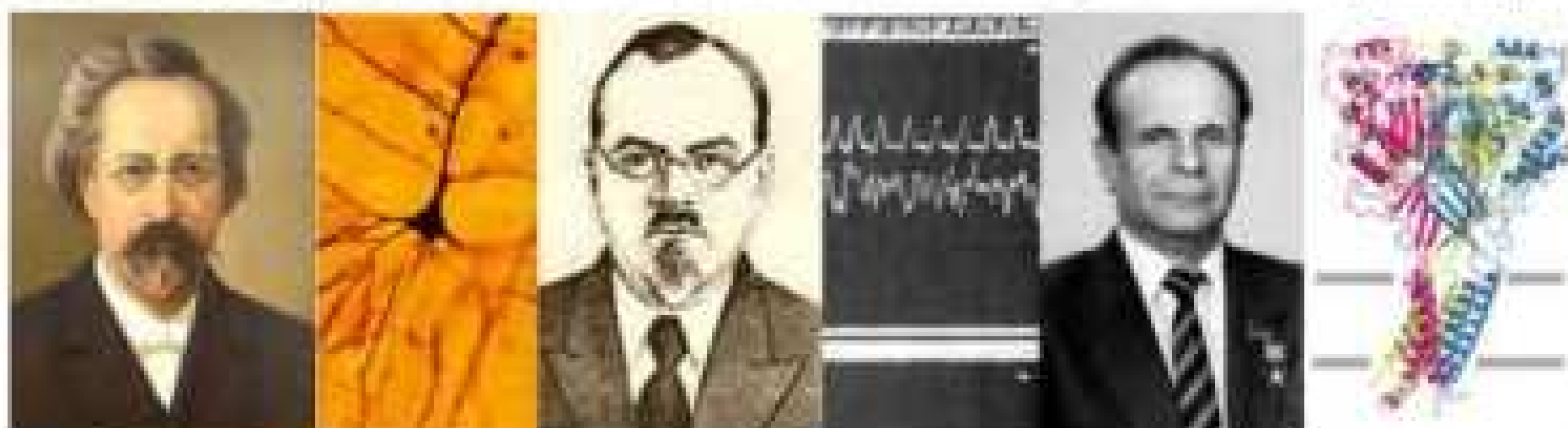
внутрішніх органів. Від нього інформація передається до кори великих півкуль, де на її основі формуються суб'єктивні відчуття, які супроводжують зміни стану внутрішнього середовища: голод, насичення, спрага тощо. Через стовбурові й спинномозкові центри автономної нервової системи гіпоталамус нервовим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

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

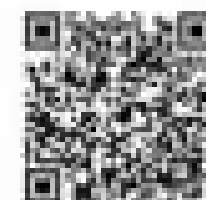
Нейронауки — це сукупність галузей знань, що стосуються вивчення нервової системи та пошуку шляхів лікування неврологічних і психіатричних захворювань. Вітчизняна нейронаука має чималу історію. Ви вже знайомі з першовідкривачем великих пірамідних нейронів Володимиром Бецом. Володимир Правдич-Немінський 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 Бец (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).

Українська міжгалузєва нейронаука об'єднує понад

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0.5 бала)

1. Відповідь на подразнення за участі нервової системи називають

A TAKESCOM

В рефлексом

Б тропізом

Г подразливістю

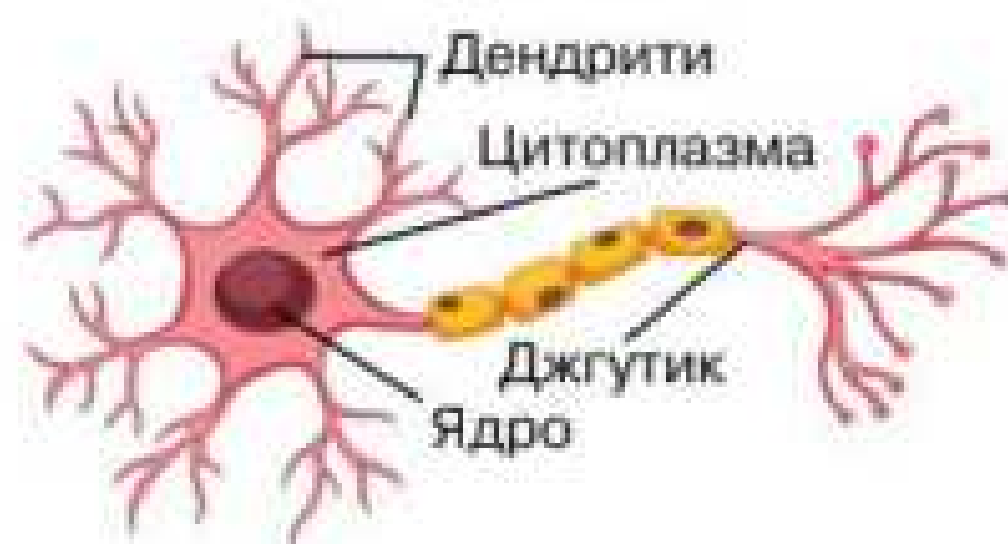
2. На уроці учень підписав на рисунку складники нейрону. Який підпис зроблено ПОМИЛКОВО?

А Ядро

Б ДЖУТЫК

В Дендрити

Г Цитоплазма



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

A MOZO4OK

В середній мозок

Б проміжний мозок

Г довгасти мозок

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

А гіпотізі

В цитоподібна

Б надниркова

Г підпунктова



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

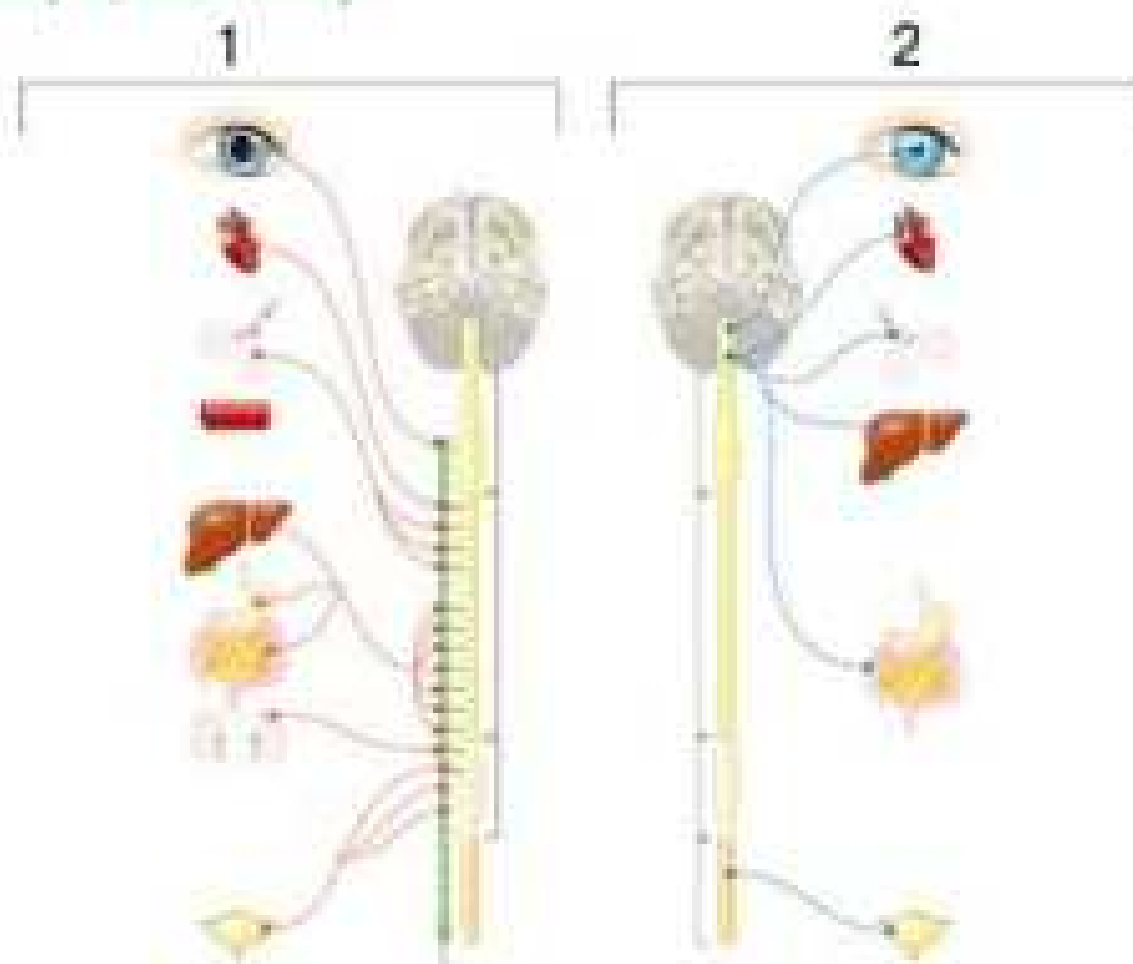
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

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.





§ 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

Лл. 58. Функції опорно-рухової системи



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,

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. У середині 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, укрите 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,

§ 13. Будова скелета людини, його особливості



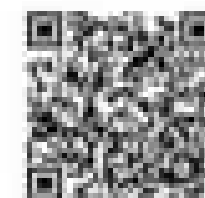
Давно було помічено схожість скелета тварин і людини. Німецький зоолог і мандрівник Альфред Брем під час багатьох подорожей зібрав численні зоологічні матеріали й поклав їх в основу своєї багатотомної науково-популярної праці «Життя тварин». Цю працю багато разів видано в перекладах різними мовами. У 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. Відпо-

Лл. 65. Будова скелета



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 лордоз) і два назад (грудний і крижовий кіфози). Вигинів праворуч або ліворуч здоровий хребет не має. Природні вигини

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 передплесно, плесно 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 вини-

§ 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'ясуємо, 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

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 приростають до кістки, формуючи головку м'яза, з іншого — сполучнотканинні

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 триго-

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)



§ 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 посмутованість. Дослідження на ультрамікроскопічному рівні виявило, що така посмутованість зумовлена регулярним розташуванням різних білкових мікрониток у саркоплазмі. Згадайте, що скорочувальними білками є актин і міозин, які

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

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*

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 цього своєчасне виведення продуктів розщеплення. Під час динамічної роботи по чергово змінюється 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

§ 16. Ушкодження опорно-рухової системи. Порушення постави



Сучасна медицина вможливлює 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

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. Їхне 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

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.

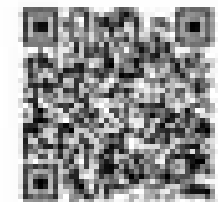
Постсинаптична мембрана сприймає АХ за допомогою ацетилхолінових рецепторів, які бувають кількох типів. Одні з них називають нікотиновими, оскільки вони активуються, окрім АХ, біологічно активною сполукою нікотином, що міститься, зокрема, у тютюні.



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 аутоїмунна 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 закін-

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 остеоцит
- В нейрон
- 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 суглоб

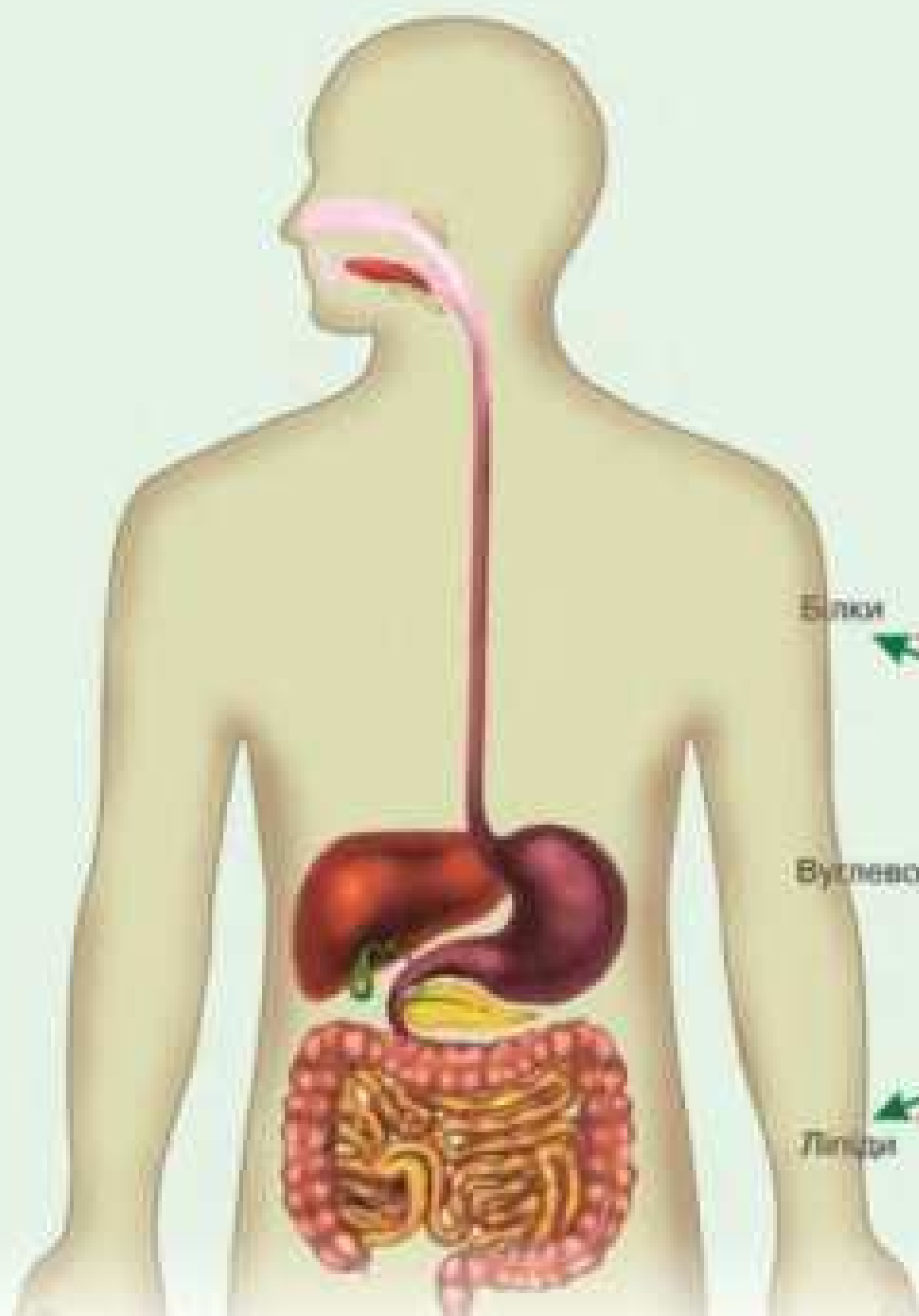
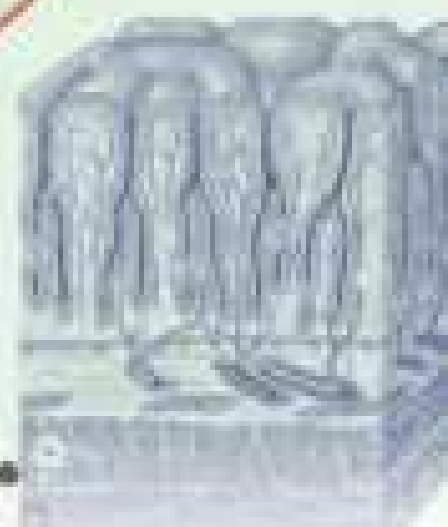
8. ПОМИЛКОВОЮ дією під час надання допомоги при відкритому переломі є
- А знезараження поверхні рани
 - Б знерухомлення травмованої кінцівки
 - В зупинка кровотечі в разі її виникнення
 - Г самостійне вправляння положення кісток
9. Гіподинамія призводить до
- А підвищення рівня обміну білків і вуглеводів
 - 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



§ 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

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

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

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 разносяться 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

§ 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 (л. 87). Стінка травного тракту має три шари: внутрішній — утворений слизовою оболонкою; середній — із м'язових

Травлення в ротовій порожнині. У ротовій порожнині відбувається механічне подрібнення їжі, змочування її слиною, формування харчової грудки й ковтання. Ротова порожнина обмежена губами, щоками, 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. Частину 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

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 рефлекторний 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

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,

§ 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,

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

Травлення в тонкій кишці. М'язові стінки кишок забезпечують перистальтику — хвилеподібні 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 мікроворсинок. Мікроворсинки — це вирости плазматичної мембрани цих клітин. На поверхні мікроворсинок 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 орга-

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 симбіотичними 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 рефлексорного 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

§ 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 В₁) — 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.

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). Іноколи 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

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

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 С 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 А спричинює захворювання, унаслідок якого людина не може бачити в умовах недостатньої освітленості, — гемералопію, або «курячу сліпоту». При більш тривалому дефіциті вітаміну А 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 Е сприяє розвитку репродуктивної системи, а тому внаслідок його нестачі в чоловіків порушується утворення сперматозоїдів, а в жінок можуть спостерігатися відхилення в розвитку плоду. Вітамін К бере участь у регуляції процесів зсідання

§ 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

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 стабільності, 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 ($1 \text{ кал} = 4,18 \text{ Дж}$). Енергетичну цінність речовин зазвичай визначають, розраховуючи, скільки кілоджоулів або кілокалорій припадає на 1 г речовини. Енергетична цінність жирів — $38,9 \text{ кДж/г}$, білків — $17,2 \text{ кДж/г}$, вуглеводів — $17,6 \text{ кДж/г}$. 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 $170\text{--}250 \text{ кДж}$ на 1 кг маси тіла за добу. Основний обмін —

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

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

§ 22. Хвороби травної системи



Індустріалізацію країн Європи ХІХ 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

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, причи-

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 посилаються 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

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



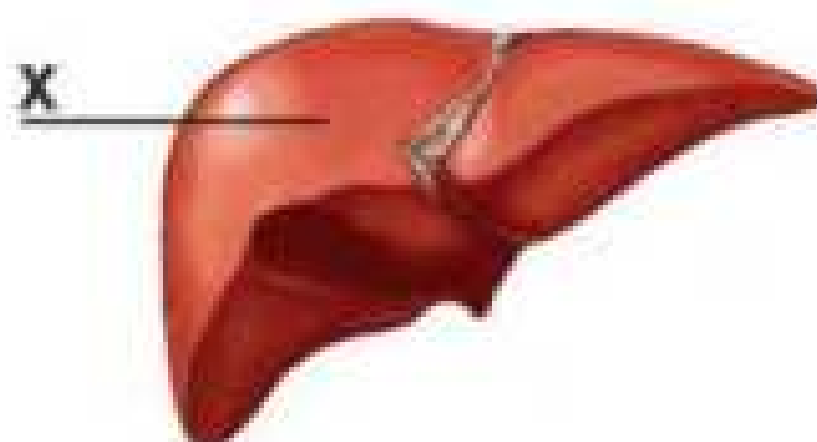
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

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 B2 | Г А |

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

- А 11
- Б 65
- В 247
- Г 1110



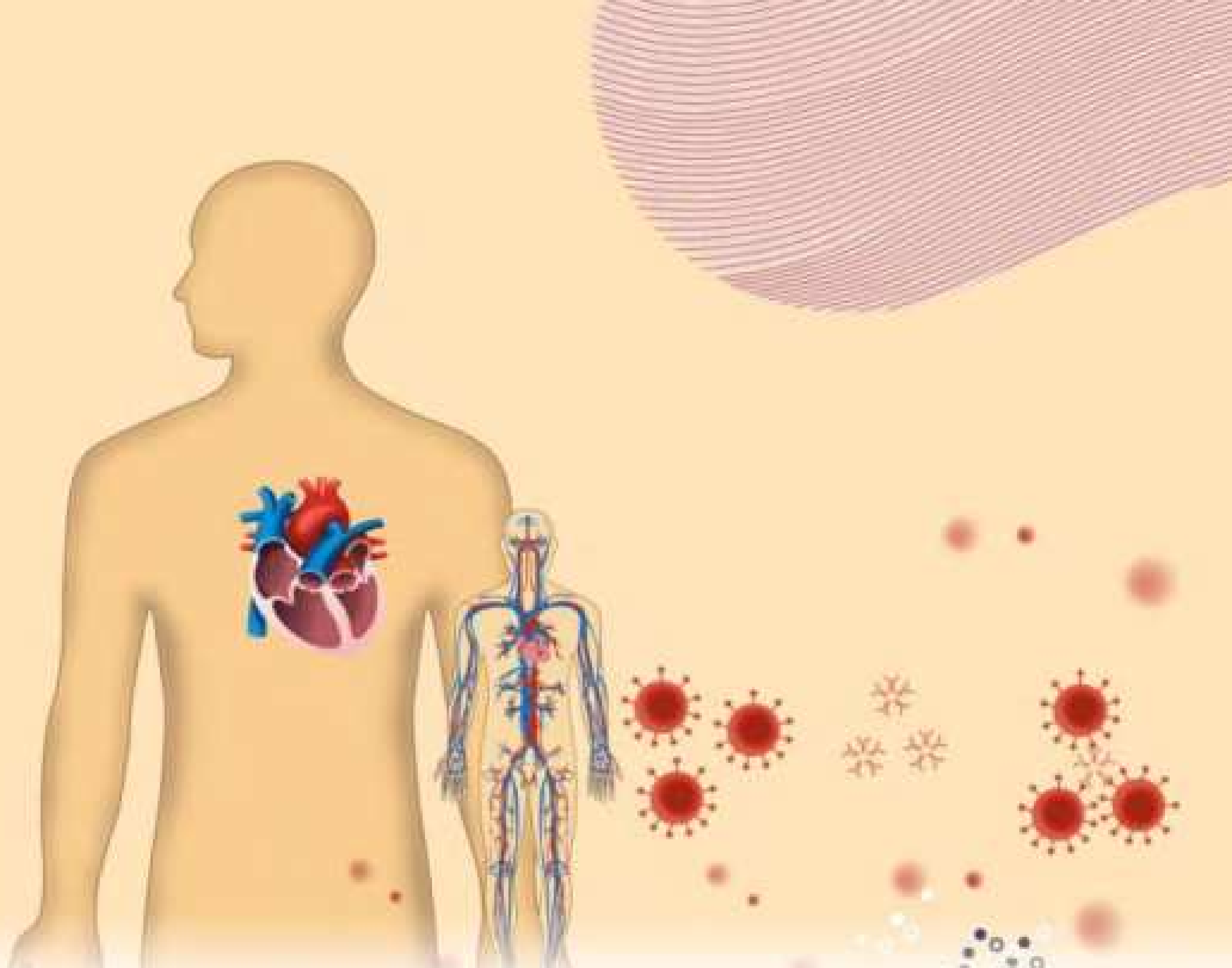
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

10. Прочитайте опис: «Ферменти, які розщеплюють вітаміни, малоактивні 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 енер-

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



§ 23. Кров як складник внутрішнього середовища організму



1658 року нідерландський натураліст Ян Свааммердам 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).

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 густину води. Кислотність крові (pH) 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

§ 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 параграфа допоможе вам зрозуміти причини такої кількості еритроцитів в організмі людини.



Еритроцити, або червоні кров'яні тіลця. 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 двовігнутих дисків діаметром від 6 до 9 мкм (іл. 110). Форма еритроцитів і відсутність ядра є пристосуванням до виконання ними основної функції — транспортування дихальних газів. Двовігнута 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

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 легеневих 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 перели-

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 (І) — на еритроцитах відсутні як аглютиногени А, так і аглютиногени В, у плазмі містяться аглютиніни α та β ; А (ІІ) — на еритроцитах містяться аглютиногени А, у плазмі містяться аглютиніни β ; В (ІІІ) — на еритроцитах містяться аглютиногени В, у плазмі містяться аглютиніни α ; АВ (ІV) — на еритроцитах містяться як аглютиногени А, так і аглютиногени В, аглютиніни

Наявність однойменних аглютинінів 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 наявністю або відсутністю 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:

§ 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.

називають гранулоцитами. Вони, у залежно від того, якими барвниками кислими (еозинофіли), лише лужним. Лейкоцити, які не містять гранул, н них розрізняють лімфоцити й мон лейкоцитів різних типів, характерне, нізму людини, наведено в таблиці (і. вають лейкоцитарною формулою. Її розвитку різних хвороб. Зазвичай та

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

за участі речовин, які містяться в н
Починається цей процес із контакту
геном стінки судини або речовинам
крові. Контакт цих речовин із пла
в разі механічного ушкодження суд
послідовного впливу одних чинник
речовина, яка має назву активатор п
йонів Кальцію, перетворює протром
(іл. 118). Останній, у свою чергу, у

§ 26. Кровоносна система



Вивченню кровообігу людини дослідників і дослідниць світу царині є наш співвітчизник фундатор медичної науки. Він лікування вад серця, оригінальний бігу. На його честь названо 8 жовтня 1969 року в Криму, в

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:

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 судин наповнюються кров'ю. Це запобігає руху крові із судин у шлуночки, адже заповнені кров'ю кишеньки стають на шляху її потоку. Під час діастоли передсердя і шлуночки заповнюються кров'ю (іл. 121).

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

§ 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

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 поста-
чають кров'ю стінки великих судин (іл. 123). Особливістю більшості вен є наявність у їхніх стінках кишенькових клапанів, що внеможливлують 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

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 напрямок, є кров'яний тиск. **Кров'яний тиск** —

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

§ 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 зловживання алкогольними напоями.

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

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 (артерій, вен) 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 викорис-т

§ 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

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 порожнини, 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

§ 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 (гл. 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

неспецифічна протівірусна дія. Вони виробляються інфікованими клітинами і, впливаючи на сусідні неуражені 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 — NK-клітинами (NK — 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 проду-

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

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 (пилки 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

§ 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 самотійно. 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

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).

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 небажаній вагітності. 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 **сероте-**

T- і В-лімфоцити для формування імунної відповіді. У разі контакту зі справжнім збудником імунна система реагує швидко й ефективно, забезпечуючи несприйнятливість 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). Змен-

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Подорож у гори

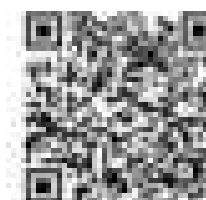
«Під час підйому людини в гори одночасно понижується атмосферний тиск, парціальний тиск кисню в атмосфері й легеневих альвеолах. Це може викликати гіпоксемію — знижений уміст кисню в крові, а також гіпоксію (кисневе голодування) — стан, що виникає при недостатньому постачанні тканин киснем або порушенні 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

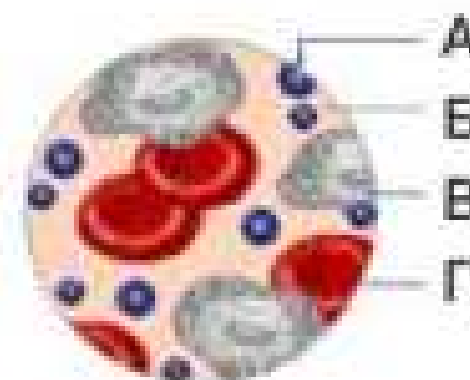
Самоконтроль рівня навчальних досягнень



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

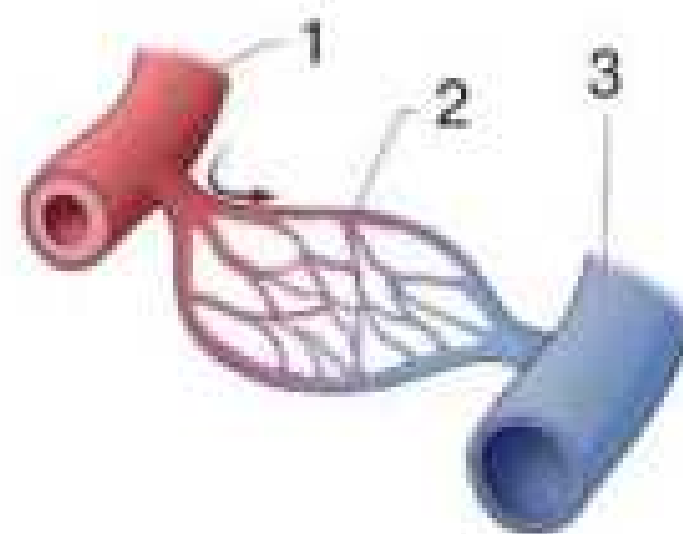
- А лізоцим
- Б альбумін
- В інтерферон

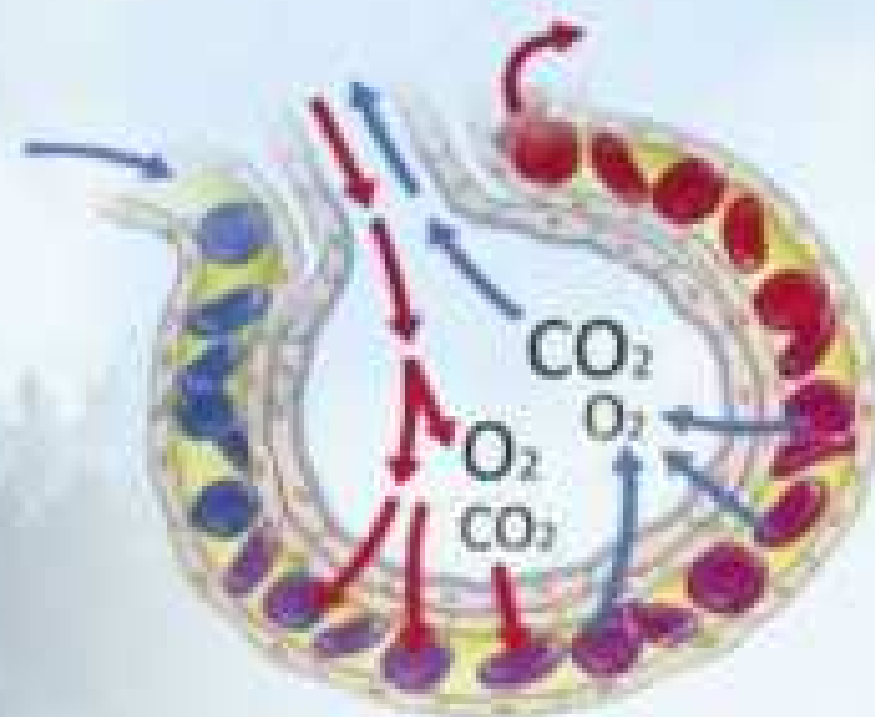
8. Особливістю вен людини є
- А рух ними лише венозної крові
 - Б наявність кишенькових клапанів
 - В утворена одношаровим епітелієм стінка
 - Г менша швидкість руху крові в порівнянні з капілярами
9. Прочитайте текст: «Специфічний гуморальний імунітет пов'язаний з виділенням захисних білків — (1), які 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





§ 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

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 зрослий 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 (сурфак-

§ 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 посмутований 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

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 —

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

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 рефлексорний 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.

§ 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

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 («мигдалини»). 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 забруд-

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 викликаної 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 хворо-

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. У край 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

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)

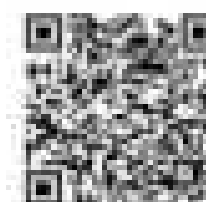
But owing to his marked internal structure which gives him regular lungs, like a human being's, the whale can only live by inhaling the disengaged air in the open atmosphere. Wherefore the necessity for his periodical visits to the upper world.



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.

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



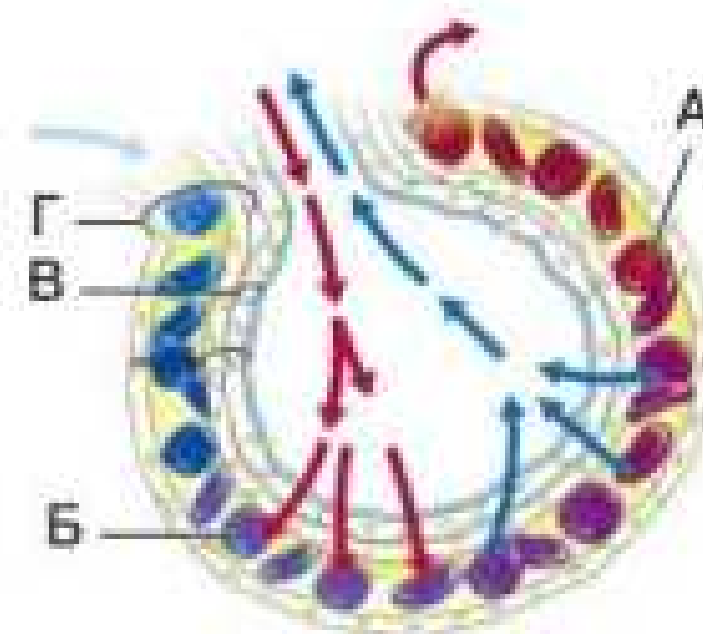
Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

1. Оберіть правильний перелік органів дихальної системи.
А ротова порожнина, гортань В носова порожнина, глотка
Б носова порожнина, трахея Г ротова порожнина, легені
2. Голосові зв'язки розташовані в
А трахеї В легенях
Б гортані Г бронхах
3. Газообмін відбувається в
А трахеї Б гортані
В бронхах Г легенях
4. У носовій порожнині відбувається
А знезараження вдихуваного повітря
Б зволоження видихуваного повітря
В газообмін між кров'ю та повітрям
Г зігрівання видихуваного повітря
5. Дихальний об'єм легень становить близько
А 500 мл В 1,5–2,5 л
Б 1–1,5 л Г 4–5 л
6. Оберіть причину захворювання людини на грип.

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



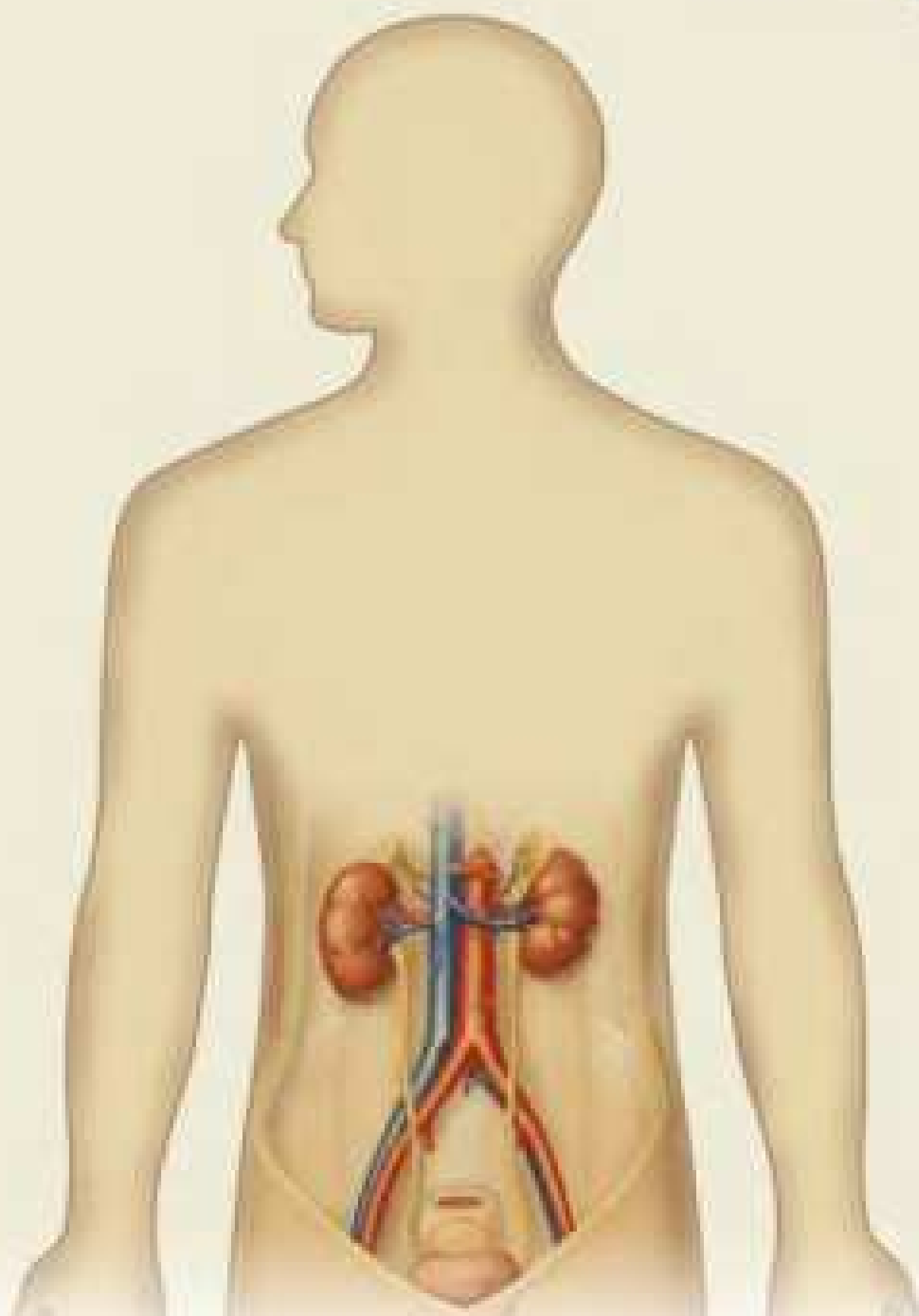
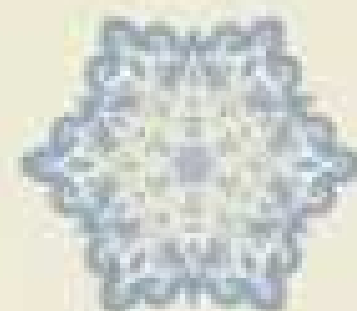
Тестові завдання з однією відповіддю (1,5 бала)

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?



§ 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.

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 кровоносними 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

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 приносяна артеріола має більший діаметр, ніж виносяна, 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

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

§ 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

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.

§ 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 багат шаровим 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

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 перебу-

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).

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 — кутікулою, яка внаслідок проникнення до ростової зони нігтя хворо-

§ 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.

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

§ 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 — 1,5–2 м², 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 спричинюють 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

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 потерпі-

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.

А



Б



В



Г

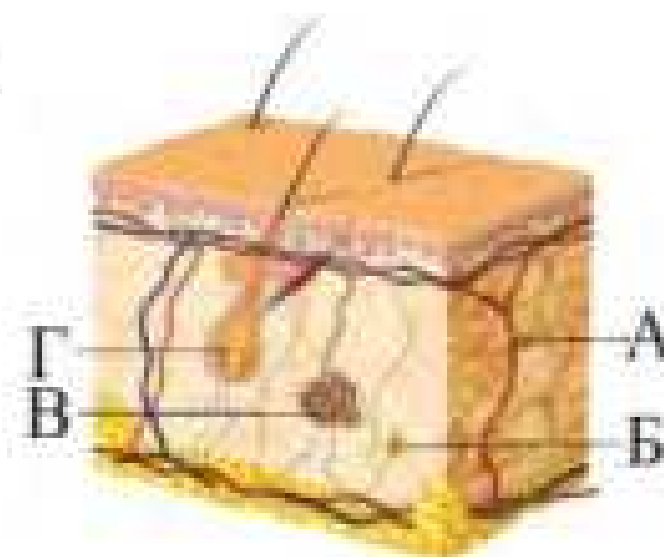


Завдання 2. Проаналізувавши подану на сайті інформаційну таблицю,

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 | В обоє мають рацію |
| Б лише учениця | Г обоє помиляються |



§ 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

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,

§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. Ознайомимося 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 кришталик — прозорий утвір, за формою і функціями подібний до двоопуклої лінзи. Простір між рогівкою та райдужною

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 слюзою чужорідних тіл і зволоженню. По краях повік розташовані вій, 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

§ 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

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 медіатора, 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

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



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 помі-

§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, зрештою з мембраною овального вікна внутрішнього вуха. Особливі

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

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 закодowana 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 рефлекс 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

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

§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

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 юамі (уамі) 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

§ 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

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 уможливлює 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. Соматосен-

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).



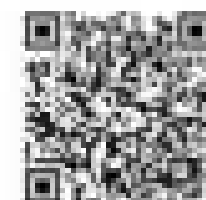
Білків Piezo
стимулом механічні впливи
на мембрану є.

За допомогою хімічних
сполук бути активованими

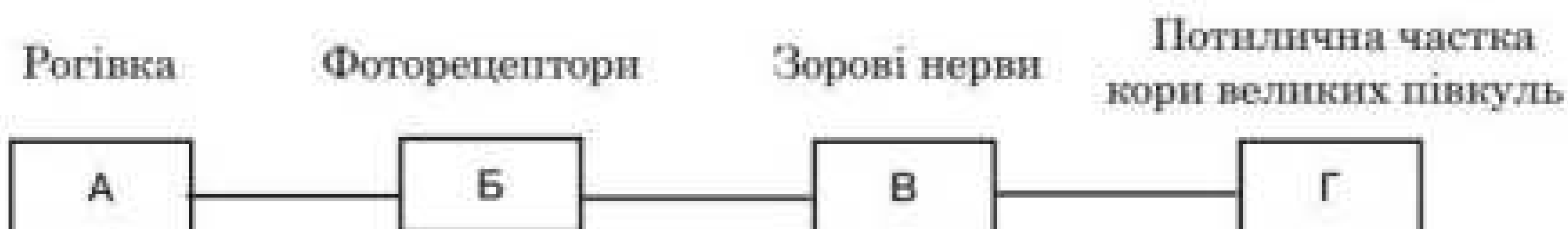


Самоконтроль рівня навчальних досягнень

Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)



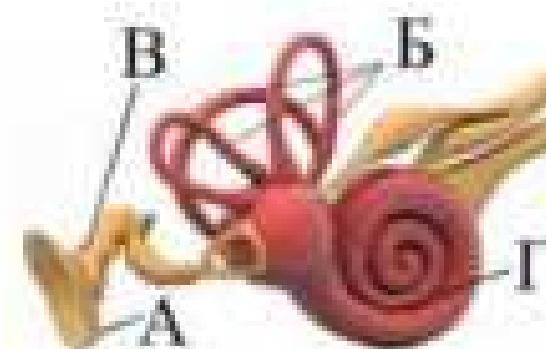
1. Частину зорової сенсорної системи, яка забезпечує проведення нервового імпульсу до центральної частини, позначено буквою



2. Акомодацію ока забезпечує
 А рогівка В кришталік
 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».

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



§ 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

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).

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, слюзовиділення, кашель, чхання тощо. Харчові рефлекси направлені на здобуття їжі та забезпечують процеси травлення: смоктання, слиновиділення, секреція шлункового соку, дефе-

Механізми здійснення рефлексів. Як уже було зазначено, рефлексорні реакції забезпечуються роботою рефлексорних дуг. У кожній з них відбувається передавання збудження з чутливих (рецепторів) до виконувальних (мотонейрони) структур — у цьому випадку ми говоримо про замикання рефлексу. Найпростіші рефлексорні 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 виконувальних 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

§47. Умовні рефлекси



Умовні рефлекси 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 набутої поведінки є формування умовних рефлексів.

Умовні рефлекси — 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 безу-

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.

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

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 організмові діяти на випередження, реагувати більш ефективно. Завчасний розвиток

§ 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

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 механіз-

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 самотійно 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).

За тимчасове збереження необхідної для поточної діяльності інформації відповідає **робоча пам'ять**. Як і в системі довготривалої пам'яті, окремого центру робочої пам'яті в мозку не існує. За роботу зі стимулами різних типів (природні об'єкти, літери, звуки, числа тощо) відповідають різні ділянки кори великих півкуль.

Запам'ятовування і забування. Важливою властивістю людської пам'яті є здатність до забування. Ресурси головного мозку обмежені, а тому збереження абсолютно всієї інформації призвело б до його інформаційного перенасичення й виснаження. Тому запам'ятовуванню підлягає здебільшого важлива для життєдіяльності інформація. Одним із механізмів оцінювання цієї значущості є емоції. Ми краще запам'ятовуємо те, що викликало позитивні чи негативні хвилювання. Проте в деяких випадках ми можемо повністю забувати дуже неприємні епізоди з життя: у такий спосіб мозок захищає себе від надмірного емоційного збудження.

Процеси синаптичної пластичності, що лежать в основі запам'ятовування, залежать від інтенсивності використання тих чи інших синапсів. Ті, що працюють частіше, підтримуються активними, а проходження ними інформації відбувається швидше (іл. 203). Не марно кажуть: «Повторення — мати навчання». Синаптична пластичність дає нам змогу вчитися нового. Для збереження навичок нейронні ланцюги, які їх забезпечують, потрібно підтримувати активними. Інформація, якою

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



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 повільному порядку різні емоції з переліку Дарвіна, а іншого — розпіз-

§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 —

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 письмовій мові. Частина зорової сенсорної системи працює як **зона зорового сприйняття слів**, вона спеціалізується на розпізнаванні букв і слів. Розташована поблизу моторного центру мови **зона Екснера** відповідає за координацію дрібної моторики руки, необхідної для написання букв і слів.

§ 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, класи-

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»

§ 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 організмової 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.

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

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.

Є й інші мозкові структури, що регулюють тривалість і структуру сну. Важливе значення в регуляції сну відіграють процеси гальмування. Сполуки, 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 розладами 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.

§ 52. Біологічні основи індивідуальності людини



Ми є різними, і це має, зокрема, біологічне підґрунтя. Одну з перших концепцій, що пояснювала індивідуальні відміни 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

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 організо-

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

«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 (сл. 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. Десь критичною є стресостійкість, а десь — творчі навички. Відповідність індивідуальних особливостей майбутній професії зробить роботу ефективнішою, а життя комфортнішим. І навпаки — на посаді, що

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте тестові завдання.

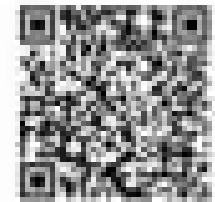
Пам'ять і морський коник

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

Самоконтроль рівня навчальних досягнень



Тестові завдання з однією відповіддю (0,5 бала)

- Відповідь на подразнення за участі нервової системи називають
 А таксисом В тропізмом
 Б рефлексом Г подразливістю
- 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
- Збереження та відтворення інформації в мозку людини називають
 А увагою
 Б емоцією
 В пам'яттю
 Г мисленням

- Проаналізуйте наведену на рисунку ситуацію.

Який темперамент притаманний людині, у якої пошкодили капелюха?

А холеричний



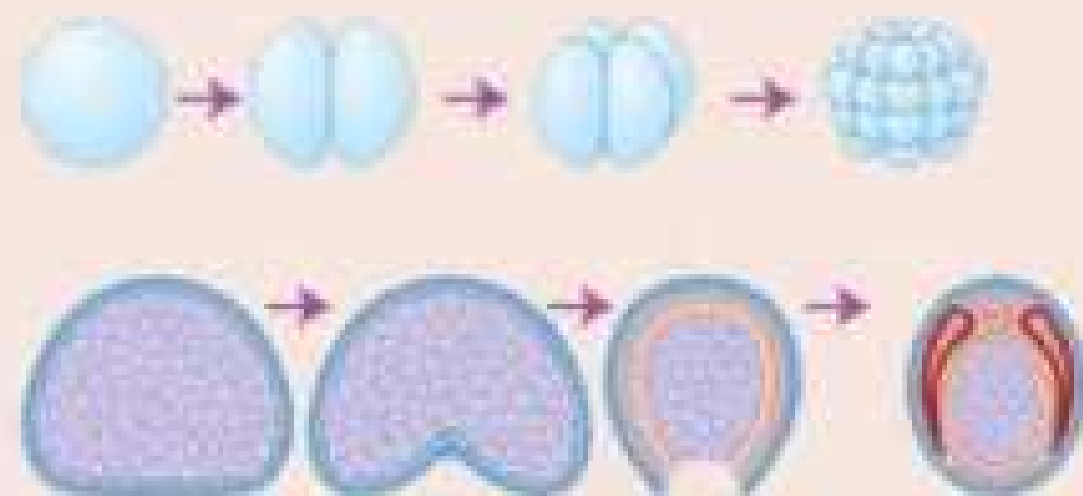
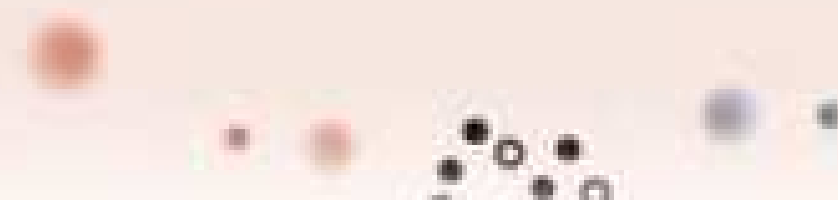
8. Суб'єктивне внутрішнє відображення в мозку людини навколишнього світу, ставлення до нього й себе самої, — це
- | | |
|----------|--------------|
| А увага | В пам'ять |
| Б емоції | Г свідомість |
9. Допишіть правильно твердження: «Моторна пам'ять
- | |
|---|
| А триває кілька секунд або хвилин |
| 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 перевантаження 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 другу сигнальну систему. Другий зауважив, що друга сигнальна система проявляється в спілкуванні за допомогою слів.

Чи має хтось із них рацію?



§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 статевого дозрівання, а також утворюють статеві 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'явинопорскувальну протоку, яка відкривається в уретру. Сформована сперма виноситься з організму крізь уретру.

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

§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

Утворення яйцеклітин називають **оогенезом**. Поділ клітин-предників та утворення гаплоїдних клітин розпочинається ще до народження майбутньої дівчинки. Дозрівання яйцеклітин і завершення поділу відбувається після настання статевої зрілості регулярно кожні 25–30 днів. 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 внеможливлють 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

§ 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 порож-

один з яких — впинання частини зародка всередину. Цю стадію називають гастролою, а процес — гастреляцією (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 гастрولي. 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).

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,

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 рефлексорно викликає перший вдих. Перше розширення тканини легень пов'язане з больовими відчуттями, тому після першого вдиху дитина починає кричати. Запуск власного дихання є критичним

§ 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 повторяти». 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 самотійного життя. У неї не повністю сформовані основні сенсорні системи, вона здатна сприймати лише обмежену кількість подразників — звуки, запахи, дотики. Також немовля не здатне до самотійного 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 шестимі-

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 замінюється 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 самотійно ходити, навчаються сприймати мову інших людей і говорити самотійно. 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

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 волосяння 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; волосяння 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 волосяного покриву на голові, що пов'язано з дією тестостерону. Саме в цей період людина реалізується в професії, будує сім'ю тощо.

Похилый вік. У цьому віці починаються процеси старіння. У цей

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

§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 внутріш-

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, унеможливлюючи 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

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).

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 кріозамороження для можливого повторного ЕКЗ. Проте використання ембріонів, що залишаються після ЕКЗ, викликає етичні дискусії. Крім того, є ризики, пов'язані з успішністю імплантації після кріозамороження.

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

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

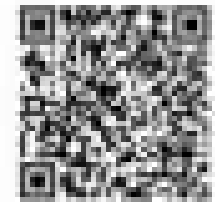
Сурогатне материнство має етичні та юридичні аспекти. Розрізняють дохідну й альтруїстичну її форми. Дохідне, або комерційне сурогатне материнство передбачає винагороду за те, що жінка виношує та народжує біологічно чужу їй дитину. Альтруїстична, або некомерційна форма сурогатного материнства має на меті 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



- Обидві форми: дохідна та альтруїстична є законними
- Немає правового регулювання
- Тільки альтруїстична форма є законною

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 гастролою
- 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

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)

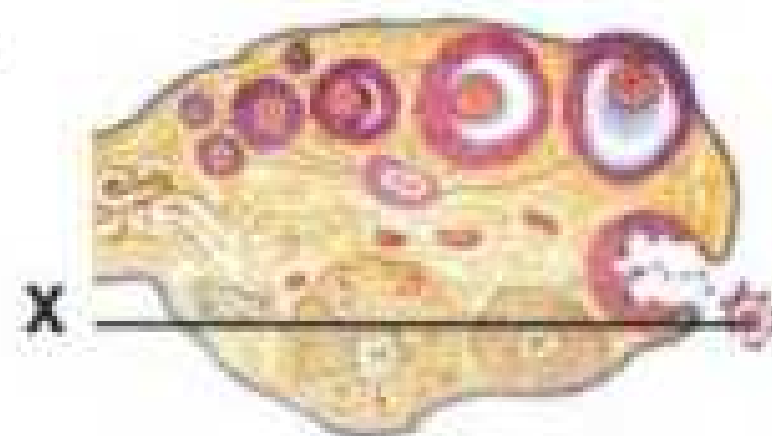
10. Проаналізуйте твердження щодо зображеного на рисунку органа.

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 варі-

§ 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

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 «мавп'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

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

Аналізуємо інформацію, робимо висновки

Ознайомтеся з інформацією та виконайте завдання.

Нобелівська премія та антропогенез

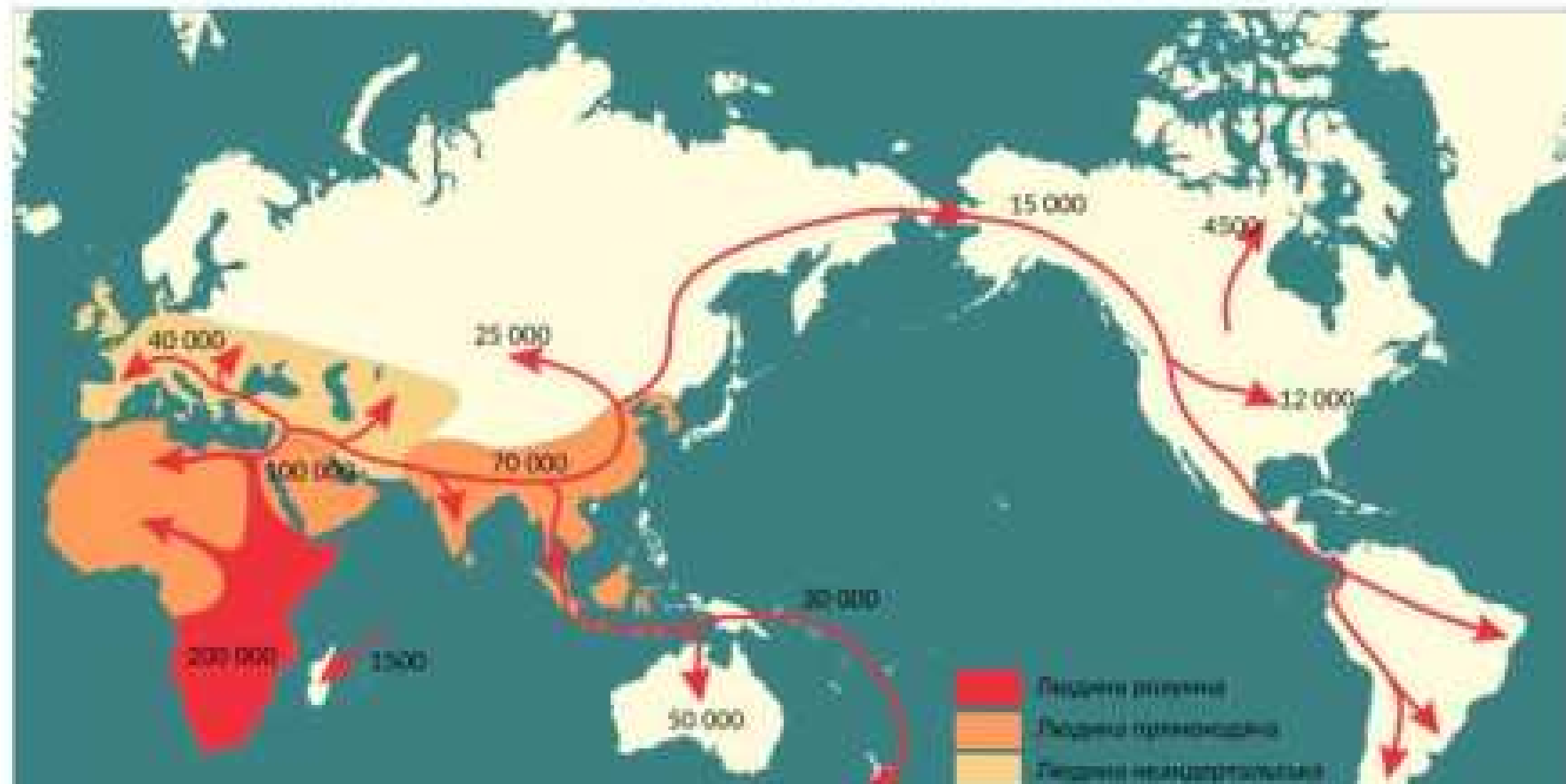
Людство завжди цікавилось своїм походженням. Чим ми, *Homo sapiens*, відрізняємося від інших споріднених видів? Багато інформації щодо цих питань надавали нам класичні дослідження кісток і місць стоянок давніх людей. Проте шведський науковець Сванте Паабо значно вдосконалив методи занурення в минуле 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

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)**



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

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?*

1 крохмалю

*У яку частину
травної системи
відкриваються
протоки залоз,
що виробляють слину?*

1 ротову порожнину

*Який фермент
працює в слині?*

1 амілаза

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

10. Підготуйте повідомлення про розвиток біологічних наук в Україні (цитології, фізіології, біохімії тощо).

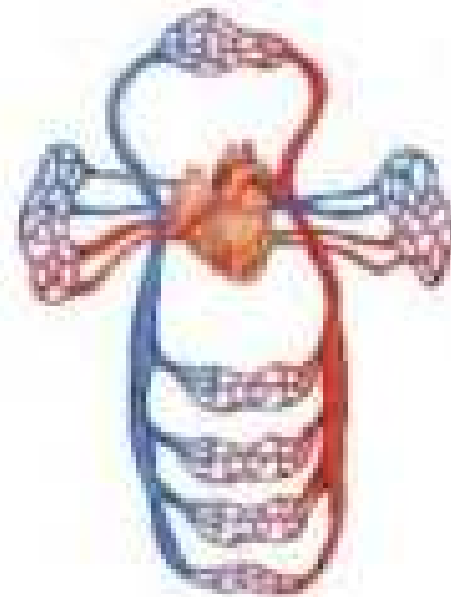
Усвідомлюю закономірності природи

11. Якою буквою позначено складник біологічної системи організмового рівня?

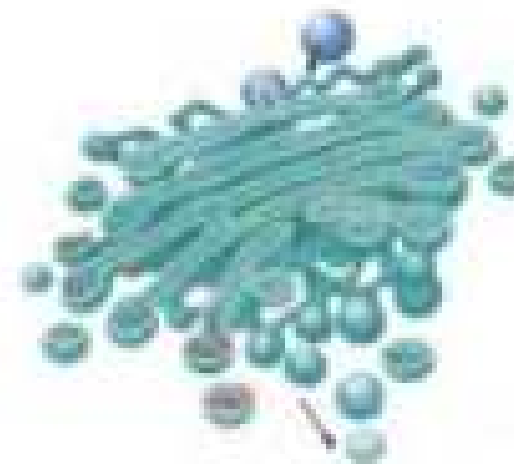
А



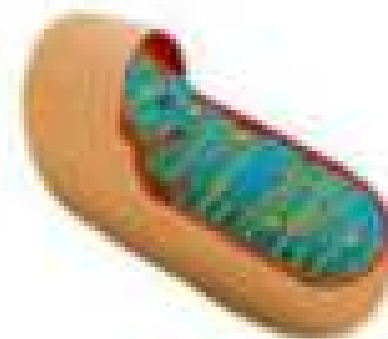
Б



В



Г



12. В організмі людини складники взаємопов'язані один з одним. Якою буквою позначено зображення синапсу?

А

Б

В

Г

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

- 1 анатомія
- 2 фізіологія
- 3 цитологія

Будову, життєдіяльність та різноманітність клітин вивчає

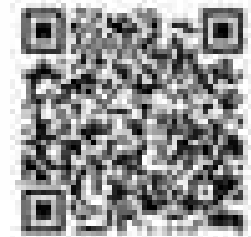
- 1 біохімія
- 2 генетика
- 3 цитологія

Розвиток еволюційної біології вможливив пояснення

- 1 причин інфекційних хвороб
- 2 впливу тютюнопаління

Чи досягнуто результатів навчання?

Тема 5–10



Досліджую природу

1. 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
2. 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
3. Учні й учениці на уроці досліджували будову крові людини й жаби. У полі зору оптичного мікроскопа розглядали мікропрепарати, які

Правильне твердження щодо нього наведено в рядку

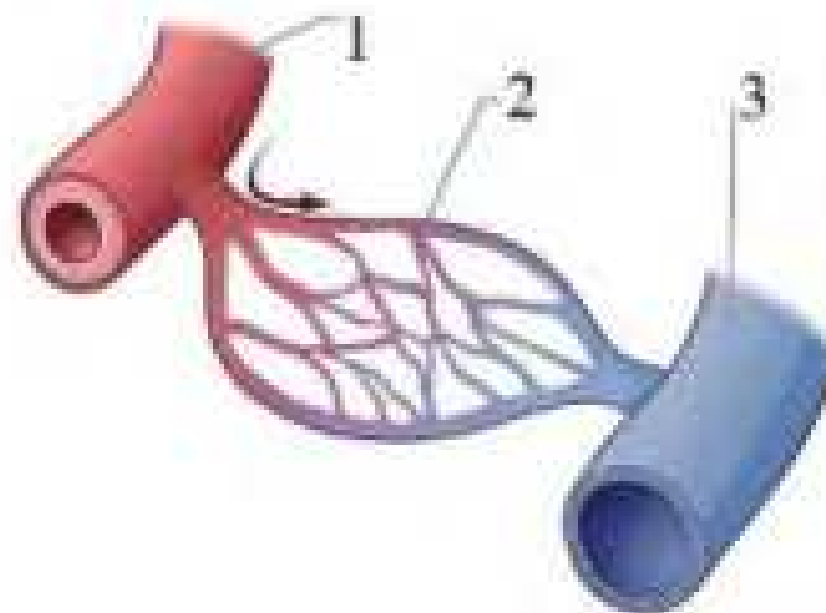
- А Унаслідок впливу яскравого світла зіниця розширюється
- Б Зіничний рефлекс є реакцією на зміни рівня освітлення у приміщенні
- В Центр керування зіничним рефлексом розташований в довгастому мозку
- Г Під час дослідження учні й учениці спостерігали вияв умовного рефлексу

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.



Здійснюю пошук та опрацьовую інформацію

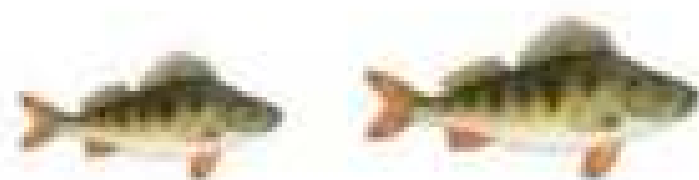
7. На сторінці науково-популярної книги наведено опис зображеної на рисунку частини кровоносної системи: «Цифрою 1 на рисунку позначено артерію. Стрілкою позначено напрямок руху артеріальної крові». Правильно продовжити опис можна, вибравши твердження в рядку
- А Ця судина забезпечує транспортування 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



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



Вушна раковина є в представників, які позначено буквою

1 А
2 Б

Б



Бічна лінія як орган чуття, притаманний у дорослому стані для представників, які позначено буквою

1 А
2 Б

В



Середнє вухо мають представники видів, які позначено

1 лише буквою В
2 буквами Б та В

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?

А правильне лише I

Б правильне лише II

В обидва правильні

Г немає правильних

13. Одним із заходів попередження серцево-судинних хвороб є

А 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,

А



Представників видів, які є гомойотермними, позначено

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

Б



Загальною ознакою для представників видів, які позначено буквам Б та В, є

- 1 здатність до прямоходіння
- 2 розвинена свідомість і мова
- 3 вигодовування дитинчат молоком

В



Позначені буквою В представники виду, на відміну від інших зображених видів,

- 1 мають кровоносну систему
- 2 дихають за допомогою легень
- 3 мають другу сигнальну систему

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
- 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

Перелік додаткових джерел використаних у підручнику

1. Чернінський А. О. Біологія
Х. : Вид.група «Основа», 2000.
1744-4
2. Ганонґ Вільям Ф. Фізіологія
з англ. Наук. ред. переклад

Зміст

Шановний восьмикласнику! Шановні

ТЕМА 1. Вступ. Організм людини

§ 1. Організм людини як об'єкт дослід

§ 2. Сучасні методи дослідження орга

§ 22. Хвороби травної системи
Аналізуємо інформацію, робимо висновки
Самоконтроль рівня навчальних досягнень

ТЕМА 5. Внутрішнє середовище людини

§ 23. Кров як складник внутрішнього середовища
§ 24. Еритроцити. Групи крові
§ 25. Лейкоцити й тромбоцити

- § 44. Нюх і смак — хімічне чуття
- § 45. Власна чутливість тіла — соматосенсорна інформація
- Аналізуємо інформацію, робимо висновки**
- Самоконтроль рівня навчальних досягнень**

ТЕМА 9. Вища нервова діяльність

- § 46. Вища нервова діяльність. Вроджені рефлекси
- § 47. Умовні рефлексі
- § 48. Емоції, пам'ять та увага

Навчальне

*АНДЕРСОН Оксана
ЧЕРНІНСЬКИЙ Антон
ВИХРЕНКО Марія
АНДЕРСОН Арсен*

БІОЛ