

Генеза

НОВА УКРАЇНЬКА
ШКОЛА

БІОЛОГІЯ



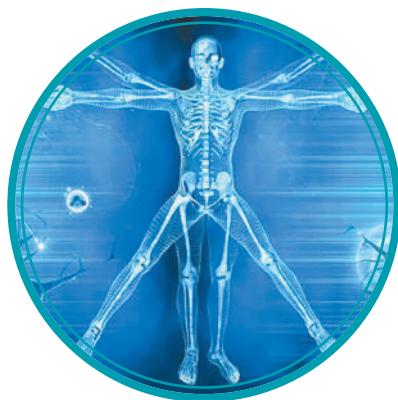
8

Павло Балан, Олександр Козленко,
Ольга Кулініч, Людмила Юрченко,
Людмила Остапченко

БІОЛОГІЯ

Підручник для 8 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України



Київ
«Генеза»
2025

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

*Відповідає модельній навчальній програмі
«Біологія, 7–9 кл.» для закладів загальної середньої освіти
(автори: П.Г. Балан О.М. Кулініч, Л.П. Юрченко)*

Переглянути електронний додаток
до підручника можна
за посиланням <https://cutt.ly/6eC5zCom>
або QR-кодом



Дорогі восьмикласники і восьмикласниці!

Минулого року ви ознайомилися з приголомшливим біорізноманіттям нашої планети: від мікроскопічних прокаріотичних організмів до квіткових рослин і хордових тварин. Частиною цього біорізноманіття є й вид Людина розумна. Цього навчального року ви здобуватимете знання про організм людини, тобто про власний організм. Знання основ наук, що вивчають людину, розкриють вам особливості будови і функцій свого організму. Під час засвоєння цих знань ви переконаєтеся, що здоров'я є найбільшою індивідуальною і соціальною цінністю. Це те, що дає змогу людині активно жити: ефективно учитися, працювати, займатися спортом.

Як і минулого року, ви продовжите розвивати й удосконалювати навички дослідника. Зокрема, активно працюватимете з різноманітними джерелами інформації, самостійно, в парі або у складі групи будете проводити різноманітні дослідження. На вас очікують захопливе моделювання різних біологічних процесів, які відбуваються в організмі людини, цікаві проекти, біологічні задачі. Ви навчитеся відповідально ставитись до власного організму та здоров'я людей, що вас оточують.

Наприкінці кожного параграфа є **Узагальнення**, в якому стисло викладені ключові моменти його змісту, а також завдання у рубриці **Поміркуйте**. На початку кожної теми є перелік різноманітних проєктів: інформаційно-пошукових, практико-орієнтованих, науково-дослідницьких, творчих, ігрових. Разом з учителем / учителькою оберіть і виконайте ті з них, які вас зацікавлять, відтак зробить презентацію своїх досягнень. Наприкінці кожної теми на вас чекає низка завдань, за допомогою яких ви зможете перевірити засвоєні знання з таких позицій: «Досліджую природу»; «Опрацьовую та використовую інформацію», «Усвідомлюю закономірності природи», а також цікаве компетентісно орієнтоване завдання. Виконання таких завдань дасть вам змогу краще засвоїти і повторити навчальний матеріал, сприятиме розвитку інтелектуальних умінь: аналізувати, порівнювати, узагальнювати, оцінювати, робити висновки, виявляти закономірності, висловлювати власні судження. Багато додаткової інформації з біології людини ви дізнаєтеся за покликаннями у QR-кодах.

Успіхів вам у пізнанні природи!

Умовні позначення



Проблемне питання, завдання, задача



Запитання, завдання



Дослідницька діяльність



Бережи здоров'я

Цікаво знати



Поміркуйте



Розділ 3. Біологія людини

Вступ



Який зв'язок між розвитком людства та науками, що вивчають біологію людини?

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Сучасні методи діагностики захворювань людини».

Практико-орієнтований проєкт:

«Обстеження та діагностика, яку можна пройти в моєму місті (поліклініка, лікарня тощо)»

Ігровий проєкт:

«Мій сімейний лікар: знайомство, консультації, діагностика».

Творчий проєкт:

«Корисні цеглини» для збереження мого здоров'я»;
«Людина в системі органічного світу – вершина чи етап в еволюції життя на нашій планеті?»

Науково-дослідницький проєкт:

«Дослідження антропометричних вимірів дівчат і хлопців вибраної групи школярів стосовно віку та стану здоров'я».

§ 1. Чому людину вважають біосоціальною істотою



Чим людські спільноти відрізняються від природних популяцій тварин?

Яке місце людини в системі організмів. Вид Людина розумна, до якого ми всі належимо (мал. 1.1), має багато спільних рис із такими представниками тваринного світу, як ссавці.



Мал. 1.1. Вид Людина розумна



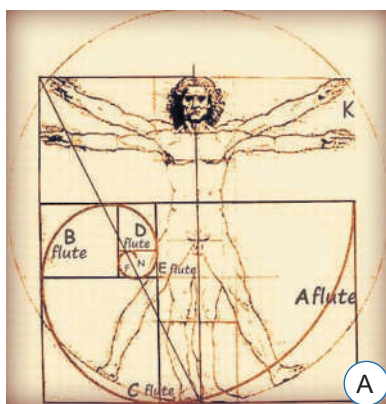
Визначте, до якої з людських рас належать зображені на малюнку люди. Які ознаки морфологічної будови обличчя відрізняють представників різних рас?

Місце людини в системі органічного світу вперше, ще у XVIII сторіччі, визначив видатний шведський учений Карл Лінней (1707–1778). На підставі подібності будови людини та мавп він зарахував вид Людина розумна до ряду Примати класу Ссавці.

✓ **Дізнайтеся більше** про систематичне положення виду Людина розумна у системі органічного світу за QR-кодом.



Цікаво знати. Геніальний італійський художник і вчений Леонардо да Вінчі (1452–1519) створив малюнок, який називають «Вітрувіанська¹ людина» (мал. 1.2, А). На ньому зображені дві фігури людини, накладені одна на одну і вписані у коло: одна з них – з розведеними руками і ногами, інша – зі зведеними ногами. Пропорції тіла «Вітрувіанської людини» вважають класичними. У 2018 році Національний банк України випустив пам'ятну срібну монету номіналом 5 гривень «Вітрувіанська людина» (мал. 1.2, Б).



Мал. 1.2. А. Всесвітньовідомий малюнок «Вітрувіанська людина» Леонардо да Вінчі. Б. Пам'ятна срібна монета НБУ (входить до набору «До 100-річчя Національної академії наук України»)

У чому полягає біосоціальна сутність людини. Вид Людина розумна – один з багатьох видів організмів, які населяють нашу планету. Але на відміну від інших видів, Людина розумна – вид не біологічний, а **біосоціальний**. Це пов'язане з тим, що у функціонуванні людського суспільства, на відміну від угруповань інших організмів, провідну роль відіграють не біологічні, а соціальні чинники: суспільний спосіб життя, мислення, мова, праця, мораль тощо.

Спільноти людей, які взаємодіють між собою та навколишнім середовищем, формують певний **соціум** (від грец. *соціетас* – суспільство). Це сукупність людей, об'єднаних спільними інтересами, культурними цінностями, мовою, нормами поведінки тощо. Усе це передається з покоління в покоління завдяки спілкуванню членів соціуму між собою, їхній співпраці. Отже, соціум пронизує будь-які аспекти життя людини.

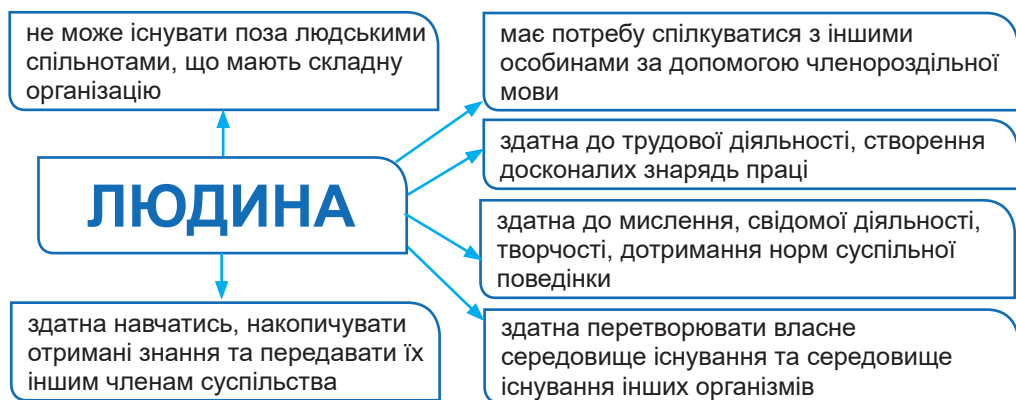
¹ *Марк Вітрувій Полліон* (близько 80–70 рр. до н.е. – близько 15 р. до н.е.) – римський архітектор та інженер; вважають, що саме він заклав основу вчення про пропорційність у мистецтві та архітектурі. Втіленням цієї концепції і є «Вітрувіанська людина» Леонардо да Вінчі.

✓ **Дізнайтеся більше** про соціум і соціалізацію за QR-кодом.



Вплив біологічної складової (притаманної всім видам організмів) у процесі історичного розвитку виду Людина розумна поступово знижувався, а соціальної – зростав. Цьому сприяли насамперед різні способи спілкування людей між собою, зокрема, виникнення усної мови та писемності, а також здатність людини до праці.

Людина розумна здатна планувати свої дії та заздалегідь передбачати їхні результати. Для задоволення своїх естетичних потреб люди розвивають культуру і мистецтва, а для пізнання довкілля та самих себе – науки. Поведінка людини в суспільстві підлягає певним правилам, які мають назву **етика**. Отже, діяльність та поведінка людини зумовлені переважно суспільним оточенням (мал. 1.3).



Мал. 1.3. Людина – біосоціальна істота

Узагальнення

Вид Людина розумна належить до класу Ссавці та ряду Примати (царство Тварини). На відміну від інших видів, для виду Людина розумна характерна як біологічна (притаманна всім видам), так і соціальна складова. Але якщо біологічна складова людини закріплена генетично та успадковується з покоління в покоління, то соціальна формується у процесі як історичного розвитку виду Людина розумна, так й індивідуального розвитку окремої особини. Саме тому вид Людина розумна є біосоціальною істотою.

Поміркуйте

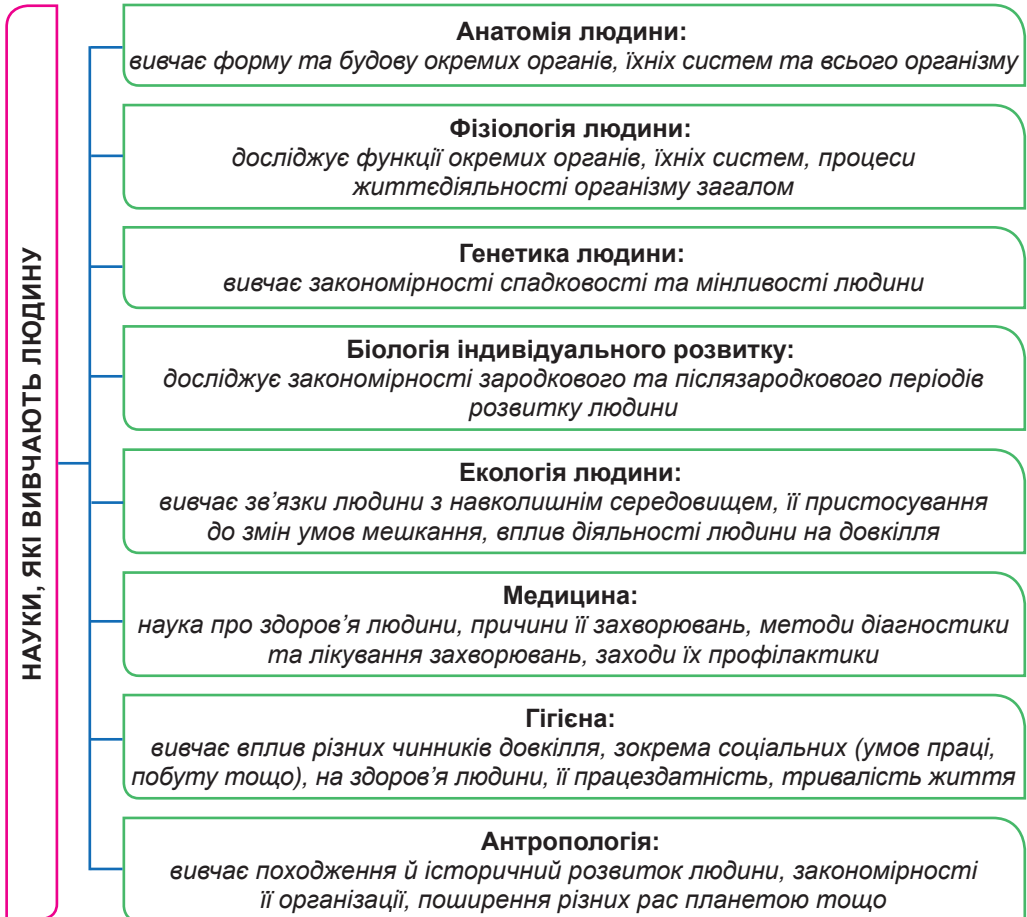
1. Який існує зв'язок між расовими особливостями людини та адаптаціями її до умов існування?
2. Як може поводитися в соціумі людина, яка після народження потрапила в дику природу і до п'ятнадцяти років не спілкувалася з іншими людьми?
3. Чи можна стверджувати, що мова – один з основних рушійних чинників розвитку людства?

§ 2. Які науки вивчають людину. Яке значення знань про людину для збереження її здоров'я



Як науки, що вивчають людину, пов'язані між собою?

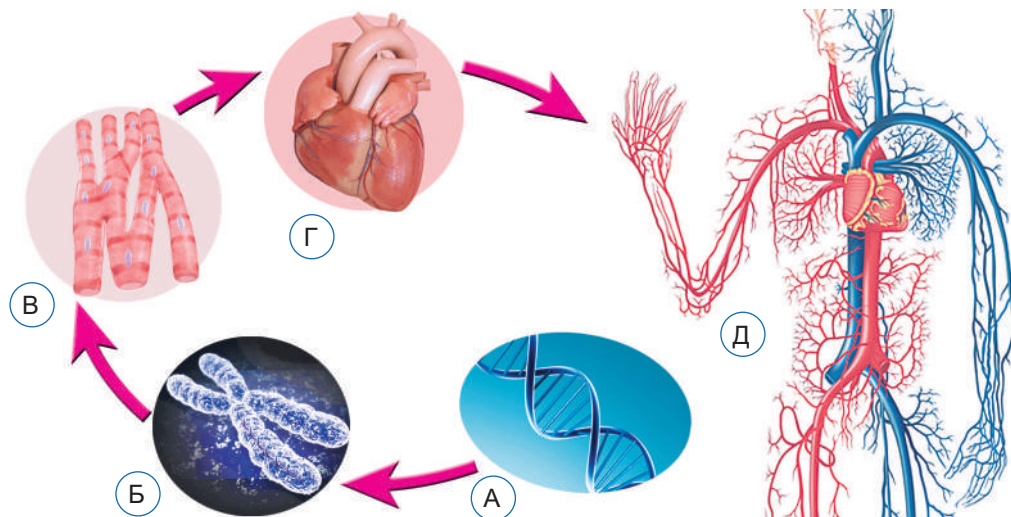
Які науки вивчають людину. Організм людини як особливу біологічну систему вивчають різні науки, насамперед біологічні (мал. 2.1).



Мал. 2.1. Приклади наук, які вивчають людину

Цікаво знати. Великий вплив на розвиток біології людини мали науковці Стародавньої Греції, такі як Гіппократ, Арістотель, Алкмеон Кротонський. Тому чимало назв наук про людину мають грецьке походження і вже у їхній назві часто «закодовані» відомості про те, що вони вивчають. В античному світі богом **медицини** вважали Асклепія (Ескулапа), сина бога Аполлона (у давньогрецькій та давньоримській міфології – бог світла, покровитель мистецтв, бог лікування, провісника майбутнього). У міфах згадують здатність Асклепія воскрешати мертвих. Його доньку Панацею (від грец. *панакея* – всезцілювалька) у Давній Греції вважали покровителькою здоров'я, так само, як і його іншу доньку – Гігією. З ім'ям Гігієї пов'язують назву науки **гігієни**. Навіть у наш час лікарів інколи напівжартома називають *ескулапами*, а міфічний лікарський засіб «від усіх хвороб» – *панацеєю*.

Людина є прикладом складної біологічної системи. Різні її компоненти перебувають на різних взаємопов'язаних рівнях організації: молекули входять до складу клітин, з клітин складаються тканини, з тканин – органи, органи, що виконують спільні функції, формують системи органів (мал. 2.2). Різні системи органів взаємодіють між собою та утворюють цілісний організм.



Мал. 2.2. Структурна організація організму людини. Молекули нуклеїнових кислот (А) та білків входять до складу структур ядра клітини – хромосом (Б). Клітини входять до складу тканин (серцевий м'яз, В). З тканин складаються органи (серце, Г), які входять до складу певної системи органів організму (кровоносна система людини, Д)

Усі складові організму людини не працюють окремо, всі вони є частиною єдиного цілісного організму. Організм людини є **відкритою системою**, оскільки взаємодіє з довкіллям. Звідти він отримує необхідні йому поживні речовини та енергію і виділяє туди кінцеві продукти обміну речовин. У здійсненні обміну речовин та енергії насамперед задіяні такі системи органів, як травна, дихальна, кровоносна, видільна, нервова та ендокринна.

✓ **Дізнайтеся більше** про організм людини як відкриту систему та про теорію систем за QR-кодом.



Що означають поняття «здоров'я» та «хвороба». Нормальне функціонування організму людини, як і будь-якої іншої біологічної системи, неможливе без підтримання гомеостазу.

- **Гомеостаз** – це здатність біологічної системи підтримувати динамічну сталість свого складу та властивостей за змін умов як зовнішнього, так і внутрішнього середовища. Здатність підтримувати гомеостаз, зі свого боку, є необхідною умовою здорового стану організму людини.

- **Здоров'я** – це стан фізичного, психічного та соціального благополуччя, високої працездатності та соціальної активності людини, а не

тільки відсутність хвороб чи фізичних вад. Поняття **здоров'я людини** включає наступні складові (мал. 2.3).



Мал. 2.3. Складові здоров'я людини



Доповніть схему прикладами чинників, що впливають на здоров'я людини.

Показниками **фізичного здоров'я людини** є особливості анатомічної будови тіла, досконала фізіологічна діяльність організму в різних умовах (спокою, руху тощо), оптимальний рівень фізичного розвитку органів та їх систем.

Показниками **емоційного, інтелектуального та духовного здоров'я** є прояви психічних процесів і особливостей людини, наприклад емоційність, чутливість. Цьому сприяють такі притаманні людині риси, як мислення, характер, здібності, здатність справлятися зі складними обставинами життя, зберігаючи оптимальний емоційний фон та адекватність поведінки.

Показники **соціального здоров'я** пов'язані з економічними чинниками, стосунками особистості з іншими представниками соціуму (членами родини, іншими учнями, педагогічними працівниками, членами колективу тощо), з якими формуються різні соціальні зв'язки.

Показники здоров'я людини можуть бути як якісними (самопочуття, настрої тощо), так і кількісними. До кількісних показників належать: **антропометричні** (зріст, маса тіла, об'єм грудної клітки тощо); **фізичні** (частота пульсу, артеріальний тиск, температура тіла); **біохімічні** (як-от рівень глюкози у крові та сечі); **біологічні** (склад мікроорганізмів у шлунково-кишковому тракті, співвідношення різних типів клітин у складі крові тощо).

✓ **Дізнайтеся більше** про систему громадського здоров'я за QR-кодом.



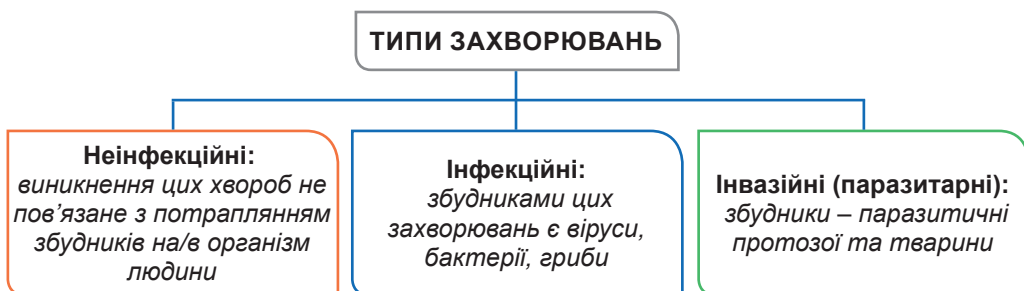
На протипагу здоровому стану, **хвороба** – це стан організму, пов'язаний з порушеннями його будови, нормального функціонування (наприклад, обміну речовин) і здатності підтримувати гомеостаз. Наслідком хвороби є зниження пристосувальних можливостей і працездатності людини. Хвороби негативно впливають і на психічний стан людини.

Хвороб надзвичайно багато, так само як і причин, що до них призводять. Це насамперед шкідливі звички, неправильне харчування, недостатня фізична активність, недотримання санітарно-гігієнічних вимог, забруднення навколишнього середовища, паразити тощо. Виділяють такі основні причини хвороб (мал. 2.4):



Мал. 2.4. Основні причини хвороб людини

Існують різні класифікації захворювань. Зокрема, хвороби поділяють на такі основні групи (мал. 2.5):



Мал. 2.5. Типи захворювань



Пригадайте, які хвороби людини поширюють тварини-переносники.

Що раніше діагностувати захворювання, то легше його вилікувати, а наслідки такої хвороби можуть бути не такими важкими, як у разі її пізнього діагностування.

Чому збереження й поліпшення здоров'я людини неможливе без ґрунтовних знань про її організм. Здоров'я – це неоціненний дар, яким не можна нехтувати. Будь-яка здорова людина, що не опікується власним здоров'ям, через певний час може його втратити. Тому здоровий стан організму слід підтримувати постійно.

Знання будови свого організму зможуть забезпечити ефективну першу допомогу собі або іншим у разі травмування. Важливо знати, як зупинити кровотечу, забезпечити першу допомогу в разі сонячного

удару, ураження електричним струмом, як розрахувати оптимальні навантаження на організм під час занять спортом тощо. Досконалі знання про те, як відбувається обмін речовин в організмі людини, допоможе забезпечити раціональне харчування, уникнути отруєнь. А знання про інфекційні та інвазійні захворювання убезпечать від зараження їхніми збудниками. Знання про те, які чинники середовища існування здатні негативно впливати на організм людини (їх називають «факторами ризику»), допоможуть уникати таких впливів або ж мінімізувати негативні наслідки від них.

Фактори ризику – чинники, які збільшують імовірність захворювання певною хворобою.



Перелічіть фактори ризику виникнення хвороб у школяра вашого віку.

Узагальнення

До наук, які вивчають організм людини, належать: анатомія, фізіологія, гігієна, генетика, медицина тощо. Організм людини – відкрита цілісна біологічна система, в якій всі системи органів функціонують для підтримання гомеостазу. Здоров'я людини має такі складники: фізичне, психічне та соціальне. Протилежним до здоров'я станом є хвороба. Запобігти появі хвороб можна, здійснюючи їхню профілактику.



Поміркуйте

1. Чому знання про організм людини потрібні для підтримання й поліпшення здоров'я?
2. Які відкриття в медицині сприяли збільшенню тривалості життя сучасної людини?
3. Які головні причини виникнення неінфекційних хвороб у сучасної людини?

§ 3. Методи дослідження організму людини



Які наукові відкриття вплинули на розвиток методів, що досліджують організм людини?

За допомогою яких методів визначають стан органів та організму людини. Для визначення різних показників хімічного складу нашого організму – крові, травних соків тощо – застосовують **біохімічні методи**. Наприклад, людям, хворим на цукровий діабет, потрібно постійно контролювати рівень глюкози у крові. Для цього існують спеціальні прилади – глюкометри (мал. 3.1). Тривалий високий рівень глюкози у крові є приводом для негайного звернення до лікарів.

Цікаво знати. Нормою вмісту глюкози у крові дітей вважають 4,2–6,4 ммоль/л, а дорослих – 3,5–5,7 ммоль/л.

Мал. 3.1. А. Глюкометр: прилад для вимірювання вмісту глюкози у крові та тест-смужки до нього





Зверніть увагу на показник вмісту глюкози у крові на екрані глюкометра (мал. 3.1). Який висновок ви можете зробити, якщо: А – досліджували кров дорослої людини; Б – досліджували кров дитини?

Оцінити роботу імунної системи людини дають змогу **імунологічні методи** досліджень. Одним з методів, завдяки якому можна виявити види хвороботворних організмів, які паразитують у людині, є **імуноферментний аналіз (ІФА)**. Він ґрунтується на тому, що у відповідь на проникнення в організм людини тих чи інших видів збудників хвороб організм виробляє особливі захисні білки – антитіла. При цьому до кожного стороннього для організму людини агенту (їх називають «антигенами») виробляються специфічні антитіла. Тому, виявивши, наприклад у крові, певні антитіла, можна не тільки діагностувати хворобу (вид збудника), а й за концентрацією антитіл – її стадію. Метод ІФА досить точний (специфічність – понад 90 %).

✓ **Дізнайтеся більше** про вітчизняних імунологів за QR-кодом.



Встановити присутність збудника захворювання в організмі людини можна і за допомогою **полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР)**. Вона дає змогу виявити спадковий матеріал збудника у вигляді молекул ДНК або їх фрагментів. Цей метод досить точний, адже, як ви пам'ятаєте, кожному виду організмів притаманний свій набір спадкової інформації (специфічність цього методу – до 99 %). Так, під час епідемії коронавірусу (COVID-19) основними методами діагностики цього захворювання були саме ПЛР та ІФА.

Фізичні методи використовують для дослідження будови та стану організму людини загалом й окремих його органів. Артеріальний тиск вимірюють за допомогою тонометрів (мал. 3.2). Люди з високим або низьким артеріальним тиском мають перебувати під постійним наглядом лікарів.

Стан серця та його діяльність вивчають, досліджуючи електричні процеси в ньому. Для цього застосовують електрокардіографи (мал. 3.3).



Мал. 3.2. Вимірювання артеріального тиску за допомогою автоматичного тонометра



Мал. 3.3. Електрокардіограф

Електроенцефалографія (від лат. *електрикус* – електрика, грец. *енкефалон* – головний мозок та *грамма* – запис) – метод, за допомогою якого досліджують функціональний стан головного мозку. При цьому

на поверхні голови (зазвичай на волосистій її частині) розміщують електроди, що реєструють біоелектричну активність головного мозку (мал. 3.4). Від електродів інформація потрапляє на спеціальний прилад – електроенцефалограф. Отримана інформація записується у вигляді комп'ютерного файлу. За допомогою цієї методики можна діагностувати порушення діяльності головного мозку (діагностика порушень сну, психічних захворювань (як-от епілепсії), інсульту тощо).



Мал. 3.4. Метод електроенцефалографії

Метод **рентгенографії** полягає в дослідженні внутрішньої будови організму за допомогою рентгенівських променів. Ці промені проходять крізь тканини різної щільності, внаслідок чого на рентгенівському знімку виникають зображення різного ступеня інтенсивності. Рентгенівські промені використовують, зокрема, для флюорографії: отримання знімка на рентгенівській плівці (мал. 3.5, Б).



Мал. 3.5. Сучасний рентгенівський апарат (А) і рентгенівський знімок кисті (Б)



Поміркуйте, чому рентгенографічне дослідження не може бути повторно проведене за короткий проміжок часу.

Цікаво знати. Назва **рентгенівські промені** походить від прізвища німецького фізика Вільгельма Конрада Рентгена (1845–1923), якому тривалий час приписували їхнє відкриття. Сам В. Рентген назвав ці промені, тоді невідомої природи, X-променями. Ця назва збереглась і донині в англomовній та франкомовній науковій літературі. Але вперше їх відкрив український фізик Іван Пулюй (1845–1918) ще 1895 р. за допомогою «лампи Пулюя». Його доробком пізніше скористався В. Рентген, якому І. Пулюй презентував свої праці. В. Рентген, на відміну від І. Пулюя, широко опублікував результати своїх досліджень й отримав 1901 р. Нобелівську премію.

Ультразвукова діагностика (ультразвукове дослідження; УЗД) – обстеження в реальному часі внутрішніх органів людини і тих процесів, які в них перебігають, за допомогою ультразвукових хвиль. Апарат УЗД (мал. 3.6) має ультразвуковий передавач, який випромінює хвилі високої частоти. Їх спрямовують на ту частину тіла, яку обстежують (наприклад, на печінку або легені). Потрапивши на об'єкт дослідження, хвилі від нього відбиваються і надходять до тієї частини приладу, де вони перетворюються на картинку, яка виводиться на монітор.



Мал. 3.6. Апарат УЗД



Мал. 3.7. Апарат МРТ

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) – це метод дослідження внутрішніх органів і тканин з використанням фізичного явища – ядерного магнітного резонансу. Воно полягає у властивості ядер певних хімічних елементів (для магнітно-резонансної томографії таким елементом є Гідроген) у зовнішньому сталому магнітному полі поглинати і випромінювати енергію. МРТ широко застосовують у медичній діагностиці та для контролю під час лікування людини з хворобою (мал. 3.7). Для отримання зображення, яке виводиться на монітор, МРТ-сканери використовують сильне магнітне поле (яке створює великий магніт) та радіохвилі. Чітке високоякісне зображення досліджуваних частин тіла дозволяють створювати сучасні комп'ютери.

Антропометричні методи використовують для вивчення показників як усього тіла, так й окремих його частин, які можна виміряти. Це вимірювання зросту, маси тіла, об'єму грудної клітки тощо. Періодично здійснюючи антропометричні дослідження, можна стежити за тим, наскільки гармонійно відбувається розвиток дитини.



Щоб бути здоровим, треба постійно стежити за чистотою свого тіла та одягу, регулярно споживати повноцінну їжу, чергувати періоди праці та відпочинку, уникати надмірних фізичних та розумових навантажень, впливу шкідливих чинників довкілля (наприклад, дії іонізуючого випромінювання, потрапляння в організм отрутохімікатів).

Узагальнення

Висновок про загальний стан здоров'я людини можна зробити лише на підставі низки досліджень: медичних, біохімічних, фізичних, анатомічних, генетичних, імунних тощо. Отримані результати проведених досліджень – показники стану організму людини – порівнюють із середніми значеннями цих показників у здорових людей відповідного віку та статі.



Поміркуйте

1. Що досліджують в організмі людини за допомогою рентгенівських променів?
2. Для чого в медичній картці дитини періодично фіксують зміну її маси та зросту від моменту народження?

Тема 1.

Організм людини як біологічна система



Як відбуваються зв'язки між органами у складі функціональної системи?

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Цитологічні та гістологічні дослідження стану здоров'я людини»;
«Платон Григорович Костюк – видатний український нейрофізіолог».

Творчий проєкт:

складання колажу «Рівні організації організму людини»;
виготовлення лепбуків «Тканини організму людини».

Практико-орієнтований проєкт:

«Які цитологічні чи гістологічні методи діагностування використовували лікарі, досліджуючи мій організм?»

Ігровий проєкт:

гра біологічне лото «Клітина – тканина – орган».

§ 4. Організм людини як саморегульована біологічна система: молекулярний та клітинний рівні



Які ознаки притаманні організму людини як біологічній системі?

Які загальні ознаки властиві організму людини як біологічній системі. Організм людини – це цілісна, відкрита, саморегульована та відносно стійка біологічна система (біосистема). Такі складні біосистеми, як організм людини, складаються з біосистем нижчого рангу, які взаємодіють між собою.

Який хімічний склад клітин людини. У різних клітинах організму людини виявлено понад 60 хімічних елементів, серед них переважають Карбон (С), Гідроген (Н), Оксиген (О) і Нітроген (N), чий сумарний вміст становить понад 90 %. Саме вони є основою різноманітних органічних сполук (білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот та ін.).

✓ **Дізнайтеся більше** про органічні речовини за QR-кодом.



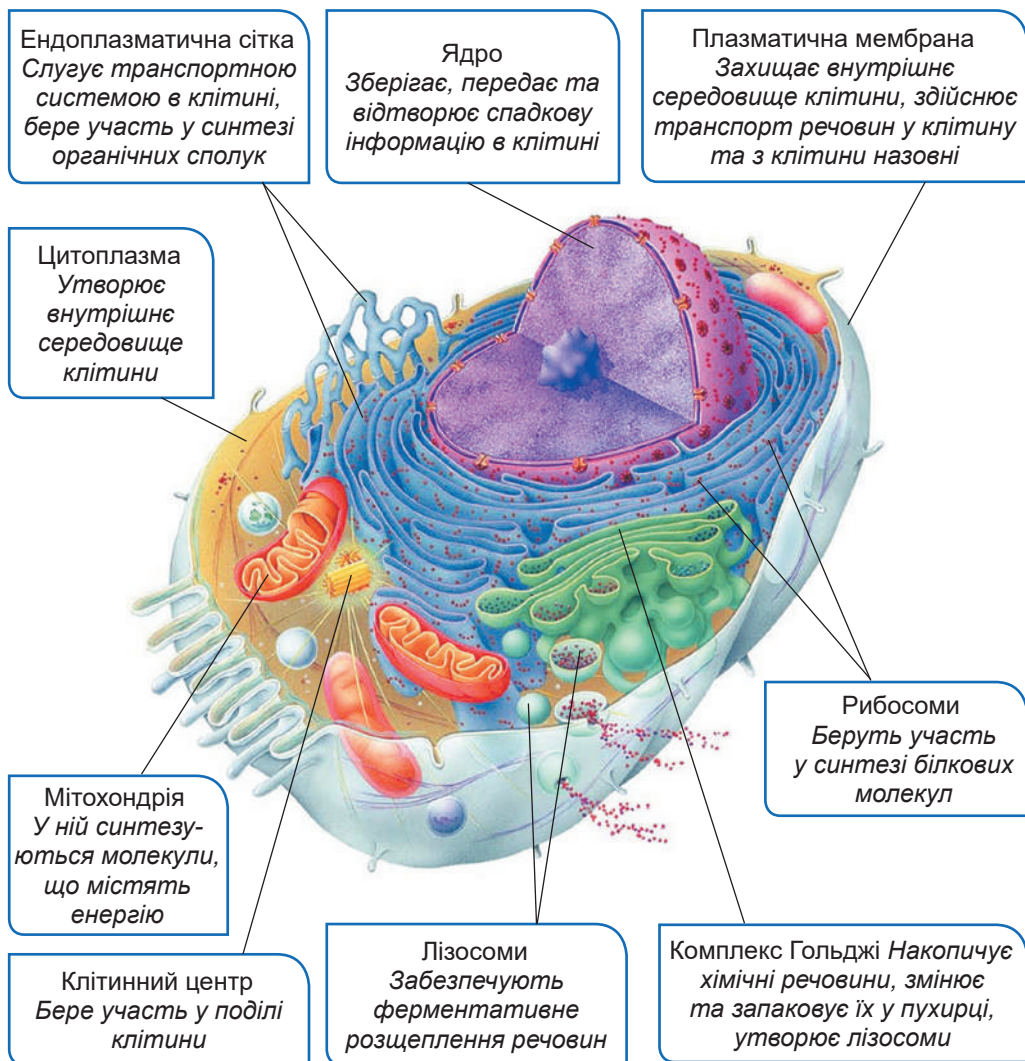
Уміст **органічних сполук** у клітинах у середньому становить близько 23,5 %, з них білків – близько 15 %, ліпідів – близько 4,5 %, вуглеводів – близько 2,5 %, нуклеїнових кислот – близько 1,5 %.

Уміст **неорганічних речовин** у клітині становить близько 76,5 %, з них води – близько 75 %, мінеральних солей і кислот – близько 1,5 %. Вода є універсальним розчинником і середовищем для перебігу багатьох біохімічних процесів. Вона забезпечує пружність (тургор) клітин. Отже, наявність води – обов'язкова умова функціонування клітини.

Клітина як приклад біологічної системи. Тіло людини побудоване з багатьох клітин. Учені підраховували, що до складу тіла дорослої людини

ни входить близько тридцяти трильйонів клітин різних типів. При цьому у процесі розвитку число клітин в організмі поступово зростає. Так, у 10-річної дитини налічують близько 17 трильйонів клітин, у дорослої жінки середнього зросту – близько 28 трильйонів, а у дорослого чоловіка – до 36 трильйонів.

Клітина, з одного боку, є **структурною одиницею** багатоклітинних організмів, серед яких і людина. З іншого боку, клітина є **функціональною одиницею** багатоклітинного організму, оскільки клітини певних типів забезпечують ті чи інші життєві функції. Одні з них виконують транспортну функцію (як-от еритроцити), інші – захисну (наприклад, лейкоцити), опорну (клітини кісткової та хрящової тканин) функції тощо. Клітини тварин і людини побудовані за єдиним планом (мал. 4.1).



Мал. 4.1. Будова клітини людини

Усі клітини оточені **плазматичною мембраною**. Її основу становлять мозаїчно розташовані молекули білків та ліпідів.

✓ **Дізнайтеся більше** про будову та функції плазматичної мембрани за QR-кодом.



На відміну від клітин рослин і грибів, клітини тварин і людини не мають щільної клітинної стінки. Над їхньою плазматичною мембраною розташований **глікокалікс**. Цей тоненький пружний поверхневий шар складається зі сполук білків з вуглеводами і, частково, ліпідів з вуглеводами. Він не здатний підтримувати сталу форму клітини, його основні функції: захисна, транспортна, сигнальна.

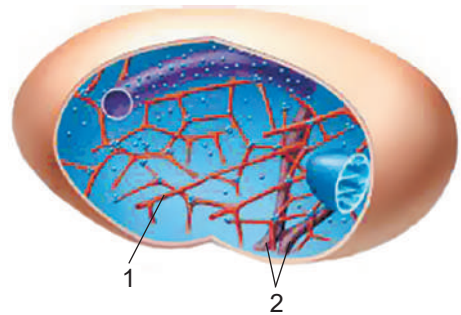
Внутрішнє середовище клітини – **цитоплазма**. Вона розташована між плазматичною мембраною та оболонкою ядра (мал. 4.1). Це розчин органічних і неорганічних речовин, у якому містяться **органели** (постійні структури клітини) та **включення** (непостійні структури). У цитоплазмі відбуваються різноманітні біохімічні процеси: наприклад, утворюються одні сполуки й розщеплюються інші. У вигляді включень можуть зберігатися запасні поживні речовини (пригадайте, які запасні сполуки відкладаються у клітинах рослин і тварин). Також у цитоплазмі, на мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки, у мітохондріях та в ядрі розташовані **рибосоми** – органели, які беруть участь у синтезі молекул білків.

У цитоплазмі міститься **цитоскелет** – система білкових структур у вигляді мікротрубочок і мікрониток, які її пронизують (мал. 4.2). Виконує опорну функцію.

Різнноманітні органели забезпечують різні процеси життєдіяльності клітини. Обов'язковими органелами кожної клітини є **мітохондрії** (мал. 4.1), оточені двома мембранами. Їх ще називають «енергетичними станціями» клітини, оскільки там утворюються сполуки, що містять багато енергії.

У клітинах людини містяться **лізосоми** – органели, оточені однією мембраною. Вони забезпечують внутрішньоклітинне перетравлення поживних речовин, адже містять ферменти, здатні розщеплювати різноманітні сполуки.

Обов'язковими компонентами клітин людини є одне, кілька або багато **ядер** (мал. 4.1). Ядра зовні оточені оболонкою, що складається з двох мембран. Ця оболонка оточує внутрішнє середовище ядра: **ядерний сік**, в якому розташовані ядерця та структури, до складу яких входять молекули ДНК і білки. Їх називають **хромосомами** (див. мал. 2.2, Б). **Ядерця** – структури ядра, за участі яких формуються складові рибосом. Ядро зберігає спадкову інформацію (закодовану в молекулах ДНК) і забезпечує її передачу від материнської клітини дочірнім під час її поділу. Ядро є своєрідним «центром керування» процесами, що перебігають у клітині, зокрема синтезом молекул білків.



Мал. 4.2. Цитоскелет:
1 – мікротрубочки; 2 – мікронитки

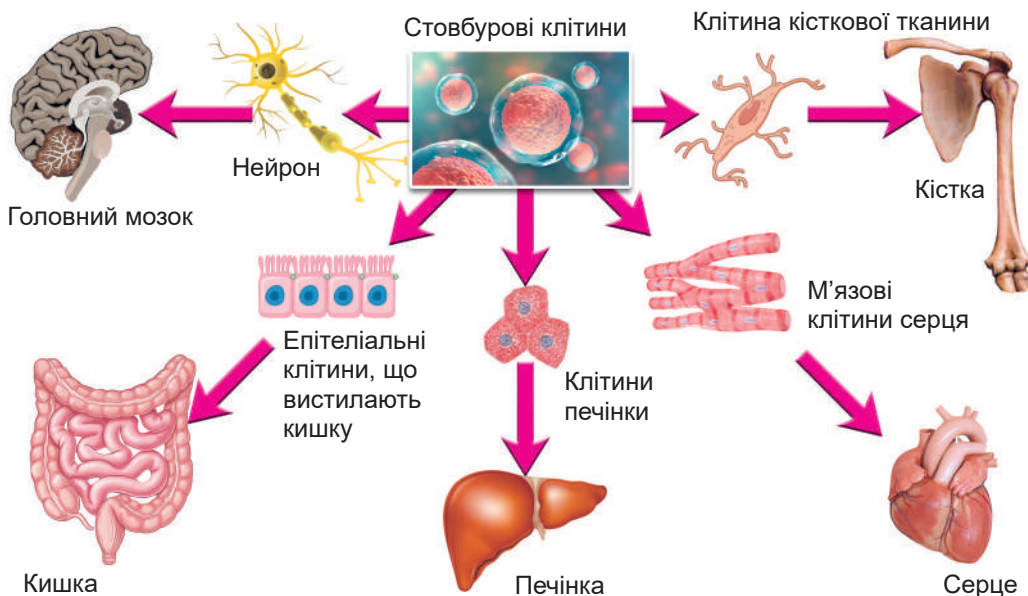
У цитоплазмі існує й власна «транспортна система», основу якої становить **ендоплазматична сітка** (мал. 4.1). Це система порожнин у цитоплазмі, що має вигляд мікроскопічних каналців та їхніх потовщень (так званих цистерн), оточених мембраною.

Обов'язковою органелою клітин людини є **комплекс Гольджі**¹ (її ще називають **апарат Гольджі**) (мал. 4.1), який розташований зазвичай поблизу ядра. Основні функції комплексу Гольджі – накопичення, хімічні зміни і пакування в пухирці, оточені мембраною, речовин, які надійшли до цієї органели. Комплекс Гольджі бере участь і у формуванні лізосом.

✓ **Дізнайтеся більше** про ендоплазматичну сітку, будову та функції комплексу Гольджі за QR-кодом.



Клітини організму людини бувають різної форми: кулястої, дископодібної, кубічної, веретеноподібної, зірчастої тощо (мал. 4.3).



Мал. 4.3. Різні типи клітин організму людини походять зі стовбурових клітин

Цікаво знати. Різноманітні й розміри клітин: від 5–7 до 40 мкм (1 мкм – мільйонна частка метра). Тільки уявіть: в організмі дорослої людини налічують близько 230 типів клітин!

Таке різноманіття клітин є наслідком здатності клітин до диференціації. Будь-яка нестатева клітина нашого організму містить повний набір спадкової інформації про його будову та функції. Але внаслідок того, що в одних клітинах реалізується лише певна частина спадкової інформації, а в інших клітинах – інша, відбувається **диференціація**

¹ Названий так на честь італійського вченого Камілло Гольджі, який відкрив цю органелу.

клітин: виникають різні їхні типи. У нашому організмі, так само як і в організмі багатоклітинних тварин, є особливі клітини – **стовбурові**. Це недиференційовані клітини, вони здатні ділитися і давати початок клітинам різних типів (мал. 4.3).

Унаслідок поділу стовбурової клітини одна з дочірніх клітин залишається недиференційованою і зберігає здатність до подальшого поділу, інша – згодом диференціюється. Завдяки стовбуровим клітинам постійно оновлюється клітинний склад нашого організму, відбуваються процеси росту, розвитку, регенерації.



Пригадайте, що собою становить процес регенерації і які відомі види регенерації у тварин.

Головні життєві властивості різних клітин такі самі, як і організму загалом: обмін речовин та енергії, подразливість, розмноження, ріст і розвиток, саморегуляція та самооновлення (у процесі життєдіяльності клітини оновлюється її хімічний склад).

Узагальнення

Клітина людини – основна структурна і функціональна одиниця будови людського організму. Організм людини налічує трильйони клітин. У клітинах організму трапляється понад 60 хімічних елементів, які утворюють органічні та неорганічні сполуки. Клітини людини мають однаковий загальний план будови: вони складаються з плазматичної мембрани, цитоплазми з органелами і включеннями та ядра (ядер). Відмінності між клітинами пов'язані з їхніми функціями. Клітинний склад організму людини відновлюється за рахунок стовбурових клітин.



Поміркуйте

1. Як ви гадаєте, наскільки відрізняється хімічний склад клітин в організмах тварин і людини?
2. Які існують зв'язки між різними органелами клітини? Наведіть приклади.
3. Як форма клітин пов'язана з їхніми функціями?
4. Як стовбурові клітини можна застосовувати в лікуванні захворювань людини?

§ 5. Тканини організму людини

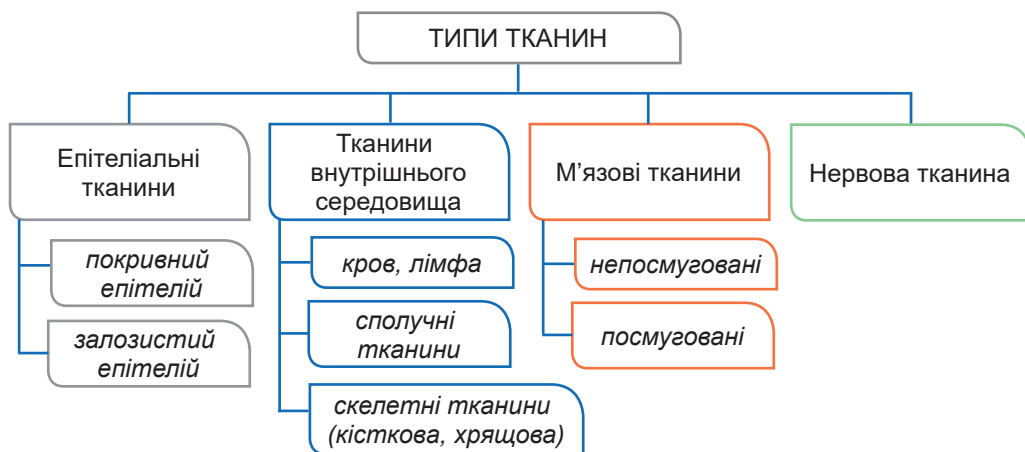


Що було б, якби усі клітини організму були однакові?

Різноманітність тканин в організмі людини. Клітини формують різні типи тканин. До складу тканин входять клітини та **міжклітинна речовина**, яка є продуктом виділення самих клітин. Ця міжклітинна речовина забезпечує механічну підтримку клітин, транспорт різних сполук, контакти між клітинами.

• **Тканина** – це сукупність клітин, об'єднаних загальною будовою, функціями і походженням, а також міжклітинної речовини.

В організмі людини розрізняють чотири типи тканин: епітеліальні, тканини внутрішнього середовища, м'язові тканини та нервова (мал. 5.1).

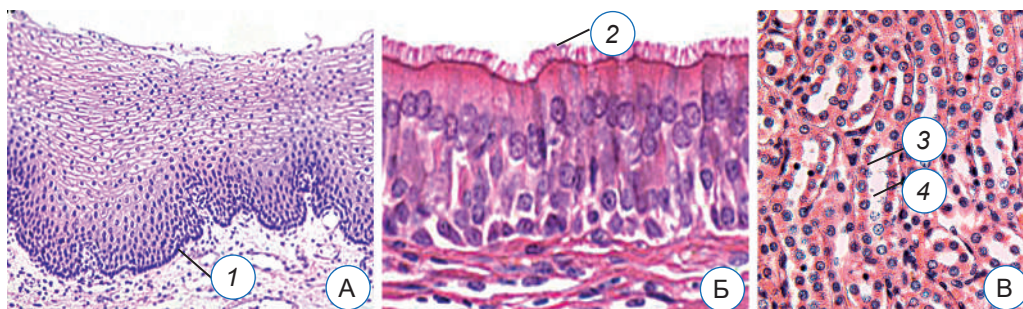


Мал. 5.1. Типи тканин організму людини

Що собою становлять епітеліальні тканини. *Епітеліальні тканини*, або *епітелій*, складаються з клітин, які щільно прилягають одна до одної (мал. 5.2). Характерна особливість епітеліальних тканин – майже повна відсутність міжклітинної речовини. Під клітинами епітелію є тоненька *базальна мембрана*, на якій розташовані самі клітини (мал. 5.2, А, 1). Розрізняють одношаровий і багатошаровий епітелій.

В *одношаровому епітелії* клітини розташовані в один шар. Він утворює внутрішній шар стінок кровоносних судин, стінки альвеол легень тощо. Клітини такого епітелію можуть мати різну форму: кубічну, циліндричну, пласку тощо. Натомість клітини *багатошарового епітелію* розташовані у декілька шарів (мал. 5.2, А). Такий різновид епітелію формує поверхневий шар шкіри, вистилає ротову порожнину, глотку, стравохід тощо. Цікавою особливістю багатошарового епітелію є те, що його клітини, розташовані у внутрішніх шарах, здатні інтенсивно поділятися. Це забезпечує відновлення пошкоджених ділянок (процеси регенерації).

Різновидами одношарового епітелію є миготливий і залозистий. Клітини *миготливого епітелію* на верхньому полюсі несуть багато війок (від 250 до 300) (мал. 5.2, Б). Такий епітелій вистилає повітро-



Мал. 5.2. Різні види епітелію. А. Покривний багатошаровий (1 – базальна мембрана). Б. Миготливий (2 – війки). В. Залозистий (3 – залозисті клітини; 4 – протока залози)

носні шляхи. Його клітини завдяки рухам війок очищують вдихуване повітря від частинок пилу, запобігаючи тим самим їхньому потраплянню у легені.

Залозистий епітелій (мал. 5.2, В) входить до складу залоз і виконує секреторну функцію, синтезуючи і виводячи назвні речовини – секрети (слиз, гормони, травні ферменти тощо).



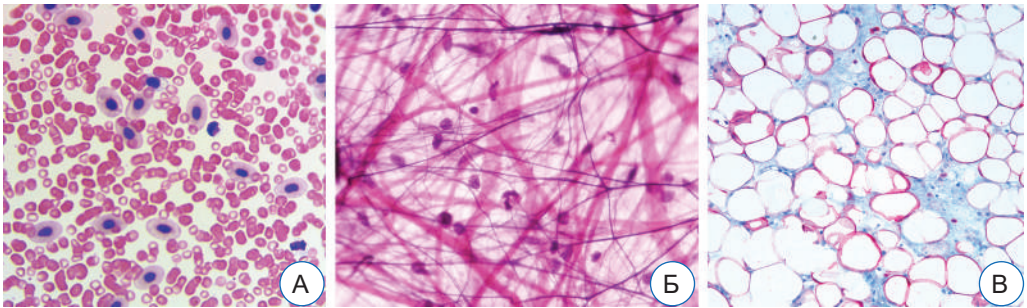
Завдяки яким особливостям будови епітеліальна тканина може утворювати як зовнішні, так і внутрішні покриви?

Що характерно для тканин внутрішнього середовища. *Тканини внутрішнього середовища* входять до складу різних органів (мал. 5.3). Свою назву вони дістали тому, що створюють внутрішнє середовище організму. До тканин внутрішнього середовища відносять кров, лімфу, сполучні та скелетні тканини (див. мал. 5.1).

Кров і лімфа забезпечують транспорт поживних речовин, продуктів обміну речовин, газів, біологічно активних речовин, а також захисні реакції організму. Для них характерна наявність рідкої міжклітинної речовини – *плазми* та завислих у ній клітин (мал. 5.3, А). *Сполучні тканини* формують основу органів, забезпечують їхнє живлення тощо. Їхня міжклітинна речовина має різний склад, однак ніколи не буває рідкою. *Пухка сполучна тканина* присутня в усіх органах. Вона містить невелику кількість безладно розміщених волоконець. *Волокниста сполучна тканина* (мал. 5.3, Б) містить велику кількість щільно розташованих волоконець (сухожилля, зв'язки та ін.). *Жирова тканина* (мал. 5.3, В) розміщена під шкірою та навколо деяких органів, захищаючи їх від механічних пошкоджень. У жировій тканині відкладається жир, що є запасною поживною речовиною.



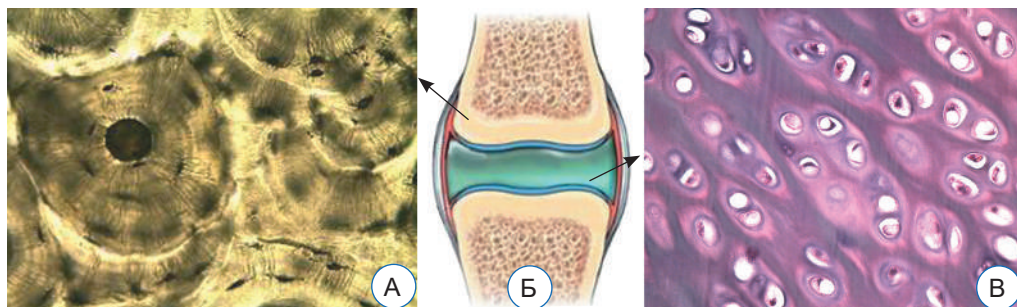
Чому тканини внутрішнього середовища настільки різноманітні за будовою?



Мал. 5.3. Тканини внутрішнього середовища: А – кров; Б – волокниста сполучна; В – жирова

До *скелетних тканин* належать кісткова (мал. 5.4, А) та хрящова (мал. 5.4, В). Вони становлять основу опорно-рухового апарату людини. *Кістковій тканині* міцності надають мінеральні солі. Переважно з неї побудований скелет дорослої людини. *Хрящова тканина* має міжклітинну речовину з органічних сполук, що надає їй еластичності. Із цієї тканини в зародка формується зачаток скелета. Згодом хрящова ткани-

на заміщається кістковою і лише між хребцями залишаються хрящові диски. Хрящова тканина також входить до складу вушних раковин, гортані, сухожиль і зв'язок, вкриває суглобові поверхні кісток (мал. 5.4, Б).

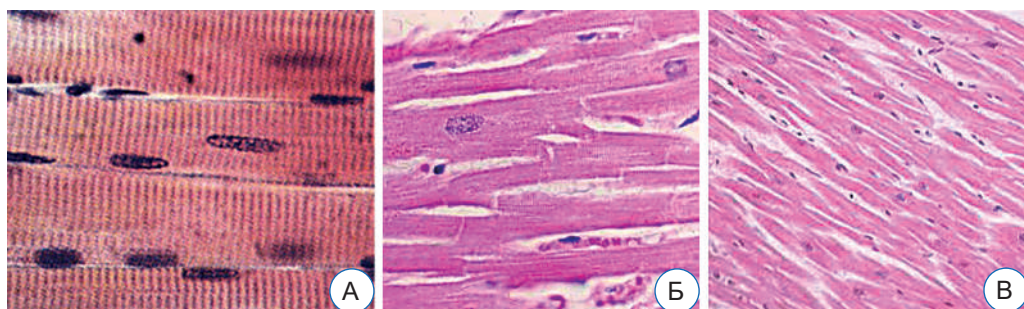


Мал. 5.4. Скелетні тканини: А – кісткова; Б – кісткова та хрящова тканини у складі суглоба; В – хрящова

Які особливості будови та функцій м'язових тканин. *М'язові тканини* входять до складу опорно-рухового апарату та стінок більшості внутрішніх органів. М'язові клітини здатні скорочуватись у відповідь на нервовий імпульс. Це забезпечує рухи як всього тіла, так і окремих його частин, а також підтримання певної постви тощо. Розрізняють посмуговану (поперечносмугасту) та непосмуговану (гладеньку) м'язові тканини. *Посмуговану м'язову* тканину поділяють на скелетну та серцеву.

Скелетна м'язова тканина (мал. 5.5, А) утворює м'язи, що забезпечують рухи та зазвичай сполучаються з кістками, а також м'язи язика, глотки, гортані, верхньої частини стравоходу, діафрагми, м'язи, що рухають очні яблука. Скелетні м'язи мають вигляд видовжених багатоядерних волоконець, вони здатні у відповідь на нервовий імпульс швидко скорочуватись.

Серцевий м'яз (мал. 5.5, Б) – особлива посмугована м'язова тканина, що входить до складу стінки серця й забезпечує його скорочення. Клітини серцевого м'яза мають прямокутну форму, у них лише 1–2 ядра, а сусідні клітини можуть формувати між собою контакти. Це сприяє швидшому проходженню нервового імпульсу серцевим м'язом.



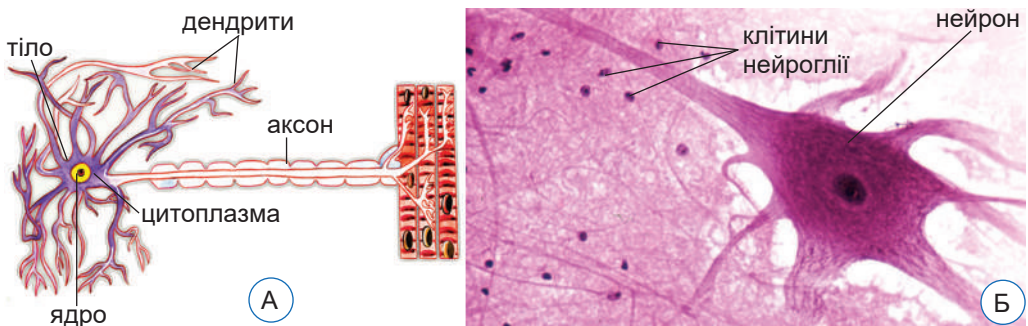
Мал. 5.5. М'язові тканини: А – посмугована скелетна; Б – посмугована серцева; В – непосмугована

Непосмугована м'язова тканина (мал. 5.5, В) складається з одно-ядерних клітин веретеноподібної форми, скоротливі елементи яких позбавлені посмугованості (звідки й походить назва). Цей вид м'язової тканини входить до складу стінок внутрішніх органів (кишки, сечового та жовчного міхура, кровоносних судин тощо) й забезпечує їхнє скорочення.

Нервова тканина складається з нервових клітин (нейронів) і клітин, що їх оточують (гліальних клітин). **Нейрони** здатні сприймати подразники та переробляти їх на нервові імпульси. Кожен нейрон складається з тіла та відростків (мал. 5.6, А). У тілі нейрона розташоване ядро та різні органели. Відростки можуть бути двох типів. Довгий, розгалужений на верхівці відросток має назву **аксон**, він завжди один. Ним нервеве збудження проводиться від тіла нейрона. Переважно короткі, деревоподібно розгалужені відростки нейрона називають **дендритами** (від грец. *дендрон* – дерево). Ними нервеве збудження проводиться до тіла нейрона. Особливим видом нейронів є **нейросекреторні**.

Гліальні клітини формують **нейроглію**. Клітини нейроглії (мал. 5.6, Б) виконують функції: живильну (постачають поживні речовини), опорну, захисну тощо. Частина з них утворює ізолювальні оболонки навколо відростків нейронів, чим забезпечує проведення нервових імпульсів певними, чітко визначеними шляхами.

Нервова тканина входить до складу головного і спинного мозку, утворює нервові вузли і нерви. Завдяки таким властивостям, як збудливість і провідність, вона забезпечує регуляцію діяльності різних систем органів, функцій цілісного організму та зв'язок організму із зовнішнім середовищем.



Мал. 5.6. А. Будова нейрона. Б. Нервова тканина

Узагальнення

Тканиною називають сукупність клітин, об'єднаних загальною будовою, функціями і походженням, а також міжклітинної речовини. В організмі людини розрізняють чотири типи тканин: епітеліальні, тканини внутрішнього середовища, м'язові, нервову. Кожна з тканин має особливу будову клітин і виконує притаманні їй функції. З тканин побудовані органи організму людини.

Поміркуйте

1. Що було б, якби тканини організму людини могли взаємно перетворюватися одна на одну?
2. Чому для тренування та нарощування м'язів спортсменам потрібно вживати їжу, багату на білки?
3. Яка роль нейроглії у функціонуванні нервової тканини?
4. Чому кров має властивість постійно самооновлюватись?



Лабораторне дослідження «Ознайомлення з препаратами клітин і тканин людини».



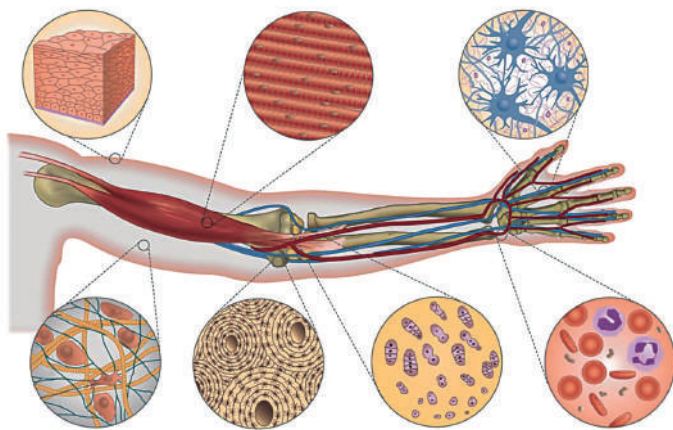
§ 6. Органи, системи органів організму людини



Чи можуть органи з різних систем виконувати спільні функції?

Ви вже знаєте, що організм ссавців складається з різноманітних органів.

Що таке орган. Орган (від грец. *органон* – знаряддя, інструмент) – це частина тіла, яка має певну форму і будову, займає певне положення, виконує одну або декілька фізіологічних функцій. До складу певної частини тіла входять різні види тканин (мал. 6.1). Так, до складу серця входять м'язова, сполучна, епітеліальна, нервова тканини. Однак у певному органі зазвичай переважає одна тканина, що визначає його основну функцію. Наприклад, у серці такою тканиною є серцевий м'яз, у головному чи спинному мозку – нервова тканина, у залозах – залозистий епітелій.



Мал. 6.1. Різні типи тканин, які входять до складу руки

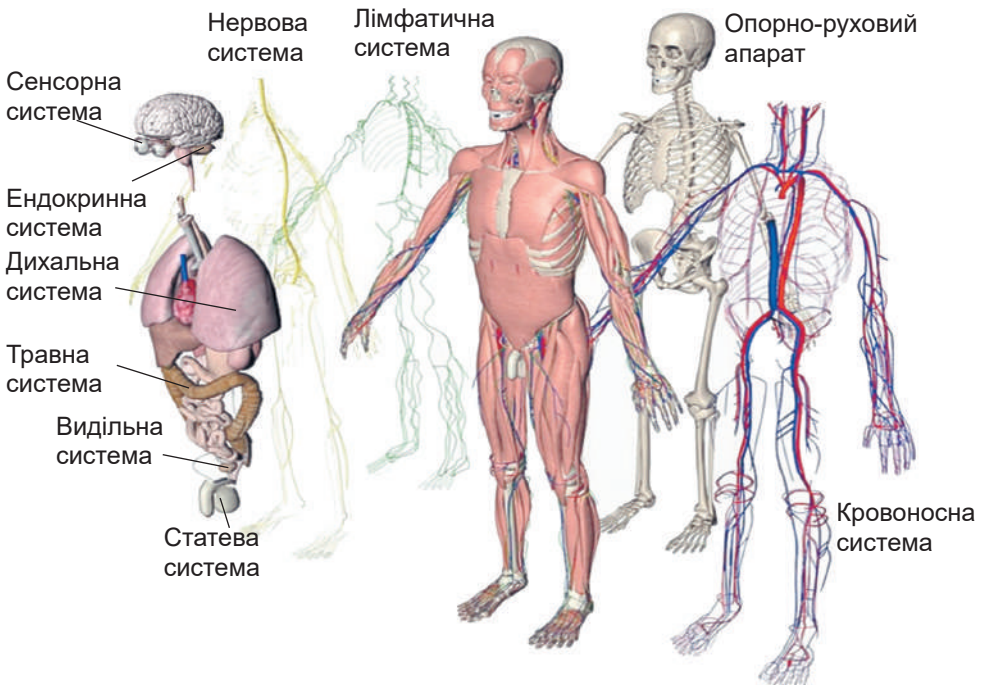


Розгляньте малюнок 6.1. Назвіть тканини, які входять до складу руки (зображені в кружечках на малюнку).

Органи спеціалізуються на виконанні певних функцій, потрібних для забезпечення життєдіяльності всього організму. Приміром, серце виконує функцію насоса, що безперервно перекачує в організмі кров; нирки – функцію виділення з організму кінцевих продуктів обміну

речовин; печінка бере участь у процесах травлення, обміну речовин, у знешкодженні токсичних сполук тощо.

Фізіологічні системи організму людини. Органи, які виконують спільні функції, об'єднуються у **фізіологічні системи органів** (мал. 6.2). Зокрема, шкіра та слизові оболонки утворюють *систему покривів тіла*. Вона захищає організм від шкідливих зовнішніх впливів і забезпечує контакти з навколишнім середовищем. **Опорно-руховий апарат** складають скелет і скелетні м'язи. Скелет захищає внутрішні органи й підтримує їх у певному положенні. Завдяки скелетним м'язам наше тіло і різні його частини підтримуються в певному положенні. Ми також можемо здійснювати різноманітні рухи та пересуватися в просторі (ходити, бігати, стрибати, плавати тощо).



Мал. 6.2. Приклади фізіологічних систем організму людини

Органи **травної системи** забезпечують процеси надходження, механічного та хімічного оброблення їжі, всмоктування поживних речовин у кров і лімфу та виведення з організму назовні неперетравлених решток. У її складі такі органи, як ротова порожнина, глотка, стравохід, шлунок, тонка, товста кишки, багатоклітинні травні залози (слинні, підшлункова, печінка).

Важливу функцію газообміну в організмі людини здійснює **дихальна система**. Завдяки диханню вивільняється енергія, потрібна для забезпечення процесів життєдіяльності. До складу дихальної системи входять: носова порожнина, носоглотка, гортань, трахея, бронхи і легені.

Кінцеві продукти обміну речовин, непотрібні або шкідливі для організму, видаляють органи **видільної системи**. Вона складається з нирок, сечоводів, сечового міхура і сечівника.

Кровоносна (серцево-судинна) і лімфатична системи транспортують організмом поживні речовини, продукти обміну речовин, кисень і вуглекислий газ, біологічно активні сполуки, а також беруть участь у захисних реакціях організму. Кровоносна система складається із серця і кровоносних судин, а лімфатична – з лімфатичних судин і лімфатичних вузлів.

Нервова система сприймає впливи зовнішнього і зміни внутрішнього середовища, аналізує цю інформацію і відповідно регулює діяльність органів або систем органів. Ця регуляція спрямована на забезпечення нормальної діяльності організму, його функціональної єдності. Нервова система складається з головного та спинного мозку (центральна нервова система) і нервів (периферична нервова система).

Сенсорні системи сприймають, аналізують і переробляють інформацію про зміни навколишнього середовища та внутрішнього стану організму й забезпечують зв'язки організму із зовнішнім середовищем. Розрізняють такі основні сенсорні системи: зорову, слухову, смакову, нюхову, дотикову, рівноваги.

Основу **ендокринної системи** становлять залози, кожна з яких виробляє і виділяє в кров або лімфу особливі біологічно активні речовини – гормони. Ці речовини беруть участь у регуляції усіх функцій організму, в координації діяльності окремих органів і організму загалом. До складу ендокринної системи входять, наприклад, такі залози: гіпофіз, щитоподібна, виличкова (тимус), підшлункова, статеві та інші залози. Виробляти гормони можуть і клітини, які не входять до складу ендокринних залоз. Такі клітини є в будь-якій тканині.

Імунна система постійно реагує на надходження чужорідних для організму хімічних речовин і чужорідних організмів, серед яких є й хвороботворні. Потрапляння їх в організм запускає захисні реакції, у результаті яких чужорідні організми чи речовини розпізнаються та знешкоджуються специфічними білками або певними клітинами. До складу імунної системи входять мигдалики, лімфатичні вузли, червоний кістковий мозок та інші структури організму.

Статева система слугує для розмноження людини. Органи, які забезпечують відтворення нащадків, називають *репродуктивними*.

Регуляторні системи організму людини. В організмі людини постійно регулюється діяльність як окремих органів, так і фізіологічних систем органів. Зокрема, за потреби їхня діяльність посилюється або, навпаки, послаблюється; узгоджується дія органів з різних фізіологічних систем. Це забезпечують **регуляторні системи** – нервова, ендокринна та імунна. Узгоджена діяльність регуляторних систем спрямована на забезпечення необхідної умови функціонування будь-якого організму – підтримання гомеостазу. Оскільки динамічна сталість внутрішнього середовища може порушуватися, певні процеси безперервно відновлюють гомеостаз.



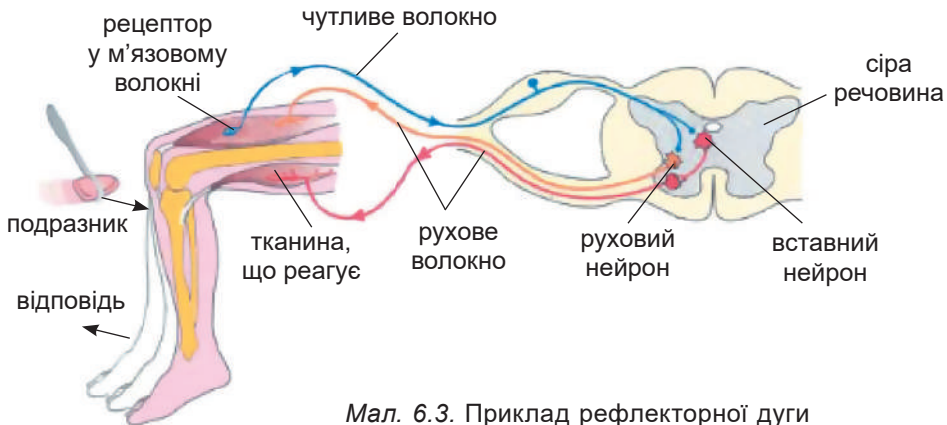
Які слова-синоніми можна підібрати до поняття «гомеостаз»?

Регуляція функцій організму за допомогою біологічно активних речовин (гормонів та ін.) дістала назву **гуморальна**. Гормони (які виробляють ендокринні залози) та нейрогормони (їх виробляють особ-

ливі нейрони) до всіх частин організму транспортують рідини внутрішнього середовища (кров, лімфа, тканинна та спинномозкова рідина). Гормони та нейрогормони в дуже незначних кількостях здатні істотно змінювати інтенсивність і напрямок перебігу фізіологічних процесів, забезпечувати ріст і розвиток організму.

Регуляцію функцій організму за допомогою нервової системи називають **нервовою**. Діяльність нервової системи базується на рефлекторному принципі. **Рефлекс** – реакція організму у відповідь на подразнення, що відбувається за участі нервової системи і під її контролем. Сукупність структур нервової системи, які беруть участь у здійсненні рефлексу, називають **рефлекторною дугою** (мал. 6.3). До складу рефлекторної дуги входять:

- рецептор, який сприймає подразнення;
- чутливе нерве волокно, яким збудження передається до центральної нервової системи;
- нервовий центр, де відбувається аналіз отриманої інформації;
- рухове нерве волокно, яким нервові імпульси надходять до робочих органів, що виконують відповідну функцію.



Мал. 6.3. Приклад рефлекторної дуги



Розгляньте рефлекторну дугу колінного рефлексу. Змодельуйте її (на папері у вигляді схеми або з підручних матеріалів, конструкторів, ниток тощо).

Нервова регуляція, на відміну від гуморальної, відбувається дуже швидко (за частки секунди), короткочасно й точно адресована певному органу. Нервова система тісно взаємодіє з ендокринною і складає з нею єдину функціональну систему нейрогуморальної регуляції функцій. **Нейрогуморальна регуляція** – одна з форм регуляції в організмі людини і тварин, за якої нервові імпульси та біологічно активні речовини (як-от гормони та нейрогормони), що переносяться кров'ю, лімфою та спинномозковою рідиною, беруть спільну участь у єдиному регуляторному процесі.

Імунна регуляція життєдіяльності організму. У регуляції функцій організму та підтриманні гомеостазу важливу роль відіграє й імунна система. Вона забезпечує **імунітет** – сукупність захисних механізмів, які допомагають організму захищатись від чужорідних організмів і

речовин. Крім захисту організму, імунна система бере участь і в регуляції різних фізіологічних процесів.

Що таке функціональна система. Для забезпечення певної життєвої функції органи з різних фізіологічних систем можуть тимчасово об'єднуватись, утворюючи функціональну систему. Наприклад, під час бігу водночас працюють опорно-руховий апарат, кровоносна, дихальна та нервова системи, які діють як одне ціле. Надходження кисню до клітин і виведення з них вуглекислого газу здійснюється завдяки спільній роботі систем дихання, кровообігу та механізмів їхньої регуляції.

✓ **Дізнайтеся більше** за QR-кодом, як уявляв організм людини Фріц Кан у 1920 році. Поясніть, як, за уявленнями Фріца Кана, відбуваються механізми взаємодії та регуляції функцій в організмі.



Функціональна система – це тимчасове взаємоузгоджене об'єднання діяльності різних органів або фізіологічних систем, спрямоване на досягнення корисного для організму результату. Органи, які задіяні у діяльності функціональної системи, об'єднані нервовими та гуморальними системами регуляції.

Узагальнення

Організм людини складається з органів. Орган – це частина тіла, яка має особливу форму та будову, займає певне положення в організмі та виконує одну або декілька фізіологічних функцій. Органи, що об'єднуються для виконання спільних функцій, утворюють фізіологічні системи. Для досягнення корисного для організму пристосувального результату фізіологічні системи тимчасово об'єднуються у функціональні системи. Для підтримання діяльності цілісного організму його функції регулюються трьома системами регуляції: нервовою, гуморальною та імунною.

Поміркуйте

1. Як відбувається взаємодія органів між собою у фізіологічній системі?
2. У чому полягає ключова відмінність між фізіологічними та функціональними системами?
3. Взаємодія яких фізіологічних систем та органів забезпечує утворення функціональної системи для написання контрольної роботи учнем чи ученицею?

Підіб'ємо підсумки з теми

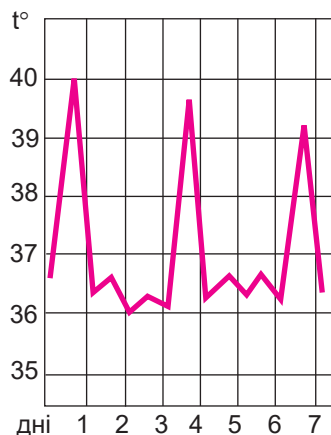
І. Досліджую природу

1. Медична сестра заповнює листок здоров'я для учнів 8 класу. Вона вносить показники зросту та маси тіла кожного учня та аналізує їх відносно норми. Які методи біологічних досліджень вона використовує?

- А експериментальний та моніторинг
- Б порівняльно-описовий та статистичний
- В експериментальний та моделювання
- Г порівняльно-описовий та біоіндикації

2. Проаналізуйте графік. Дайте відповідь на запитання. Під час обстеження людини, хворої на малярію, побудували графік підвищення та зниження температури її тіла. Розглянувши графік, учень сказав, що стрибки температури відбуваються кожні три-чотири дні. Учениця уточнила, що між 6-ю та 7-ю добою температура була вище 40 °С. Хто з них правий?

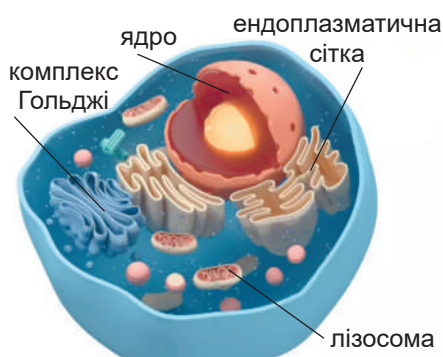
- А правий учень
- Б права учениця
- В обоє праві
- Г обоє помиляються



II. Опрацювую та використовую інформацію

1. Розгляньте малюнок клітини людини. Знайдіть помилку в підписах.

- А ендоплазматична сітка
- Б комплекс Гольджі
- В лізосома
- Г ядро

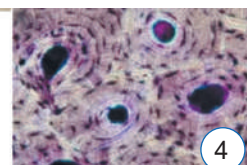
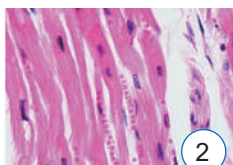


2. Заповніть комірки таблиці «Приклади використання методів дослідження людини».

Ознаки	Об'єкт дослідження		
	Розвиток плоду на шостому місяці вагітності	Дослідження кількості клітин крові у 14-річного школяра	Плановий медичний огляд сімейним лікарем
Науки, що вивчають			
Методи, які застосовують			

III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Утворіть пари між зображеннями тканин (1–4) та функціями, які вони виконують (А–Д).



Розділ 3

А має міжклітинну речовину, багату на колаген і сполуки кальцію та фосфору, формує елементи скелета

Б має видовжені позмуговані клітини, здатна до швидкого збудження і скорочення, утворює серцевий м'яз

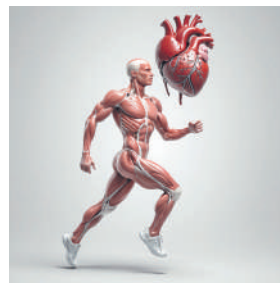
В вистилає порожнини тіла, може мати війки на поверхні, що затримують часточки пилу та бруду

Г має рідку міжклітинну речовину, клітини кількох типів, циркулює у внутрішньому середовищі організму

Д складається з клітин, що мають короткі та довгі відростки та міжклітинну речовину, сприймає подразнення

2. Розгляньте малюнок, згенерований з використанням ШІ (штучного інтелекту). Дайте відповідь на запитання.

Які зв'язки виникають між зображеним органом та іншими органами й системами органів під час бігу людини?



Компетентісно орієнтоване завдання

Здавня лікарі та вчені для діагностики хвороб користувалися методами, які започували з інших природничих наук, техніки й технологій, а подекуди – з уважних спостережень за хворими та їхніми станами. Навіть у наш час багато таких «архаїчних» методів використовують поруч із найсучаснішими досягненнями.

1. Особистий лікар Наполеона Жан-Ніколя Корвізар запропонував і використовував метод **перкусії** (перкусія – від англ. *percussion* – удар – загальна назва ударних інструментів, які **не входять** до складу класичної ударної установки, наприклад, таких як бонго, дарбука, дерев'яна коробочка, маракаси, тамбурин тощо). Схожий метод використовував його батько, хазяїн готелю, для визначення рівнів вина в діжках, що й підказало Жану-Ніколя можливість застосування методу в діагностиці. Для діагностики захворювань якої із систем органів людини використовують метод перкусії?

А опорно-рухової

Б травної

В дихальної

Г нервової

2. Учень Корвізара Рене Лаеннек розробив метод **аускультції** – вислуховання звукових явищ, які виникають в організмі людини. Для цього до Лаеннека прикладали вухо до поверхні тіла. Ось як описує той випадок сам Рене Лаеннек:

«У 1816 році мене було запрошено до однієї молодшої дами, в якій виявлялися загальні ознаки серцевої хвороби. Прикладання руки, як і перкусія, не дали ніяких результатів унаслідок наявного значного жирового прошарку. Вік і стать хворої не дозволили мені застосувати аускультцію вухом, прикладеним до ділянки грудей... Я взяв кілька аркушів паперу, згорнув їх у щільний циліндр, приставив один його кінець до ділянки серця і приклав вухо до іншого. Я був однаковою мірою здивований і задоволений, коли почув удари серця – такі ясні та чіткі, якими ніколи не чув їх у разі безпосередньої аускультції...».

Назвіть прилад, який у такий спосіб винайшов Лаеннек, якщо грецькою скопео означає спостерегаю, а стетос – груди.

3. На честь італійського дослідника електричних явищ Луїджі Гальвані **гальванізацією** названо метод покриття одного металу іншим із застосуванням електричного

струму. Але ще 100–150 років тому «гальванізацією» називали «оживлення» трупів електричним струмом. Які органи справді можуть реагувати на дію електричного струму?

- А** нирки
- Б** легені
- В** нігті
- Г** м'язи

4. Захворювання діабет відоме давно. Такий симптом, як надмірне виділення сечі, описано ще 1550 року до н. е. у давньоєгипетському папірусі Еберса. Індійські лікарі приблизно тоді ж дали цьому захворюванню назву «медова сеча». За якою ознакою вони могли це встановити?

- А** сеча під час виділення була густою і не дзюрчала
- Б** сеча мала темно-жовтий колір, як акацієвий мед
- В** сеча після виділення приваблювала мурашок і мух
- Г** сеча мала характерний фруктовий аромат

Тема 2.

Регуляторні системи організму людини



Нейрогуморальна регуляція функцій організму – вищий механізм регуляції?

Науково-дослідницький проєкт:

«Дослідження тривалості розумової працездатності школяра під дією зміни режиму дня (харчового раціону, фізичних навантажень, вживання вітамінів з фруктами, вітамінних комплексів тощо)».

Практико-орієнтований проєкт:

«Основні причини розладів роботи нервової системи та як їм запобігти».

Ігровий проєкт:

«Діагностування порушень ендокринної регуляції у літературних героїв (за описом)».

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Володимир Олексійович Бец – український анатом і гістолог, який відкрив пірамідальні клітини головного мозку»; «Йододефіцит в організмі людини, його наслідки та профілактика»; «Основні причини розладів роботи ендокринних залоз»; «Цукровий діабет: причини появи, типи, діагностика, лікування, наслідки».

Творчий проєкт:

виготовлення лепбук «Відділи головного мозку людини»; колажу «Ендокринні залози та гормони, які вони виробляють».

§ 7. Будова нервової системи людини



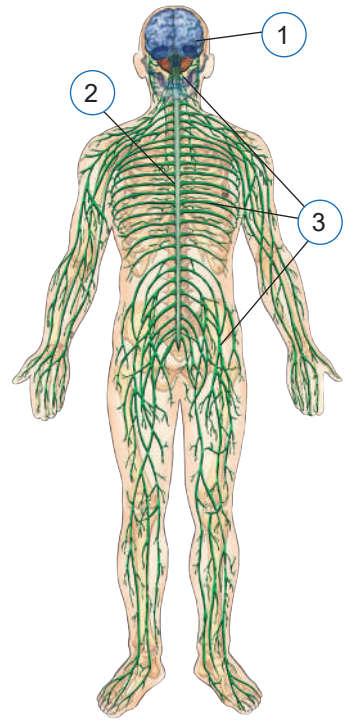
Чи є нервова регуляція функцій вищим механізмом регуляції?

Яка будова центральної нервової системи людини. Нервова система – найскладніша і найважливіша система керування та зв'язку в організмі людини. За місцем розташування нервової тканини розрізняють центральну та периферичну її частини (мал. 7.1).

Основу нервової системи складають нейрони – основні її структурні елементи, та гліальні клітини. Нейрони здатні генерувати нервові імпульси та передавати їх до інших органів та структур довгими відростками – аксонами. Натомість до тіла нейронів нервові імпульси надходять короткими відростками – дендритами (див. мал. 5.6. А). Гліальні клітини, на відміну від нейронів, нервові імпульси не генерують. Вони численні й становлять понад 50 % загального об'єму центральної нервової системи. Багато їх і у складі периферичної нервової системи. Їхні функції: живильна, опорна, захисна (деякі гліальні клітини здатні до фагоцитозу).

У будові центральної нервової системи розрізняють сіру та білу речовину (мал. 7.2). Основу **сірої речовини** становлять тіла нейронів і частково – відростки нейронів (насамперед, дендрити) та гліальних

Мал. 7.1. Загальна схема будови нервової системи людини. Центральна нервова система: 1 – головний мозок; 2 – спинний мозок. Периферична нервова система: 3 – черепно-й спинномозкові нерви



клітин. Основу **білої речовини** формують нервові волокна (пучки аксонів, вкриті оболонкою). Вона позбавлена тіл нейронів. Біла речовина також входить до складу нервів.

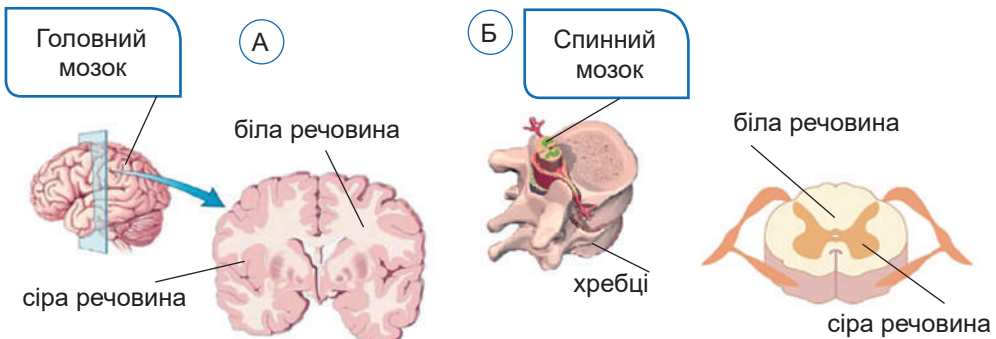
✓ **Дізнайтеся більше** про розташування сірої і білої речовини за QR-кодом.



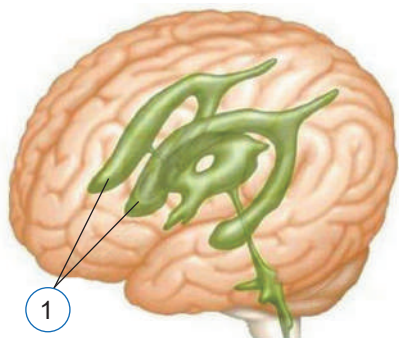
Цікаво знати. Дослідження показали, що у людей з більшим вмістом сірої речовини у зонах головного мозку, які відповідають за мову, пам'ять та увагу, рівень інтелекту вищий, ніж в інших.

Різні частини центральної нервової системи захищає скелет людини: головний мозок оточений кістками черепа, а спинний мозок розташований у хребтовому каналі, утвореному дугами хребців (мал. 7.2, Б).

Центральна нервова система людини, як і усіх хордових тварин, належить до нервової системи **трубчастого типу**, оскільки як спинний, так і головний мозок мають порожнини, заповнені рідиною. Так, у центрі спинного мозку проходить спинномозковий канал, заповнений прозорою спинномозковою рідиною. Ця рідина, завдяки постійному обміну із кров'ю, забезпечує живлення нервової тканини, постачаючи поживні речовини та виводячи продукти обміну. Крім того, вона здійснює захисну функцію: у ній є особливі клітини, здатні знищувати збудників хвороб. Спинномозковий канал сполучається з порожнинами всередині головного мозку, найбільші з яких – чотири *шлуночки* (мал. 7.3, 1).



Мал. 7.2. Розташування сірої та білої речовини у головному (А) й спинному (Б) мозку



Мал. 7.3. Шлуночки головного мозку людини: чотири порожнини (1) у головному мозку

Центральна нервова система забезпечує регуляцію всіх процесів в організмі, взаємозв'язок усіх його частин, їхню узгоджену діяльність. До того ж центральна нервова система забезпечує зв'язок організму з навколишнім середовищем. За допомогою рецепторів центральна нервова система отримує інформацію про явища, що відбуваються у довкіллі та в самому організмі.

Яка будова периферичної нервової системи людини. Периферичну нервову систему формують нерви, які відходять від головного та спинного мозку (мал. 7.1, 3), а також їхні сплетення і нервові вузли. Нерви, що відходять від головного мозку, називають *черепно-мозковими* (їх налічують 12 пар), а від спинного – *спинномозковими* (31 пара). Черепно-мозкові нерви іннервують органи чуття, деякі пошмуговані м'язи, слізні та слинні залози, деякі внутрішні органи, розташовані у грудній та черевній порожнині (наприклад, кишково-шлункового тракту). Спинномозкові нерви іннервують усі ділянки тіла людини, розташовані нижче ший.

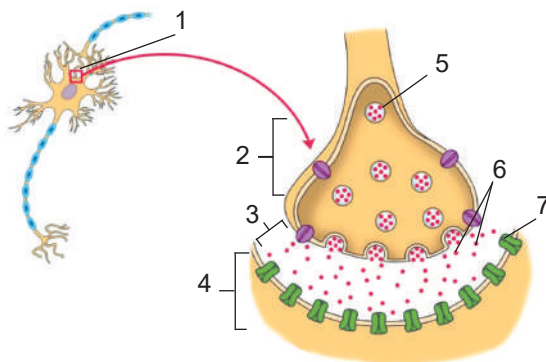
Аксони, що відходять від нейронів, розташованих у головному і спинному мозку, утворюють нервові волокна, здатні поширювати нервові імпульси. Переважна більшість нервових волокон оточена оболонкою із жироподібної речовини, що виконує ізоляційну функцію. Завдяки цьому нервові імпульси, які проходять нервовим волокном, не поширюються на сусідні.

Такі нервові волокна проводять нервові імпульси значно швидше, ніж ті, які таких оболонок не мають.

Контакти між нейронами здійснюються за допомогою синапсів. **Синапс** (від грец. *синапсис* – з'єднання) – спеціальне з'єднання між двома нейронами або між нейроном та іншою клітиною (м'язовою або залозистого епітелію). Синапси можуть формуватися між аксоном одного нейрона та дендритом іншого (такі синапси трапляються найчастіше), аксоном одного нейрона та тілом іншого, між двома аксонами або між двома дендритами різних нейронів.

Синапс (мал. 7.4) має пресинаптичну (ділянка першого нейрона) і постсинаптичну (ділянка другого нейрона або іншої клітини) частини, мембрани яких розділені *синаптичною щілиною* (завширшки 20–50 нм). Ця синаптична щілина унеможливорює безпосередню передачу нервового імпульсу з одного нейрона на інший або з нейрона на м'язову чи секреторну клітину. Для цього їй потрібний спеціальний посередник: біологічно активна речовина – **нейромедіатор**.

Нейромедіатори синтезуються у тілі пресинаптичного нейрона, звідки у складі синаптичних пухирців транспортуються до його мембрани, зливаються з нею, й нейромедіатор виділяється у синаптичну щілину. Далі нейромедіатор дифундує через речовину синаптичної щілини до мембрани другого нейрона або іншої клітини.



Мал. 7.4. Будова синапсу: 1 – ділянка пресинаптичного нейрона; 2 – пресинаптичний нейрон; 3 – синаптична щілина; 4 – постсинаптичний нейрон; 5 – пухирці з нейромедіатором; 6 – молекули нейромедіатора; 7 – рецептори у складі постсинаптичної мембрани

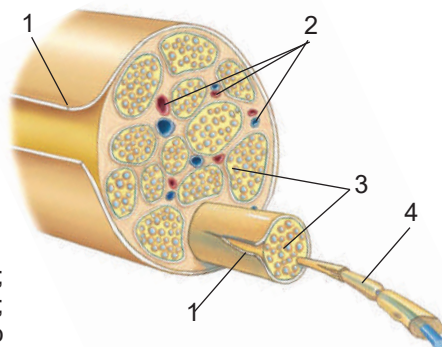
Нервові волокна збираються в пучки – **нерви**, що виходять за межі головного і спинного мозку. Нерв можуть оточувати сполучнотканинні оболонки (мал. 7.5). Вони утворюються нашаруванням гліальних клітин навколо осьової частини. Нерви, проводячи нервові імпульси, забезпечують зв'язок між центральною нервовою системою та іншими тканинами й органами тіла людини. Нервами збудження прямує або із центральної нервової системи до певного органа, або від різних ділянок тіла до центральної нервової системи.

Цікаво знати. Про роль нервових оболонок у функціонуванні нервової системи свідчить наступний факт. Втрата речовини, яка входить до складу оболонок, призводить до уповільнення проведення нервового імпульсу, аж до повної втрати такої здатності. Руйнування оболонок нервових волокон у різних ділянках периферичної нервової системи може спричинити важке захворювання людини – хворобу Альцгеймера (її проявами є поступова втрата пам'яті, здатності орієнтуватись в обстановці тощо).



Чому в нервовій системі утворюються сплетення нервів?

За функціями розрізняють чутливі, рухові та змішані нерви. *Чутливими нервами* збудження прямує від різних органів до центральної нервової системи. *Руховими нервами*, навпаки, нервові імпульси прямують від центральної нервової системи до робочих органів. Обидва типи нервових волокон часто розташовані у складі одного нерва. Такі нерви називають *змішаними*, оскільки вони виконують подвійну функцію: проводять збудження в обох напрямках, що нагадує двобічний



Мал. 7.5. Будова нерва: 1 – оболонка; 2 – кровоносні судини; 3 – нервові волокна; 4 – аксон нейрона, вкритий оболонкою

дорожній рух. Скупчення тіл нейронів у складі периферичної нервової системи називають **нервовими вузлами**. Вони часто розташовані всередині внутрішніх органів або поблизу них.

Узагальнення

Нервову регуляцію функцій здійснює нервова система. Структурною та функціональною одиницею нервової системи є нейрон. У нервовій системі розрізняють білу та сіру речовину. Білу речовину формують нервові волокна (вкриті оболонкою пучки аксонів), а сіру – утворюють тіла нейронів і частково – відростки нейронів (насамперед дендрити) та гліальні клітини. Контакти між нейронами здійснюються за допомогою синапсів. Пучки нервових волокон формують нерви. Нервову систему поділяють на центральну (головний і спинний мозок) та периферичну (12 пар черепно-мозкових нервів, 31 пара спинномозкових нервів, їхні сплетення і нервові вузли).

Поміркуйте

1. Уявіть людину, в якій нервову систему можна було б вмикати і вимикати. Яким би стало її життя?
2. Як буде еволюціонувати нервова система людини в майбутньому?
3. Які фізичні закони можна простежити у функціонуванні нервової системи?
4. Чому більша частина периферичної нервової системи не захищена скелетом?

§ 8. Спинний мозок: будова та функції



Чому спинний мозок розміщується всередині хребта?

Яка будова спинного мозку. Спинний мозок, який має вигляд довгої трубки, розташований у каналі хребта, утвореному дугами хребців. У дорослої людини спинний мозок завдовжки близько 45 см у дорослих чоловіків та до 43 см – у дорослих жінок. Його маса в середньому становить 35 г. Завширшки спинний мозок приблизно 1 см, але він має два потовщення: шийне (завширшки до 1,5 см) і поперекове (завширшки до 1,2 см). Ці ділянки відповідають виходу нервів, які прямують до кінцівок: верхніх і нижніх відповідно.

Починається спинний мозок при основі черепа (на рівні потиличної кістки), де з'єднується з довгастим мозком. Права та ліва частини спинного мозку спереду і ззаду розділені глибокими борознами. Закінчується спинний мозок на рівні першого-другого поперекових хребців пучком нервів, які відходять від нього. Тому спинний мозок дещо коротший від хребта.

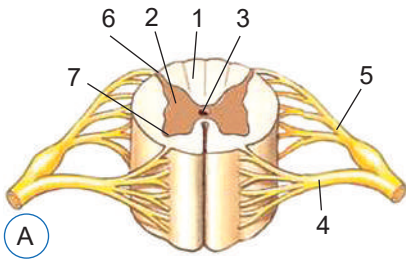
Цікаво знати. Спинний мозок коротший за хребет людини тому, що він припиняє рости у віці 4 років, тоді як хребет (хребтовий стовп) продовжує рости до досягнення дорослого віку. У результаті цього спинний мозок займає лише близько $\frac{2}{3}$ хребтового каналу, нижня частина якого заповнена спинномозковою рідиною.

Від спинного мозку відходить 31 пара спинномозкових нервів. Ділянку, від якої починається певна пара спинномозкових нервів,

називають **сегментом** (мал. 8.1). Кожен сегмент спинного мозку іннервує відповідну ділянку нашого організму.

У межах спинного мозку розрізняють наступні сегменти:

- **шийні:** від них беруть початок 8 пар спинномозкових нервів;
- **грудні:** 12 пар спинномозкових нервів;
- **поперекові:** 5 пар спинномозкових нервів;
- **крижові:** 5 пар спинномозкових нервів;
- **куприковий:** 1 пара спинномозкових нервів.



Мал. 8.1. Поділ спинного мозку на сегменти. А. Будова сегмента спинного мозку: 1 – біла речовина; 2 – сіра речовина; 3 – спинномозковий канал; 4 – руховий корінець спинномозкового нерва; 5 – чутливий корінець спинномозкового нерва; 6 – задній ріг сірої речовини; 7 – передній ріг сірої речовини. Б. Групи сегментів спинного мозку: 1 – вигляд збоку; 2 – зрізи через відповідні сегменти



У центрі спинного мозку проходить спинномозковий канал (діаметром до 1 мм), заповнений прозорою спинномозковою рідиною (мал. 8.1, А, 3). Його оточує сіра речовина, утворюючи на поперечному зрізі контур, що нагадує метелика чи літеру «Н» (мал. 8.1, А, 2). Вона має виступи – *роги* (знайдіть їх на мал. 8.1, А), які поділяють білу речовину на ділянки з провідними нервовими шляхами (висхідними та низхідними).

У передніх рогах – виступах сірої речовини – розташовані тіла рухових нейронів, довгі відростки яких (аксони) сягають скелетних м'язів. Ці відростки утворюють *передні*, або *рухові*, *корінці* спинномозкових нервів (мал. 8.1, А, 4).

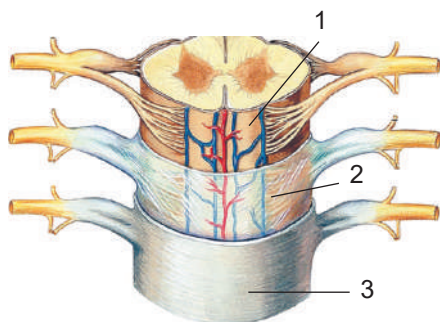
До задніх рогів підходять відростки чутливих нейронів, які утворюють *задні*, або *чутливі*, *корінці* спинномозкових нервів. Ними надходять нервові імпульси від рецепторів шкіри, м'язів, суглобів, внутрішніх органів. У грудних і поперекових сегментах спинного мозку є ще й бічні роги, які утворює сіра речовина.

Тіла чутливих нейронів розташовані за межами спинного мозку в потовщеннях – вузлах на задніх корінцях (мал. 8.1, А, 5). В отворах між двома сусідніми хребцями передні та задні корінці зростаються між собою в *змішані спинномозкові нерви*, відгалуження яких прямують до різноманітних органів.

У сірій речовині розташовані переважно вставні нейрони, які забезпечують зв'язки між чутливими та руховими.

Цікаво знати. Загалом у спинному мозку людини налічують близько 13 млн нейронів, з яких 95 % – вставні, 5 % – рухові.

Які оболонки вкривають спинний мозок. Спинний мозок оточують три оболонки: тверда, павутинна та м'яка (мал. 8.2). *Тверда оболонка* розташована ззовні. Вона утворена щільною волокнистою сполучною тканиною. Глибше розташована *павутинна оболонка*, утворена пухкою волокнистою сполучною тканиною. Безпосередньо до речовини спинного мозку прилягає *м'яка (судинна) оболонка*. Вона також утворена волокнистою сполучною тканиною, але, на відміну від павутинної, містить сітку кровоносних судин. Разом з кровоносними судинами м'яка оболонка проникає в тканину спинного мозку.



Мал. 8.2. Оболонки спинного мозку: 1 – м'яка; 2 – павутинна; 3 – тверда

Які функції спинного мозку. Спинний мозок виконує дві основні функції – рефлекторну та провідникову.

Рефлекторна функція полягає в тому, що у спинному мозку розташовані важливі центри безумовних рефлексів. У них замикається значна кількість рефлекторних дуг. Кожний сегмент спинного мозку регулює діяльність шкіри, скелетних м'язів (крім м'язів голови) чи внутрішніх органів. Наприклад, у ділянці крижових сегментів розташований центр сечовиділення, центр розширення зіниць – у верхньому грудному, колінного рефлексу – у ділянці поперекових сегментів.

Ще одна функція спинного мозку – **провідникова**. Нервові волокна, які утворюють білу речовину, з'єднують різні відділи спинного мозку між собою та спинний мозок з головним. Нервові імпульси, що надходять у спинний мозок від рецепторів, висхідними провідними шляхами передаються до головного мозку, а від нього низхідними – повертаються до спинного мозку й далі прямують до робочих органів.

Отже, спинний мозок відіграє роль двостороннього провідного шляху між головним мозком і периферичною нервовою системою, а також керує простими рефлекторними діями (наприклад, відсмикування руки від гарячого предмета).



У разі перелому хребта або ж значного зміщення хребців один відносно іншого порушуються зв'язки спинного мозку з головним, а також спинного мозку з робочими органами, до яких припиняють надходити нервові імпульси. Спинний мозок потрібно берегти від травм, наприклад, не слід стрибати зі значної висоти.

Узагальнення

Спинний мозок – це нижній відділ центральної нервової системи, розташований у каналі хребта. Розрізняють 5 відділів спинного мозку: шийний, грудний, поперековий, крижовий і куприковий. Спинний мозок виконує дві функції: рефлекторну (містить

центри безумовних рефлексів) та провідникову. Нервові волокна спинного мозку, виконуючи провідникову функцію, забезпечують зв'язок й узгоджену роботу всіх відділів центральної нервової системи.

Поміркуйте

1. У чому переваги та недоліки сегментарної будови мозку?
2. Чи є потовщення спинного мозку в змії, у якої відсутні кінцівки?
3. Чому спинномозкові нерви є змішаними?
4. Для чого в спинному мозку існує спинномозкова рідина?



Лабораторне дослідження «Вивчення будови спинного мозку людини (за муляжами, моделями, пластинчастими препаратами, анімаціями)».

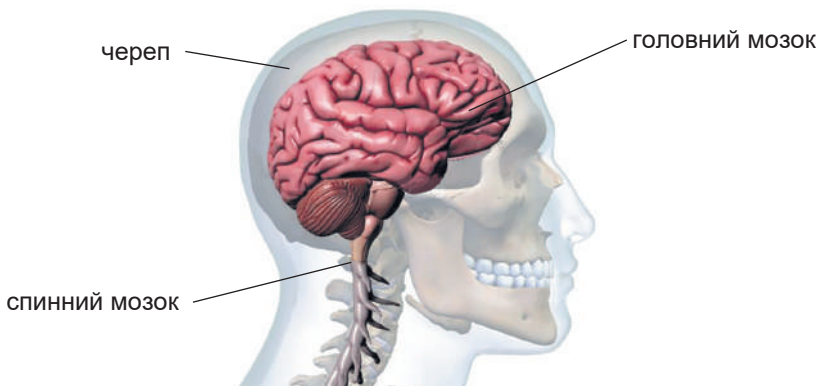


§ 9. Головний мозок людини: стовбурова частина, мозочок



Які особливості має будова головного мозку в представників різних класів хребетних тварин?

Що собою являє головний мозок людини. *Головний мозок* – вищий відділ нервової системи людини (мал. 9.1). Він, як і спинний, є частиною центральної нервової системи (див. мал. 7.1). Ці дві частини мають тісні просторові та функціональні зв'язки, завдяки чому центральна нервова система функціонує як єдина цілісна система.



Мал. 9.1. Головний мозок людини

Головний мозок оточений черепом: міститься в порожнині його мозкового відділу (охоплює до 95 % його об'єму). Череп захищає головний мозок від механічних ушкоджень. Через великий потиличний отвір він сполучається зі спинним (мал. 9.1). Як і спинний мозок, головний ззовні вкритий трьома захисними оболонками (м'якою, павутинною та твердою). Від нього відходять 12 пар черепно-мозкових нервів.

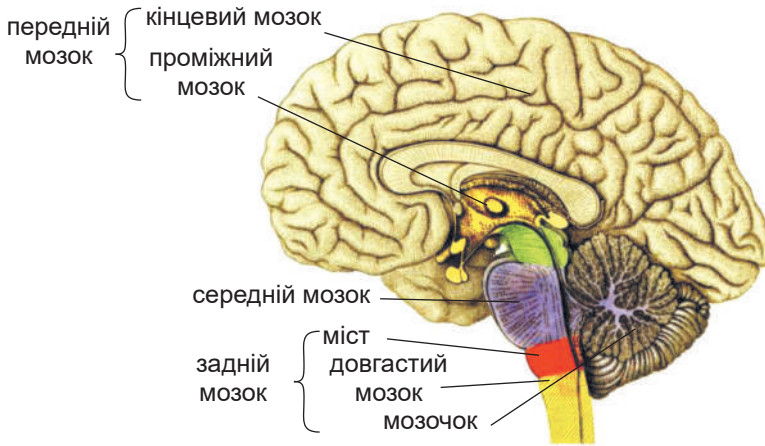
Маса головного мозку новонародженої дитини в середньому становить від 330 г до 400 г. Збільшення його маси в людини триває до 20–25-го року життя. У дорослої людини середня маса головного мозку дорівнює близько 1350 г (це приблизно 2 % від усієї маси тіла). У головному мозку, як і в спинному, біла речовина утворює провідні шляхи, які зв'язують різні частини головного мозку між собою та зі спинним мозком. Сіра речовина утворює кору півкуль головного мозку і мозочка й у вигляді окремих скупчень – *ядер* – міститься всередині білої.

Цікаво знати. Тривалий час існували уявлення, що від маси головного мозку людини залежать її розумові здібності: що вона більша, то обдарованіша людина. Але згодом з'ясували: якщо маса головного мозку не менше 900 г, то розумові здібності людини на нормальному рівні. Наприклад: маса головного мозку видатного англійського поета Джорджа Гордона Байрона (1788–1824) становила 1807 г, а маса головного мозку відомого французького письменника Анатолія Франса (1844–1924), лауреата Нобелівської премії з літератури, – 1017 г. Значну масу мав головний мозок видатного французького вченого-біолога Жоржа Леопольда Кюв'є (1769–1832), якого вважають засновником науки палеонтології (науки про вимерлі організми) – 1861 г. Натомість головний мозок геніального вченого-фізика Альберта Ейнштейна (1879–1955) важив 1230 г.

Усередині головного мозку є чотири порожнини – шлуночки, які сполучаються між собою, з простором під павутинною оболонкою мозку та з каналом спинного мозку (див. мал. 7.3). Шлуночки заповнені рідиною, яка створює відносно постійний внутрішньочерепний тиск, здійснює разом із кров'ю обмін речовин та забезпечує захисну функцію.

Яка будова і функції відділів головного мозку. У головному мозку розрізняють стовбурову частину, мозочок і передній (проміжний та кінцевий) мозок. **Стовбурова частина** включає довгастий мозок, міст і середній мозок (мал. 9.2). **Довгастий мозок** межує зі спинним. Його довжина становить близько 3 см. Довгастий мозок складається з білої речовини, у масі якої розташована сіра, що утворює окремі ядра. У довгастому мозку містяться центри, які забезпечують регуляцію серцевої діяльності, кровообігу та дихання. Руйнування довгастого мозку призводить до зупинки дихання і смерті. Ось чому цю частину мозку іноді ще називають «вузол життя». Довгастий мозок також регулює обмін речовин, виділення травних соків, ковтання, ссання. За участі довгастого мозку здійснюються такі захисні реакції, як чхання, кашель, слезовиділення тощо й рефлексі, потрібні для підтримання певної пози. Він проводить імпульси між спинним і розташованими вище відділами головного мозку.

✓ **Дізнайтеся більше.** У довгастому мозку, як і в інших відділах стовбура головного мозку, розташована *ретикулярна формація* – дифузне скупчення нервових клітин різного виду і розміру з довгими та дуже розгалуженими короткими відростками. Ретикулярна формація тягнеться від спинного мозку через стовбурову частину головного і далі – до переднього мозку, зв'язуючи їх між собою. Через неї «просіюється» вся інформація, що має надійти до півкуль кінцевого мозку. Ретикулярна формація відіграє важливу роль у регуляції збудливості й тонуусу всіх відділів центральної нервової системи.



Мал. 9.2. Складові головного мозку

*Міст*¹ зв'язує між собою довгастий і середній мозок. Через нього проходять висхідні й низхідні шляхи проведення нервових імпульсів. За внутрішньою будовою міст нагадує довгастий мозок – у білій речовині розташована сіра у вигляді ядер. Тут є центри, що контролюють міміку та жування, моторику кишки, сечовиділення, поставу і рівновагу. Слуховим нервом у міст надходять імпульси від внутрішнього вуха. Пошкодження в ділянці моста можуть супроводжуватися порушенням узгодженості скорочень м'язів-згиначів і розгиначів, слуху та рівноваги.

Між мостом і проміжним мозком розташований *середній*. Його верхню частину становить сіра речовина, яка утворює чотиригорбкове тіло. Два передні його горби забезпечують автоматичні орієнтувальні реакції (рухи очей, повороти голови) на світло, а задні – на звук. Нижня частина середнього мозку утворена з білої речовини. Тут також містяться ядра, що відіграють важливу роль у регуляції тону м'язів, особливо тих, які підтримують позу, протидіючи силі земного тяжіння, та ядра, які регулюють больову чутливість, здійснюють захисні згинальні рефлекс кінцівок. Середній мозок також містить центри орієнтувальних рефлексів.

Через середній мозок угору і вниз проходять нервові шляхи, які передають нервові імпульси до переднього мозку та навпаки. Порушення структури середнього мозку проявляються втратою узгодженості рухів очей, роздвоєнням зображення, неможливістю налаштувати зір на бачення далеких чи близьких предметів.



Якими частинами стовбура проходить інформація до переднього мозку?

Мозочок та його функції. *Мозочок* у зародка людини формується як червоподібний виріст моста. У дорослої людини мозочок розташова-

¹ Повна назва цієї частини головного мозку – Вароліїв міст, надана на честь відомого італійського лікаря та анатома, дослідника головного мозку Констанцо Варолія (1543–1575).

ний безпосередньо над мостом і довгастим мозком. Його маса у дорослої людини становить близько 150 г. Мозочок складається з двох півкуль, які з'єднані невеликою середньою частиною – *черв'яком*. Поверхню мозочка вкриває сіра речовина, утворюючи кору (завтовшки 1–2,5 мм). Сіра речовина міститься також у товщі білої речовини мозочка у вигляді ядер.

Поверхня мозочка має вузькі складки, розділені численними паралельно розташованими борознами. Вони значно збільшують площу поверхні півкуль мозочка, яка становить близько 1500 см².

Основні функції мозочка – координація рухів, визначення їхньої точності, плавності, збереження рівноваги тіла, підтримання тону м'язів (їхнього постійного часткового скорочення).



У разі враження мозочка рухи людини стають неточними, незграбними, порушується рівновага тіла. Тому слід уникати струсів головного мозку та ударів по голові.

Узагальнення

Вищим відділом центральної нервової системи є головний мозок. Він включає стовбурову частину, мозочок і передній мозок. Стовбурова частина – це довгастий мозок, міст і середній мозок. Довгастий мозок містить центри серцевої діяльності, кровообігу й дихання та безумовних травних рефлексів (ковтання, слиновиділення). Міст зв'язує довгастий і середній мозок. Там розташовані центри міміки, жування, моторики кишки, сечовиділення, постави та рівноваги. Середній мозок регулює тонус м'язів та містить центри первинної обробки інформації, що надходить від органів зору й слуху. Мозочок має складчасту поверхню сірої речовини. Його функції: координація рухів і м'язового тону, рівновага тіла.

Поміркуйте

1. Чому поверхня мозочка складчаста?
2. Що спільного між будівельною спорудою під назвою «міст» і відділом стовбура головного мозку з такою самою назвою?
3. Яку альтернативну назву довгастому мозку ви могли б запропонувати, враховуючи його будову та функції?
4. Які рефлексії під загальною назвою «Що таке?» координує середній мозок?

§ 10. Головний мозок людини: передній мозок



Яка частина головного мозку людини забезпечує їй складну поведінку та соціальні функції?

Стовбурова частина головного мозку спереду сполучається з **переднім мозком**. До його складу входять проміжний і кінцевий мозок.

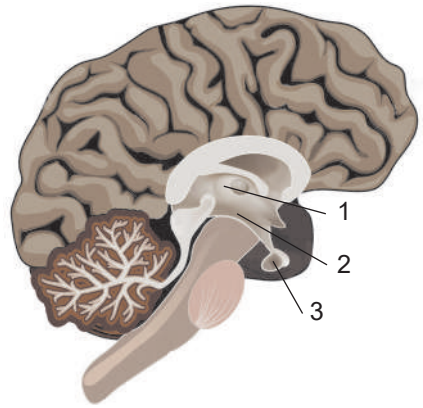
Які будова і функції проміжного мозку. Основні складники **проміжного мозку** – таламус і гіпоталамус (мал. 10.1).

Таламус – ділянка проміжного мозку, що становить собою скупчення сірої речовини у вигляді ядер (їх нараховують близько 40). Вона

охоплює основну частину проміжного мозку. Таламус відповідає за перерозподіл інформації, що висхідними шляхами надходить до його ядер від різних органів чуття (за винятком рецепторів нюху). Далі ця інформація від таламуса спрямовується до кори великих півкуль. Таламус є центром больової чутливості, замикання умовних рефлексів, навчання.

Гіпоталамус – невелика ділянка проміжного мозку, розташована під таламусом, звідки й походить її назва (від грец. *gino* – під та *таламос* – камера). До складу гіпоталамуса, так само, як і до складу таламуса, входять скупчення сірої речовини – ядра (понад 30). Нервові шляхи пов'язують цю частину проміжного мозку з іншими ділянками центральної нервової системи (великими півкулями, мозочком, стовбуром головного мозку тощо). Тому його розглядають як важливий інтегративний центр. Він бере участь у здійсненні як нервової, так і гуморальної регуляції різноманітних життєвих функцій організму, підтримуючи гомеостаз.

У гіпоталамусі розташовані центри голоду, спраги, а також центри, що регулюють поведінку та емоції, сон та неспання, температуру тіла тощо. У ядрах гіпоталамуса розташовані нервові клітини, які виробляють біологічно активні речовини – нейрогормони. В єдиному комплексі з ендокринною залозою – гіпофізом – гіпоталамус контролює діяльність усієї ендокринної системи (мал. 10.1, 3).



Мал. 10.1. Структури проміжного мозку: 1 – таламус, 2 – гіпоталамус; 3 – гіпофіз

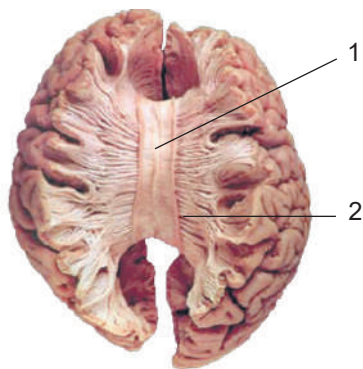
✓ **Дізнайтеся більше** про таламус і гіпоталамус за QR-кодом.



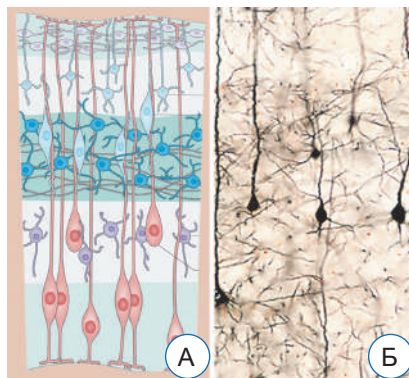
Проміжний мозок є центром відчуття спраги, голоду, насичення, сну та неспання, терморегуляції, контролю діяльності ендокринних залоз. Там також розташовані підкіркові центри зору та слуху.

Яка будова та функції кінцевого мозку. *Кінцевий, або великий, мозок* складається з правої та лівої півкуль, розділених поздовжньою щілиною. У глибині цієї щілини півкуль сполучені між собою за допомогою системи поперечних нервових волокон, які утворюють *мозолисте тіло* (мал. 10.2). Мозолисте тіло здійснює обмін нервовими імпульсами між півкулями, забезпечуючи їхню узгоджену діяльність. За будовою мозолисте тіло – це широкий сплюснений пучок нервових волокон завдовжки близько 10 см. Складається з 200–250 млн аксонів, які спрямовані назустріч одне одному. Вони входять у білу речовину півкуль й прямують до різних частин їхньої кори.

У людини великі півкулі становлять приблизно 80 % маси головного мозку. Поверхня півкуль вкрита сірою речовиною. Вона утворює кору, під якою міститься біла речовина. У білій речовині розташовані окремі ядра. Кора в різних ділянках завтовшки від 1,3 до 4,5 мм. Підраховано, що в ній міститься близько 10–14 млрд нервових клітин, зібраних у шари (мал. 10.3).



Мал. 10.2. 1. Мозолисте тіло.
2. Нервові волокна



Мал. 10.3. А. Схема нейронної
будови кори кінцевого мозку.
Б. Фото нейронів кори

Цікаво знати. Важливий внесок у дослідження мікроскопічної будови кори півкуль головного мозку належить професору Володимирі Олексійовичу Бецу (мал. 10.4). Він перший описав рухову зону кори головного мозку і відкрив у ній великі клітини пірамідальної форми (названі на його честь клітинами Беца).

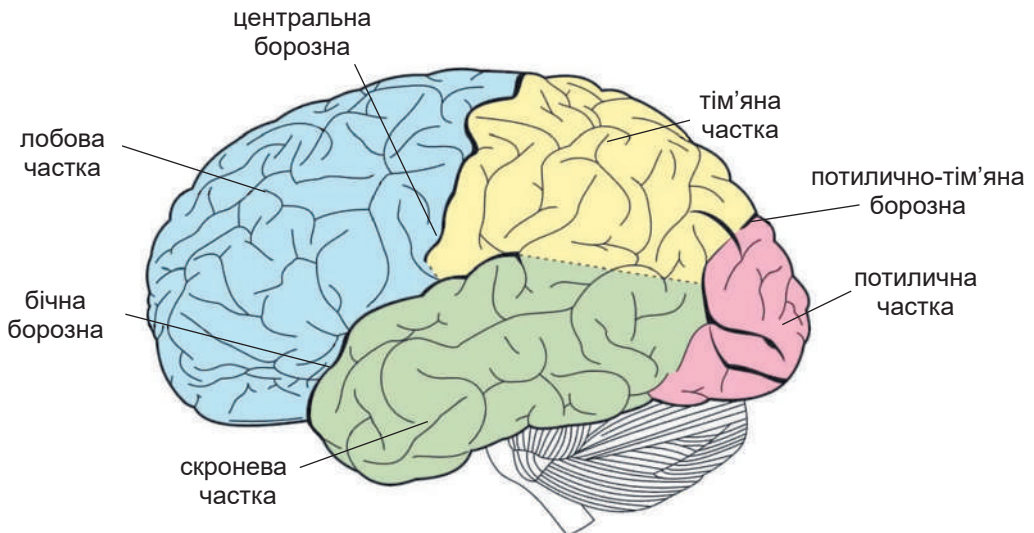
Мал. 10.4. В.О. Бец (1834–1894) – видатний український анатом і гістолог, який тривалий час працював у Київському університеті Св. Володимира (нині – Київський національний університет імені Тараса Шевченка)



Площа поверхні кори становить приблизно $220\,000\text{ мм}^2$. Шар кори ніби укладений у складки, завдяки чому поверхня кори має характерний рельєфний малюнок, утворений почерговим розташуванням у різних напрямках заглиблень – *борозен* і *звивин* – підвищень між ними. Виділяють три найглибші борозни півкуль: бічну, центральну і потилично-тім'яну. Вони поділяють півкулі головного мозку на чотири основні частки: лобову,тім'яну, скроневу і потиличну (мал. 10.5). До певних ділянок кори великих півкуль надходить інформація від різноманітних рецепторів. Кожна така ділянка – *нервовий центр* – виконує свої певні функції.

Завдяки формуванню корою борозен і звивин збільшується кількість нейронів, які беруть участь у здійсненні організмом людини таких важливих функцій, як пам'ять, мислення, увага, мова, свідомість тощо. Формування борозен і звивин кори мінімізує об'єм головного мозку, а відповідно – і об'єм мозкового відділу черепа.

Кора становить собою сукупність певних зон, між якими немає чітких меж. Таких зон, різних за будовою та функціями, розрізняють від 50 до 200. За здійснення певних складних функцій можуть відповідати кілька зон кори. Наприклад, утім'яній частці позаду центральної борозни розташована зона шкірної та суглобової чутливості. Попереду від центральної борозни розташована рухова зона. У скроневої частці є слухова зона, у потиличній – зорова. Смакова зона розміщена поблизу бічної борозни. Мовна зона розташована в кількох ділянках різних часток півкуль.



Мал. 10.5. Ділянки кори півкулі кінцевого мозку: вигляд збоку

Зони кори великих півкуль становлять собою ділянки вищого аналізу та синтезу нервових імпульсів, які до них надходять. За своїми функціями зони кори поділяють на три групи: чутливі, рухові та асоціативні.

Чутливі зони сприймають сигнали від певних рецепторів. Наприклад, зорові чутливі зони сприймають сигнали від рецепторів сітківки ока, а слухові – від рецепторів вуха.

У *рухових зонах* у відповідь на надходження імпульсу виникають сигнали, які визначають рухи різних частин тіла та організму загалом.

Асоціативні зони забезпечують функціональні зв'язки між чутливими і руховими зонами кори. Із асоціативними зонами кори насамперед пов'язані вищі психічні функції людини, зокрема мови та її розуміння.

Зазвичай певна півкуля кінцевого (великого) мозку отримує інформацію від рецепторів протилежного боку тіла (наприклад, ліва півкуля – від правої руки, а права півкуля – від лівого зорового нерва).

Кора великих півкуль відіграє вирішальну роль у визначенні поведінки людини, сприйнятті навколишнього світу, організації довільних рухів, у процесах навчання, запам'ятовування, свідомості й мислення. Тобто вона – носій людського інтелекту.

У півкулях під сірою речовиною (корою) міститься біла. Скупчення сірої речовини в білій речовині півкуль – ядра – в сукупності утворюють *підкірку*. Тут розташовані підкіркові центри нервової діяльності.

Активна діяльність головного мозку потребує посиленого кровопостачання, адже з кров'ю до нього надходять кисень і поживні речовини. Порушення кровопостачання головного мозку може призвести до необоротних змін: порушення його функцій, а недостатнє постачання кисню може спричинити відмирання нервових клітин, як-от у разі ішемічного інсульту.

✓ **Дізнайтеся більше** про будову головного мозку людини за QR-кодом. Опрацюйте узагальнювальну таблицю «Будова та функції головного мозку людини».



Узагальнення

Передній мозок включає проміжний і кінцевий. Проміжний мозок включає таламус і гіпоталамус. Таламус є вищим центром больової чутливості, замикання умовних рефлексів, навчання, перерозподіляє інформацію від органів чуття. Гіпоталамус відповідає за регуляцію обміну речовин, температури, підтримання гомеостазу та взаємодіє з ендокринною системою через гіпофіз. Кінцевий, або великий, мозок складається з правої та лівої півкуль, з'єднаних мозолистим тілом. Півкулі вкриті корою із сірої речовини, що утворюють складки – звивини та заглибини – борозни, які збільшують площу її поверхні. Кора великих півкуль відповідає за поведінку, навчання, запам'ятовування, свідомість, мислення, людський інтелект.

Поміркуйте

1. Чому проміжний мозок належить до переднього мозку, а не до його стовбурової частини?
2. Порушення яких частин головного мозку можуть призвести до втрати мови?
3. Які порушення можуть виникати в людини у разі пошкодження мозолистого тіла?
4. У якого органа чуття порушується функціонування внаслідок травми потиличної частки кори головного мозку?



Лабораторне дослідження «Вивчення будови головного мозку людини (за муляжами, моделями, пластинчастими препаратами, анімаціями)».



§ 11. Соматична та вегетативна нервова система



Що означають слова *сома-* та *вегетос-*? Як це стосується нервової системи?

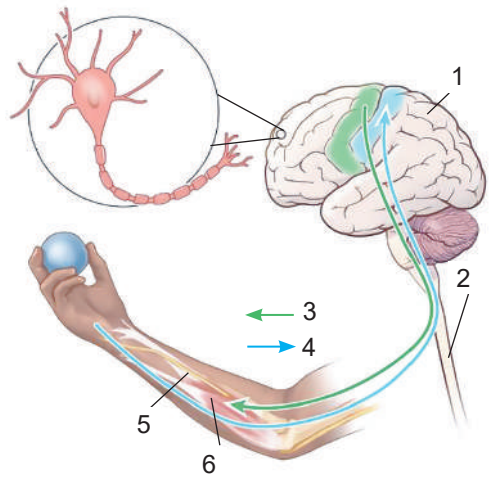
Залежно від функцій нервову систему (як центральну, так і периферичну) поділяють на соматичну та вегетативну.

Які функції соматичної нервової системи. Соматична нервова система охоплює ті відділи центральної і периферичної нервової системи, які іннервують опорно-руховий апарат і забезпечують чутливість нашого тіла (дотикову, больову, температурну тощо). Основні функції соматичної нервової системи такі:

- збирає інформацію від органів чуття і спрямовує її до центральної нервової системи (мал. 11.1, 4);
- передає нервові імпульси від центральної нервової системи до скелетних м'язів, керуючи різноманітними рухами нашого тіла (мал. 11.1, 3).

Відповідно до складу соматичної нервової системи входять нерви:

Мал. 11.1. Діяльність соматичної нервової системи: 1 – головний мозок; 2 – спинний мозок; 3 – нервовий імпульс, який прямує від рухового центру, розташованого у головному мозку, до скелетного м'яза; 4 – нервовий імпульс, що прямує від рецептора до чутливого центру, розташованого у головному мозку; 5 – нерв; 6 – скелетний м'яз



- які з'єднують головний і спинний мозок із посполугованими м'язами (крім серцевого), що перебувають під свідомим контролем, а також із рецепторами, які сприймають подразники як зовнішнього, так і внутрішнього середовища;

- які проводять нервові імпульси від рецепторів до відповідних нервових центрів.

Виконання людиною різноманітних рухів пов'язане з роботою рухових нейронів, які передають сигнали із центральної нервової системи до робочих органів, зокрема до скелетних м'язів (мал. 11.1, 6).

✓ **Дізнайтеся більше** про рухові нейрони та види рухів за QR-кодом.



Програми довільних рухів закладені в асоціативних зонах кори та підкіркових ядрах. Частина програм вроджена, інші – набуті. Спочатку чутливі нейрони передають сигнал про стан опорно-рухового апарату від рецепторів м'язів, сухожиль, суглобів, шкіри, органів зору, слуху та рівноваги через таламус до рухової зони кори великих півкуль головного мозку. У результаті руховий нейрон від кори півкуль посилає сигнал на рухові нейрони спинного мозку, а ті, зі свого боку, на м'яз, результатом чого є його скорочення.



Людина може удосконалювати довільні рухи завдяки тренуванню: учень / учениця початкових класів із часом поліпшує своє письмо, виробляє свій почерк, який стає індивідуальним. Регулярне виконання фізичних вправ часто стає потребою. Якщо в підлітковий період зменшується рухливість, із часом це може стати однією з причин різноманітних захворювань.

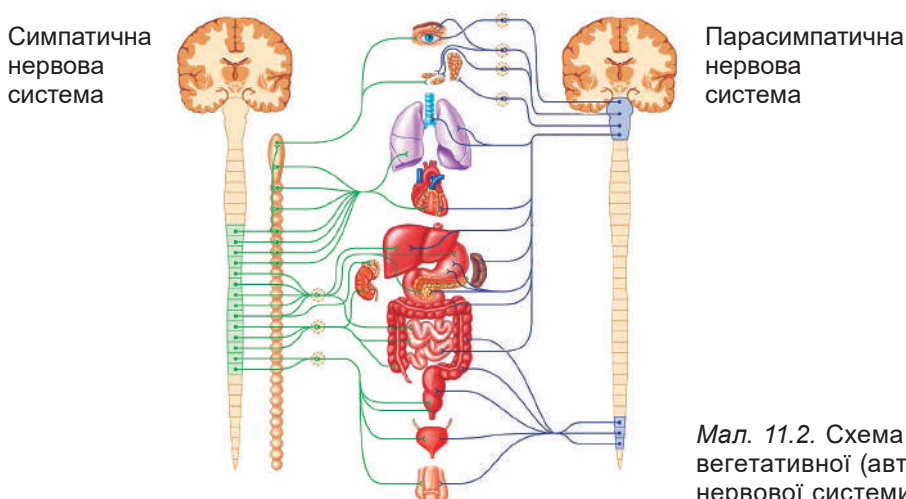
Які функції вегетативної нервової системи. До вегетативної (автономної) нервової системи належать усі її частини, які регулюють діяльність внутрішніх органів, непосполугованих м'язів судин, кишки, різних залоз, а також серця. Тим самим вона регулює процеси обміну речовин нашого організму.

Основною функцією вегетативної (автономної) нервової системи є підтримання гомеостазу – динамічної сталості внутрішнього середовища організму. Так вегетативна нервова система забезпечує пристосування діяльності внутрішніх органів (окрім скелетних м'язів) до змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі організму. Завдяки цій

властивості органи, які здійснюють життєво важливі функції (серце, кровоносні судини, шлунок, легені та ін.) не припиняють виконувати свої функції навіть тоді, коли людина неспритомніє.

Вегетативна нервова система складається з нервових центрів, розташованих у головному та спинному мозку, а також нервів, які відходять від центральної нервової системи, їхніх сплетінь і нервових вузлів.

За особливостями будови та функцій вегетативну нервову систему поділяють на *симпатичний* та *парасимпатичний* відділи. Імпульси, що від них надходять, зазвичай протилежно впливають на роботу певного органа (табл. 11.1). Наприклад, симпатичний відділ стимулює діяльність серця, а парасимпатичний, навпаки, – гальмує. Секреція шлункового соку стимулюється під впливом нервових імпульсів, які надходять від парасимпатичного відділу, а симпатичний відділ, навпаки, цей процес уповільнює. Слід зазначити, що певні органи (кровоносні судини, потові залози, м'язи – піднімачі волосся) перебувають лише під контролем симпатичного відділу вегетативної нервової системи.



Мал. 11.2. Схема будови вегетативної (автономної) нервової системи



Розгляньте малюнок 11.2, зверніть увагу, що до майже кожного органа йдуть волокна і симпатичної, і парасимпатичної нервової систем. До якого органа йде лише парасимпатичне волокно?

✓ **Дізнайтеся більше** за QR-кодом про розміщення центрів симпатичної і парасимпатичної нервової системи та про існування метасимпатичної нервової системи.



Симпатичний та парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи взаємодіють між собою. Загальний контроль функцій вегетативної нервової системи здійснює кора великих півкуль головного мозку (лобова частка) та певні підкіркові структури. Отже, вегетативна (автономна) нервова система забезпечує цілісне реагування організму на зміни, що відбуваються у довкіллі та у внутрішньому середовищі самого організму. Більшість органів іннервується як симпатичним, так і парасимпатичним відділами автономної нервової системи, що діють на органи протилежно (див. таблицю 11.1).

Таблиця 11.1. Вплив симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи на діяльність деяких органів

Органи та їхні функції	Вегетативна (автономна) нервова система	
	симпатичний відділ	парасимпатичний відділ
Серце	Прискорює і підсилює його скорочення	Уповільнює його скорочення
Кровоносні судини	Звужує діаметр артерій більшості органів	Розширює (у певних органах, наприклад, мозку)
Кров'яний тиск	Підвищує	Знижує
Дихання	Розширює бронхи та бронхіоли, посилює вентиляцію легень	Звужує бронхи та бронхіоли, послаблює вентиляцію легень
Зіниці ока	Розширює	Звужує
Травні залози: слинні, шлунка і кишки	Уповільнює виділення травних соків	Посилює виділення травних соків
Рухова активність шлунка і кишки	Уповільнює	Підсилює
Шкіра	Посилює потовиділення	Не діє

Узагальнення

Соматична нервова система керує рухами скелетних м'язів, сприймає і проводить сигнали від рецепторів, забезпечуючи зв'язок організму із зовнішнім середовищем. Вегетативна (автономна) нервова система – це частина нервової системи, яка забезпечує підтримання гомеостазу та адаптування організму до змін зовнішнього та внутрішнього середовища. Вона складається із симпатичного та парасимпатичного відділів. Симпатичний та парасимпатичний відділи вегетативної нервової системи взаємодіють між собою.

Поміркуйте

1. Для чого в організмі існує соматична нервова система, якщо рухові функції координують спинний і головний мозок?
2. Яка з назв, «автономна» чи «вегетативна», краще характеризує будову та функції цієї нервової системи?
3. Чому симпатичний і парасимпатичний відділи автономної нервової системи впливають на органи протилежно?
4. Яка нервова система найактивніше працює під час стресу?

§ 12. Рефлекторний принцип діяльності нервової системи. Рефлекси безумовні та умовні



Чи відрізняються безумовні рефлекси новонародженої дитини та дорослої людини?

Нервовій системі притаманний **рефлекторний принцип роботи**. Це означає, що будь-яка реакція організму на дію зовнішніх і внутрішніх подразників здійснюється за участю нервової системи.

У чому полягає рефлекторний принцип роботи нервової системи. Ми знаємо, що реакцію організму у відповідь на дію подразника, яка відбувається за участю нервової системи, називають **рефлексом** (від лат. *рефлексус* – відбитий).

Кожний рефлекс починається з дії на рецептор певного подразника зовнішнього чи внутрішнього середовища. Шлях, який проходить нервовий імпульс під час здійснення рефлексу, називають **рефлекторною дугою** (див. мал. 6.3).

✓ **Дізнайтеся більше** про тринейронну рефлекторну дугу за QR-кодом.



У рецепторі у відповідь на дію подразника виникають нервові імпульси, які надходять у відповідний нервовий центр, зумовлюючи його збудження. Нервовий центр аналізує такий сигнал та надсилає нервові імпульси до виконавчих тканин і органів (наприклад, м'язів, різних залоз). Наслідком цього є реакції певних органів чи всього організму.

Рецептори за характером розташування поділяють на **зовнішні**, розміщені на поверхні тіла (рецептори шкіри, ока, вуха тощо), та **внутрішні**, які містяться у внутрішніх органах (легенях, серці, шлунково-кишковому тракті, м'язах, сухожиллях та ін.).

Рефлекси, які виникають у разі подразнення зовнішніх рецепторів, дають змогу організму реагувати на зміни, що відбуваються у навколишньому середовищі. Ті ж рефлекси, які здійснюються під час збудження внутрішніх рецепторів, регулюють роботу внутрішніх органів і підтримують гомеостаз.



Мал. 12.1. Рене Декарт (1596–1650): французький філософ, фізіолог, фізик, математик

Цікаво знати. Термін «рефлекс» запропонував у XVIII ст. чеський фізіолог Їржі Прохаска (1749–1820), один із основоположників рефлекторної теорії. Основи вчення про рефлекс і рефлекторний принцип діяльності нервової системи заклали французький учений Рене Декарт (мал. 12.1). Він вважав, що взаємодія органів людини й тварин відбувається за участі нервової системи.

Які рефлекси є безумовними, а які – умовними. Під **безумовним рефлексом** ми розуміємо вроджену, спадково закріплену стереотипну реакцію організму на дію подразників зовнішнього або внутрішнього середовища.

Вона однакова для усіх особин певного виду і не залежить від змін у зовнішньому середовищі. Безумовними такі рефлекси називають тому, що для їх утворення не потрібні певні умови.

Рефлекс забезпечується взаємодією різних типів нейронів, нервових волокон, якими передаються нервові імпульси, відповідних нервових центрів та робочих органів (див. мал. 6.3). У здійсненні безумовних рефлексів беруть участь нервові центри, розташовані у спинному мозку, стовбурі та підкіркових ядрах головного мозку. Подразники, які сприяють здійсненню безумовних рефлексів, також називають *безумовними*.

Подразники бувають *зовнішніми* (різноманітні зміни умов довкілля – світлові, температурні, хімічні, звукові, механічні тощо) та *внутрішніми* (зміни складу та властивостей внутрішнього середовища організму або механічні подразнення його внутрішніх структур).

Безумовні рефлекси у людини, ссавців, птахів тощо відіграють провідну роль у забезпеченні реакцій організму в перший час після народження, а надалі становлять підґрунтя для утворення умовних рефлексів.

Так, завдяки безумовним рефлексам у перші моменти після народження дитина здатна дихати, харчуватися тощо, тобто здійснювати життєво важливі функції. Протягом життя деякі безумовні рефлекси перестають виконуватися – згасають (наприклад, смоктальний рефлекс у людини). Це відбувається тому, що безумовні рефлекси здійснюються під контролем кори великих півкуль головного мозку, яка може гальмувати деякі з них (наприклад, коли в цих рефlekсах немає життєва необхідність).



Деякі безумовні рефлекси використовують у медицині для встановлення стану організму (наприклад, колінний, мигальний тощо).

Від навчання не залежить й інстинктивна поведінка. *Інстинкт* (від лат. *інстинктус* – спонука, мотив) становить собою сукупність складних спадково зумовлених стереотипних дій. Вони здійснюються у відповідь на певні зовнішні або внутрішні подразники для задоволення основних потреб. Наприклад: пошук і здобування їжі, захист під час небезпеки, розмноження, материнський та батьківський інстинкти тощо.

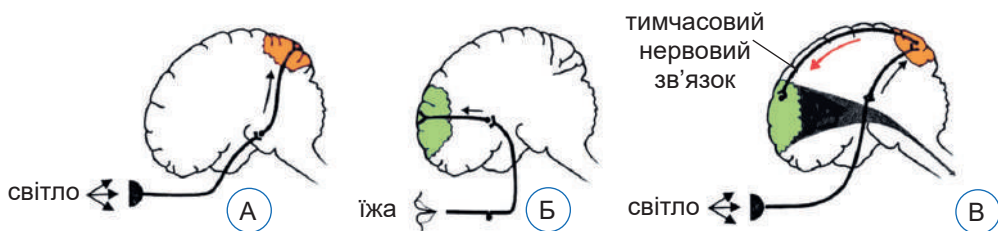
Безумовні рефлекси не можуть забезпечити необхідного пристосування організму до умов навколишнього середовища, що постійно змінюються. Такі пристосування виникають завдяки умовним рефлексам.

Умовні рефлекси утворюються в процесі всього життя на базі безумовних під впливом певних чинників зовнішнього середовища. Подразники, які спричиняють ці рефлекси, називають *умовними*. З віком кількість утворених умовних рефлексів зростає, при цьому накопичується певний досвід. Поведінка особи ускладнюється.

Фізіологічний механізм виникнення умовного рефлексу такий (мал. 12.2). Під час дії умовного та безумовного подразників збуджуються відповідні ділянки кори головного мозку. За періодичного поєднання дії умовного та безумовного подразників, збудження, яке виникає внаслідок дії умовного, передається через вставні нейрони на відповідний нервовий центр безумовного рефлексу. Оскільки інтервал дії між дією

умовного й безумовного подразників незначний, то між відповідними нервовими центрами утворюється тимчасовий зв'язок. Такий зв'язок можливий лише між тими нервовими центрами, які можуть замикатися через кору великих півкуль головного мозку за допомогою вставних нейронів.

Не можна виробити умовні рефлекси на базі безумовних, рефлекс-торні дуги яких не містять вставних нейронів у корі головного мозку (наприклад, на базі колінного рефлексу, центр якого розташований у спинному мозку).



Мал. 12.2. Механізм формування умовного рефлексу.

А. Збудження зорового центру потиличної частки великих півкуль.

Б. Збудження центру смакової чутливості.

В. Утворення тимчасового нервового зв'язку між цими центрами

Умовні рефлекси є індивідуальними. За зміни умов зовнішнього середовища одні з них можуть зникати (якщо вони втрачають своє біологічне значення), а інші – виникати, забезпечуючи пристосування до нових умов. Для утворення умовного рефлексу потрібна дія байдужого (умовного) подразника, а також обов'язкове виконання наступних умов:

- дія умовного подразника має передувати дії безумовного, але інтервал часу між ними повинен бути незначним (5–30 с);
- сила дії умовного подразника повинна бути слабша, ніж безумовного;
- умовний подразник має неодноразово підкріплюватися дією безумовного;
- для закріплення дії умовного рефлексу потрібне його періодичне повторення.



Умовним подразником може бути й час. Так, якщо споживати їжу в один і той самий час, то у цей період спостерігають підвищену секрецію травних соків, зростає апетит. Це слід враховувати під час організації режиму харчування і не порушувати його. Інакше підвищення секреції травних соків, яке не супроводжується надходженням їжі у травну систему, може шкідливо вплинути на слизову кишково-шлункового тракту. Наслідком цього може бути виникнення виразки шлунка або кишки. За чіткого дотримання розпорядку дня поліпшується здатність засвоювати навчальний матеріал, зростають спортивні результати, підвищується продуктивність праці, підтримується стан психічного й фізичного здоров'я.

Умовні рефлекси можна утворити не тільки на базі безумовних, а й на базі стійких умовних рефлексів, вироблених раніше. У цьому разі роль безумовного рефлексу відіграє раніше утворений стійкий умов-

ний. На базі новоствореного умовного рефлексу можна виробити наступний умовний рефлекс і т. д. У людини може утворитись до 50–100 послідовних умовних рефлексів.

Рефлекторна діяльність нервової системи, пов'язана із здійсненням безумовних і умовних рефлексів, визначає всю різноманітність функцій організму людини, серед яких – пам'ять, мислення і поведінка.

Узагальнення

Рефлекс – це реакція організму у відповідь на дію подразника, що відбувається за участю нервової системи. Рефлекси бувають безумовні та умовні. Безумовні рефлекси – вроджені, спадково закріплені реакції організму на дію подразників зовнішнього або внутрішнього середовища (наприклад колінний, хапальний, слиновидільний тощо). Умовні рефлекси утворюються в процесі всього життя на базі безумовних під впливом певних чинників зовнішнього середовища (умовних подразників), наприклад письмо, читання тощо. Упродовж життя людини кількість умовних рефлексів збільшується.

Поміркуйте

1. Яка роль кори головного мозку в утворенні умовного рефлексу?
2. Поясніть, чому слово «рефлекс» у перекладі на українську означає «відбитий».
3. Як безумовні та умовні рефлекси людини пов'язані між собою?

§ 13. Профілактика захворювань нервової системи



Які навантаження на організм сучасної людини найбільш негативно впливають на її нервову систему?

Що розуміють під психічним здоров'ям людини. Важливе значення для нормального функціонування організму людини має *психічне здоров'я* – стан психічного благополуччя. *Психічне благополуччя* – це стан, коли людина відчуває гармонію та задоволення в своєму житті. Такій людині притаманні впевненість у собі, бажання розв'язувати проблеми, долати труднощі.

Зрозуміло, що для досягнення стабільного емоційного стану важливо навчитися керувати своїми емоціями, реалізувати свої здібності, свій інтелектуальний потенціал. Психічне здоров'я дозволяє людині усвідомлювати свої психічні та фізичні можливості для задоволення своїх потреб.

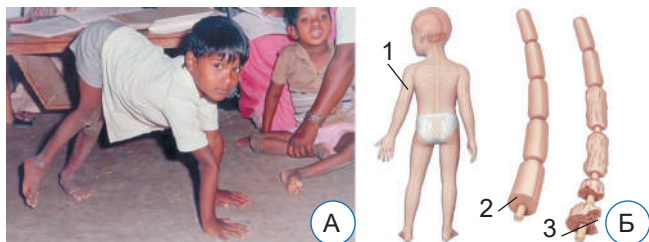
Які бувають порушення діяльності нервової системи людини. Причинами порушень діяльності нервової системи можуть бути різні зовнішні впливи: механічні травми, електричне ураження центральних і периферичних структур нервової системи (ушкодження спинного мозку, струс головного мозку, руйнування нервів тощо), перегрівання та переохолодження організму.

Крім того, порушення діяльності нервової системи можуть бути пов'язані із захворюваннями, спричиненими вірусами, бактеріями, протозоями тощо. Так, запалення оболонок як спинного, так і голов-

ного мозку, мають назву **менінгіт** (від лат. *meningis* – мозкова оболонка та суфікс *-itis* – запалення). Збудниками менінгіту можуть бути віруси (наприклад, вірус кліщового енцефаліту, переносниками якого є іксодові кліщі), бактерії (як-от менінгококи), протозої (наприклад, токсоплазма, заразитись якою людина може під час контакту з котами або після споживання недостатньо кулінарно обробленого м'яса) тощо.

Множинне запальне ураження периферичних нервів має назву **полінейропатія** (стара назва – *поліневрит*). Захворювання супроводжується болем, онімінням у кінцівках, порушенням чутливості тощо. Причинами цього захворювання можуть бути вірусні та бактеріальні інфекції, порушення обміну речовин, вплив токсинів тощо.

Цікаво знати. *Паралітичний поліомієліт* – вірусне захворювання людини, що уражає нервову систему (мал. 13.1). Вірус (ці неклітинні форми життя ми розглянемо далі) може потрапляти в організм людини через ротову порожнину з брудних рук, рідше – з їжею або водою і проникати в клітини спинного мозку та руйнувати їх (це можуть бути нейрони, які іннервують дихальні м'язи або м'язи кінцівок). Унаслідок чого в людини, що захворіла, можуть спостерігатись послаблення довільних рухів (парез) і навіть їхнє повне унеможливлення (параліч).



Мал. 13.1. А. Дитина з Індії, хвора на поліомієліт.

Б. Хвороба супроводжується ушкодженням нервів:

1 – нерви, які іннервують верхню кінцівку; 2 – нормальний нерв;

3 – ушкоджена оболонка нерва

На функціонування нервової системи негативно впливає і нестача кисню, що призводить до загибелі нейронів, порушення зв'язків між ними, уповільнення рефлексів. Ось чому потрібні прогулянки, ігри та заняття спортом на свіжому повітрі, періодичні провітрювання приміщення, в якому ви перебуваєте. Така діяльність також потрібна для відпочинку нервової системи під час розумових та емоційних навантажень.



Украй негативно впливають на нервову систему вживання алкоголю, наркотиків, куріння. Алкоголь, руйнуючи мембрани нейронів, призводить до загибелі частини нервових клітин, зокрема кори головного мозку та мозочка, порушує проведення нервового імпульсу нервами, передачу нервових імпульсів від нервів до м'язів. У результаті погіршується координація рухів, слабшають кінцівки, виникає тремтіння м'язів, настає розумова неповноцінність. Нікотин у складі тютюнового диму спричиняє спазми судин головного та спинного мозку, порушуючи кровопостачання цих структур. Наркотики, маючи збуджувальну або снодійну дію, дуже швидко виснажують нервову систему та організм у цілому, спричиняють фізичні та психічні розлади, порушення нюхової, смакової, зорової та інших видів чутливості.

Людина, особливо у молодому віці, може стикатись з явищем психічного дискомфорту, яке називають **когнітивним дисонансом** (від лат. *когніціо* – думка та *диссонація* – неспівзвучність). Це явище може спричинити отримання з різних джерел знань, ідей, настанов щодо певних об'єктів, явищ, цінностей, які суперечать одні одним, переконанням особи, уявленням тощо. З метою уникнення когнітивного дисонансу інформацію слід отримувати лише з тих джерел, яким ви довіряєте. Особливе значення це має під час воєнного стану, з огляду на те, що вороги України та їхні посібники спеціально поширюють недостовірну інформацію з метою викликати в населення панічні настрої, недовіру до влади та власної армії (це приклад інформаційно-психологічної операції або, скорочено, ІПСО). Отже, якщо вам трапляється сумнівна інформація, зверніться до батьків або вчителюк / учителів, щоб вони допомогли вам розібратися у ній.

Найпоширенішими порушеннями діяльності нервової системи є **неврози**. Для них характерні нав'язливі, істеричні розлади психіки, тимчасове зниження розумової та фізичної працездатності. Спостерігають також нестабільність настрою, занижену або завищену самооцінку, часте відчуття тривоги, страху, підвищену дратівливість тощо. Спричиняють неврози тривалі сильні негативні емоції, пов'язані з труднощами в навчанні, проблемами в побуті, трудовому колективі та сім'ї тощо. За своїм проявом неврози поділяють на кілька форм: неврастенію, істерію, психастенію.

✓ **Дізнайтеся більше** про неврастенію, істерію та психастенію за QR-кодом.



Якщо ви спостерігаєте надмірне перевантаження своєї нервової системи, зверніться до шкільного психолога, який вислухає вас і надасть кваліфіковану допомогу.

Стійкі неврози можуть згодом перерости у психози, пов'язані з ушкодженням структур центральної нервової системи. **Психоз** (від грец. *психозіс* – душевний розлад) – чітко виражені порушення психічної діяльності, коли психічні реакції не відповідають реальній ситуації. Унаслідок цього порушується сприйняття реального світу, а поведінка стає неадекватною. Причинами психозів можуть стати різні форми дискримінації (наприклад, булінг), психічні травми, отримані у дитинстві, різні форми насилля, вживання психотропних ліків без рекомендації лікаря тощо.

Як запобігти захворюванням нервової системи. Психічні розлади здатні значно погіршувати самопочуття людини та обмежувати нормальне функціонування організму. Знання симптомів і наслідків хвороби є основним способом її профілактики. Часто для відновлення функціонального стану нервової системи й організму загалом достатньо збільшити час активного відпочинку, змінити умови, в яких ви перебуваєте, усунути причини виникнення цих станів. Найефективнішими і найнадійнішими способами зняти психологічне напруження, яке часто виникає в підлітків, є захоплення творчістю, музикою, туризмом, фізичною культурою і спортом. Важливо, щоб життя було

заповнене потрібною й цікавою діяльністю, яка б забезпечувала нормальне життя і давала духовне задоволення.

Узагальнення

Порушення діяльності нервової системи можуть виникати в разі ушкодження її структур (травмування) або внаслідок запалень чи інфекційних захворювань. Тривала втома, емоційні навантаження тощо можуть порушити рівновагу в нервовій системі й призвести до її виснаження. Так виникають неврози. Для профілактики порушень діяльності нервової системи слід лікувати інфекції, що вражають нервову систему, дотримуватись режиму праці та відпочинку, розвиватись духовно.

Поміркуйте

1. Чи може фізичний біль у якійсь частині організму спричинити порушення діяльності нервової системи?
2. Чи може булінг стати причиною нервових розладів?
3. Які рефлексивні практики самодопомоги ви можете використати в разі погіршення свого настрою?
4. Чи можна тренувати свою нервову систему щодо впливу негативних чинників?

§ 14. Гуморальна регуляція діяльності організму людини. Гормони, нейрогормони



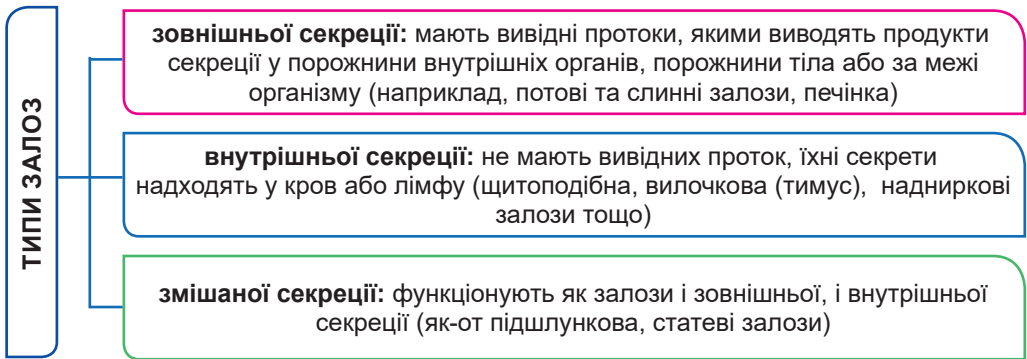
Як відкриття гормонів та дії їх на організм людини змінило лікування захворювань, пов'язаних з порушенням ендокринної системи?

У чому особливість гуморальної регуляції діяльності організму людини. Одним з механізмів координації взаємодій між окремими клітинами, тканинами, органами та фізіологічними системами є **гуморальна регуляція** (від лат. *гумор* – рідина). Вона здійснюється за допомогою біологічно активних речовин (гормонів, нейрогормонів та ін.), які до різних частин організму переносять кров, лімфа, спинномозкова й міжклітинна (тканинна) рідина.

Якщо за допомогою рефлексів організм дуже швидко (за частки секунди) реагує на відповідні подразники зовнішнього чи внутрішнього середовища, то дія біологічно активних речовин здебільшого проявляється через кілька хвилин чи триваліший час після їхньої секреції. Це стається тому, що ці речовини транспортуються до відповідних тканин та органів досить повільно. Але, на відміну від нервової, гуморальна регуляція діє довше: доти, доки в крові, лімфі або рідинах внутрішнього середовища організму зберігається певна концентрація тих чи тих гормонів або нейрогормонів.

Провідну роль у гуморальній регуляції організму людини відіграють **ендокринні залози** (від грец. *ендон* – всередині та *крино* – виділяти): залози внутрішньої та змішаної секреції. Основною анатомічною ознакою **залоз внутрішньої секреції** є відсутність вивідних проток, які наявні у **залоз зовнішньої секреції**. Тому продукти секреції залоз внутрішньої секреції виділяються в самих залозах у кров або

лімфу. **Залози змішаної секреції** поєднують ознаки залоз як внутрішньої, так і зовнішньої секреції (мал. 14.1).



Мал. 14.1. Типи залоз організму людини

- **Гормони** (від грец. *гормао* – рухаю, спонукаю) – це органічні речовини, здатні включатись у цикл біохімічних реакцій та регулювати процеси обміну речовин і перетворення енергії в організмі.

Що таке нейрогормони. У нейросекреторних нейронах синтезуються гормоноподібні речовини – **нейрогормони** (від грец. *нейрон* – нерв і *гормао*). Вони, як і гормони, надходять у кров чи лімфу, а також у спинномозкову рідину, які транспортують їх до різних тканин та органів. Ці біологічно активні речовини беруть участь у регуляції обміну речовин, діяльності ендокринних залоз, нервової системи, тонуусу непосмугованої мускулатури, підтриманні гомеостазу.

У головному мозку нейрогормони синтезуються нейросекреторними нейронами гіпоталамуса (структура проміжного мозку; див. мал. 10.1) (як-от вазопресин, окситоцин), а також спинного мозку та мозковою речовиною надниркових залоз (наприклад, адреналін, норадреналін).

Нейрогормони, які синтезуються у гіпоталамусі, надходять до гіпофіза, де вони потрапляють у кров. Наприклад, **вазопресин** (його ще називають *антидіуретичним гормоном*¹) спричиняє звуження кровоносних судин і тим самим сприяє збереженню води в організмі (це має важливе значення в разі зневоднення організму). Отже, вазопресин регулює вміст води в організмі та кількість сечі, що утворюється. Одночасно його дія підвищує артеріальний тиск й регулює вміст глюкози у крові.

Цікаво знати. Недостатній синтез вазопресину спричиняє надлишкове вироблення сечі (до 29 л за добу при нормі близько 1,5 л) та викликає відчуття спраги. Деяка кількість вазопресину може надходити безпосередньо в головний мозок і впливати на соціальну поведінку людини (регулює агресивну поведінку).

Як гормони і нейрогормони взаємодіють з клітинами-мішенями. Оскільки гормонам і нейрогормонам притаманна дистанційність дії:

¹ Таку назву цей нейрогормон дістав тому, що під його впливом зменшується виведення сечі організмом.

вони можуть виділятися у кров, лімфу або спинномозкову рідину в одній частині організму, а впливати на діяльність клітин, тканин або органів, розташованих в іншій, – можна зробити висновок, що ці біологічно активні сполуки діють не на всі клітини, а лише на певні. Такі клітини називають **клітинами-мішенями**. Гормони та нейрогормони взаємодіють з клітинами-мішенями завдяки наявності у них особливих рецепторів – молекул білкової природи.

✓ **Дізнайтеся більше** про природу гормонів та типи взаємодії гормонів з клітинами-мішенями за QR-кодом.



Характерними особливостями дії гормонів і нейрогормонів є:

- **дистанційність дії:** гормони і нейрогормони з плином крові, лімфи чи спинномозкової речовини можуть переноситись на значні відстані від того місця, де вони були утворені, до клітин-мішеней, на діяльність яких вони впливають;
- **висока біологічна активність:** ці біологічно активні сполуки в незначних концентраціях впливають на діяльність клітин, тканин і органів. Під час секреції певного гормону або нейрогормону його концентрація в крові значно зростає, а згодом знижується до вихідного рівня;
- **висока специфічність дії:** гормони та нейрогормони впливають лише на певні біохімічні процеси, які відбуваються в тих чи інших клітинах, тканинах і органах. Гормони та нейрогормони «впізнають» клітини-мішені, які мають для цього особливі молекули-рецептори;
- одна клітина може мати різні рецептори, завдяки чому на її діяльність можуть впливати різні гормони;
- **відносно короткий час існування в організмі:** декілька хвилин або годин, після чого певний гормон або нейрогормон втрачає свою активність під впливом специфічного ферменту.

Під контролем гормонів і нейрогормонів відбуваються всі етапи індивідуального розвитку людини, а також усі процеси її життєдіяльності.



Якщо певні гормони чи нейрогормони організм виробляє в недостатній кількості або не виробляє взагалі, то спостерігають порушення розвитку та обміну речовин різного ступеня важкості. Так само негативно на організм впливає і надлишкове їхнє вироблення. Наприклад, за недостатнього утворення в організмі дитини гормону росту розвивається карликовість (1), а за надлишкового – гігантизм (3) (мал. 14.2).

Мал. 14.2. Порівняння зросту людини з карликовістю (1), людини середнього зросту (2) та людини гігантського зросту (3)

Узагальнення

Гуморальна регуляція здійснюється за допомогою біологічно активних речовин (гормонів, нейрогормонів та ін.), які переносять до клітин, тканин або органів кров, лімфа, спинномозкова й міжклітинна (тканинна) рідина. Гормони виробляються ендокринними залозами (внутрішньої та змішаної секреції). Вони впливають на структури організму, розташовані далеко від місця їхнього синтезу і є специфічними. Нестача або надлишок гормонів чи нейрогормонів призводить до порушення розвитку та функціонування організму.

Поміркуйте

1. Чим нейрогормони відрізняються від гормонів?
2. Як гормони потрапляють від ендокринних залоз до клітин чи органів, на які вони безпосередньо впливають?
3. Чому організм не може накопичити достатню кількість гормонів?

§ 15. Ендокринна система людини: будова та функції

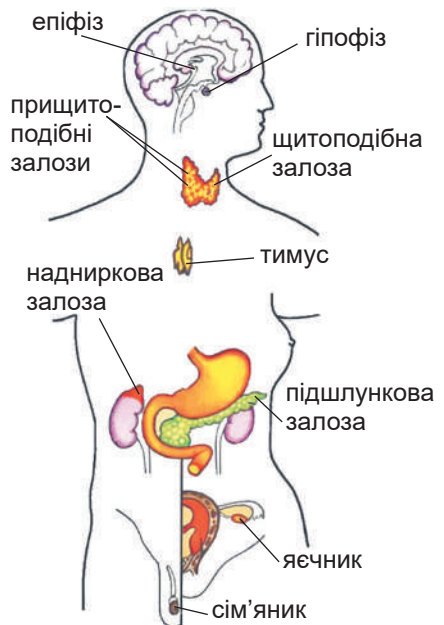


Чому ендокринні залози розташовані в різних частинах тіла людини?

Які органи є у складі ендокринної системи. Провідна роль у процесах гуморальної регуляції належить **ендокринній системі** (мал. 15.1) До її складу входять залози внутрішньої та змішаної секреції. Це, зокрема, гіпофіз, епіфіз, щитоподібна та прищитоподібні залози, вилочкова, підшлункова, надниркові та статеві залози. Ендокринну систему відрізняє від більшості інших систем органів те, що її складники часто не мають безпосередніх просторових зв'язків між собою.

Захворювання, які виникають унаслідок порушення функцій ендокринних залоз (наприклад, у разі їхньої недостатньої (гіпофункція) або посиленої (гіперфункція) діяльності), називають **ендокринними**.

Які ендокринні залози розташовані в головному мозку. Структура головного мозку – **гіпофіз**, або мозковий придаток (мал. 15.2, А, Б), пов'язаний з **гіпоталамусом** за допомогою тоненької ніжки. Його довжина – до 15 мм, маса – 0,35–0,65 г. У гіпофізі розрізняють три частки: передню, середню та задню. З них краще розвинені передня та задня частки. Серед гормонів передньої частки є такі, що регулюють



Мал. 15.1. Ендокринна система: розташування ендокринних залоз в організмі людини

діяльність інших ендокринних залоз (їх називають **тропними гормонами** (від грец. *τροπος* – поворот)), або інших окремих органів чи організму загалом. Наприклад, пролактин регулює діяльність молочних залоз. Тропні гормони синтезуються під контролем нейрогормонів, які виробляє гіпоталамус.



Мал. 15.2. Ендокринні залози, розташовані у головному мозку людини. Розташування (А) і функції (Б) гіпофіза. В. Розташування епіфіза

Середня частка гіпофіза синтезує меланотропін, який впливає на синтез меланіну – темного пігменту в клітинах шкіри.

Цікаво знати. Недостатня кількість гонадотропних гормонів зумовлює порушення у формуванні статеві системи людини та вторинних статевих ознак (інфантилізм). *Інфантилізм* (від лат. *інфантіліс* – дитячий) – відсталість у розвитку, внаслідок чого у дорослому віці зберігаються риси фізичного та психічного розвитку, притаманні дитині.

Гормон росту (соматотропний гормон, соматотропін) впливає на розвиток усього організму. За надлишкового вироблення (гіперфункції) цього гормону в дитячому віці спостерігають посилений ріст усього організму, який набагато перевищує норму, – *гігантизм* (див. мал. 14.2, 3). Якщо це відбувається після завершення формування організму людини, виникають значні диспропорції тіла, наприклад надмірно розростаються окремі частини тіла (ніс, вуха, кінцівки), порушується обмін речовин, можливі розлади психічних функцій. Таке захворювання називають *акромегалією* (мал. 15.3, А). У разі нестачі гормону (гіпофункції) гіпофіза в дитячому віці гальмується ріст, настає раннє скостеніння хрящів. Таке захворювання називають *карликовістю* (мал. 14.2, 1). Психічний розвиток при цьому майже не змінюється.

Цікаво знати. Прототипом героя мультфільмів – Шрека – став чоловік, хворий на акромегалію (мал. 15.3, Б).



Які ознаки зовнішності змінились у людини внаслідок захворювання на акромегалію?

У задню частку гіпофіза надходять нейрогормони вазопресин та окситоцин, які утворюються в гіпоталамусі. Отже, гіпофіз, який перебуває під контролем гіпоталамуса, сам контролює вироблення гормонів щитоподібною залозою, функцію надниркових залоз, чоловічих і жіночих статевих залоз.



Мал. 15.3. А. Акромегалія: 1 – людина, в якій спостерігають надлишкове виділення соматотропіну в дорослому віці; 2 – людина до початку захворювання. Б. 1 – Шрек – персонаж американського анімаційного фільму 2001 року режисерів Ендрю Адамсона та Вікі Вернон. 2. Імовірний прототип цього персонажа – відомий борець Морис Тійє (Тілп) (*Maurice Tillet*)

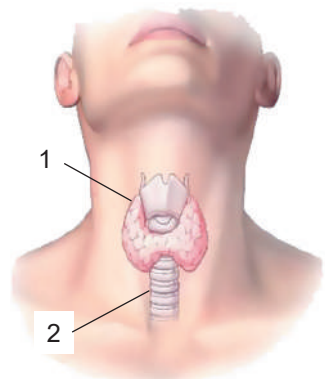
Іншим нейрогормоном, який синтезується у гіпоталамусі й потім надходить у задню частку гіпофіза, є **окситоцин**. У вагітних жінок він сприяє пологам, стимулює виділення молока після них.

У головному мозку в ділянці чотиригорбкового тіла розташована ще одна крихітна (маса – близько 0,2 г) ендокринна залоза – **епіфіз** (шишкоподібне тіло) (мал. 15.2, В). Вона синтезує гормон **мелатонін**. Цей гормон регулює кров'яний тиск, періодичність стану сну і неспання, посилює ефективність діяльності імунної системи. Учені припускають, що епіфіз бере участь у функціонуванні внутрішнього годинника організму, що узгоджує зміни його стану із циклічними змінами світлої і темної частини доби.

Які функції щитоподібної та прищитоподібних залоз. Щитоподібна залоза – найбільша залоза внутрішньої секреції нашого організму (її маса у дорослої людини – до 25–30 г). Вона складається з лівої та правої потовщених часток, які сполучаються вузьким перешийком (мал. 15.4). Своєю увігнутою частиною прилягає до трахеї і гортані (до її щитоподібного хряща, звідки й походить назва цієї залози).

Гормони, які секретує щитоподібна залоза, – трийодтиронін, тироксин, тиреокальцитонін, прискорюють обмін речовин, поглинання кисню в тканинах, обмін Кальцію і Фосфору, регулюють розвиток тканин (насамперед кісткової) і впливають на функціонування нервової системи. Так, **тиреокальцитонін** регулює вміст Кальцію в крові і сприяє його збереженню в кістках. **Трийодтиронін** впливає на різноманітні фізіологічні процеси в організмі людини, зокрема на обмін речовин, частоту скорочень серця, ріст і розвиток тощо. **Тироксин** впливає на всі тканини організму. Він посилює процеси обміну речовин, підвищує температуру тіла, посилює ритм скорочень серця, контролює ріст і розвиток організму людини.

Недостатнє вироблення гормонів щитоподібної залози у дорослих зумовлює мікседему, а вроджене недорозвинення цієї залози в



Мал. 15.4. Розташування щитоподібної залози:
1 – щитоподібна залоза;
2 – трахея

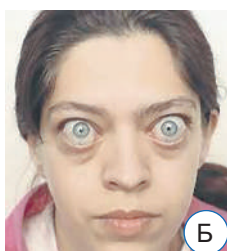
дітей – кретинізм. *Мікседема* (слизовий набряк) супроводжується одутловатістю обличчя, набряком шкіри і підшкірної клітковини (за рахунок збільшення кількості міжтканинної рідини), випаданням волосся, кволістю, сонливістю, зниженням інтелекту. *Кретинізм* характеризується значним відставанням у фізичному та розумовому розвитку, порушенням пропорцій тіла (мал. 15.5, А).

У разі гіперфункції щитоподібної залози спостерігають збільшення її розмірів. Так виникає *базедова хвороба* (або дифузний токсичний зоб), яка супроводжується витрішкуватістю очей, прискоренням процесів обміну речовин, посиленням теплоутворення. Зростає частота серцевих скорочень і дихальних рухів, тремтіння пальців рук, підвищення психічної збудливості, схуднення. Ці та багато інших патологічних явищ зумовлені токсичною дією тиреоїдних гормонів, якщо вони виробляються в надлишковій кількості.

До складу гормонів щитоподібної залози (тироксину, трийодтироніну) входить Йод. За нестачі Йоду у воді та їжі вміст цих гормонів у крові знижується. Для підтримання потрібного вмісту цих гормонів посилюється їх секреція, що зумовлює розростання тканин та збільшення розмірів щитоподібної залози, маса якої іноді сягає кількох кілограмів. Цю хворобу називають *ендемичним¹ зобом* (мал. 15.5, В).

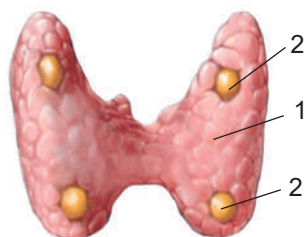


Щоб запобігти виникненню ендемічного зобу, вживають профілактичних заходів, основним з яких є йодування кухонної солі. Йод входить до складу окремих харчових продуктів, як-от: бура водорість ламінарія (морська капуста), морська риба, волоські горіхи, хурма тощо.



Мал. 15.5. Захворювання людини, пов'язані з порушенням функціонування щитоподібної залози. А. Кретинізм Б. Базедова хвороба. В. Ендемічний зоб.

Прищитоподібні (паращитоподібні) залози – зазвичай це чотири невеликі тільця (діаметром до 6 мм), розташовані на задній поверхні правої та лівої часток щитоподібної залози (мал. 15.6). Вони утворюють *паратгормон*, який регулює обмін Фосфору і Кальцію в організмі людини. Видалення цих залоз



¹ Ендемічний (від грец. *ендемікос* – місцевий) зоб дістав свою назву тому, що це захворювання трапляється в окремих регіонах, де спостерігають дефіцит сполук Йоду. В Україні це насамперед деякі регіони Західної України.

Мал. 15.6. Розташування прищитоподібних залоз: 1 – щитоподібна залоза; 2 – прищитоподібні залози

призводить до смерті від потужних судом. У разі гіперфункції прищитоподібних залоз розвивається хвороба, яка характеризується болем у м'язах, кістках і суглобах, розм'якшенням кісток, різкою деформацією скелета. Це відбувається тому, що мінеральні сполуки вимиваються з кісткової тканини й відкладаються у м'язах та у внутрішніх органах.

Надниркові залози розташовані на верхньому полюсі кожної з нирок (мал. 15.7). Вони оточені сполучнотканинною оболонкою, їхня маса становить 10–14 г. Зовнішній шар надниркових залоз утворює кіркова речовина (має світліший колір), внутрішній – мозкова (приблизно 1/3 від маси всієї залози) (має темніший колір). Гормони кори надниркових залоз (*кортикостероїди*) регулюють обмін вуглеводів (глюкокортикоїди), водно-сольовий обмін (мінералокортикоїди).

Під впливом адренокортикотропного гормону в кірковому шарі надниркових залоз виробляється **кортизол**, який називають «гормоном стресу», оскільки його концентрація у крові значно підвищується у стресових ситуаціях, шоківому стані, під час травмування тощо.

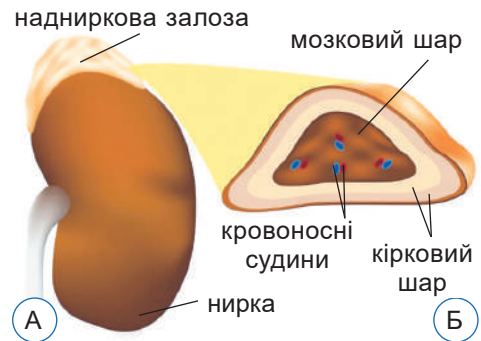
Цікаво знати. Кортизол бере участь й у регуляції діяльності імунної системи. Деякі віруси, наприклад, грипу та коронавіруси (SARS-CoV-1 і SARS-CoV-2) пригнічують секрецію кортизолу для того, щоб уникати імунних реакцій з боку організму людини.



Гормони кори надниркових залоз застосовують у медицині: препарат на основі кортизолу – *гідрокортизон* – при захворюваннях шкіри, таких як екзема, алергічний дерматит тощо; глюкокортикоїди – як протизапальні засоби (при ревматизмі, ревматоїдному артриті, панкреатиті, бронхіальній астмі, екземі тощо). Мінералокортикоїди застосовують при лікуванні хвороби Аддісона, м'язовій слабкості, порушеннях мінерального обміну.

Хвороба Аддісона розвивається тоді, коли надниркові залози не виробляють глюкокортикоїди та мінералокортикоїди. У разі цієї хвороби спостерігають слабкість, розлади травлення, порушення обміну речовин, дистрофічні зміни у міокарді. Свою другу назву – *бронзова хвороба* – вона дістала тому, що шкіра та слизові оболонки людини з хворобою набувають специфічного бронзового забарвлення.

Клітини мозкової речовини виробляють нейрогормони адреналін і норадреналін. **Адреналін** посилює серцебиття, звужує просвіт кровоносних судин, унаслідок чого зростає артеріальний тиск, підвищує інтенсивність обміну речовин. Він стимулює діяльність центральної нервової системи, підвищує психічну активність, має протиалергічну дію. Виділення адреналіну посилюється у стресових ситуаціях (небезпека, травми, шоківий стан тощо): цей нейрогормон наче готує організм до опору несприятливим впливам.



Мал. 15.7. Будова надниркової залози. А. Розташування надниркової залози. Б. Зріз крізь надниркову залозу

Норадреналін, як й адреналін, регулює артеріальний тиск, сприяє звуженню просвіту кровоносних судин, впливає на скорочення серця та інтенсивність обміну речовин (але не так сильно, як адреналін). Як й у випадку з адреналіном, рівень норадреналіну в крові зростає у стресових ситуаціях, при травмах, крововтратах, але провідна роль при цьому все ж таки належить адреналіну. Дія норадреналіну сприяє активізації діяльності центральної нервової системи, посиленню рухової активності, знижує больову чутливість.



Адреналін або препарати, до складу яких він входить, використовують у медичній практиці. Його застосовують у разі порушень кровообігу, при алергічних захворюваннях, бронхіальній астмі, деяких отруєннях. Адреналін вводять при зупинці серця, використовують як місцевий знеболювальний препарат. У медицині застосовують і препарати норадреналіну, зокрема як знеболювальні засоби та засоби для підвищення артеріального тиску.

Яку функцію виконує виличкова залоза (тимус). Виличкова залоза, або **тимус**, розташована за грудиною, тому її ще називають *загрудиною* (мал. 15.1). Найбільшу масу тимус має від раннього дитячого віку та до періоду статевого дозрівання. У віці, старшому за 16 років, маса залози поступово зменшується, її тканини перероджуються. Гормон тимуса – **тимозин** – впливає на ріст організму до статевої зрілості й відкладання в кістках солей Кальцію. Крім того, тимус бере участь у забезпеченні імунітету.

Крім багатоклітинних ендокринних залоз в організмі людини є сотні ендокринних клітин, які продукують і виділяють у кров гормони. Наприклад, ендокринні клітини шлунково-кишкового тракту виробляють понад 30 гормонів.

✓ **Дізнайтеся більше** про профілактику ендокринних захворювань за QR-кодом.



Узагальнення

До складу ендокринної системи входять залози внутрішньої (щитоподібна, прищитоподібні, виличкова, надниркові залози, гіпофіз та епіфіз) та змішаної (підшлункова та статеві) секреції. Також у різних органах організму є ендокринні клітини, не зібрані у багатоклітинні залози, що також виробляють гормони. Недостатня робота певної ендокринної залози спричиняє її гіпофункцію, а надлишкова – гіперфункцію. Як гіпофункція, так і гіперфункція ендокринної залози є причиною ендокринних захворювань.



Поміркуйте

1. Чому гіпофіз називають «диригентом» у роботі всіх ендокринних залоз?
2. Яке біологічне значення того, що одні ендокринні залози здатні впливати на діяльність інших?
3. Чи можуть гормони, які виробляють різні ендокринні залози, подібно або протилежно впливати на одні й ті самі органи?

§ 16. Залози змішаної секреції. Взаємодія регуляторних систем організму



Чому під час стресу діяльність усіх регуляторних систем зазнає змін?

Які залози змішаної секреції є в організмі людини. До залоз змішаної секреції належать підшлункова залоза і статеві залози (див. мал. 15.1).

Підшлункова залоза виробляє травний сік (як залоза зовнішньої секреції) та гормони (як залоза внутрішньої секреції). Гормони – інсулін і глюкагон – виробляють особливі клітини, розташовані в підшлунковій залозі у вигляді острівців (острівці Лангерганса). **Інсулін** регулює білковий, жировий і, найголовніше, вуглеводний обмін в організмі. Цей гормон стимулює споживання клітинами глюкози з крові та синтез глікогену в клітинах печінки і м'язів.

Нестача інсуліну призводить до *цукрового діабету*, для якого характерне підвищення рівня глюкози в крові й тканинах організму. Настає отруєння організму продуктами неповного розкладання вуглеводів.

Глюкагон діє протилежно інсуліну. Він стимулює розщеплення глікогену в клітинах і збільшення концентрації глюкози в крові. Отже, якщо в крові людини зростає рівень глюкози, то виділення інсуліну збільшується, а глюкагону – зменшується. І навпаки, коли в крові знижується рівень глюкози, тоді різко зменшується виділення інсуліну, а збільшується виділення глюкагону. Отже, інсулін і глюкагон спільно підтримують сталість умісту глюкози в крові, що є однією з умов підтримання гомеостазу.



Цукровий діабет – небезпечне захворювання, яке розвивається поступово. Первинними ознаками цукрового діабету є сухість слизових оболонок (ротової та носової порожнин тощо), постійне бажання їсти або, навпаки, його відсутність; постійна спрага, надмірне сечовиділення, особливо вночі, у сечі зростає вміст цукру.

Щоб захистити себе від розвитку цього захворювання, потрібно уникати стресових ситуацій, раціонально харчуватися, зменшувати вживання вуглеводів (насамперед кондитерських виробів, солодких напоїв), регулярно займатися посильними фізичними вправами, вести рухливий спосіб життя тощо.

У **статевих залозах**, чоловічих (сім'яниках) і жіночих (яєчниках), крім розвитку статевих клітин (зовнішня секреція), виробляються і гормони (внутрішня секреція), що впливають на розвиток і функцію статевої системи людини.

У **сім'яниках** секретуються чоловічі статеві гормони – **андрогени**. Найактивнішим серед них є **тестостерон**, який стимулює ріст, розвиток і функціонування нормального чоловічого організму. Зокрема, під його впливом формуються вторинні статеві ознаки, притаманні чоловікам. У **яєчниках** синтезуються і виділяються в кров жіночі статеві гормони – **естрогени**. Вони стимулюють розвиток жіночих статевих органів, вторинних статевих ознак, регулюють жіночий статевий цикл.



Гормональні препарати компенсують дефіцит гормонів щитоподібної залози, надниркових, статевих залоз. Але самовільне вживання гормональних препа-

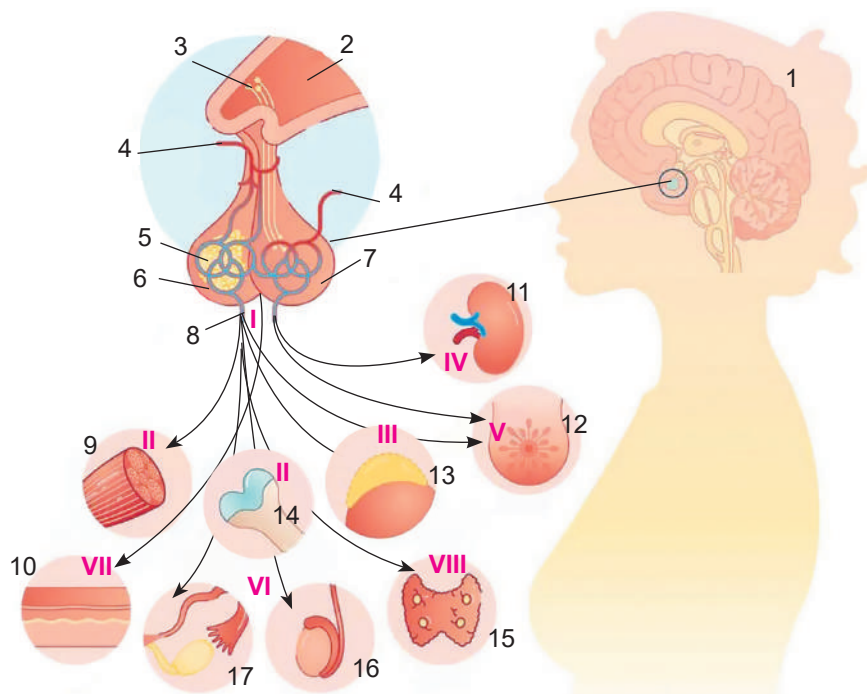
ратів може порушити процеси обміну речовин та нашкодити здоров'ю. Гормональні препарати треба застосовувати лише під контролем лікаря-ендокринолога¹.



Систематизуйте свої знання про ендокринні залози за допомогою таблиці за QR-кодом. Пригадайте дію кожного гормону, які вони виробляють.



Як регулюється діяльність ендокринної системи. Майже всі ендокринні залози багаті на нервові волокна: їхня діяльність контролюється нервовими імпульсами, що надходять від відповідних нервових центрів. Координаційним центром діяльності ендокринних залоз є гіпоталамус (структура проміжного мозку) (мал. 16.1, 2). Він отримує сигнали від інших частин центральної нервової системи та аналізує їх. У відповідь на них гіпоталамус виділяє у кровотік регуляторні нейро-



Мал. 16.1. Функціонування гіпоталамо-гіпофізарної системи: 1 – головний мозок; 2 – гіпоталамус; 3 – нейросекреторні нейрони гіпоталамуса; 4 – кровonosні судини; 5 – секреторні клітини гіпофіза; 6 – передня частина гіпофіза; 7 – задня частина гіпофіза; 8 – вена; 9 – м'язи; 10 – шкіра; 11 – нирка; 12 – грудна залоза, яка секретує молоко для вигодовування немовлят; 13 – надниркова залоза; 14 – кістка; 15 – щитоподібна залоза; 16 – сім'яник (яєчко); 17 – яєчник. Тропні гормони (I): II – гормон росту; III – адренокортикотропний гормон; IV – антидіуретичний гормон; V – окситоцин, пролактин; VI – гонадотропні гормони; VII – меланотропін (секретується середньою частиною гіпофіза); VIII – тиреотропний гормон

¹ *Ендокринологія* – наука про будову та функції ендокринних залоз, гормони, які вони виробляють, їхню дію на організм, а також про захворювання, пов'язані з порушенням функцій цих залоз. Фахівці-ендокринологи діагностують та лікують захворювання, пов'язані з ендокринною системою.

гормони. Кровоносними судинами вони потрапляють у передню частку гіпофіза, розташованого безпосередньо під гіпоталамусом (мал. 16, 1). Під впливом цих речовин гіпофіз синтезує тропні гормони, які стимулюють діяльність усіх інших ендокринних залоз.

Зі свого боку, гормони, які секретують ендокринні залози, впливають на стан та активність нервової системи (*пригадаємо*, наприклад, дію гормонів щитоподібної залози). Отже, завдяки гіпоталамо-гіпофізарній системі робота ендокринної системи може швидко перебудовуватись у відповідь на зміни зовнішнього та внутрішнього середовища, які сприймають різні рецептори.

Яке значення гіпоталамо-гіпофізарної системи для нормального функціонування організму людини. *Пригадаємо*: гіпоталамус, синтезує нейрогормони, що згодом надходять у задню частку гіпофіза (вазопресин (антидіуретичний гормон), окситоцин) (мал. 16.1). Крім того, гіпоталамус секретує біологічно активні сполуки, які або посилюють, або, навпаки, пригнічують секреторну функцію гіпофіза. Гіпофіз, зі свого боку, виробляє й виділяє в кров тропні гормони, які контролюють діяльність інших ендокринних залоз. Діяльність гіпофіза можна порівняти з функціями диригента, який керує «оркестром» – роботою інших ендокринних залоз.

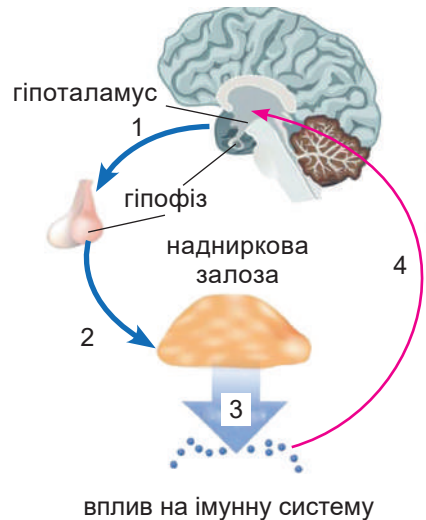


Знайдіть на мал. 16.1 тропні гормони, які секретує гіпофіз, та ендокринні залози, діяльність яких вони регулюють.

Гіпоталамо-гіпофізарна система відіграє важливу роль у стресових ситуаціях (мал. 16.2).

Що таке стрес. Кожна людина може опинитись у стресовому стані, коли нервова та ендокринна системи повинні так впливати на діяльність організму, щоб дати змогу пристосуватись до нових, незвичних обставин, підтримуючи гомеостаз.

Стрес – це стан організму, що виникає у відповідь на дію несприятливих зовнішніх або внутрішніх чинників (*стресорів*). Стресори можуть бути будь-якої природи: спека чи холод, отрута, збудники інфекційних захворювань, втрата крові, сильне емоційне потрясіння тощо. З фізіологічної точки зору стрес є нейрогуморальною реакцією, спрямованою на адаптацію організму до незвичних для нього умов. У стресових ситуаціях виникає потреба мобілізації всіх сил організму, інтен-



Мал. 16.2. Діяльність гіпоталамо-гіпофізарної системи під час стресової ситуації: 1 – кортикотропін-рилізінг-гормон¹; 2 – адренокортикотропний гормон; 3 – кортизол; 4 – гіпоталамус відповідає на рівень кортизолу в крові

¹ Рилізінг-гормони – нейрогормони гіпоталамуса, які стимулюють синтез і виділення у кров тропних гормонів передньою часткою гіпофіза.

сивної роботи різних систем органів. Це потребує значних витрат енергії.

Появу стресового стану реєструє гіпоталамус. Його рецептори реагують на зміни хімічного складу, температури та тиску крові. У разі стресу він запускає низку реакцій, які й спричиняють **синдром¹ загальної адаптації** – сукупність адаптивних реакцій, зумовлених впливом стресорів і спрямованих на забезпечення гомеостазу.

У синдромі загальної адаптації можна виділити три стадії. Розглянемо їх на прикладі стресу, пов'язаного з реакцією тривоги:

- спочатку починається збудження кори півкуль кінцевого мозку;
- звідти нервові імпульси прямують до гіпоталамуса;
- унаслідок стимуляції гіпоталамусом симпатичних нервів здійснюється реакція тривоги.

Тропні гормони, які виробляє гіпофіз (наприклад, адренокортикотропний), стимулюють функцію надниркових залоз і виділення ними гормону адреналіну. Адреналін, зі свого боку, впливає на діяльність нервової та імунної систем, що додатково мобілізує ресурси організму для подолання стресової ситуації. Наприклад, частина глікогену перетворюється на глюкозу, розщеплення якої забезпечує організм енергією. При цьому велика кількість глюкози та кисню з кров'ю потрапляє до структур, що відіграють провідну роль у подоланні стресової ситуації:

- головного мозку, який повинен здійснювати чітке керування організмом;
- скелетних м'язів, за допомогою яких організм активно протистоїть небезпеці чи тікає;
- серця, яке має інтенсивно працювати, щоб постачати достатньо поживних речовин та кисню до інших органів;
- бронхів, які розширюються, внаслідок чого посилюється легенева вентиляція.

До боротьби або втечі організм людини готує симпатичний відділ вегетативної (автономної) нервової системи. При цьому активно працює й головний мозок.

Якщо організм не справляється зі стресом, настає стадія виснаження, яка може призвести до важкого захворювання.



Важливе значення для того, які наслідки спричиняє стрес, має поведінка людини у стресовій ситуації. Якщо людина шукає засоби активного протистояння або уникнення подальшого розвитку стресової ситуації, стійкість організму зростає. Якщо ж людина відмовляється від активної протидії стресовій ситуації, через певний час настає стадія виснаження.

Отже, під час стресу організм людини мобілізує свої захисні сили, що сприяє пристосуванню до умов життя, які змінюються. Без деякого рівня стресу неможлива будь-яка активна діяльність людини.

✓ **Дізнайтеся більше** про вплив на регуляторні системи організму наркотичних речовин, алкоголю та тютюнокуріння за QR-кодом.



¹ Симптом (від грец. *симптома* – випадок, ознака) – окрема ознака хвороби; синдром (від грец. *синдроме* – скупчення) – сукупність симптомів.

Узагальнення

Залози змішаної секреції в організмі виконують подвійну функцію, зокрема вони синтезують певні гормони. До регуляторних систем відносять нервову, ендокринну та імунну системи. Усі ці системи одночасно впливають на певні життєві функції, а діяльність одних регуляторних систем впливає на функціонування інших. Тісну взаємодію ендокринної та нервової регуляції забезпечує гіпоталамо-гіпофізарна система. Взаємодія нервової та гуморальної регуляції чітко простежується у разі стресових ситуацій. Стрес – це реакція організму на дію стрес-факторів.

Поміркуйте

1. Яка з регуляцій функцій організму виникла першою у тварин і чому?
2. Із чим може бути пов'язана різна кількість гормонів, які секретуються протягом доби?
3. Наведіть приклади взаємодії нервової та гуморальної регуляції в організмі людини.

Підб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Лікар-невролог досліджує стан нервової системи людини, перевіряючи колінний та інші рефлекс. Який науковий метод він застосовує?

- А статистичний
- Б моніторинг
- В експеримент
- Г моделювання

2. Учні та учениці працювали над науково-дослідницьким проектом «Дослідження тривалості розумової працездатності школяра».

Учень висловив гіпотезу, що тривалість розумової працездатності школяра залежатиме від чергування розумової діяльності та фізичних навантажень.

Учениця зауважила, що на тривалість розумової діяльності впливатиме також харчовий раціон.

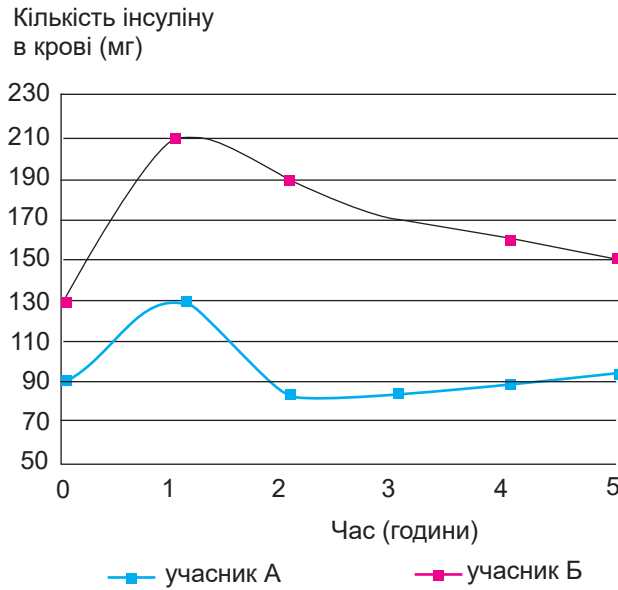
Укажіть, хто з них правий.

- А правий учень
- Б права учениця
- В обидва праві
- Г обидва помиляються

II. Опрацьовую та використовую інформацію

1. Прочитайте текст і розгляньте графік. Проаналізуйте твердження, наведені у таблиці, позначивши «Так» чи «Ні».

Двом учасникам експерименту дали по 15 грамів чистої глюкози або цукру. Учасники не їли чотири години до експерименту. Один учасник був здоровий, а інший мав гормональне захворювання. На рисунку наведено графік рівня інсуліну в крові учасників під час експерименту.



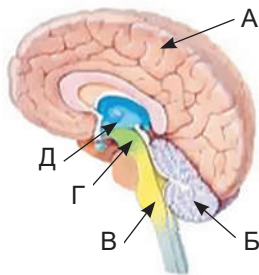
Найвищий рівень інсуліну в обох учасників графік показує через 1 годину після прийому цукру	Так	Ні
Порушення виділення інсуліну спостерігаємо в учасника експерименту Б	Так	Ні
Рівень інсуліну через 4 години в учасника експерименту А став 90 мг	Так	Ні
Рівень інсуліну в учасника експерименту, позначеного літерою Б, через 4 години після прийому цукру піднявся	Так	Ні

2. Укажіть допущені помилки в підписах на малюнку «Будова спинного мозку».



- А задній корінець та сіра речовина
Б центральний канал і біла речовина
В біла речовина та сіра речовина
Г задній корінець і передній корінець

III. Усвідомлюю закономірності природи



1. Установіть відповідність між функціями відділів головного мозку (1–4) та відділами (А–Д), зображеними на малюнку.

- 1 координація рухів, підтримання рівноваги та м'язового тону
2 містить центри больової чутливості та обміну речовин
3 містить центри регуляції кровообігу, дихання та серцевої діяльності
4 відіграє основну роль у процесах мислення, навчання, поведінки

2. Заповніть пропущені комірки для характеристики органів ендокринної системи.

залоза (залози)	щитоподібна			надниркові залози
гормон (гормони)		соматотропін	інсулін, глюкагон	
гіпер- або гіпофункція	мікседема; базедова хвороба, кретинізм	карликовість, гігантизм, акромегалія		Аддісонова (бронзова) хвороба

Компетентнісно орієнтоване завдання

Богдан і Софія розглядали панель керування «розумним будинком» (далі – РБ, див. схему за QR-кодом).



Богдан сказав, що йому ця панель, на яку виводяться дані про температуру приміщень, керування опаленням і відкриттям вікон, вмикання / вимикання різних приладів, нагадує нещодавно вивчену нейрогуморальну регуляцію в організмі людини. Ця подібність видалялася учням настільки захопливою, що вони ввечері довго листувалися в чаті, обговорюючи її. Ось частина діалогу:



Б:	Пульт РБ відображає інформацію від усіх датчиків, і в гіпоталамусі інтегрується нервова і гуморальна регуляція всіма процесами в організмі	1
С:	І якщо показники перевищують норму, вмикається відповідна реакція	2
Б:	У РБ є можливість вмикати прилади як для обігріву, так і для охолодження	3
С:	У будинку провітрювання, як і дихання в організмі, дає змогу охолоджувати приміщення чи тіло	4
Б:	РБ може й сам регулювати температуру, і давати людині вмикати прилади свідомо з пульта, а в організмі ми свідомо не можемо змінити температуру чи цукор у крові	5
С:	Також РБ може повідомляти хазяям на мобільний телефон про небезпеки, а гіпоталамус – не може	6
Б:	У РБ усе керування електричне, а в організмі людини керування частково електричне, а частково – ні	7
С:	Опалення здійснюється гарячою водою, яка є рідиною, тобто <i>гумором</i>	8
Б:	Але ж ця вода не переносить гормони, вона радше як кров, яка припливає до шкіри, коли надто спекотно!	9

С:	Датчики температури в РБ й у людини мають бути як усередині, так і ззовні	10
Б:	У РБ багато датчиків зовнішньої безпеки (цілісність скла, розпізнавання на вході), в людини таких систем немає	11
С:	РБ також має системи регуляції освітлення (керування жалюзі, лампочками тощо), в людині такого немає	12
Б:	Як і датчиків руху, які автоматично реагують на рух у приміщеннях увімкненням світла	13
С:	Крім того, парасимпатична система перелаштовує процеси в організмі на боротьбу, а в РБ така функція не передбачена.	14
Б:	Датчик диму РБ схожий на датчик вуглекислого газу в крові, але реакція буде іншою: не посилення провітрювання / дихання, а сигнал про небезпеку	15

1. Позначте всі правильні твердження за їх номерами.

А (3) Б (4) В (5) Г (6) Д (7) Є (9)

2. Прочитайте твердження Богдана (1). Знайдіть і зазначте, де в наведеному складному реченні, що складається з двох простих, є помилка (якщо є).

А у першому простому реченні

Б у другому простому реченні

В у зв'язку між реченнями

Г помилок немає, все правильно

3. Проаналізуйте твердження Богдана (11). Знайдіть і зазначте, де в його міркуваннях є помилка (якщо є).

А Богдан правий: такі системи потрібні РБ, бо він часто залишається без нагляду людини

Б Богдан правий: у людини немає органів чуття, які могли б реагувати на розбите скло або бездротовий майстер-ключ

В Богдан не правий: в організмі людини є й системи розпізнавання «свій – чужий», і контроль за цілісністю покривів

Г Богдан не правий: гуморальна система регуляції дозволяє убезпечити організм від порушення гомеостазу

4. Позначте всі правильні твердження за їх номерами:

А (12) Б (13) В (14) Г (15)

5. Запропонуйте свої ознаки подібності / відмінності систем регуляції розумного будинку й організму людини.

Тема 3.

Опорно-руховий апарат



Чому хребет людини є віссю організму? Чому кістка людини може витримати великі навантаження? Чому Гюстав Ейфель перед будівництвом своєї найвідомішої споруди вивчав будову кістки?

Практико-орієнтований проєкт:

«Постава людини – вроджена чи набута? Як зберегти поставу?» (розроблення рекомендацій);
«Визначення пропорцій власного тіла за Леонардо да Вінчі (правила золотого перерізу)»;
«Розроблення індивідуального плану тренувань».

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Переваги та недоліки у будові скелета людини у зв'язку з прямоходінням»; «Порівняння будови скелета людини зі скелетом інших ссавців»; «Формування скелета людини та його зміни від народження до смерті»; «Рухова активність – запорука здорового життя».

Науково-дослідницький проєкт:

«Дослідження залежності ефективності тренувань м'язів від ритму та навантаження на прикладі обраної групи школярів / школярок»;
«Дослідження впливу ритму та навантажень на розвиток втоми м'язів в учнів / учениць класу».

Ігровий проєкт:

рольова гра «М'яз – функція».

Творчий проєкт:

написання есе (твору, розповіді) «Втома м'язів: корисна чи шкідлива?»; створення лепбука: «Відділи скелета людини»; створення колажу: «Скелетні м'язи людини».

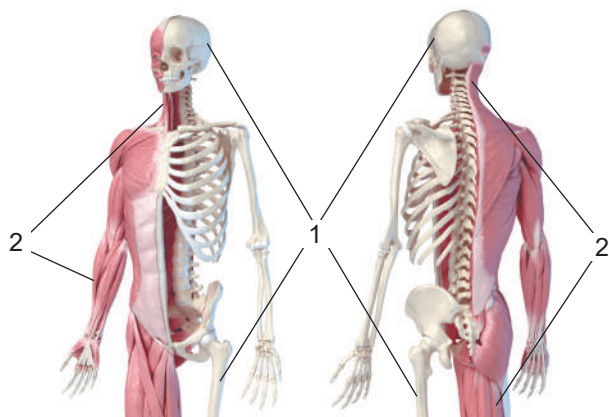
§ 17. Будова та функції опорно-рухового апарату



Які переваги та недоліки ендоскелета (внутрішнього скелета) у тварин?

З яких частин складається опорно-руховий апарат людини. Опорно-руховий апарат людини складається з пасивної та активної частин. Його пасивна частина – це **внутрішній скелет**, активна – **скелетна мускулатура** (мал. 17.1). Вони функціонують як єдина цілісна система. Уже в назві – **опорно-руховий апарат** – визначено дві його основні функції: *створення опори* для різних органів і систем органів та *забезпечення рухів*. Система сполучених між собою кісток і м'язів *підтримує тіло людини у вертикальному положенні, забезпечує певне розташування внутрішніх органів*. М'язи завдяки своїм скороченням і розслабленням забезпечують рухи різних частин скелета. Кістки виконують роль важелів, які приводять у рух прикріплені до них м'язи. Відповідно рухаються різні частини нашого тіла, воно пересувається в просторі (ходіння, біг, стрибки, плавання).

Опорно-руховий апарат *визначає форму і розміри нашого тіла*. Ще одна його функція – *захисна*. Скелет загалом та окремі його частини захищають внутрішні органи від механічних ушкоджень. Наприклад,



Мал. 17.1. Опорно-руховий апарат людини:
1 – пасивна частина (скелет);
2 – активна частина (скелетна мускулатура)

кістки черепа захищають головний мозок, дуги хребців – спинний мозок, кістки грудної клітки – легені та серце. М'язи черевного преса захищають органи черевної порожнини (шлунок, кишку, печінку тощо) від струсів, ударів тощо. Важлива роль кісток скелета у процесах кровотворення.

Опорно-руховий апарат бере участь в обміні речовин. У кістках відкладаються неорганічні солі. Вони можуть вивільнятися і з плином крові потрапляти до тих органів, де в них є потреба. У скелетних м'язах відбувається обмін вуглеводів. Зокрема у м'язах відкладається глікоген, за потреби він розщеплюється до глюкози, яка є основним джерелом енергії в організмі.

З яких тканин складається скелет людини. Скелет – це сукупність з'єднаних між собою кісток і хрящів. Відповідно основу скелета людини становлять кісткова та хрящова тканини (див. мал. 5.4). Основа кісткової тканини – **остеоцити** – дозрілі клітини, що втратили здатність до розмноження. Остеоцити беруть участь у формуванні основи (матриксу) кісткової тканини, підтриманні складу його мінеральних сполук.

✓ **Дізнайтеся більше** про клітини кісткової тканини за QR-кодом.



Структурним елементом будови кісток є кісткові пластинки, основу яких становить міжклітинна речовина. Залежно від характеру розміщення кісткових пластинок у кістках розрізняють компактну та губчасту речовину. У **компактній речовині** кісткові пластинки розташовані щільно й упорядковано. Між кістковими пластинками розміщені остеоцити (мал. 17.2, 3).

Якщо подивитись на поперечний зріз крізь компактну речовину кістки через лупу, то можна побачити, що кісткові пластинки мають циліндричну форму, вони наче вставлені одна в одну, їх налічують від 5 до 20. Такі утвори називають **остеоонами** (мал. 17.2, 2), вони забезпечують міцність скелетної тканини.

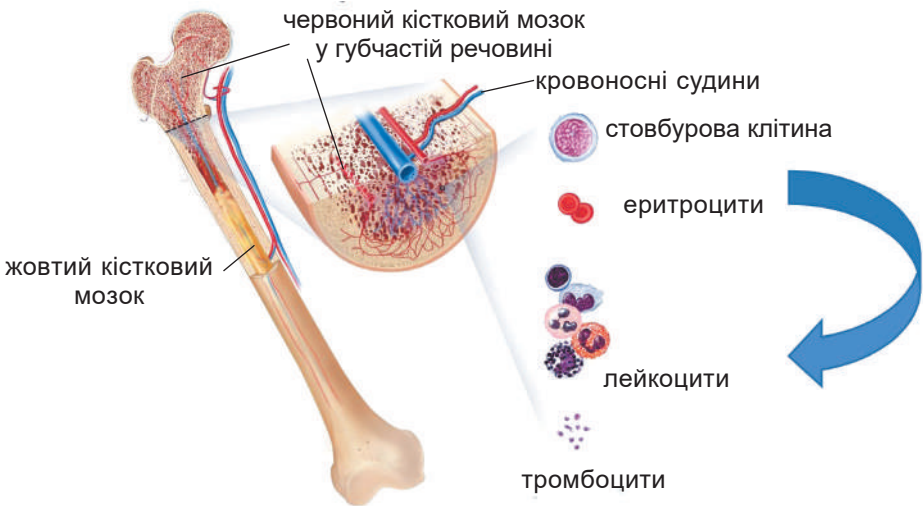
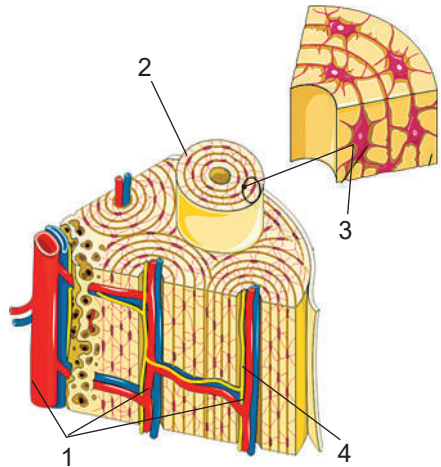
У центрі кожного остеоона є канал, де проходять кровоносні судини (мал. 17.2, 1). Між сусідніми остеоонами розташовані вставні кісткові пластинки.

Мал. 17.2. Будова кісткової тканини:
1 – кровоносні судини; 2 – остеон;
3 – остеоцит; 4 – нерв



Яке значення для функціонування кістки має те, що компактна речовина складається з остеонів?

У *губчастій речовині* кісткові пластинки розташовані не щільно і менш упорядковано. Тому губчаста речовина має комірчасту будову й нагадує сітку (мал. 17.3). Порожнини між кістковими пластинками заповнені *червоним кістковим мозком* – різновидом сполучної тканини. У дорослої людини червоний кістковий мозок – головний орган кровотворення. Він має вигляд пухкої маси червоного кольору, яка містить стовбурові клітини. Ці клітини діляться, частина їхніх нащадків диференціюються і дають початок усім типам клітин крові: еритроцитам, лімфоцитам та тромбоцитам.

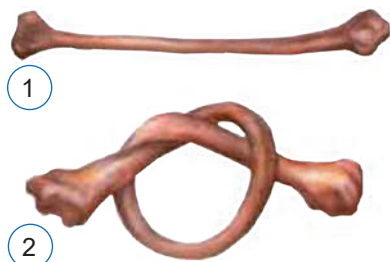


Мал. 17.3. Розташування червоного та жовтого кісткового мозку в довгих кістках

Цікаво знати. У новонароджених червоний кістковий мозок заповнює всі порожнини у кістковій тканині. Але вже у віці 4–5 років значна його частина перероджується й перетворюється на жовтий кістковий мозок – жирову тканину, що втрачає функцію кровотворення. Червоний кістковий мозок зберігається лише у головках довгих і губчастій речовині плоских кісток (про будову яких ви дізнаєтесь згодом)

Поєднання в кістках компактної та губчастої речовини надає їм великої міцності під час стискання й розтягання. Це пояснюється тим, що кісткові пластинки як у компактній, так і в губчастій речовині, розташовані в напрямку сил розтягання або стискання.

Який хімічний склад кісток. До складу кісток входять як неорганічні, так і органічні речовини. Органічні речовини, передусім білки (наприклад, колаген), надають кісткам гнучкості та пружності. Переконатись у цьому можна, провівши нескладний дослід. Якщо на

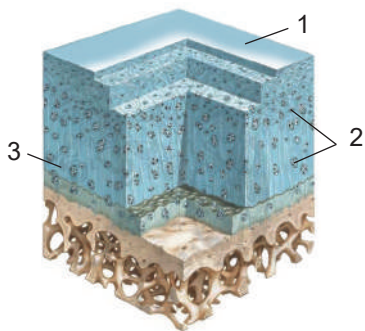


Мал. 17.4. Звичайна кістка (1) та кістка з видаленими неорганічними речовинами (2)

20–24 години покласти кістку в 10 %-й розчин хлоридної кислоти, то її неорганічні речовини поступово розчиняться, залишаться лише органічні. Оброблена в такий спосіб кістка стає такою гнучкою, що її можна зав'язати у вузол (мал. 17.4). Неорганічні сполуки (переважно карбонати та ортофосфати кальцію) надають їй твердості. Якщо тривалий час нагрівати кістку на вогні, органічні речовини згоряють, а вода випаровується. Тому навіть за незначних струсів така кістка розсипається на дрібні частки.

З віком співвідношення органічних і неорганічних речовин у кістках змінюється. У дітей у складі кісток переважають органічні речовини. Їхні кістки гнучкі й пружні, але за надмірних навантажень або недотримання гігієнічних вимог (наприклад, у разі неправильної постави тіла під час сидіння за партою) вони можуть викривитись. Проте у дітей переломи кісток трапляються рідше, ніж у літніх людей. З віком уміст неорганічних речовин у кістках зростає. Тому кістки дорослих людей стають міцнішими, але більш крихкими, частіше ламаються, а зламані кістки гірше зростаються.

Цікаво знати. Кістки людини здатні витримувати навантаження на одиницю поверхні у 2,5 рази більші, ніж граніт, і майже у 30 разів більші, ніж цегла. Так, стегнова кістка людини у вертикальному положенні може витримати навантаження у 1,5 т. Уявіть: за своєю твердістю та пружністю кістки не поступаються бетону.



Мал. 17.5. Будова хряща:
1 – охрястя; 2 – хондроцити;
3 – хрящова тканина

Із чого складається хрящова тканина.

Хрящова тканина складається з клітин і міжклітинної речовини, в якій, на відміну від кісткової, переважають не мінеральні, а органічні речовини (мал. 17.5). Органічні речовини, насамперед білки (як-от колаген), визначають міцність і пружність хрящової тканини.

Дозрілі хрящові клітини – **хондроцити** – мають кулясту або овальну форму, часто з відростками, здатні до поділу. Хрящова тканина не містить кровоносних судин, поживні речовини надходять шляхом дифузії з охрястя.

Охрястя – оболонка, яка оточує хрящ.

У його клітинах синтезується білок колаген. Колагенові волокна утворюють зовнішній шар охрястя, де проходять кровоносні судини і нерви. За рахунок охрястя можлива регенерація хрящової тканини.

Узагальнення

Опорно-руховий апарат включає кістки, що забезпечують опору, та м'язи, що забезпечують рух. Разом вони підтримують тіло людини у вертикальному положенні, підтримують внутрішні органи, беруть участь в обміні речовин, а червоний кістковий мозок, розташований у кістках, також забезпечує процеси кровотворення. Скелет формує сукупність з'єднаних між собою кісток і хрящів. Кістки складаються з кісткової тканини, серед клітин якої переважають остецити, а хрящі складаються з клітин хондроцитів. До складу кісток входять як неорганічні, так і органічні речовини. Неорганічні речовини забезпечують міцність, органічні – пружність і гнучкість. У складі хрящової тканини переважають органічні сполуки.

Поміркуйте

1. Яке значення мають відростки остеоцитів під час формування кісткової тканини?
2. У чому полягає роль хрящової, а в чому – кісткової тканини у складі скелета?
3. Чому з віком людини змінюється хімічний склад кісток?
4. Чому кістки не здатні рости у довжину протягом усього життя людини?

§ 18. Типи кісток. З'єднання кісток

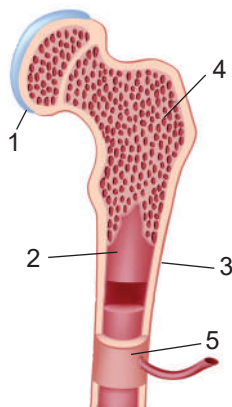


Чому не всі кістки з'єднуються між собою рухомо?

На які групи поділяють кістки скелета людини залежно від їхньої форми та функцій. Скелет людини складається з понад 200 різних кісток. За формою, розміром та функціями їх поділяють на трубчасті (довгі і короткі), губчасті (довгі та короткі), плоскі та змішані.

Трубчасті довгі кістки становлять основу кінцівок і виконують функцію важелів, які рухають м'язи. У них розрізняють видовжену середню частину – **тіло** – та два розширені кінці – **головки**. У трубчастих довгих кісток довжина значно переважає товщину, звідки й походить їхня назва. Це, наприклад, кістки кінцівок: плеча, передпліччя, стегна, гомілки.

Головки трубчастих кісток (стегнової, плечової тощо) містять компакту речовину, під якою розташована губчаста (знайдіть їх на мал. 18.1). Тіло трубчастих кісток має порожнину, заповнену жовтим кістковим мозком – багатою на жир пухкою сполучною тканиною. За певних умов цей жир використовується для енергетичних потреб. Трубчаста будова довгих кісток забезпечує їхню міцність і легкість. У тілі трубчастих кісток переважає компактна речовина. Між головками та тілом довгих трубчастих кісток є хрящові пластинки. Їхні клітини у дітей і молодих людей (приблизно до 20 років) здатні до поділу, завдяки чому кістки ростуть у довжину. Згодом у клітинах хрящових пластинок відкладаються мінеральні солі й вони втрачають здатність до поділу. Так кісткова тканина поступово заміщує хрящову. Під впливом навантажень кісткова тканина здатна перебудовуватися. Що більше та триваліше навантаження на кістки, то активніше оновлюється в них кісткова тканина і вона міцнішає.

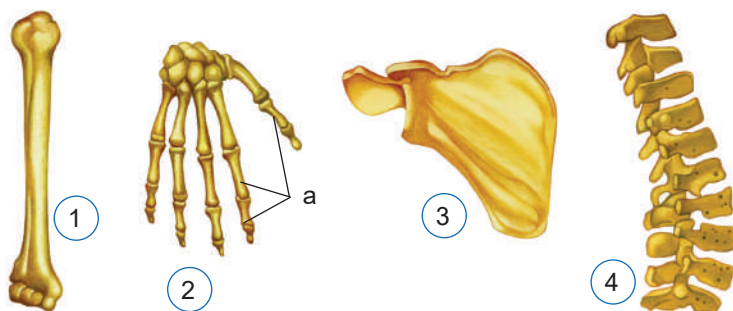


Мал. 18.1. Будова трубчастої кістки: 1 – головка; 2 – жовтий кістковий мозок; 3 – окістя; 4 – червоний кістковий мозок; 5 – тіло

Трубчасті короткі кістки розміщуються в тих частинах скелета, де вони повинні одночасно зберігати високу рухливість і витримувати велике навантаження. Це, наприклад, фаланги пальців, кістки плесна, п'ястка, які входять до складу скелета верхніх і нижніх кінцівок (мал. 18.2, 2).

Зовні кістка, за винятком суглобових поверхонь, укрита оболонкою – **окістям** (мал. 18.1, 3). Це тонкий, але дуже щільний шар волокнистої сполучної тканини, який зрісся з кістковою тканиною.

Окістя містить багато кровоносних і лімфатичних судин, нервових закінчень. Тому ушкодження окістя може бути досить болючим. Клітини внутрішнього шару окістя здатні ділитися й утворювати нові клітини кісткової тканини. Завдяки цьому кістка поступово потовщується. У разі переломів кісток клітини окістя починають активно ділитися і забезпечують їхнє зростання. Отже, окістя забезпечує живлення кісток, їхнє потовщення, а також зростання після переломів. Гладенькі суглобові поверхні кісток, вільні від окістя, вкриває суглобовий хрящ (його називають *гіаліновим*).



Мал. 18.2. Різні види кісток: 1 – довга трубчаста кістка; 2 – короткі трубчасті кістки (а – фаланги пальців); 3 – плоска кістка; 4 – змішані кістки (хребці)

Губчасті кістки складаються переважно з губчастої кісткової тканини, вкритої тонким шаром компактної речовини. Серед них розрізняють *довгі* (ребра, грудина) та *короткі* (кістки зап'ястка та передплесна). Системи губчастих кісток пружинять і зменшують навантаження на скелет під час рухів (ходьба, піднімання вантажу).

Плоскі кістки, так само як і губчасті, побудовані переважно з губчастої речовини, вкритої тонким шаром компактної. Це, наприклад, тазові кістки, лопатки (мал. 18.2, 3), лобова кістка, тім'яні кістки.

Змішані кістки складаються із частин, які мають різну форму, будову і походження. До них належать хребці (мал. 18.2, 4), в яких поєднуються елементи коротких трубчастих (тіло) та плоских (відрос-

тки) кісток, верхньощелепні кістки тощо.

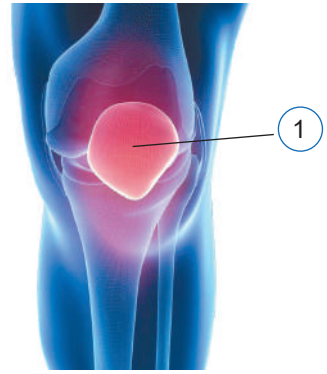
Сесамоподібні кістки відрізняються від інших груп кісток тим, що вони містяться у товщі сухожиль і зазвичай розташовані на поверхні інших кісток. Такі кістки присутні в ділянках кисті (наприклад, горохоподібна кістка), стопи, колінного суглоба (надколінник (надколінок)); мал. 18.3, 1). Основна функція надколінника – захист від бічних зміщень суглобових поверхонь кісток, що входять до складу колінного суглоба: стегнової та великогомілкової.

В окрему групу об'єднують **повітроносні кістки**: лобову, верхньощелепну, клиноподібну, решітчасту (ґратчасту). У них є порожнини, вистелені слизовою оболонкою та заповнені повітрям.

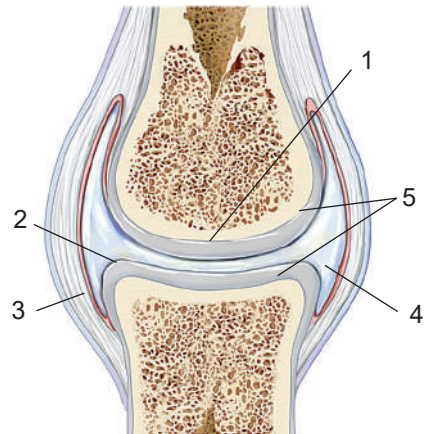
Як ростуть кістки. У новонародженої дитини скелет складається переважно з хрящів. Окостеніння хрящів відбувається впродовж усього періоду розвитку організму і завершується у віці 20–24 років. Саме тоді припиняється ріст людини у висоту. У довжину кістки ростуть за рахунок поділу клітин хрящової тканини, розташованої між тілом кістки і головками. У товщину кістки ростуть завдяки поділу клітин внутрішнього шару окістя. У період розвитку організму ріст кісток регулюється гормоном росту (соматотропіном), який виробляє гіпофіз. Кісткова тканина оновлюється впродовж життя людини.

Як кістки з'єднані між собою. Виділяють такі основні типи з'єднання кісток: безперервне, переривчасте та напівпереривчасте. За **безперервного (нерухомого) з'єднання** цілини між кістками немає, тому такі кістки не можуть рухатись одна відносно одної. Безперервно з'єднані кістки відіграють захисну або опорну роль. Безперервне сполучення має кілька різновидів. Наприклад, більшість кісток черепа з'єднані звивистими *швами* так, що западина однієї кістки за формою та розмірами відповідає виступу іншої (як ключ і замок). Часто кістки зрощені між собою (кістки таза, крижові хребці та ін.).

За **переривчастого (рухомого) з'єднання** між кістками є порожнина у вигляді цілини. Таке з'єднання дає змогу кісткам переміщуватись одна відносно одної. Переривчасте з'єднання кісток забезпечує **суглоб** (мал. 18.4). За будовою розрізняють прості й складні суглоби. *Прості суглоби* з'єднують дві кістки (наприклад, плечовий), *складні* – три і більше (як-от променево-зап'ястковий). Основні складові суглоба – це суглобові поверхні з'єднуваних кісток, суглобова сумка, що охоплює



Мал. 18.3. Надколінник (надколінок) (1)



Мал. 18.4. Будова суглоба: 1 – суглобова головка; 2 – суглобова западина; 3 – суглобова сумка; 4 – суглобова порожнина; 5 – хрящ

суглобові кінці кісток, та заповнена рідиною суглобова порожнина. Суглоб зміцнюють зв'язки, розміщені зовні або всередині суглобової сумки.

Суглобові поверхні кісток вкриті гладеньким суглобовим (гіаліновим) хрящем, який зменшує тертя кісток між собою під час руху. Суглобова поверхня однієї з кісток, яка входить до складу суглоба, опукла – це *суглобова головка*. В іншій кістці суглобова поверхня увігнута і має назву *суглобової западини*. Така будова суглобових поверхонь забезпечує щільне прилягання кісток у складі суглоба одна до одної.

✓ **Дізнайтеся більше** про захворювання суглобів за QR-кодом.



Для *напівпереривчастого (напіврухомого) з'єднання* кісток, на відміну від переривчастого, характерно наявність невеликої щілиноподібної порожнини у тканині, що з'єднує кістки. Ця порожнина заповнена рідиною. Напіврухомо між собою сполучаються лобкові кістки тазового поясу нижньої кінцівки, хребці. Це з'єднання забезпечує певну рухомість кісток, але не таку значну, як суглоби.

Узагальнення

Кістки скелета поділяють за формою, розміром і функціями на трубчасті, губчасті, плоскі, змішані, сесамоподібні та повітроносні. Кістки ростуть у товщину за рахунок окістя, а в довжину – за рахунок хрящової тканини, розташованої між тілом і головками кістки. Кістки можуть з'єднуватися між собою безперервно, переривчасто та напівпереривчасто. До переривчастих з'єднань належать суглоби, що забезпечують рухи кісток одна відносно одної. Суглоби бувають прості (до їхнього складу входять дві кістки) та складні (утворені трьома і більше кістками).

Поміркуйте

1. Яка функція хрящів, що вкривають головки трубчастих кісток?
2. Яка роль неперервних з'єднань кісток скелета людини?
3. Чому рухливість суглобів з віком погіршується?

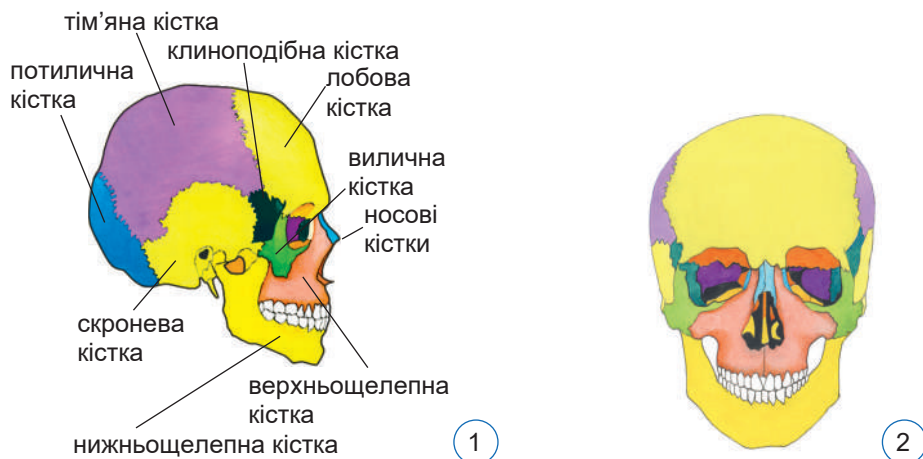
§ 19. Будова скелета та його функції



Яких змін зазнав скелет людини порівняно зі скелетом ссавців і з чим це пов'язано?

Скелет людини, так само як і скелет ссавців, поділяють на осьовий і скелет кінцівок (мал. 19.1). Зі свого боку, осьовий скелет включає скелет голови (череп), хребет і грудну клітку.

Які кістки входять до складу скелета голови. Скелет голови – це **череп** (мал. 19.1). У ньому виділяють два відділи – мозковий і лицьовий. У *мозковому відділі* міститься головний мозок, органи слуху та рівноваги. *Лицьовий відділ* утворює кісткову основу верхніх дихаль-

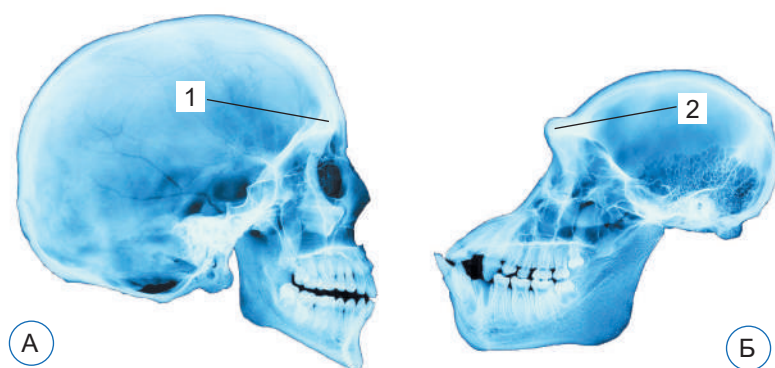


Мал. 19.1. Кістки черепа: зовнішній вигляд черепа збоку (1) та спереду (2)

них шляхів і травного каналу (ротової порожнини). Обидва відділи складаються з окремих кісток, з'єднаних між собою нерухомо, за винятком нижньої щелепи та під'язикової кістки.

До складу мозкового відділу входять дві парні та чотири непарні кістки, з'єднані за допомогою швів. Вони забезпечують надійний захист головного мозку. Основу черепа утворює **потилична кістка**. Вона має отвір, що сполучає порожнини черепа та хребтового каналу, яким проходить спинний мозок. По обидва боки отвору є два суглобові вирости, за допомогою яких череп сполучається із першим шийним хребцем.

Іншими кістками мозкового відділу є: парні тім'яні та скроневі, а також непарні лобова, клиноподібна та решітчаста (ґратчаста). Характерною особливістю будови **лобової кістки** є надбрівні дуги, притаманні лише людині (мал. 19.2).



Мал. 19.2. Череп людини (А) та шимпанзе (Б): 1 – надбрівна дуга; 2 – надбрівний валик



Чому в людини краще розвинений мозковий відділ черепа, а у шимпанзе – лицьовий?

Клиноподібна кістка розташована в основі черепа, **решітчаста (ґратчаста)** – відокремлює носову порожнину від порожнини черепа. Права та ліва **тім'яні кістки** утворюють верхню та бічну частини склепіння черепа, а **скроневі** – його бічні частини.

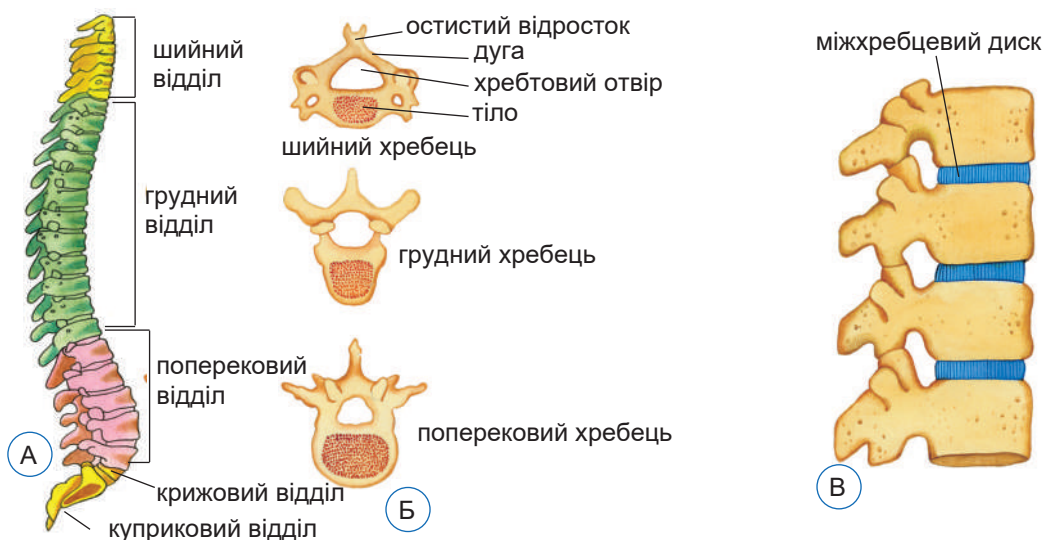


Свою назву «решітчаста» («ґратчаста») кістка дістала тому, що її будова нагадує решето або ґрати. Через комірчасту структуру цієї кістки можливі її переломи при сильних ударах у ділянку носа, наприклад, під час ДТП, падіння або бійки. Унаслідок цього уламки кістки можуть проникати в порожнину черепа, а також ушкоджувати нюховий нерв.

Цікаво знати. У деяких мігруючих птахів та інших тварин решітчаста (ґратчаста) кістка містить магнетит. Цей мінерал природного оксиду феруму(II, III) допомагає їм сприймати напрямок силових ліній магнітного поля нашої планети й орієнтуватись у просторі.

До кісток лицьового відділу належать шість парних і три непарні кістки. Це, зокрема, парні **верхньощелепна, вилична, носова, слъозова** (на її зовнішній поверхні проходить слъозова борозна), **нижня носова раковина, піднебінна**. Непарні кістки лицьового відділу – це нижня щелепа, леміш та під'язикова кістки. **Нижня щелепа** – рухома кістка черепа. У верхній і нижній щелепах є комірки (альвеоли), у яких розташовані корені зубів. **Леміш** бере участь в утворенні носової перегородки, що поділяє носову порожнину на праву та ліву частини. **Під'язикова кістка** – єдина кістка, яка не сполучається з іншими кістками черепа: до неї приєднуються певні м'язи. Свою назву вона дістала тому, що розташована під язиком, нижче нижньої щелепи.

Яка будова хребта. Хребет людини має S-подібну форму (мал. 19.3, А). Він складається з 30–34 хребців і поділяється на 5 відділів: шийний, грудний, поперековий, крижовий і куприковий. Кожен хребець



Мал. 19.3. Будова хребта. А. Відділи хребта. Б. Будова хребців з різних відділів. В. З'єднання хребців між собою

складається з тіла, дуги та відростків (мал. 19.3, Б). Між тілами хребців розташовані *міжхребцеві диски*, які є пластинками з волокнистого хряща (мал. 19.3, В). Ці диски, а також зв'язки беруть участь у з'єднанні сусідніх хребців між собою, що забезпечує значну гнучкість хребта. Кожен відділ хребта має певну кількість хребців: шийний – 7, грудний – 12, поперековий – 5, крижовий – 5, куприковий – 1–5 (найчастіше 4). Розміри тіла хребців збільшуються від шийного відділу до крижового. Це пов'язано зі зростанням навантаження на хребці, які розташовані нижче.

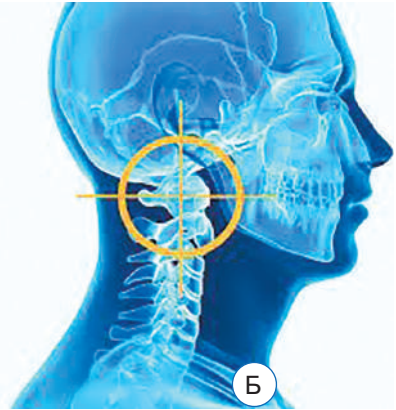
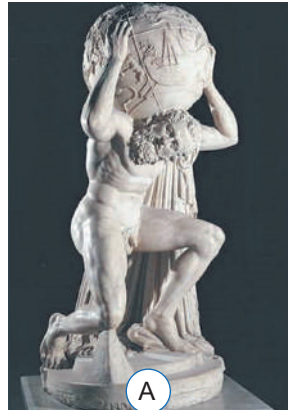
✓ **Дізнайтеся більше** про хребці за QR-кодом.



Порівняйте будову хребців з різних відділів хребта. Поясніть відмінність у їхній будові.

Цікаво знати. Перший шийний хребець анатоми назвали *атлантом* на честь міфічного титана Атланта, якого покарали боги, і він мусив вічно підтримувати на своїх плечах небесну сферу. Цей хребець подібно до Атланта підтримує нашу голову (мал. 19.4).

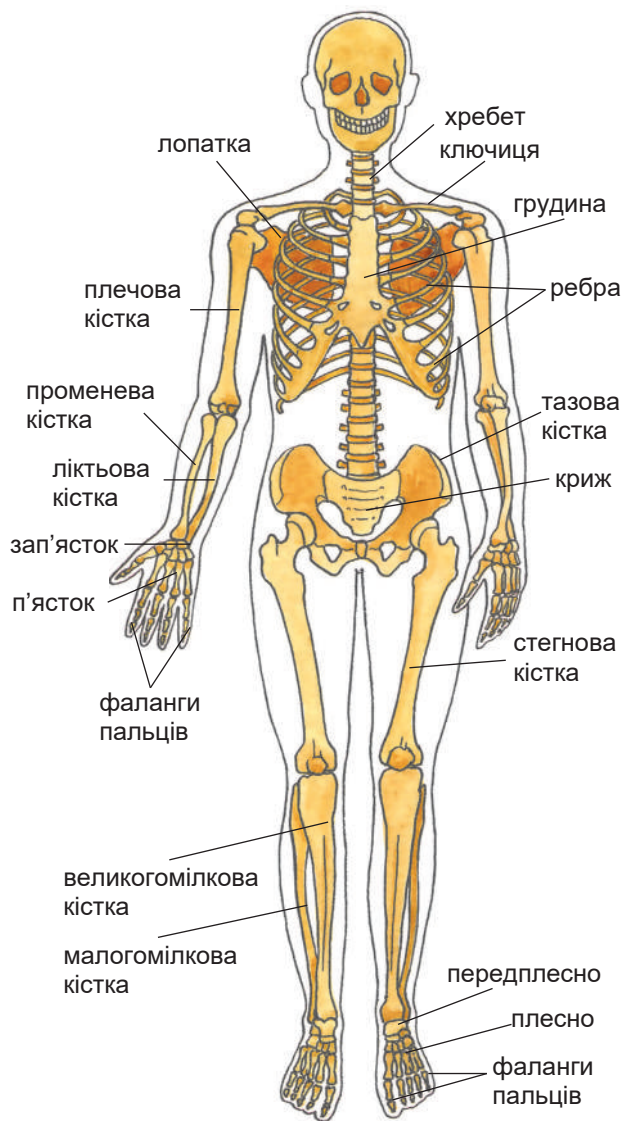
Мал. 19.4. Подібно міфічному титану Атланту (А), перший шийний хребець (Б) тримає у вертикальному положенні нашу голову



Пригадайте інших міфічних істот, які могли підіймати та утримувати важкі вантажі, скелі, каміння, дерева, небо тощо.

Дванадцять грудних хребців несуть ребра, рухомо прикріплені хрящами до їхніх парних відростків. Грудні хребці, ребра та грудина (грудна кістка) формують **грудну клітку** (мал. 19.5). Грудна клітка захищає серце та легені, а також частково печінку, селезінку і шлунок.

Яка будова скелета кінцівок. Скелет верхньої та нижньої кінцівок складається зі скелета поясів (відповідно плечового та тазового) і скелета вільної кінцівки (мал. 19.5). **Плечовий пояс** побудований з двох парних кісток: лопаток і ключиць (мал. 19.5). Через ці кістки верхні кінцівки з'єднуються з тулубом. **Лопатки** – плоскі кістки трикутної форми, розташовані на задній поверхні грудної клітки. Вони з'єднані з ключицею та плечовою кісткою. Плечова кістка і лопатка утворюють плечовий суглоб. **Ключиця**, крім з'єднання з лопаткою, іншим своїм кінцем з'єднується з грудиною. Завдяки цьому ключиці утримують плечовий суглоб на відповідній відстані від грудної клітки, забезпечуючи тим самим значну свободу рухів верхніх кінцівок.



Мал. 19.5. Скелет людини



Перелом ключиці призводить до того, що плечовий суглоб притискається до грудної клітки: унаслідок цього рухи верхньої кінцівки стають обмеженими і болісними.

Скелет вільної верхньої кінцівки (мал. 19.5) складається з трьох відділів: плеча, передпліччя та кисті. **Плеche** має лише одну **плечову кістку**, яка з'єднується з лопаткою та кістками передпліччя, утворюючи ліктьовий суглоб. **Передпліччя** утворене двома кістками: **ліктьовою** та **променевою**. У **кисті** розрізняють три частини: **зап'ясток**, **п'ясток** та кістки (фаланги) пальців. **Зап'ясток** утворений вісьмома короткими кістками, розташованими у два ряди. Вони сполучені між собою, а також з кістками передпліччя та п'ястка. П'ять видовжених кісток

п'ястка рухомо з'єднані з фалангами пальців. Кожен палець має свою назву: великий, вказівний, середній, підмізинний, мізинець. Великий палець має дві фаланги та протиставлений іншим. Усі інші пальці мають по три фаланги. Така будова кисті забезпечує виконання нею найдосконаліших рухів.



Знайдіть на малюнку 19.5 плечовий суглоб. Назвіть кістки, які він з'єднує.

Тазовий пояс містить дві масивні тазові кістки, які спереду з'єднані між собою хрящем, а ззаду зрощені з крижовим відділом хребта (мал. 19.5). У дітей таз складається з трьох парних кісток (лобкової, клубової та сідничної), які сполучені між собою хрящами. Після 16 років вони зростаються в одну – **тазову**. У кожній тазовій кістці є кулеподібна западина, куди заходить головка **стегнової кістки**. Завдяки цьому вони переносять масу тіла на нижні кінцівки, забезпечуючи опору і рух. Крім того, кістки тазу захищають і підтримують внутрішні органи черевної порожнини.

Скелет вільної нижньої кінцівки має три відділи: стегно, гомілку та стопу (мал. 19.5). **Стегно** утворене **стегновою кісткою**, яка є найдовшою в скелеті людини (її довжина становить до 25 % довжини тіла). Верхня головка стегнової кістки утворює **кульшовий суглоб** з кістками тазу, а нижня – **колінний суглоб** з надколінником (колінною чашечкою) та великою гомілковою кісткою. **Гомілка** включає **велику та малу гомілкові кістки**. Вони утворюють **гомілковостопний суглоб** з кістками стопи. **Стопа** виконує опорну функцію під час стояння та ходіння. У її скелеті розрізняють передплюсню, плюсню та фаланги пальців.



Знайдіть на малюнку 19.5 гомілковостопний суглоб.

✓ **Дізнайтеся більше** про відмінності в будові скелета людини та ссавців за QR-кодом.



Узагальнення

Скелет людини складається із черепа, хребта, грудної клітки, поясів верхніх та нижніх кінцівок й самих вільних кінцівок. Череп людини має мозковий та лицьовий відділи. Хребет S-подібної форми, складається із шийних, грудних, поперекових, крижових і куприкових хребців. Грудна клітка утворена грудиною та ребрами. Кістки плечового поясу зв'язують верхню вільну кінцівку з хребтом. Кістки тазового поясу сполучають нижню вільну кінцівку з крижовим відділом хребта.



Поміркуйте

1. Як змінюється з віком з'єднання кісток черепа та тазового поясу?
2. Чому елементи скелета здебільшого є парними?
3. Чому в черепі людини є лише одна рухомо кістка?
4. Які кістки людини зазнали найбільших змін у зв'язку з прямоходінням?

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

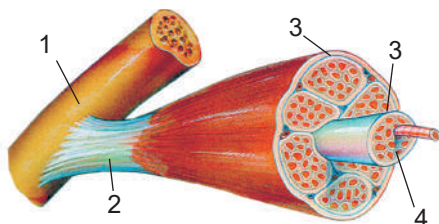


Чому скелетні м'язи утворені з посмугованої м'язової тканини, а не з гладенької (непосмугованої)?

Кісткова і хрящова тканина утворюють тільки каркас тіла – скелет, який сам по собі рухатись не може. Рухи всього тіла (біг, ходьба, плавання, стрибки) або окремих його частин (наприклад, рухи голови, пальців) забезпечують скорочення і розслаблення скелетних м'язів. Крім руху, ці м'язи підтримують також певне положення всього тіла або окремих його частин, поставу (наприклад, під час сидіння чи стояння).

Які особливості будови скелетних м'язів. Як ви пам'ятаєте, скелетні м'язи належать до посмугованих. Будь-який скелетний м'яз утворений групами видовжених м'язових волокон, зібраних у пучки (мал. 20.1). Такі пучки можуть включати тисячі м'язових волокон, з'єднаних між собою прошарками сполучної тканини. У цій сполучній тканині розташовані кровоносні судини та нерви. Кровоносна система постачає скелетним м'язам поживні речовини та кисень, що використовуються для отримання енергії, необхідної для забезпечення їхньої роботи.

Отже, *м'язове волокно* є одиницею будови скелетних м'язів. Сполучнотканинні прошарки на кінцях м'язів переходять у сухожилля м'яза, за допомогою якого він кріпиться до кістки або до шкіри (як-от мімічні м'язи).



Мал. 20.1. Загальна будова скелетного м'яза: 1 – кістка; 2 – сухожилля; 3 – сполучнотканинна оболонка м'язового волокна – фасція; 4 – м'язові волокна

Зверху кожний м'яз укритий тонкою сполучнотканинною оболонкою – **фасцією** (мал. 20.1, 3). Фасції відокремлюють один м'яз від іншого, що робить можливим їхнє незалежне скорочення. М'яз складається з *головки* (початок м'яза), *черевця* (середня частина) і *хвоста* (кінцева частина).

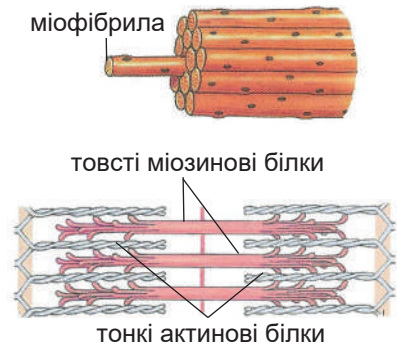
Цікаво знати. У цитоплазмі м'язових волокон присутній білок міоглобін. За своєю хімічною будовою він нагадує гемоглобін, що міститься в еритроцитах. Міоглобін здатний зв'язувати кисень і віддавати його у разі потреби. Саме міоглобін надає м'язам червоного забарвлення.

Основний об'єм м'язових волокон становлять скорочувальні елементи – **міофібрили**. Вони складаються з багатьох однакових поздовжніх сегментів, відокремлених один від одного мембранами. У кожному сегменті впорядковано розташовані тонкі й товсті нитки. Тонкі складаються зі скоротливого білка **актину**, а товсті – з іншого скоротливого білка **міозину** (мал. 20.2).

Ділянки перекриття актинових і міозинових ниток під світловим мікроскопом мають вигляд темних смуг. Між ними розташована світліша ділянка, у якій є лише білок міозин. Світлими є також ділянки сусідніх сегментів, що містять лише актинові нитки. Саме чергування

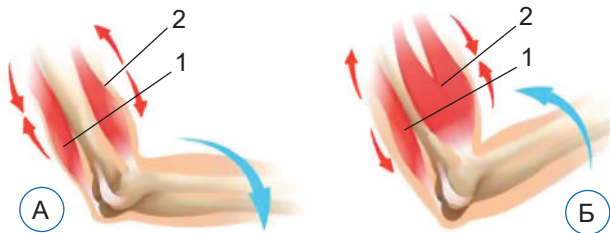
темних і світлих дисків у міофібрилах зумовлює посмугованість скелетних м'язів. М'язове скорочення супроводжується виділенням значної кількості теплоти. Це важливо для підтримання нормальної температури тіла.

Які розрізняють основні групи скелетних м'язів. Форма скелетних м'язів може бути різною. З кінцівками, наприклад, пов'язані м'язи веретеноподібної або стрічкоподібної форми. Плоскі м'язи, що мають вигляд тонких і широких пластів, розміщені переважно на тулубі (як-от найширший м'яз спини, косі та поперечний м'яз живота).



Мал. 20.2. Схематична будова м'язового волокна

М'язи також розрізняють за характером роботи, яку вони виконують. Зокрема, м'язи, які згинають кінцівку в суглобі, називають **згиначами** (наприклад, двоголовий м'яз плеча), а ті, які її розгинають, – **розгиначами** (триголовий м'яз плеча та ін.) (мал. 20.3). М'язи, які наближують кінцівку до серединної лінії тіла, називають **привідними** (наприклад, великий привідний м'яз нижньої кінцівки), а ті, які віддаляють, – **відвідними** (деякі м'язи кисті та стопи). Декілька м'язів, які виконують спільну роботу, забезпечуючи один і той самий рух у певному суглобі, називають **синергістами**, а м'язи з протилежної групи – **антагоністами**. Наприклад, м'язи, які спільною дією згинають передпліччя, є синергістами, а ті, що його розгинають, – їхніми антагоністами (мал. 20.3).



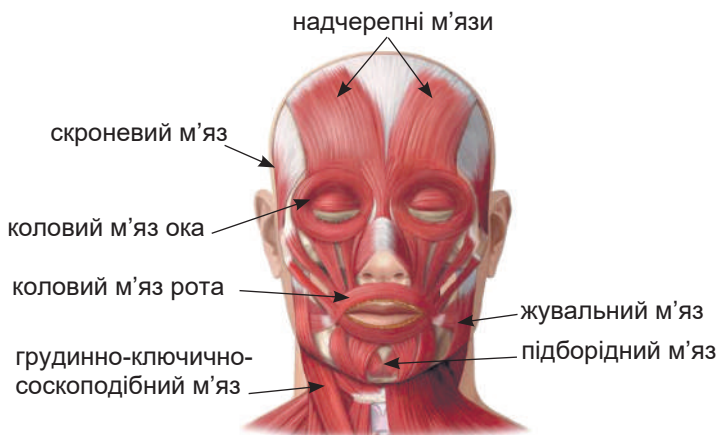
Мал. 20.3. Робота м'язів-антагоністів. А. Під час розгинання верхньої кінцівки скорочується триголовий м'яз плеча (1), тоді як двоголовий (2) – розслаблюється. Б. Під час згинання верхньої кінцівки триголовий м'яз плеча (1) розслаблюється, тоді як двоголовий (2) – скорочується.

М'язи людини поділяють також на групи відповідно до місця їхнього розташування: м'язи голови, шиї, грудей, живота, спини, верхньої та нижньої кінцівок.

М'язи голови людини за своїми функціями поділяють на мімічні та жувальні. **Мімічні м'язи** – тоненькі пучки м'язових волокон, які одним кінцем прикріплені до кісток черепа, а іншим – уплетені в шкіру. Деякі з них, наприклад колові м'язи рота й ока, зв'язані лише зі шкірою. У результаті їхнього скорочення формується певний вираз обличчя – **міміка**. Крім того, мімічні м'язи беруть участь в утворенні

мови. **Жувальні м'язи** забезпечують різноманітні рухи нижньої щелепи під час жування, ковтання їжі, мовлення.

М'язи ший приводять у рух голову (повертають, нахиляють тощо) та шию (мал. 20.4).



Мал. 20.4. М'язи голови та ший

М'язи тулуба складаються з м'язів грудей, спини і живота (мал. 20.5). **М'язи грудей** поділяють на м'язи, які одним кінцем приєднані до грудної клітки, а другим – до кісток плечового поясу і верхніх кінцівок (*великий і малий грудні м'язи*), та власне грудні м'язи. *Власне грудні м'язи* (*зовнішні і внутрішні міжреберні м'язи*) забезпечують дихальні рухи.

У дихальних рухах бере участь і **діафрагма**, яка відділяє грудну порожнину від черевної.



У яких хребетних тварин є діафрагма?

М'язи живота утворюють передню і бічні стінки черевної порожнини. Сукупність м'язів стінки живота має назву **черевний прес**. Вони забезпечують згинання тулуба вперед та в боки. Ці м'язи своїми скороченнями підтримують певний тиск у черевній порожнині, що сприяє підтриманню органів у сталому положенні.

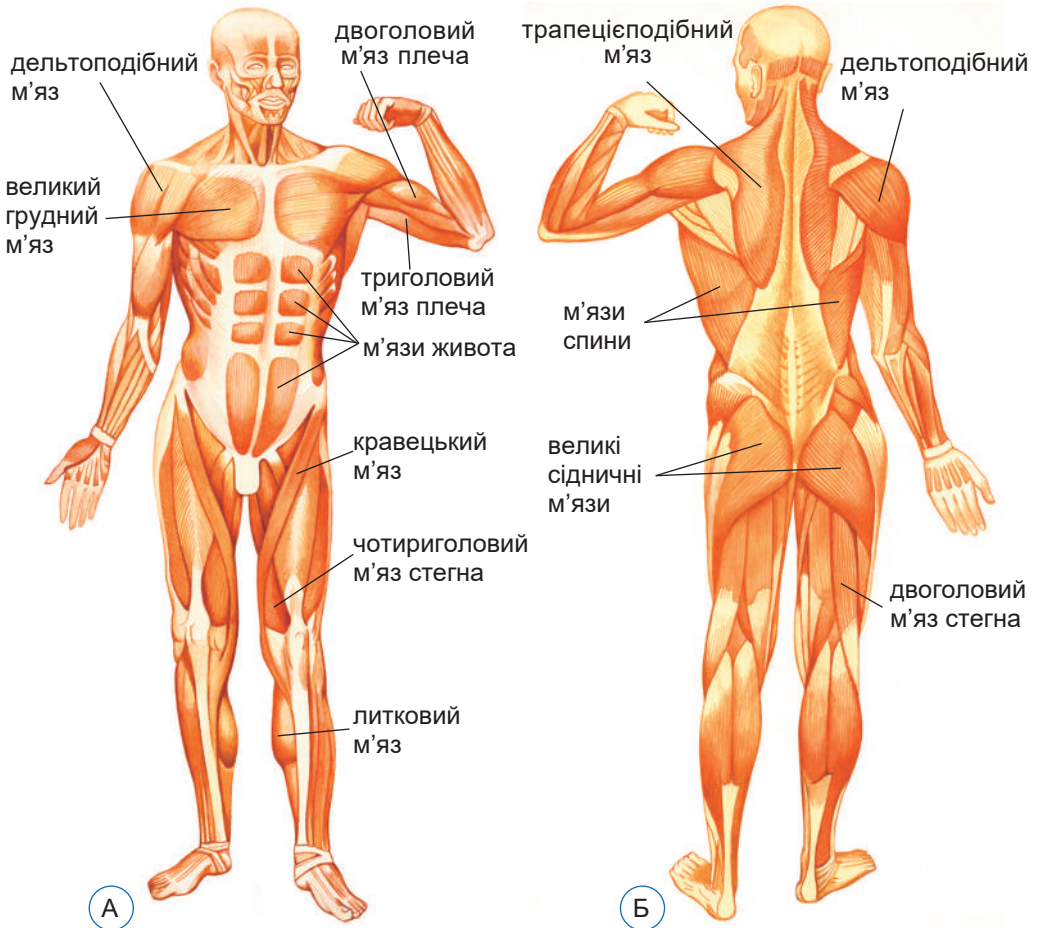
М'язи спини поділяють на поверхневі (*трапецієподібний м'яз, найширший м'яз спини*) і глибокі (мал. 20.5).

Поверхневі м'язи забезпечують рухи лопатки та (частково) рук, а за зафіксованого плечового поясу – рухи голови, а також беруть участь у дихальних рухах. **Глибокі м'язи спини** розташовані по обидва боки від хребта та розгинають його, підтримуючи тіло у вертикальному положенні.

М'язи верхньої та нижньої кінцівок складаються з м'язів відповідного поясу і м'язів вільної кінцівки. Найбільшим м'язом **поясу верхньої кінцівки** є *дельтоподібний м'яз*, який піднімає руку до горизонтального положення.

М'язи верхньої вільної кінцівки поділяють на м'язи плеча, передпліччя та кисті.

Найбільшими м'язами **тазового поясу** є **сідничні м'язи**, які разом з іншими м'язами цієї групи випрямляють зігнутий уперед тулуб і забезпечують рухи стегна (мал. 20.5).



Мал. 20.5. Скелетні м'язи людини:
А – вигляд спереду; Б – вигляд ззаду

М'язи нижньої вільної кінцівки поділяють на **м'язи стегна, гомілки та стопи**. На передній поверхні стегна є найбільший за масою серед усіх м'язів людини **чотириголовий м'яз стегна**, який розгинає ногу в колінному суглобі. На задній поверхні стегна міститься **двоголовий м'яз стегна**. На передній частині стегна розташований **кравецький м'яз**. Він згинає ногу в кульшовому і колінному суглобах. Цей м'яз разом з іншими бере участь у розгинанні тулуба та забезпечує рухи гомілки. На гомілці виділяють передню, задню і бічну групи м'язів. До м'язів гомілки належать: **передній великогомілковий м'яз**, що підносить стопу, **триголовий литковий м'яз**, який згинає стопу.

Цікаво знати. У тілі людини налічують 639 м'язів. Вони становлять до 44 % маси тіла.

Узагальнення

Скелетні м'язи людини складаються з посмугованої м'язової тканини, здатної до швидкого скорочення. Вони утворені пучками м'язових волокон, які вкриті сполучнотканинною оболонкою – фасцією. М'язові волокна містять міофібрили, до складу яких входять скоротливі білки актин і міозин. За формою скелетні м'язи бувають довгі, короткі, широкі. В організмі людини розрізняють такі групи скелетних м'язів: м'язи голови, шиї, грудей, живота, спини, верхніх і нижніх кінцівок.

Поміркуйте

1. Як м'яз кріпиться до кістки?
2. Чим відрізняються функції жувальних та мимічних м'язів?
3. Яку функцію в організмі людини виконують м'язи живота?
4. Який м'яз людини є найдовшим, де він кріпиться та яка його роль?



Лабораторне дослідження «Дослідження мікроскопічної будови кісткової, хрящової та м'язової тканин».



§ 21. Робота м'язів. Втома м'язів та її причини



Чому м'язи не можуть виконувати механічну роботу необмежений час?

Що таке сила та робота м'язів. Для скелетних м'язів характерні такі показники: сила, напруження, витривалість, тонус, робота. Скорочуючись, м'яз потовщується і виконує певну роботу. У фізиці поняття *робота* вживають у тих випадках, коли під дією сили відбувається переміщення певного тіла (приклад механічної роботи: вантаж певної маси піднімають на ту чи іншу висоту). Механічну роботу, таким чином, вимірюють добутком сили на відстань, яку проходить тіло вздовж напрямку дії цієї сили. У Міжнародній системі одиниць (SI)¹ одиницею вимірювання роботи є Джоуль (скорочено Дж).



Пригадайте, чому дорівнює 1 Джоуль.

М'язове скорочення супроводжується виділенням значної кількості теплової енергії, яка використовується для підтримання постійної температури тіла. Лише 20–30 % енергії, що виділяється під час скорочення м'язів, витрачається на здійснення механічної роботи, тоді як 70–80 % – перетворюється на теплову.

Напруженням називають стан скелетного м'яза, за якого він тривалий час може стійко підтримувати стан скорочення.

Величина роботи, яку здатний виконати м'яз, залежить від його сили. **Сила м'яза** – це те максимальне напруження, яке він може розвинути. Її оцінюють або за максимальним вантажем, який здатний під-

¹ Міжнародна система одиниць (скорочено SI, від франц. Systeme International d'Unites) – система одиниць фізичних величин, яку нині застосовують як у науці та техніці, так і у повсякденному житті.

няти чи пересувати м'яз, або за максимальним напруженням, яке він може створити. Поодинокі м'язові волокна спроможне розвивати напруження 100–200 мг. Ураховуючи те, що загальна кількість м'язових волокон у тілі людини становить близько 15–30 млн, то вони могли б за одночасної спрямованої дії розвинути напруження до 20–30 т. Зрозуміло, що більший поперечний переріз м'яза, то більшу силу він може розвивати. Унаслідок тренувань товщина м'язових волокон збільшується завдяки зростанню в них кількості скоротливих білків. Але кількість м'язових волокон у кожному м'язі при цьому залишається незмінною.



Кожен юнак за умов правильного тренування може досягти значного розвитку скелетної мускулатури. Але заняття силовими вправами слід розпочинати не раніше ніж у 14–15 років. Унаслідок регулярних фізичних вправ м'язи стають сильнішими та витривалішими. Крім того, треновані м'язи працюють більш економно, аніж нетреновані.

Роботу скелетних м'язів поділяють на статичну та динамічну (мал. 21.1). **Статична робота** м'язів пов'язана з тим, що вони певний час перебувають у стані напруження, без чергування періодів скорочення та розслаблення. Завдяки статичній роботі скелетних м'язів у певному положенні утримується кінцівка або вантаж, зберігається відповідне положення тіла у просторі тощо. **Динамічна робота** забезпечує рухи тіла або окремих його частин. Вона пов'язана з періодичним чергуванням скорочення та розслаблення м'язів.



Мал. 21.1. Приклад статичної (А: штангістка певний час тримає штангу у фіксованому положенні) та динамічної (Б: спортсмен задіює різні групи м'язів для здійснення бігу) роботи м'язів

Швидкість скорочення м'язів залежить від частоти надходження нервових імпульсів, а також від будови та властивостей самих м'язів. Усі скелетні м'язи постійно перебувають у стані часткового скорочення – **м'язового тонусу**. Він підтримується безперервним потоком нервових імпульсів, які надходять від спинного мозку. За рахунок тонусу м'язів зберігається постава тіла та внутрішні органи підтримуються в певному положенні. Зниження тонусу м'язів негативно впливає на діяльність усього організму.



Причиною зниження тону м'язів можуть бути негативні емоції, порушення режиму дня, особливо недосипання, перевтома, нестача вітамінів. Тому підтримуйте тонус своїх м'язів постійними дозованими фізичними навантаженнями, дотриманням режиму праці й активного відпочинку.

Що таке витривалість та втома м'язів. *Витривалість м'язів* – це їхня здатність тривалий час підтримувати заданий ритм роботи. Що більша витривалість м'язів, то пізніше настає їхня втома.

✓ **Дізнайтеся більше** про джерело енергії, потрібної для скорочення м'язів, за QR-кодом.



Недостатня кількість кисню, що надходить до м'язів, та накопичення внаслідок цього молекул молочної кислоти у м'язових клітинах – одна з причин їхньої втоми. **Втома м'язів** – тимчасове зниження або втрата їхньої працездатності, що виникають унаслідок здійснення певної роботи. За збільшення маси вантажу механічна робота, яку виконує м'яз, зростає. Але за надмірного навантаження обсяг виконуваної роботи швидко зменшується і зрештою величина роботи дорівнює нулю. При цьому м'яз, навіть під час максимального свого напруження, не здатний підняти вантаж.

На втому м'язів впливає і ритм їхнього скорочення. Так, надто повільні чи дуже швидкі скорочення знижують витривалість м'язів швидше, ніж середні. За оптимального середнього навантаження й середнього ритму скорочення м'язів втома настає пізніше. Це відбувається тому, що в проміжках між скороченнями працездатність м'яза частково відновлюється. Цю закономірність називають **законом середніх навантажень**.

Працездатність м'язів відновлюється під час їх відпочинку. *Запам'ятаємо:* за активного відпочинку працездатність утомленого м'яза відновлюється швидше, ніж в умовах пасивного відпочинку, оскільки прискорюється постачання м'язам, що відпочивають, кисню та поживних речовин. Водночас кров швидше виводить з них продукти обміну речовин, такі як молочна кислота. Накопичення її у м'язових клітинах порушує передачу нервового імпульсу з нервового закінчення на м'язове волокно.



Надзвичайно тривала або інтенсивна робота може призвести до перевтоми, коли вичерпуються енергетичні ресурси м'язових клітин і можливе стомлення нервових центрів. Щоб запобігти перевтомі, необхідно уникати надмірних навантажень без достатньої фізичної підготовки. Чергування фізичних навантажень і відпочинку є одним зі способів підтримання високої працездатності й запобігання перевтомі.

У чому полягає нервова та гуморальна регуляція рухів. У спинному мозку є нервові центри, які регулюють скорочення м'язів і здійснення простих рефлекторних рухів, наприклад згинання ноги в колінному суглобі (див. мал. 6.3). Складні рухи, такі як гра на піаніно чи написання тексту, контролюються нервовими центрами півкуль головного мозку. Важливу роль у регуляції рухів і тону м'язів відіграє мозочок, який координує діяльність рухових нервових центрів. Тонус м'язів підвищує гормон адреналін.

✓ **Дізнайтеся більше** про вітчизняних учених-біофізиків за QR-кодом.



Узагальнення

Скелетні м'язи проявляють такі властивості: силу, напруження, тонус, витривалість. Під час скорочення скелетні м'язи виконують роботу, яку поділяють на статичну та динамічну. Витривалість м'язів – це їхня здатність підтримувати тривалий час заданий ритм роботи. Під час здійснення певної роботи м'язи можуть втомлюватись, знижуючи свою працездатність. Оптимальним під час роботи м'язів є середній ритм їхнього скорочення та середнє навантаження. Робота скелетних м'язів перебуває під контролем як нервової, так і гуморальної регуляції функцій.

Поміркуйте

1. Чому під час виконання статичної роботи людина втомлюється швидше?
2. Чи всі м'язи характеризуються однаковою силою скорочень?
3. Чи може втома м'язів бути корисною?
4. Як нестача кисню може впливати на працездатність м'язів?



Лабораторне дослідження «Дослідження розвитку втоми під час статичного та динамічного навантаження».



§ 22. Надання першої допомоги в разі ушкоджень опорно-рухового апарату



Якими методами діагностують ушкодження опорно-рухової системи?

Які причини ушкодження опорно-рухового апарату. Під час виконання фізичної роботи, занять спортом, побутової діяльності часто виникають ситуації, які змушують робити різкі, не завжди скоординовані рухи. При цьому інколи ушкоджується опорно-руховий апарат. Пошкодження організму, спричинене зовнішнім впливом (механічним, хімічним, електричним тощо), називають **травмою**. Причинами травм опорно-рухового апарату можуть бути необізнаність із правилами безпеки, умовами користування побутовими приладами, заняття спортом, порушення правил дорожнього руху тощо. Травми часто бувають наслідком пустощів: ігор на будівельних майданчиках, пірнання у воду зі значної висоти, бійок тощо.

Якими бувають травми опорно-рухового апарату. Найпоширеніші травми опорно-рухового апарату – це розтяги зв'язок, вивихи, закриті та відкриті переломи. **Розтяг** – це пошкодження зв'язок. Часто внаслідок розтягів виникають розриви окремих волокон сухожиль. У місці розтягнення з'являються набряки, крововиливи, відчувається сильний біль.



Перша допомога в разі розтягу – якомога швидше прикласти до ушкодженого місця холодний предмет, наприклад мішечок з льодом, тканину, змочену холод-

ною водою. Потім ушкоджений суглоб слід туго забинтувати (мал. 22.1) і звернутися до лікаря. Якщо правильно лікувати розтяги, вони проходять без наслідків. Профілактика розтягів полягає в бинтуванні раніше травмованих суглобів під час спортивних ігор чи фізичної праці.



Мал. 22.1. Приклад першої допомоги в разі розтягу

Інколи внаслідок травми настає повний **розрив зв'язки**. У цьому разі слід негайно звернутися до лікаря: розірвані зв'язки зшивають лише в спеціалізованих медичних закладах. Якщо під час травми порушується герметичність суглобової порожнини, то може розвинутися запалення суглоба, яке потребує тривалого лікування.

Вивих – це пошкодження суглобів (мал. 22.2). При цьому зміщуються кінці кісток, які входять до складу суглоба. Вивих іноді супроводжується розтягами зв'язок і м'язів, розривом суглобової сумки. Вправляти та лікувати вивихи може лише лікар.



Людині з вивихом потрібно негайно надати першу допомогу. Суглоб, у якому відбувся вивих, слід зафіксувати в нерухомому стані: руку треба підвісити через шию бинтом чи хусткою, а на ногу накласти шину. Медичні шини продають в аптеках. За їхньої відсутності найпростішу шину можна виготовити з підручних матеріалів: тонких дерев'яних дощечок, фанери, палиць, щільного картону тощо. Для забезпечення повної нерухомості кінцівки шина повинна охоплювати не лише ушкоджений суглоб, але й сусідні ділянки кінцівки. Це перешкодить подальшому зміщенню кісток. Шину щільно прив'язують до кінцівки широкими бинтами, рушниками тощо. Щоб шина менше тиснула на ушкоджений орган, під неї бажано підкласти м'яку тканину.



Мал. 22.2. Вивих гомілково-стопного суглоба. А. Зовнішні ознаки. Б. Причина: зсування таранної кістки (1)

Переломи кісток супроводжуються порушенням їхньої цілісності. Вони зазвичай виникають через травми. У разі травматичних переломів пошкоджуються м'які тканини. Частіше трапляються переломи довгих трубчастих кісток кінцівок, рідше – кісток черепа, ключиці, тазового поясу. У разі **закритих переломів** (коли покриви тіла не ушкоджені) відчувається сильний біль, ушкоджене місце набрякає. Іноколи змінюється форма кінцівки внаслідок зміщення частин зламаної кістки. Закритий перелом виявляють, зробивши рентгенівський

знімок ушкодженої ділянки або за допомогою методів УЗД чи МРТ. Перелом вважають *відкритим*, якщо при цьому розриваються м'які тканини і шкіра.



Перша допомога в разі переломів полягає в тому, щоб забезпечити нерухомість зламаної кістки за допомогою шин (мал. 22.3). Транспортувати потерпілих із переломами кісток без знерухомлення, навіть на невелику відстань, неприпустимо. Це може призвести до зміщення зламаних кісток, розриву нервів і кровоносних судин. Накладаючи шини, потрібно фіксувати не менше ніж два суглоби, розміщені вище і нижче пошкодженої ділянки. Так, при переломі плеча або стегна фіксують три суглоби (для плеча фіксують плечовий, ліктьовий і променезап'ястковий, а для стегна – кульшовий, колінний і гомілковостопний суглоби). Приклад: накладання шини на передпліччя і фіксація руки на шиї за допомогою широкого бинта або хустки (мал. 22.3, Б). Якщо матеріал для виготовлення шини знайти не вдається, слід прибинтувати ушкоджену кінцівку до тулуба. У разі відкритого перелому із сильною кровотечею потрібно накласти кровоспинний джгут вище місця кровотечі, а на рану – чисту пов'язку.



Мал. 22.3. А. Приклад накладання шини в разі перелому стегна. Б. Накладання шини в разі перелому передпліччя

✓ **Дізнайтеся більше** за QR-кодом про те, що потрібно робити, коли немає змоги накласти шину.



Узагальнення

Пошкодження опорно-рухового апарату може призвести до таких травм: вивихів, розтягів, переломів. Вивих – це вихід суглобової головки із суглобової западини. Розтяг – ушкодження зв'язок. Перелом – це порушення цілісності кістки. Переломи бувають закриті, коли покриви тіла неушкоджені, та відкриті, коли пошкоджуються м'які тканини та шкіра.



Поміркуйте

1. Чому в разі розтягнення зв'язок потрібно накласти тугу пов'язку на місце ушкодження?
2. Чому вивих не можна вправляти самостійно?
3. Чи можна лікувати переломи в домашніх умовах, не звертаючись до лікаря?
4. Чому під час накладання шини в разі перелому стегна знерухомлюють два сусідні суглоби?

§ 23. Профілактика порушень формування та функціонування опорно-рухового апарату



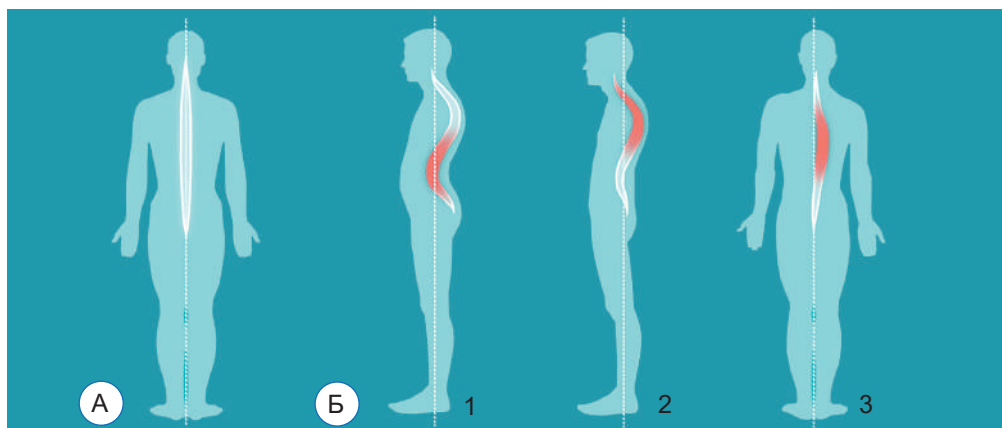
Яке значення для нормального функціонування організму людини мають вигини хребта?

Які умови правильного формування постави людини. Кожній людині притаманна певна **постава**, тобто певне положення тіла у стані спокою і під час рухів. Постава формується з раннього дитинства в період росту організму й розвитку скелета і м'язів. Вона може змінюватися впродовж життя людини. Для формування правильної постави велике значення має розвиток м'язової системи, особливо м'язів тулуба. Добре розвинені м'язи запобігають деформації кісток хребта при навантаженні на них.

Характерні ознаки правильної постави такі: плавні вигини хребта, симетрично розміщені розгорнуті плечі й лопатки, добре розвинуті м'язи тіла, прямі ноги з нормальним склепінням стоп, красива хода (мал. 23.1, А). У людей зі стрункою поставою голова завжди тримається прямо, грудна клітка виступає над животом, живіт підтягнутий. У разі неправильної постави голова в людини нахилена або висунута вперед, грудна клітка втиснута, плечі зведені до грудей, живіт випнутий тощо.

Постава має не лише естетичне значення, але й впливає на функціонування всього організму. У разі порушення постави, особливо в період росту, можуть виникнути значні зміни форми скелета, що погіршує кровообіг, роботу серця, легень, процеси травлення, спричиняє розлади діяльності нервової системи тощо. А це, зрештою, не сприяє нормальній працездатності організму.

Порушення постави в дітей можуть виникнути в результаті захворювань (рахіту (викривлення кісток переважно нижніх кінцівок унаслідок нестачі вітаміну D), ожиріння тощо), неправильного режиму праці та відпочинку, погано підібраного взуття та з інших причин. Прикладом неправильної постави може бути *сутулість*, яка зумовлю-



Мал. 23.1. Правильна постава людини (А). Порушення постави (Б):
1 – патологічний лордоз, 2 – грудний кіфоз (горб), 3 – сколіоз

ється слабким розвитком м'язів спини. При цьому грудний відділ хребта значно виступає назад, утворюючи так звану круглу спину, голова стає нахиленою вперед, а грудна клітка сплющується.

Порушення постави може супроводжуватися появою надмірних, або патологічних, вигинів хребта. Серед таких патологічних викривлень хребта розрізняють вигини вперед (*патологічний лордоз*), назад (*грудний кіфоз*, або *горб*) та бічні викривлення (*сколіоз*) (мал. 23.1, Б). Найчастіше ці вигини виникають у дітей віком від 5 до 10 років, коли в хребцях та інших кістках грудної клітки ще багато хрящової тканини.



Найпоширенішою причиною вад формування постави є недотримання гігієнічних правил: невідповідність висоти стола зросту дитини; спання на дуже м'якому або увігнутому ліжку; неправильна поза під час сидіння за робочим столом або партою. Це призводить до нерівномірного навантаження на хребет та м'язи спини; може спричинити викривлення хребта. До розвитку вад постави призводять також недостатнє харчування, нестача вітамінів. Тривалі негативні емоції, перетрени знизують тонус м'язів та їхню роль у підтриманні постави. У разі викривлення хребта зменшується його рухливість. Виникають м'язові болі у спині.

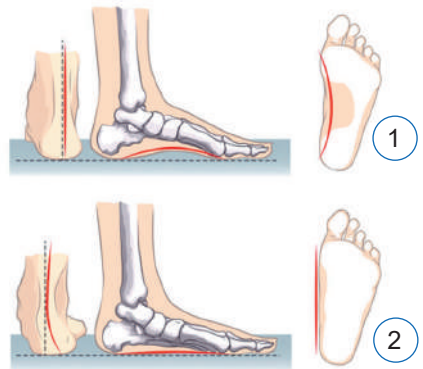
Лікування викривлень хребта базується на виконанні спеціальних гімнастичних вправ під наглядом спеціаліста. Щоб запобігти виникненню викривлень, слід уникати непомірних навантажень на хребет, ліжко повинно бути твердим і рівним, сон – достатнім, їжа – різноманітною та багатою на вітаміни.

Освітлення робочого місця має бути достатнім, а положення за столом – правильним.



Переносячи вантажі, рівномірно навантажуйте обидві руки; за столом сидіть рівно, не згинайтеся убік; регулярно виконуйте фізичні вправи для поліпшення постави. Важливо пам'ятати: запобігти порушенням постави легше, ніж їх усунути.

До вад розвитку опорно-рухового апарату в дитячому віці належить і **плоскостопість** (мал. 23.2, 2) – сплющення склепіння стопи, через що воно зменшується. Як наслідок, стискуються кровоносні судини, порушується кровообіг стопи, постійно подразнюються її нервові закінчення. Це спричиняє больові відчуття в ногах і зміну ходи. У людини з плоскостопістю ноги швидко втомлюються. Плоскостопість розвивається внаслідок слабкості м'язів стопи, надмірної маси тіла, носіння взуття на високих підборах або тісного взуття. Плоскостопість може бути як вродженою (що трапляється зрідка), так і набутою.



Мал. 23.2. Нормальна стопа (1), плоскостопість (2)



Для профілактики плоскостопості потрібно стежити за своєю поставою, правильно підбирати взуття. Корисні заняття гімнастикою і спортом, а також ходіння босоніж по піску. За перших ознак плоскостопості слід звернутися до лікаря.

ортопеда¹. У взуття вкладають спеціальні устілки. Що раніше виявлено цю ваду, то легше її лікувати.



Які переваги надає склепінчаста форма стопи людини порівняно з плоскою стопою людиноподібних мавп?

Що таке гіподинамія. Знижена рухова активність – *гіподинамія* – дуже небезпечна в дитячому і шкільному віці, бо негативно впливає на формування опорно-рухового апарату, серцево-судинної, ендокринної та інших систем, знижує опір до збудників інфекційних хвороб. Гіподинамія спричинює зниження не тільки фізичної, а й розумової працездатності, життєвого тону, а це призводить до обмеження соціальної активності, прагнення і волі переборювати труднощі.

✓ **Дізнайтеся більше** за QR-кодом, як взаємопов'язані фізична культура і здоров'я.



Узагальнення

Скелет і м'язи формують поставу людини. Постава – це положення тіла людини в стані спокою або під час рухів. До порушень постави належать надмірні вигини хребта убік (сколіоз), уперед (лордоз), назад (кіфоз) і сплюснення склепіння стопи (плоскостопість). Щоб запобігти викривленням хребта, слід уникати надмірних навантажень на хребет, спати на твердому матраці, регулярно виконувати фізичні вправи, правильно харчуватись та вживати вітаміни.

Поміркуйте

1. Чи передається постава у спадок?
2. Чому в новонародженої дитини хребет рівний, а в дорослої людини має S-подібну форму?
3. Чи можна визначити ознаки порушення постави в домашніх умовах?
4. Чому меблі, що не відповідають зросту дитини (стілець, стіл), негативно впливають на її поставу? Які порушення це може спричинити?

Підіб'ємо підсумки з теми

І. Досліджую природу

1. Плануючи «Дослідження залежності ефективності тренувань м'язів від ритму та навантаження на прикладі обраної групи школярів / школярок», учні та учениці визначали змінні. Учень сказав, що маніпульованою змінною буде ритм і навантаження тренувань. Учениця сказала, що контрольованою змінною буде одна група школярів і школярок. Укажіть, хто з них правильно визначив змінні.

- | | |
|---------------------|------------------------|
| А учень | Б учениця |
| В обоє праві | Г обоє не праві |

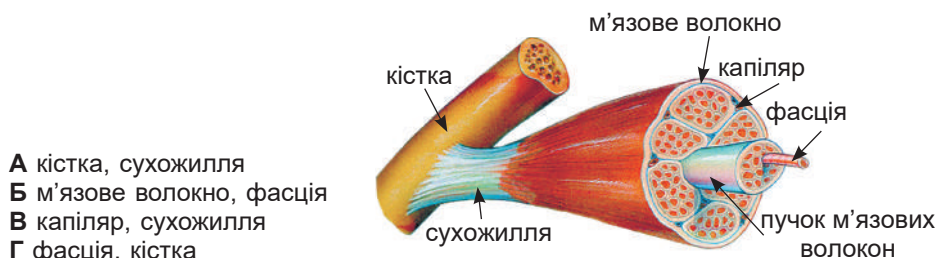
¹ Ортопед – лікар, який лікує стійкі порушення форми хребта та кінцівок і опікується профілактикою цих порушень.

2. Учні виконували лабораторне дослідження мікроскопічної будови кісткової, хрящової та м'язової тканин. Учениця сказала, що бачить у полі зору мікроскопа кісткову тканину, яку формують овальні хондроцити. Учень зауважив, що крім методу світлової мікроскопії, для порівняння клітин різних тканин доцільно використати порівняльно-описовий метод. Хто з них правий?

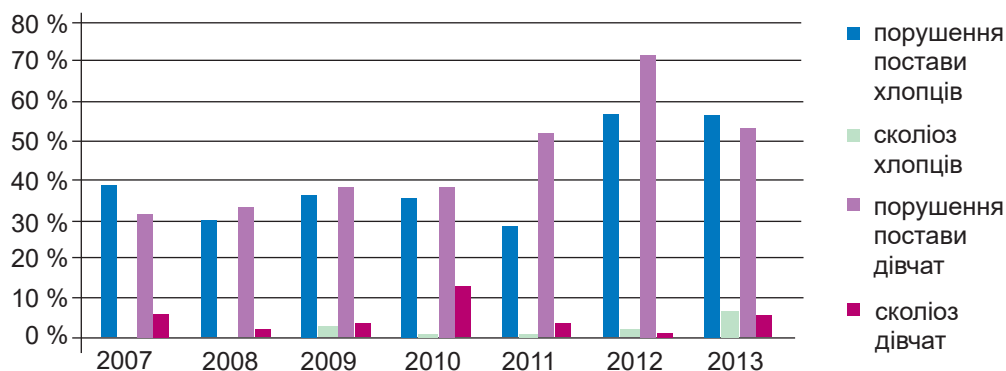
- А** учениця **Б** учень **В** обоє праві **Г** обоє не праві

II. Опрацювую та використовую інформацію

1. Розгляньте малюнок будови м'яза. Знайдіть помилкові підписи складових м'яза.



2. Розгляньте статистичні дані про порушення постави (крім сколіозу) та окремо сколіоз в учнів й учениць четвертого класу певного закладу освіти з 2007 по 2013 роки. Проаналізуйте твердження на базі діаграм.

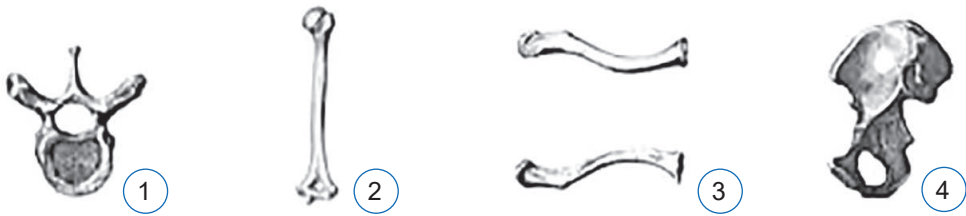


Динаміка порушень постави в учнів / учениць четвертого класу з 2007 по 2013 роки

Порушення постави (крім сколіозу) з 2007 по 2013 рік трапляються частіше, ніж сколіоз	Так	Ні
70 % порушень постави (крім сколіозу) у дівчат зафіксовано у 2012 р.	Так	Ні
У 2008 р. сколіозу в хлопців не зафіксовано	Так	Ні
У 2008–2009 роках порушень постави (крім сколіозу) у дівчат більше, ніж у хлопців	Так	Ні
Загальна кількість випадків порушень постави та окремо сколіозу зростала до 2012 р.	Так	Ні

III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Утворіть пари між кісткою (1–4) та її функцією (А–Д).



- А захищає головний мозок
- Б входить до складу верхньої кінцівки
- В формує пояс нижніх кінцівок
- Г захищає спинний мозок
- Д формує пояс верхньої кінцівки

2. Заповніть пропущені комірки в таблиці щодо будови м'язів та їхніх функцій.

Назва м'яза		зовнішні і внутрішні міжреберні	дельтоподібний	
Група, до якої він належить	жувальні м'язи голови			м'язи нижньої вільної кінцівки
Розміщення		між ребрами		на передній поверхні стегна
Функція	рухи нижньої щелепи, жування, мовлення		піднімає руку до горизонтального положення	

Компетентнісно орієнтоване завдання

Принципи роботи важелів, відомі за курсом фізики, «працюють» і в біомеханіці – у роботі опорно-рухового апарату.

Згадаємо три типи важелів: як прикладено силу відносно точки опори й яке корисне навантаження такий важіль дає змогу отримати, та приклади застосування таких важелів у різних інструментах. Одні важелі дають вигоду у силі за рахунок програшу у відстані, інші – навпаки.

Важіль I типу	Важіль II типу	Важіль III типу

Важіль I типу	Важіль II типу	Важіль III типу
Позначення: F – прикладена сила, O – точка опори, P – навантаження		
A	Б	В

1. Який з типів важелів НЕ дає виграшу в силі (за тих плечей важелів, що наведено на зображеннях)?

A Важіль I типу

Б Важіль II типу

В Важіль III типу

2. Роздивіться малюнки, що зображають дію м'язів. Яким з типів важелів вони відповідають?

Позначення: F – прикладена сила, O – точка опори, P – навантаження		
1)	2)	3)

A Важіль I типу

Б Важіль II типу

В Важіль III типу

3. На яких типах важелів було створено зображені інструменти? Доберіть до кожного з інструментів відповідний тип важеля.

1)	2)	3)	4)

A Важіль I типу

Б Важіль II типу

В Важіль III типу

4. Переважна більшість м'язів кінцівок прикріплюються до елементів скелета за «принципом двох кісток»: з одного боку м'яз прикріплено сухожиллям до однієї кістки, іншим – до іншої, і між цими кістками є суглоб (див. мал. до завдання 2, А). Цей важіль є найменш ефективним з точки зору виграшу в силі. Надайте пояснення, чому саме цей тип важелів в опорно-руховому апараті найчастіше є найчастотнішим.

Тема 4.

Травна система. Процеси метаболізму



Чому довжина та ширина травного каналу відрізняються в різних ділянках травної системи людини?

Практико-орієнтований проект:

«Розрахунок надходження енергії з харчовими продуктами та енергетичних витрат організму людини»;
«Моє збалансоване харчування (складання індивідуального харчового раціону)».

Науково-дослідницький проект:

«Дослідження впливу факторів (температури, рН середовища) на швидкість розщеплення ферментами (пепсин, амілаза тощо) органічних речовин».

Інформаційно-пошуковий проект:

«Харчові розлади та їхня профілактика!»;
«Гіпо- та авітамінози, їхня профілактика»;
«Вітаміни в продуктах харчування та збереження їх»;
«Гігієна харчування та якість харчових продуктів»;
«Корисні перекуси в школі».

Ігровий проект:

гра-квест «Де сховався вітамін?»

Творчий проект:

написання есе (твору, розповіді)
«Харчовий раціон – універсальний чи індивідуальний?»;
«Дієта: що це і для чого?»;
складання колажу «Етапи травлення».

§ 24. Будова та функції травної системи



Як пояснити вислів Гіппократа «Ми є те, що ми їмо»?

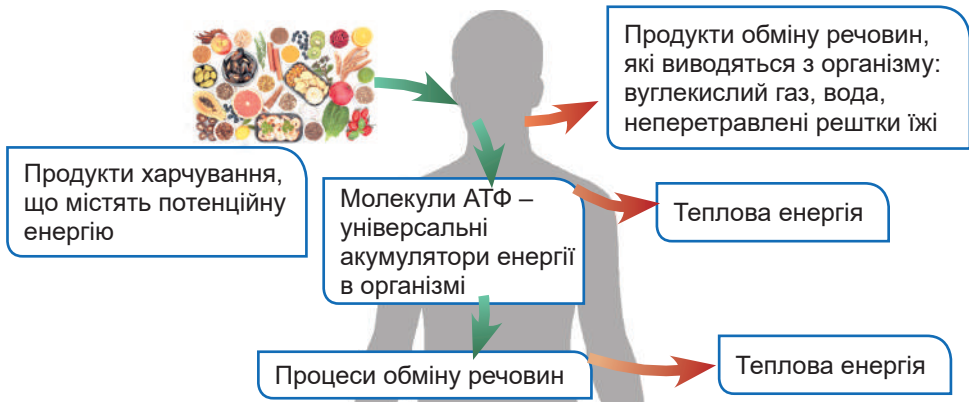
Організм людини – відкрита біологічна система. Одним з важливих екологічних принципів є **принцип єдності організмів і середовища їхнього існування.**

Будь-який організм є саморегульованою відкритою біологічною системою, яка тісно пов'язана із середовищем існування процесами обміну речовин та енергії (мал. 24.1).

Іншими словами – існування організму людини (так само, як й інших біологічних систем) неможливе без надходження ззовні поживних речовин та енергії та виведення з нього у довкілля продуктів обміну речовин.

Отже, існування організму людини, нормальний перебіг процесів життєдіяльності можливі лише за умови витрат органічних речовин і енергії та постійного їх відновлення.

Однак для того, щоб речовини їжі, які надходять в організм і містять потенційну енергію, могли замінити витрачені, вони мають зазнавати певних фізичних і хімічних перетворень, насамперед в органах травної системи.



Мал. 24.1. Організм людини – відкрита біологічна система



Використовуючи малюнок 24.1, поясніть джерела надходження енергії в організм людини, можливі шляхи її трансформації в ньому та те, в якому вигляді енергія виділяється з нього.

Поживні речовини, які утворюються в результаті реакцій розщеплення в органах травної системи, через стінки шлунково-кишкового тракту потрапляють у кров і лімфу завдяки процесам всмоктування. Саме процеси розщеплення і всмоктування є головними процесами травлення. Далі поживні речовини з кров'ю та лімфою транспортуються до всіх тканин та органів.

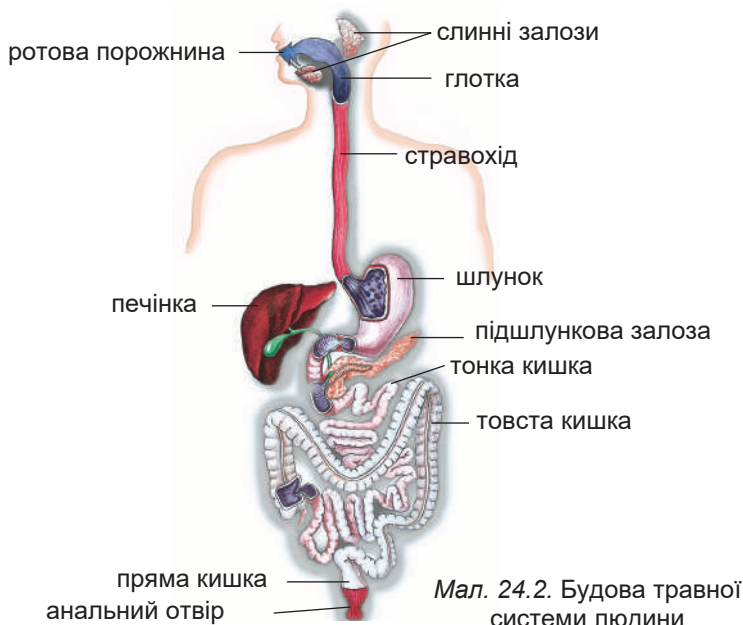
- **Травлення** – сукупність процесів механічної обробки їжі та хімічного розщеплення її компонентів на сполуки, які організм здатний засвоювати та включати в процеси обміну речовин.

- **Всмоктування** – фізіологічний процес транспортування поживних речовин з порожнини шлунково-кишкового тракту в кров та лімфу, з якими вони транспортуються до різних частин організму.

Як побудована травна система людини і які її основні функції. Основою травної системи людини є травний канал, загальна довжина якого становить 8–10 м. Він простягається від ротового отвору до анального. **Травний канал** послідовно поділений на ротову порожнину, глотку, стравохід, шлунок, тонку і товсту кишки. Товста кишка закінчується прямою з анальним отвором. До травної системи також належать зуби, язик, а також травні залози: слинні, печінка і підшлункова залоза (мал. 24.2).

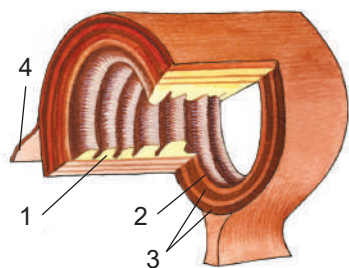
Основні функції травної системи такі:

- **рухова функція:** забезпечує захоплення їжі, її подрібнення, змішування з травними соками, просування її травним трактом та виведення неперетравлених решток назовні;
- **секреторна функція:** забезпечує виділення травних соків, слизу, а також гормонів, які регулюють діяльність травної системи;
- **функція травлення:** забезпечує розщеплення складних молекул на їхні складові під дією травних ферментів;
- **функція всмоктування** забезпечує перехід води, мінеральних речовин, вітамінів і продуктів розщеплення молекул білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот у кров або лімфу;



Мал. 24.2. Будова травної системи людини

• **функція виділення** полягає у виведенні з організму продуктів травлення, здебільшого не потрібних організму.



Мал. 24.3. Оболонки травного каналу:

1 – слизова; 2 – підслизова;
3 – м'язова; 4 – серозна

Стінка травного каналу складається із чотирьох оболонок: слизової, підслизової, м'язової та серозної (мал. 24.3). Кожна з них побудована певним типом тканин і виконує свої функції в процесах травлення. Внутрішня **слизова оболонка** травного каналу виділяє слиз, який захищає його стінки від механічного пошкодження твердими частками їжі та полегшує її просування. Крім слизу, клітини цієї оболонки виділяють травні ферменти, гормони та деякі інші речовини. Слизова оболонка, крім секреторної, виконує функцію всмоктування продуктів травлення та знезараження їх.

Підслизова оболонка побудована зі сполучної тканини. У ній міститься дуже багато кровоносних і лімфатичних судин та нервів. Вони регулюють секреторну функцію слизової оболонки.

М'язова оболонка побудована з двох шарів непосмугованих (гладеньких) м'язів. У внутрішньому шарі м'язові волокна розміщені кільцеподібно, а в зовнішньому – уздовж травного каналу. Між м'язами розташовані нерви, які регулюють перистальтику травного каналу.

Перистальтика – хвилеподібні скоординовані скорочення м'язів стінок порожнистих трубчастих органів (наприклад, кишок), що забезпечує просування їхнього вмісту у передньо-задньому напрямку.

Серозна оболонка, утворена сполучною тканиною, вкриває травний канал ззовні. У ній містяться судини та нервові волокна.

Черевну порожнину вистеляє щільна двошарова сполучнотканинна оболонка – **очеревина**. Її подвійна складка – **брижа** – забезпечує прикріплення кишки до задньої стінки черевної порожнини.

Процеси травлення поділяють на:

- **порожнинне**, яке відбувається в порожнині шлунково-кишкового тракту. Воно складається з процесів механічної та хімічної обробки їжі. *Механічна обробка їжі* полягає в її подрібненні, зволоженні, перемішуванні з травними соками, набряканні та розчиненні. *Хімічна обробка їжі* відбувається теж поетапно: спочатку в ротовій порожнині, потім у шлунку і зрештою – у кишках;

- **пристінкове травлення** відбувається на поверхні внутрішньої оболонки травного каналу на мембрані клітин.

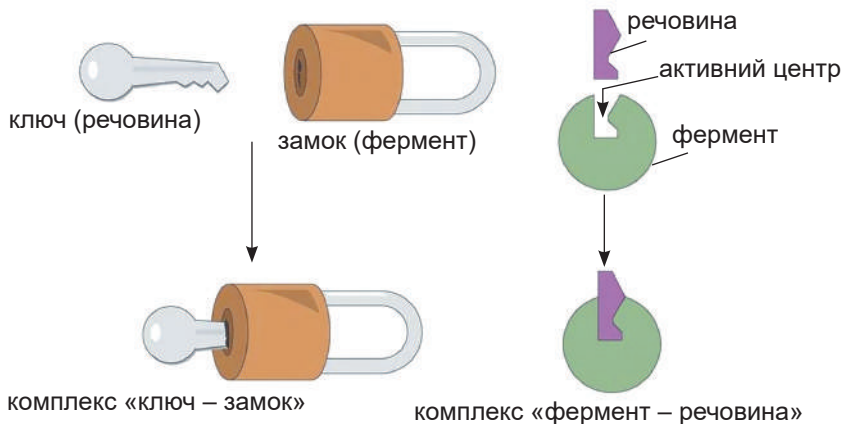
✓ **Дізнайтеся більше** як досліджують функції органів травлення та про видатних вітчизняних фізіологів за QR-кодом.



Роль ферментів у процесах перетравлення їжі. На їжу, що надходить у травну систему, попередньо мають вплинути травні соки, що їх секретують травні залози. Вплив травних соків, що містять ферменти, є однією з ланок обміну речовин. При цьому будь-яка біохімічна реакція не може здійснюватись без участі ферментів.

Ферменти, або ензими, – це біологічно активні речовини, зазвичай білкової природи, здатні впливати на швидкість перебігу біохімічної реакції. Уявіть: ферменти здатні прискорювати біохімічні реакції до 10^6 – 10^{12} разів. Тому ферменти ще називають *біологічними каталізаторами*.

Цікаво знати. Ферменти мають особливу ділянку – *активний центр*, просторова структура якої відповідає такій сполук, що вступають у реакцію. Тому ферментам притаманна **специфічність**: певний фермент може забезпечувати один тип реакцій (так само, як певний замок можна відімкнути лише певним ключем). Тому німецький біохімік Еміль Герман Фішер (1852–1919), запропонував модель, що пояснює специфічність ферментів, і назвав її «ключ – замок» (мал. 24.4). Згодом з'ясували, що фермент



Мал. 24.4. Схема, що пояснює специфічність ферментів, – модель «ключ – замок»

більше нагадує не жорсткий замок, а гнучку «рукавичку», здатну дещо змінювати свою просторову структуру під час контакту з речовиною («рукою»).



Чому взаємодія ферменту з речовиною (речовинами), які вступають у реакцію, викликала асоціацію із взаємодією ключа та замка?

Узагальнення

В організмі людини постійно перебігають процеси надходження ззовні поживних речовин та енергії й виведення з нього у довкілля продуктів обміну. Травлення – це сукупність процесів механічного оброблення їжі, її хімічного розщеплення, всмоктування та засвоєння в організмі. Травна система складається з травного каналу й травних залоз. Процеси перетравлення їжі до простих речовин, які засвоюються організмом, відбуваються за участі травних ферментів. Травні ферменти утворюються в клітинах травних залоз, вони є у складі слини, шлункового та кишкового соків. Ферменти проявляють активність лише за певних умов: певної температури, кислотності середовища (лужне, кисле, нейтральне) тощо.



Поміркуйте

1. З яких тканин побудовані органи травлення?
2. Чому в організмі людини відбуваються різні типи травлення?
3. Чи корисно вживати ферментовані продукти (їжу швидкого харчування тощо)?
4. Чому виведення неперетравлених речовин так само важливе, як і надходження корисних?

§ 25. Процеси механічної та біохімічної обробки їжі в ротовій порожнині



Навіщо ссавцям губи?

Яка будова ротової порожнини. Травний канал починається ротовою порожниною (мал. 25.1). У ній за допомогою смакових рецепторів оцінюється смак їжі, визначається її придатність (їстівна чи неїстівна), починаються процеси механічного (пережовування) та хімічного (розщеплення за участі травних ферментів слини) перетворення їжі. Ротова порожнина складається з двох частин: передня і власне ротової порожнини. *Переддень* – ділянка, оточена зовні губами та щокми. Від власне ротової порожнини вона відокремлена яснами із зубами. Верхню стінку власне ротової порожнини утворює *піднебіння*, вкрите слизовою оболонкою. Передня його частина – це тверде піднебіння, основою якого є кістки, а задня – м'яке піднебіння.

Язик – це рухливий м'язовий орган (мал. 25.1, 3). Основа язика утворена посмугованими м'язами, а його поверхня вкрита слизовою оболонкою, в якій містяться залози та *смакові рецептори*. Завдяки цим рецепторам ми розрізняємо кисле, солодке, солоне, гірке і таким чином визначаємо смак їжі, а також якість речовин, що надійшли до ротової порожнини (завдяки чому нехарчові або шкідливі речовини можуть бути рефлексорно викинуті з неї).

Крім того, язик бере участь у перемішуванні їжі, ковтанні, а разом з губами та зубами – у формуванні членороздільних звуків мови.

У ротовій порожнині є **зуби**, які слугують для захоплення, відкушування і пережовування їжі. Їхні корені закріплені в **зубних альвеолах** (зубних лунках) – заглибинах у верхній і нижній щелепах. Слизова оболонка, що вкриває зубні відростки щелеп, утворює **ясна** (мал. 25.1, 2).

Усі зуби мають загальною однаковий план будови. Кожен зуб складається з коронки, шийки та кореня (мал. 25.2). **Коронка** виступає над яснами, ззовні вона вкрита твердою зубною **емаллю**. Емаль надзвичайно міцна і запобігає стиранню зуба та проникненню в нього мікроорганізмів. Під емаллю міститься тканина, за будовою схожа на кісткову, – **дентин** (від лат. *dentis* – зуб; саме тому лікаря, який лікує вам зуби, називають **дантистом**). Дентин не такий міцний, як емаль. У середині зуба є порожнина, заповнена пухкою сполучною тканиною, кровоносними судинами і нервами, – **пульпа**. Місце переходу коронки в корінь – **шийку зуба** – охоплюють ясна. Корінь зуба оточений твердою речовиною – **зубним цементом**. Він кріпить зуб до кістки щелепи. Корінь зуба має отвір, через який у нього входять кровоносні судини й нерви.

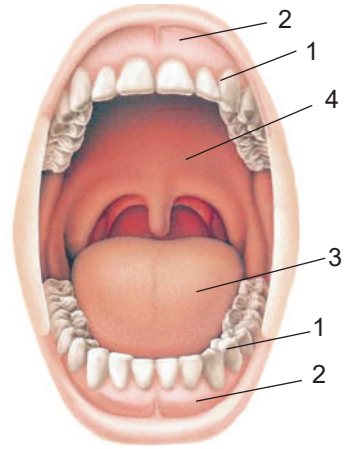
Зуби мають різну кількість коренів: один корінь мають **різці** (їх по 4 на кожній щелепі) та **ікла** (їх по 2), два корені – **малі кутні зуби** (їх по 4) і три корені – **великі кутні зуби** (їх по 6) (мал. 25.3). Різці та ікла відкушують шматки їжі, а малі та великі кутні зуби їх подрібнюють.

Зуби ростуть двічі: спочатку в людини з'являється 20 молочних, а потім – 28–32 постійних.

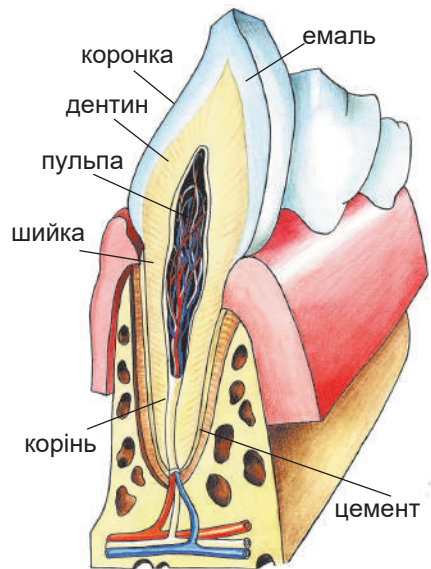
Тимчасові молочні зуби з'являються у дитини, починаючи приблизно із 6-го місяця після народження. Ріст цих зубів завершується наприкінці другого або на початку третього року життя.

Процес заміни молочних зубів на постійні починається у віці 5–8 років і триває до 13–16-го року життя.

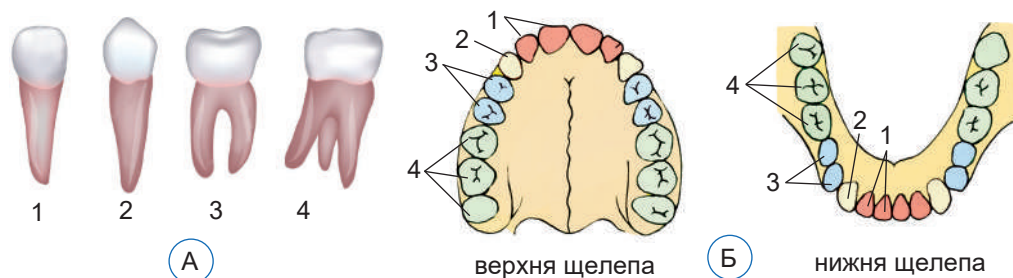
Останніми, на 16–30-му році життя, з'являються дві пари зубів – так звані **зуби мудрості** (знайдіть їх на мал. 25.3, Б).



Мал. 25.1. Будова ротової порожнини: 1 – зуби; 2 – ясна; 3 – язик; 4 – піднебіння



Мал. 25.2. Будова зуба

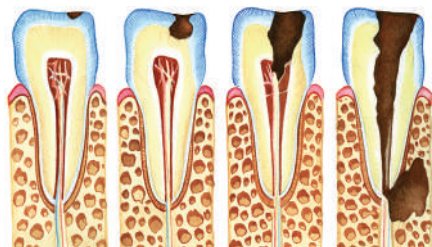


Мал. 25.3. Зовнішня будова (А) і розміщення зубів на щелепах (Б):
1 – різці; 2 – ікла; 3 – малі кутні; 4 – великі кутні



Чому в людини та більшості ссавців зуби диференційовані?

Для того щоб зуби були здоровими, за ними потрібний постійний і ретельний догляд. Якщо цього не робити, існує ризик виникнення захворювань та втрати зубів. Найпоширеніша хвороба зубів – **карієс** (від лат. *карієс* – гниття) – руйнування твердих тканин зуба з утворенням порожнин у його стінках (мал. 25.4). Профілактика карієсу полягає в неухильному дотриманні таких гігієнічних вимог:



Мал. 25.4. Схема розвитку карієсу:
від поверхневого до глибокого

• після вживання їжі порожнину рота прополоскати теплою водою;
• не вживати гарячої їжі або напоїв відразу після занадто холодної, і навпаки;

• не розкушувати дуже твердої їжі (горіхи, тверді цукерки тощо);
• щодня перед сном і вранці чистити зуби спеціальними зубними пастами;

• щороку проходити медичне обстеження в зубного лікаря – стоматолога (дантиста);

• своєчасно лікувати хворі зуби.

Міцності емалі зубів надає хімічний елемент Флуор. Тому для профілактики карієсу рекомендують застосовувати зубні паста, до складу яких входить Флуор. Але внаслідок надлишкового тривалого надходження Флуору та його сполук в організм людини розвивається хронічне захворювання – **флюороз**.

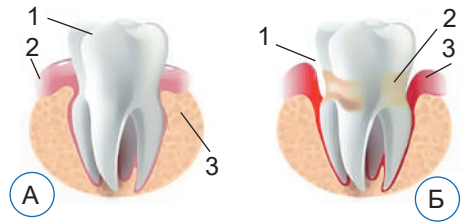
Зуби, уражені флюорозом, набувають коричневого кольору, вкриваються плямами, смужками тощо. У разі важких форм захворювання руйнується структура емалі.



Одним із захворювань зубів є **пародонтоз** (від грец. *пара* – біля, *одонс* – зуб) (мал. 25.5). Це захворювання супроводжується запаленням м'яких тканин, які оточують зуб, у ротовій порожнині з'являється неприємний запах. На початкових етапах ясна починають кровоточити, зуби – хитатися, на них з'являється наліт і вони поступово випадають. Якщо ви спостерігаєте у себе такі симптоми, слід негайно звернутись до стоматолога.

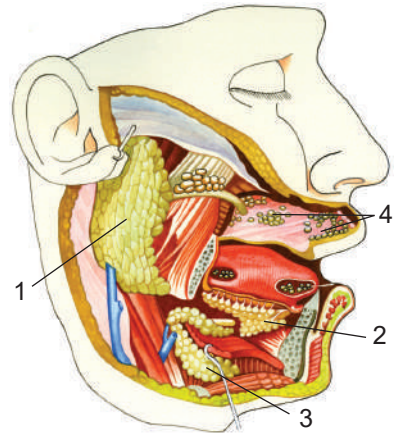
Мал. 25.5. А. Здоровий зуб:

- 1 – неушкоджена емаль; 2 – здорові ясна;
3 – кісткова тканина. Б. Пародонтит:
1 – оголюється шийка зуба; 2 – утворення
зубного каменю (затверділий зубний наліт
на поверхні зуба); 3 – запалення ясен



Хімічна обробка їжі в ротовій порожнині. Процеси ферментативного перетравлювання їжі починаються в ротовій порожнині. У цьому процесі бере участь слина, яку виробляють слинні залози. У людини є три пари великих слинних залоз: *привушні, підщелепні і під'язикові* (мал. 25.6). Крім великих слинних залоз, слизова оболонка ротової порожнини містить численні дрібні слинні залози.

За добу всі слинні залози разом виділяють у ротову порожнину 0,5–2 л слини. **Слина** – це безбарвна слизувато-клейка слаболужна рідина, до складу якої входять вода (близько 98,5 %), ферменти (лізоцим, амілаза і мальтаза) та слиз муцин. *Лізоцим* знезаражує їжу (руйнує клітинну стінку бактерій), сприяє загоєнню ран слизової оболонки ротової порожнини.



Мал. 25.6. Слинні залози:

- 1 – привушна; 2 – під'язикова;
3 – підщелепна; 4 – дрібні
залози щік і губ

Цікаво знати. На основі лізоциму створені лікарські препарати, які використовують у разі запалення слизової оболонки ротової порожнини, горла тощо.

Травні ферменти *амілаза* й *мальтаза* частково розщеплюють складні вуглеводи до більш простих. *Муцин* зволожує та обволікає їжу, забезпечує краще проковтування харчової грудки. Подрібнення і розтирання їжі має виняткове значення для її перетравлювання. У разі ретельного розжовування їжі повністю просякається слиною, а отже, ферменти слини здатні діяти на всю їжу.

Як регулюється виділення слини. Процеси виділення слини регулює нервова система. Слинні залози виділяють слину рефлекторно, під час подразнення рецепторів, розташованих на язичку й у слизовій оболонці ротової порожнини. Від них збудження передається в центр слиновиділення, який розташований у довгастому мозку. З нього сигнали надходять до слинних залоз, які починають продукувати слину. Імпульси симпатичних нервів послаблюють, а парасимпатичних, навпаки, посилюють слиновиділення.

Слиновиділення триває доти, доки їжа перебуває в ротовій порожнині й подразнює рецептори (безумовний рефлекс). Слина виділяється не тільки під час подразнення їжею відповідних рецепторів у ротовій порожнині, але й при її вигляді, запаху чи навіть при згадці про улюблену страву (умовний рефлекс). Подразнення рецепторів ротової

порожнини не лише стимулює виділення слини, а й запускає секрецію шлункового соку. Завдяки цьому шлунок заздалегідь готовий до прийняття й подальшого перетравлювання їжі.

Узагальнення

Ротова порожнина – це перший відділ травного каналу. Власне ротова порожнина оточена зверху піднебінням, щелепами із зубами та яснами, а переддень з боків – щоками, а спереду – губами. Зуби розміщені в лунках щелеп (альвеолах). Кожен зуб складається з коронки, шийки та кореня. Зуби в людини диференційовані на різці, ікла та кутні. Вони забезпечують механічне оброблення їжі: її пережовування та подрібнення. Для первинного хімічного оброблення їжі та полегшення процесу її проковтування в ротову порожнину виділяється слина. Її виробляють слинні залози (три пари великих – привушні, підщелепні, під'язикові та дрібні слинні залози).

Поміркуйте

1. Чому не рекомендують після гарячої їжі та напоїв вживати холодні?
2. Чому людина не може проковтнути їжу без слини?
3. Чому в разі тривалого жування звичайного хліба у ротовій порожнині з'являється солодкий присмак?
4. Чому немовлята не вміють жувати?



Лабораторне дослідження «Зовнішня будова зубів (за муляжами, моделями)».



§ 26. Ковтання їжі. Процеси травлення в шлунку



Чому в ротовій порожнині їжа не перетравлюється повністю до сполук, які можуть всмоктуватися у кров?

Після механічного та біохімічного оброблення в ротовій порожнині, їжа надходить у глотку. Цей процес називають *ковтанням*.

Як людина ковтає. *Ковтання* – це процеси, завдяки яким пережована, змочена слиною та частково розщеплена їжа (*харчова грудка*) спочатку за допомогою язика проштовхується до глотки. Далі, завдяки скороченню пошматованих м'язів стінок глотки, харчова грудка потрапляє до стравоходу.

Акт ковтання може бути як безумовнорефлекторним, так і відбуватися свідомо – під контролем великих півкуль. Під час ковтання рефлекторно затримується дихання, а надгортанник (хрящ, що входить до складу гортані) перекриває їжі доступ до дихальних шляхів.

Глотка – порожнистий орган лійкоподібної форми, завдовжки близько 12 см (мал. 26.1, 1). У ділянці глотки перехрещуються шляхи проходження їжі та дихальні шляхи.

Частина глотки, яка сполучається з носовою порожниною, має назву *носоглотка*, а та, яка сполучається з ротовою порожниною, – *ротоглотка*. У нижній своїй частині глотка сполучається зі стравоходом і гортанню (мал. 26.1, 2).



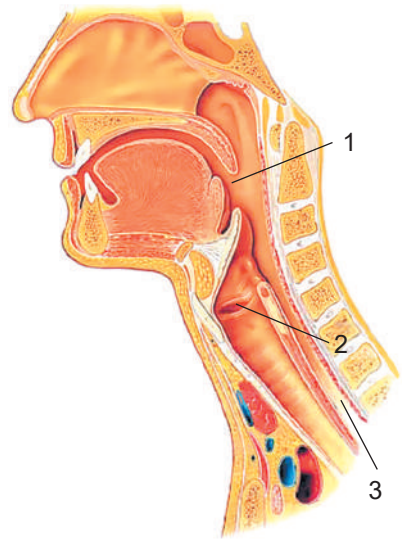
Якщо в момент ковтання надгортанник не закриває вхід до гортані, то шматочки їжі можуть потрапляти в дихальні шляхи. Це спричинює кашель і задуху, що може бути досить небезпечним. Сильне подразнення ділянки кореня язика великою харчовою грудкою може викликати блювальний захисний рефлекс.

Стравохід – вузька трубка 23–25 см завдовжки, яка з'єднує глотку зі шлунком (мал. 26.1, 3). М'язовий шар стінок у верхній частині стравоходу складається із посмугованих м'язів, а в інших – із непосмугованої м'язової тканини. М'язи розташовані у два шари: внутрішній (кільцевий) і зовнішній (поздовжній). Хвилеподібні скорочення цих м'язів проштовхують їжу в шлунок.

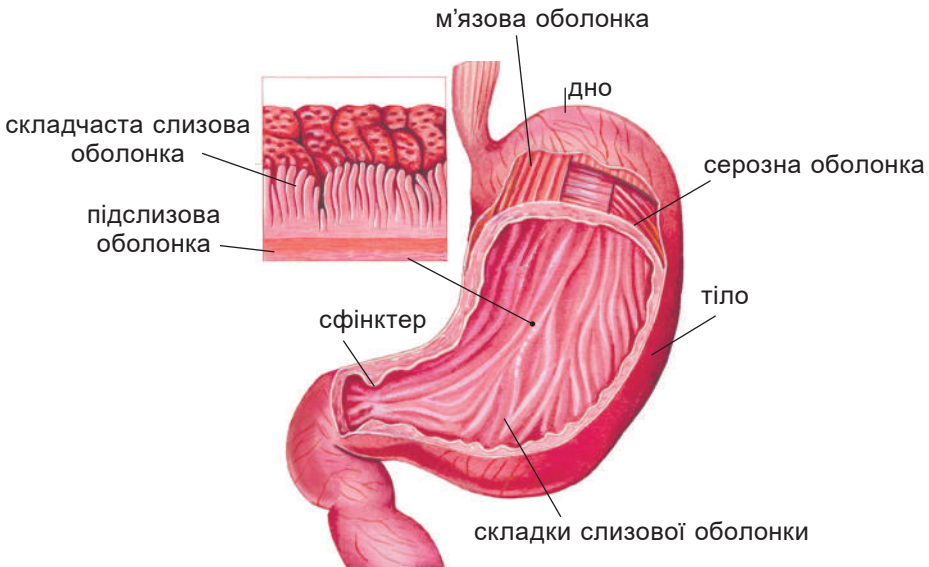
Яка будова шлунка та які його функції.

Шлунок – розширений відділ травного каналу. Він розташований у лівій частині черевної порожнини під діафрагмою (див. мал. 24.2). У ділянці *вхідної* частини шлунок сполучається зі стравоходом. Основна середня частина шлунка – *тіло* (мал. 26.2). Задня частина шлунка має звужену ділянку, яку називають *воротар шлунка*. Там розташований коловий м'яз (сфінктер), який регулює перехід вмісту шлунка до дванадцятипалої кишки.

Форма та об'єм шлунка помітно змінюються залежно від його наповнення, положення тіла тощо. У дорослої людини довжина шлунка становить 21–25 см, а його ємність – 1–3 л. Шлунок може розтягатися



Мал. 26.1. Глотка (1), гортань (2) стравохід (3)



Мал. 26.2. Будова шлунка

і до більшого об'єму. Розтягнення стінок шлунка при заповненні їжею дозволяє складчаста поверхня слизової оболонки (мал. 26.2). Однак надмірне розтягання шлунка заважає дихальним рухам діафрагми.

Здатність шлунка вміщувати значну кількість їжі називають *депонуванням*. Завдяки цьому людина може споживати їжу лише 3–4 рази на день, не відчуючи в проміжках між прийомами їжі голоду.

Зовні шлунок нагадує мішок, верхня поверхня якого увігнута і коротка, а нижня – більша та опукла. Стінка шлунка утворена чотирма типовими для травного каналу оболонками (слизовою, підслизовою, м'язовою та серозною). На відміну від стравоходу, непосмуговані м'язи у стінці шлунка розташовані не у два, а у три шари (кільцевий, косий, поздовжній). Скорочення м'язів стінки шлунка перемішують їжу та періодично просувають її до тонкої кишки.

У слизовій оболонці шлунка містяться кілька типів секреторних клітин, які виділяють травні ферменти, хлоридну кислоту і слиз. Суміш цих речовин разом формує кислий *шлунковий сік*. За добу в людини виробляється 2–3 л шлункового соку.

Основним ферментом шлункового соку є *пепсин* (від грец. *пепсис* – травлення). Він забезпечує початкове розщеплення білків, яке продовжується у тонкій кишці.

Початкове розщеплення вуглеводів, яке забезпечували ферменти слини, у шлунку припиняється: кислий шлунковий сік робить ферменти слини неактивними. Пепсин, навпаки, виділяючись у неактивній формі, активується лише в кислому середовищі, яке створює хлоридна кислота.

Фермент *ліпаза* розщеплює подрібнені на краплинки жири (наприклад, жири молока). Активність ліпази висока в дітей і майже відсутня в людей зрілого віку.

Хлоридна кислота, крім того, що створює оптимальні умови для дії пепсину, знешкоджує хвороботворні та гнильні бактерії. Вона також сприяє набряканню білків, що значно полегшує їхнє перетравлювання. *Слиз* шлункового соку вкриває стінки шлунка і захищає їх від перетравлювання пепсином. У слизовій оболонці шлунка утворюється гормон *гастрин* (від грец. *гастер* – шлунок), який бере участь у регуляції шлункової секреції.

Утворення і виділення шлункового соку регулює нервова система та біологічно активні речовини. Шлунковий сік, як і слина, виділяється завдяки як безумовним, так й умовним рефлексам. При подразненні смакових рецепторів слизової оболонки ротової порожнини, глотки, стравоходу під час жування та ковтання їжі, або при подразненні їжею рецепторів слизової оболонки шлунка, нервові імпульси надходять до центру виділення шлункового соку в довгастому мозку. Звідти нервові імпульси надходять до залоз, які виробляють шлунковий сік (приклад безумовного рефлексу). Виділення шлункового соку може бути спричинене й умовними рефlekсами: при подразненні рецепторів зору, нюху, слуху ще до прийняття їжі, згадкою про їжу.

Гуморальну регуляцію вироблення шлункового соку здійснюють хлоридна кислота, гормони, які виділяють деякі клітини слизової шлунка, мінеральні речовини їжі (як-от натрій хлорид), продукти перетравлення білків, гострі приправи тощо. Гормон гастрин, який

виділяється у відповідь на надходження їжі в шлунок, стимулює секрецію хлоридної кислоти і в незначному ступені – виділення пепсину.



Апетит збуджують різноманітні закуски і приправи, наприклад салати, соління, перець, гірчиця, які застосовують у невеликих кількостях. Гарно оформлені страви з приємним запахом, привабливо сервірований стіл збуджують апетит ще до прийняття їжі. Натомість неприємними запахом і виглядом їжі, шумом, сторонніми розмовами, виникненням болю тощо, соковиділення в шлунок гальмується.

Виділення шлункового соку триває, поки в шлунку є їжа, і залежить від її кількості та якості. Тривалість перебування їжі у шлунку залежить і від її складу. Рідини зі шлунка до кишки переходять майже відразу. Жирна їжа затримується близько шести-восьми годин, вуглеводна – близько чотирьох годин. У шлунку всмоктуються в кров тільки вода, мінеральні солі, алкоголь, деякі ліки та незначна кількість глюкози.



Якщо в шлунок довго не надходить їжа, то його м'язи починають скорочуватися, і виникає неприємне відчуття голоду, яке людина прагне якомога швидше вгамувати. Пам'ятайте! Читання, розмови, перегляд відео під час вживання їжі, негативні емоції гальмують виділення шлункового соку.



Чим небезпечно виділення шлункового соку в разі тривалої відсутності їжі у шлунку?

З вихідної частини шлунка харчова маса окремими порціями проштовхується в початковий відділ тонкої кишки – дванадцятипалу кишку. Швидкість переходу їжі залежить від її об'єму, складу і регулюється почерговим розмиканням та замиканням кільцевого м'язастискача (сфінктера; мал. 26.2).

Узагальнення

Пережована їжа, що потрапляє на корінь язика, проштовхується і надходить у стравохід, а звідти до шлунка. Стінка шлунка утворена чотирма оболонками (слизовою, підслизовою, м'язовою та серозною). М'язова стінка складається з трьох шарів (кільцевого, косого та поздовжнього). Форма шлунка та його об'єм змінюються залежно від положення тіла та наповнення його їжею. У шлунку їжа накопичується, знезаражується, починається перетравлення білків. Частково перетравлена у шлунку їжа переміщується до тонкої кишки.



Поміркуйте

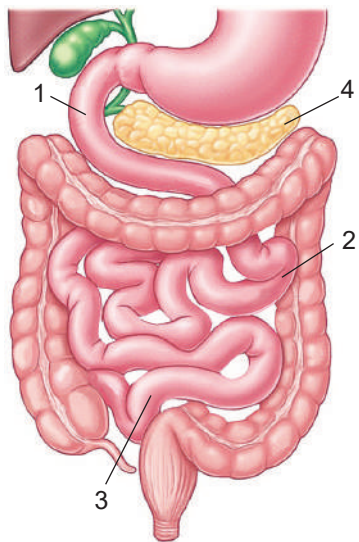
1. Чому форма шлунка мішкоподібна, а його об'єм може змінюватись?
2. Яке значення для швидкості травлення в шлунку має те, наскільки добре чи погано пережована їжа?
3. Чому в різних людей може бути різна кислотність шлункового соку?
4. Що буде, якщо зникне сфінктер між шлунком і дванадцятипалою кишкою?

§ 27. Процеси травлення у кишці. Виведення з організму неперетравлених решток їжі



Чим відрізняються процеси фільтрації, всмоктування та дифузії?

Кишка – наступна за шлунком ділянка травного каналу. Вона складається з двох відділів: тонкої і товстої кишки.

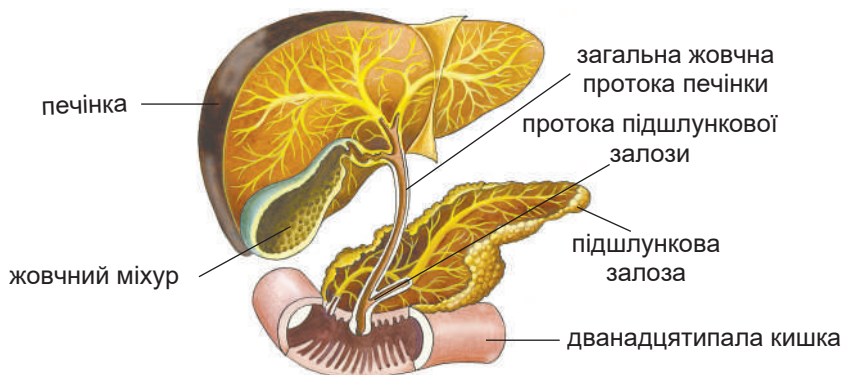


Мал. 27.1. Будова тонкої кишки: 1 – дванадцятипала кишка; 2 – порожня кишка; 3 – клубова кишка; 4 – підшлункова залоза

Яка будова та які функції тонкої кишки.

Частково перетравлена в шлунку їжа, яку називають *хімусом*, порціями надходить до **тонкої кишки** (мал. 27.1). Саме там поживні речовини їжі розщеплюються остаточно і всмоктуються в кров і лімфу. У дорослої людини довжина тонкої кишки становить 5–6 м. Її поділяють на три послідовні відділи: дванадцятипалу, порожню та клубову кишки.

Дванадцятипалу кишку названо так тому, що її довжина дорівнює приблизно товщині 12 складених разом пальців (25–30 см). Це найкоротша ділянка тонкої кишки, до якої відкриваються протока підшлункової залози та загальна жовчна протока (мал. 27.2). І хоча харчові маси затримуються в дванадцятипалій кишці недовго, саме тут на них діє найбільше травних ферментів. Їхня кількість залежить від складу їжі. Основною функцією дванадцятипалої кишки є перетравлювання їжі, тут відбуваються і процеси всмоктування.



Мал. 27.2. Зв'язок травних залоз із дванадцятипалою кишкою

Підшлункова залоза, завдовжки 12–15 см, розташована під шлунком (звідки й походить її назва) (мал. 27.2). Вона виробляє травний сік, який через вивідну протоку потрапляє в дванадцятипалу кишку. Цей сік має лужну реакцію і виділяється тільки під час травлення. До його складу входять ферменти, які сприяють розщепленню *всіх* пожив-

них речовин: *трипсин* та *хімотрипсин* забезпечують розщеплення білків до їхніх складових – амінокислот, *ліпаза* – жирів до гліцеролу та жирних кислот, *амілаза* розщеплює крохмаль до глюкози, *нуклеази* – нуклеїнових кислот до нуклеотидів. Упродовж доби в людини утворюється до 2 л підшлункового соку.

Печінка – найбільша залоза в організмі людини (її маса – 1,5–2 кг), розташована переважно у правому підребер'ї, під діафрагмою. На нижній поверхні печінки є так звані ворота, через які до неї входять і виходять кровоносні судини, нерви, тут розташований і *жовчний міхур*. Цей порожнистий орган загальною жовчною протокою сполучений з дванадцятипалою кишкою (мал. 27.2).

Печінка виконує важливі функції: секреторну, захисну, обмінну, синтетичну, детоксикаційну.

Секреторна функція печінки полягає в утворенні жовчі. **Жовч** – це зеленкувато-жовта, гіркувата на смак в'язка рідина, що містить особливі жовчні кислоти та пігменти, мінеральні солі тощо. Під дією жовчі жири розпадаються на мікроскопічні краплинки. У такому стані вони краще розщеплюються ферментами. Крім того, під дією жовчі активуються деякі ферменти підшлункової залози (наприклад, трипсин), посилюється рухова активність кишок. За відсутності травлення жовч збирається в жовчному міхурі, а під час вживання їжі жовчною протокою з міхура надходить до дванадцятипалої кишки. За добу в людини виділяється 500–700 мл жовчі.

Печінка відіграє важливу *захисну (бар'єрну) функцію*. Вся кров, що відтікає від шлунка, кишки й підшлункової залози, проходить через печінку.

Печінкою знешкоджується до 95 % шкідливих речовин, які можуть утворюватися у процесі травлення. Завдяки своїм бактерицидним властивостям жовч гальмує гнильні процеси в кишці. Шкідливі речовини й мікроорганізми знезаражуються і з деякими продуктами обміну речовин разом із жовчю через кишку виводяться назовні (*видільна функція*).

Печінка *бере участь в обміні вуглеводів, білків, жирів і вітамінів*. Глюкоза, що всмоктується з кишки в кров, перетворюється в печінці на глікоген.

За потреби глікоген може розщеплюватись до глюкози, яка надходить у кров і транспортується до тканин і органів. Так забезпечуються енергетичні потреби організму.



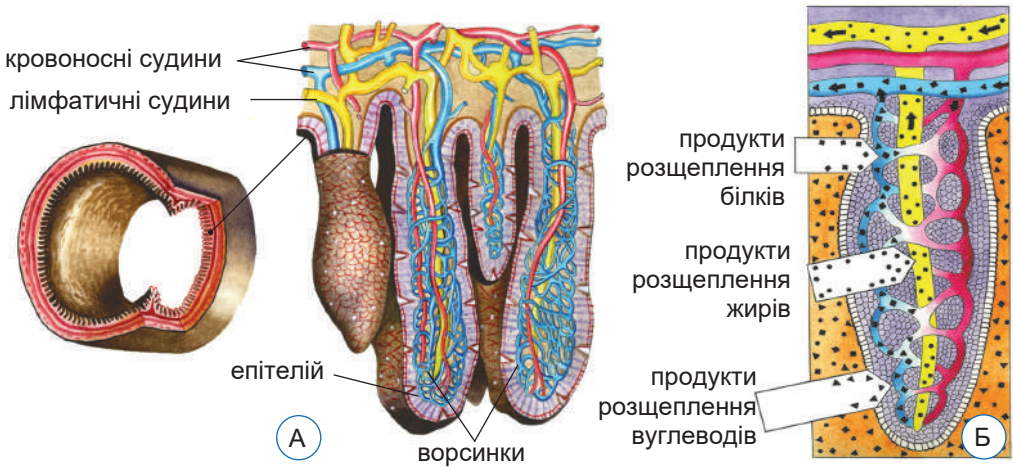
Поясніть, чому фізіологи називають печінку «хімічною лабораторією», «продуктовим складом» і «диспетчером організму».

Процеси травлення у тонкій кишці здійснюються внаслідок дії кишкового соку, соку підшлункової залози, а також жовчі. У слизовій оболонці є численні секреторні клітини, які виділяють на добу близько 2 л кишкового соку. Це в'язка рідина зі слабколужною реакцією, в якій містяться ферменти (понад 20). Вони беруть участь у процесі перетравлення білкових молекул та їхніх складових, жирів і вуглеводів. Крім того, деякі секреторні клітини продукують слиз, який зменшує тертя харчових мас по стінках кишки та захищає самі стінки від дії травних ферментів і механічних подразнень.

Утворені в процесі травлення у тонкій кишці речовини всмоктуються в кров і лімфу.

Всмоктувальна поверхня клубової та порожньої кишок дуже велика завдяки наявності *ворсинок* (мал. 27.3). Велика кількість ворсинок (приблизно 30 млн) майже в 1000 разів збільшує всмоктувальну поверхню тонкої кишки. Вони густо лежать одна біля одної. До складу ворсинок входять кровоносні та лімфатичні судини, а також м'язові та нервові волокна.

Зі свого боку, клітини, які вкривають ворсинки, утворюють мікроскопічні вирости – *мікророслинки*. Уявіть: окремі клітини можуть утворювати до 3 тис. таких виростів, які значно збільшують всисну поверхню шлунково-кишкового тракту.



Мал. 27.3. Будова тонкої кишки. А. Будова ворсинок кишки. Б. Схема всмоктування поживних речовин – продуктів розщеплення білків, жирів, вуглеводів – ворсинками

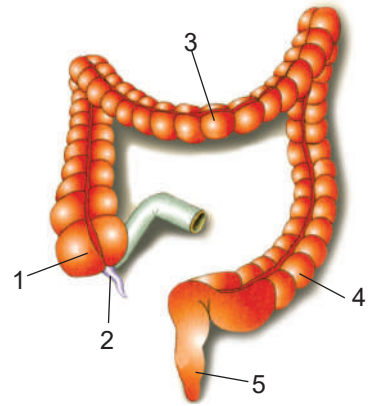
У тонкій кишці здійснюється як порожнинне (в порожнині кишки), так і пристінкове (мембранне) й внутрішньоклітинне травлення.

Пристінкове (мембранне) травлення забезпечують ферменти, що надходять з порожнини травного тракту, а також ферменти, які синтезують самі клітини слизової оболонки. Воно відбувається на поверхні ворсинок та сприяє ретельному розщепленню поживних речовин і всмоктуванню простих органічних речовин. *Всмоктування* – складний фізіологічний процес проникнення води і розчинених у ній органічних і мінеральних речовин у кров і лімфу.

Перетравлення їжі та всмоктування поживних речовин завершується переважно в тонкій кишці. Амінокислоти та глюкоза всмоктуються в кровоносні судини ворсинок, а продукти розщеплення жирів – у лімфатичні. Остаточні поживні речовини розщеплюються в клітинах (процеси *внутрішньоклітинного травлення*). Ті рештки харчової маси, які залишилися у порожнині клубової кишки, завдяки перистальтичним скороченням стінок кишки надходять до товстої кишки.

Яка будова та функції товстої кишки.

Товста кишка завдовжки 1,0–1,5 м, її діаметр більший, ніж тонкої (звідки й походить назва). Початкова ділянка товстої кишки – **сліпа кишка** (мал. 27.4). Від задньої її частини відходить тонкий червоподібний відросток – **апендикс**, який безпосередньої участі у процесах травлення не бере. Сліпа кишка переходить в **ободову**, яка з трьох боків охоплює черевну порожнину. Завершується ободова кишка прикінцевою ділянкою – **сигмоподібною**. Вона продовжується **прямою кишкою**, що закінчується анальним отвором.



Мал. 27.4. Будова товстої кишки: 1 – сліпа кишка; 2 – апендикс; 3 – ободова кишка; 4 – сигмоподібна ділянка ободової кишки; 5 – пряма кишка

У порожнині товстої кишки мешкає величезна кількість мікроорганізмів (мікрофлора кишки). Їхнє значення полягає в розщепленні частини клітковини (целюлози), поліпшенні процесів травлення та підсиленні засвоєння поживних речовин, утворенні деяких вітамінів (зокрема, К і групи В), запобіганні розвиткові хвороботворних мікроорганізмів (створюють середовище, непридатне для їхнього оселення).



Мікрофлора кишки дуже чутлива до дії антибіотиків, тому вживати їх потрібно тільки за призначенням лікаря. Якщо не дотримуватись цього правила, у людини підвищується сприйнятливність до інфекційних захворювань, порушуються процеси обміну речовин (наприклад, засвоюваність деяких сполук).

Стінки товстої кишки не мають ворсинок. Клітини слизової оболонки виробляють сік, у якому мало ферментів, але багато слизу. Він полегшує просування і видалення неперетравлених решток їжі. У товстій кишці переважно всмоктуються вода (приблизно 4 л за добу), вітаміни, деякі лікарські препарати та мінеральні речовини.

З неперетравлених решток їжі формуються калові маси, які містять шкідливі для організму речовини. Завдяки скороченням м'язів стінок товстої кишки вони просуваються до прямої кишки, де накопичуються на певний час.

Калові маси періодично виводяться через **анальний отвір** назовні. Виведення їх з кишки регулює м'яз-стискач (сфінктер), розміщений у кінцевому відділі прямої кишки.

Процеси травлення в людини тривають залежно від складу їжі та функціональної активності органів кишково-шлункового тракту від однієї до трьох діб. При цьому найбільше часу витрачається на просування решток їжі саме товстою кишкою (приблизно 12 годин).

Як відбувається нейрогуморальна регуляція роботи кишок. Діяльність кишок і пов'язаних з ними травних залоз (печінки, підшлункової залози) регулюють нервова система та біологічно активні речовини. Так, нервові імпульси, які надходять симпатичними нервами, гальмують як рухову (моторну), так і секреторну активність кишок, а ті, які надходять парасимпатичними, навпаки, їх стимулюють.

На діяльність кишок впливають і деякі біологічно активні сполуки. Одні з них (наприклад, гормон гастрин) стимулюють діяльність кишок, інші (наприклад, гормон підшлункової залози – глюкагон), навпаки, її пригнічують. Сік підшлункової залози та жовч рефлексорно виділяються після подразнення рецепторів ротової порожнини, глотки та шлунка їжею (відповідний нервовий центр у довгастому мозку).

Узагальнення

Кишку умовно поділяють на тонку та товсту. Тонка кишка має такі відділи: дванадцятипала, порожня та клубова. У порожнині тонкої кишки відбувається ферментативне розщеплення білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот і всмоктування продуктів розпаду кишковими ворсинками. Товста кишка має такі відділи: сліпа з апендиксом, ободова, сигмоподібна та пряма, що закінчується анальним отвором. У товстій кишці переважно всмоктуються вода, вітаміни, деякі лікарські препарати, мінеральні речовини та формуються калові маси. Продуктом секреції печінки є жовч, яка емульгує жири та активує ферменти.

Поміркуйте

1. Чим відрізняється внутрішня поверхня тонкої та товстої кишки?
2. Які порушення травлення виникнуть у людини, в якій не функціонує печінка?
3. Чому підшлункова залоза входить до складу двох систем органів: ендокринної та травної?
4. Чому затримання калових мас загрожує отруєнням організму?

§ 28. Процеси катаболізму та анаболізму – складники метаболізму. Вітаміни, їхня роль в обміні речовин

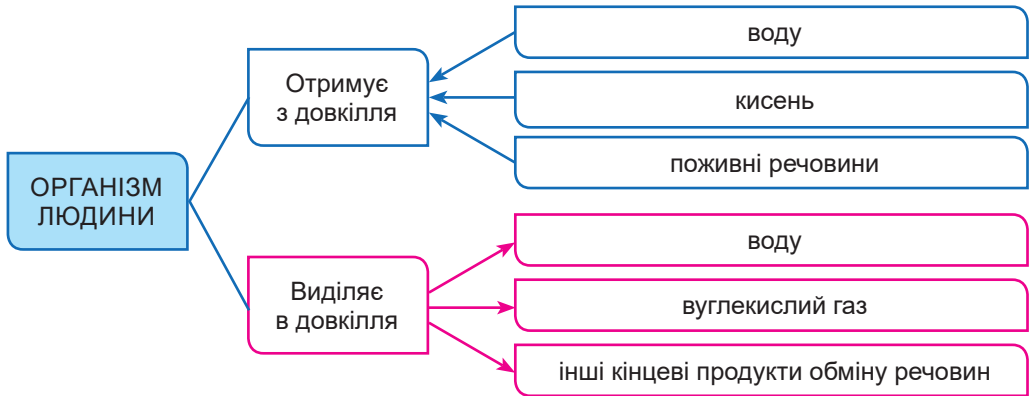


Чи може гетеротрофний організм жити без надходження поживних речовин із зовнішнього середовища?

Що таке обмін речовин. Організм людини, як й інші біологічні системи, є відкритою системою (див. мал. 24.1), існування якої залежить від нормального перебігу обміну речовин. Ці процеси ще називають **метаболізмом** (від грец. *μεταβολη* – перетворення) (мал. 28.1).

У процесах метаболізму нашого організму беруть участь різні типи сполук: як органічні (білки, жири, вуглеводи тощо), так і неорганічні (неорганічні кислоти, солі, кисень, вуглекислий газ, вода та ін.). Процеси метаболізму забезпечують різні види діяльності організму, його ріст і розвиток, дають змогу реагувати на подразники зовнішнього та внутрішнього середовища. Завдяки обміну речовин структури організму постійно оновлюються, підтримується динамічна сталість його внутрішнього середовища – гомеостаз.

Метаболізм – складний ланцюг біохімічних перетворень різноманітних сполук в організмі, починаючи з моменту потрапляння їх із зовнішнього середовища й завершуючи видаленням назовні кінцевих продуктів, які утворилися в процесі таких перетворень.



Мал. 28.1. Схема обміну речовин в організмі людини



Які саме речовини людина отримує з навколишнього середовища безпосередньо, а які – з харчовими продуктами?

Процеси обміну речовин складаються з реакцій двох типів: розщеплення складних органічних сполук до простіших (процеси **катаболізму**, або **дисиміляції**) й одночасного утворення складніших сполук з простих (процеси **анаболізму**, або **асиміляції**). Зазвичай ці два процеси в організмі людини збалансовані. Але в організмі, що росте й розвивається, процеси асиміляції повинні переважати над процесами дисиміляції.

Під час перебігу реакцій дисиміляції звільняється потрібна організму енергія. Реакції асиміляції натомість відбуваються з витратами енергії. Тому запаси енергії в організмі мають постійно відновлюватись. Організм людини здатний запасати певні речовини і, відповідно, накопичену в них енергію. Певна кількість жирів запасасться в підшкірній жировій клітковині, сальнику тощо, а вуглеводів (у вигляді глікогену) – насамперед у клітинах печінки та м'язів.

Необхідна організмові енергія вивільняється внаслідок окиснення (білки, жири, вуглеводи) чи безкисневого розщеплення (вуглеводи) органічних сполук (табл. 28.1).

У харчових продуктах обов'язково повинні бути присутні білки, насамперед тваринного походження. Для повноцінної життєдіяльності організму людини потрібно енергії приблизно 10 500 кДж на добу (ця цифра залежить від віку, виду діяльності тощо). Обмін речовин і перетворення енергії в організмі людини регулюють нервова та ендокринна системи.

Що таке вітаміни та яке їхнє значення для організму людини. Вітаміни – біологічно активні речовини різної хімічної природи, вони необхідні для забезпечення нормального перебігу обміну речовин та перетворення енергії. За відсутності в харчовому раціоні певних вітамінів порушуються процеси нормального метаболізму. Ще в V ст. до н. е. давньогрецький лікар Гіппократ (близько 460 р. до н. е. – 370 р. до н. е.) своїм пацієнтам з порушенням зору рекомендував їсти пташину та коров'ячу печінку. Нині ми знаємо, що печінка – це джерело вітамінів А, а також В₂, В₁₂, К та Е.

Таблиця 28.1. Функціональне значення для організму білків, жирів і вуглеводів

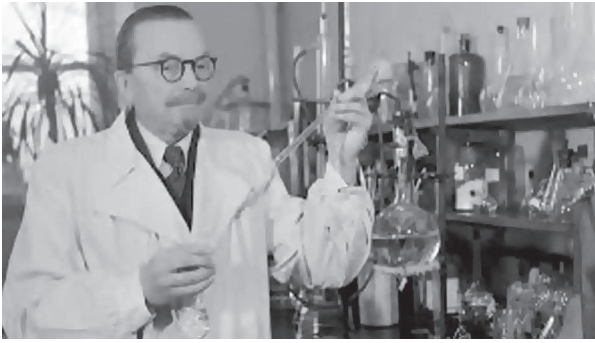
Поживні речовини	Енергетична функція в організмі людини	Інші функції органічних речовин в організмі людини	Основне джерело речовин (продукти харчування)
Білки	Під час окиснення 1 г білка вивільняється 17,2 кДж, або 72 ккал енергії	Будівельна (клітини та тканини тіла людини), регуляторна (гормони), транспортна (гемоглобін), захисна (антитіла, інтерферони)	Рослинні: бобові рослини (квасоля, боби, горох, соя). Тваринні: яйця, ікра, молоко, м'ясо, риба
Вуглеводи	Під час розщеплення 1 г вуглеводів вивільняється 17,6 кДж, або 72 ккал енергії	Запасальна (глікоген), будівельна (наприклад, входить до складу глікокаліксу)	Рослинні: зернові (хлібо-макаронні вироби), рис, картопля, овочі, фрукти
Жири	Під час окиснення 1 г жирів вивільняється 38,9 кДж, або 164 ккал енергії	Запасальна (жирові депо), теплоізоляційна, захисна (захищають шкіру від висихання і набрякання), будівельна (входять до складу клітинних мембран)	Рослинні: олії (соняшникова, оливкова, кукурудзяна тощо). Тваринні: вершкове масло, молочні продукти, сало

Цікаво знати. Назву «вітаміни» (від лат. *vita* – життя та *аміни* – речовини, що містять аміногрупу ($-NH_2$)) запропонував 1911 р. польський учений Казимир Функ (1884–1967). Він розробив препарат, незначна кількість якого виліковувала хворобу бері-бері¹. К. Функ висловив припущення, що й інші хвороби, такі як скорбут (цинга), рахіт, також можуть спричинюватися нестачею певних речовин у харчовому раціоні людини.

Американський біохімік Елмер Вернер Макколлум (1879–1967) у 1913 р. запропонував позначати вітаміни літерами латинського алфавіту: **A, B, C, D** тощо. У 1922 р. він відкрив вітаміни **D** і **E**. Сучасна номенклатура вітамінів була прийнята Міжнародним союзом фундаментальної та прикладної хімії (IUPAC) у 1956 р., вона відображає хімічну структуру цих сполук. Назви вітамінів також пов'язані і з їхньою фізіологічною дією (наприклад, вітамін **B₁** також називають *тіаміном*, або *антиневритним*). Вважають, що для організму людини важливими є 13 вітамінів.

Важливий внесок у дослідження вітамінів зробили й українські вчені. В Україні розпочав вивчати ці біологічно активні сполуки академік Академії наук України О.В. Палладін (мал. 28.2). Він із співробітниками виявив зв'язок між нестачею певних вітамінів і порушен-

¹ Хвороба людини, спричинена нестачею вітаміну **B₁**. Супроводжується зниженням апетиту, погіршенням процесів травлення, болем у м'язах ніг, підвищеною подразливістю та зниженою працездатністю.



Мал. 28.2. Академік Академії наук України Палладін Олександр Володимирович (1885–1972): видатний український біохімік, засновник української біохімічної школи, з 1925 по 1970 рік очолював Інститут біохімії НАН України, який нині носить його ім'я. За його ініціативою в 1934 р. була створена кафедра біохімії при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, якою він керував упродовж двох десятиріч. З 1946 по 1962 роки – президент Академії наук України

нями обміну речовин. У роки Другої світової війни під його керівництвом був синтезований водорозчинний аналог вітаміну К, названий «вікасолон». Цей препарат, що сприяє припиненню кровотечі та якнайшвидшому загоюванню ран, врятував багато життів поранених.

Добова потреба у вітамінах – лише кілька міліграмів, а то й мікрограмів. Незважаючи на невеликий уміст в організмі, вітаміни відіграють надзвичайно важливу роль в обміні речовин та перетворенні енергії.

Багато вітамінів входить до складу ферментів, деякі потрібні для утворення гормонів.

За відсутності вітамінів в організмі виникають захворювання – **авітамінози**, за їхньої нестачі – **гіповітамінози**. Негативно на організм людини впливає і надлишок умісту вітамінів в організмі (**гіпервітамінози**). Вітаміни поділяють на дві групи: водорозчинні та жиророзчинні. До **водорозчинних** відносять вітаміни групи В, вітаміни Р, С та ін.; до **жиророзчинних** – А, D, Е, К тощо. Жиророзчинні вітаміни засвоюються організмом лише в поєднанні з жирами (олією, сметаною, вершковим маслом тощо).

Вітаміни швидко розкладаються, більшість з них не відкладається про запас і не синтезується в організмі. Тому важливо постійно вживати продукти, що містять необхідні вітаміни.

Головне джерело вітамінів – свіжі фрукти, овочі, а також продукти тваринного походження: вершкове масло, молоко, м'ясо, печінка, риба тощо. Неправильне зберігання або кулінарна обробка продуктів харчування призводять до руйнування більшості вітамінів. Наприклад, вітамін С легко руйнується під дією світла, кисню повітря, тепла, контакту з посудом. Вітамін В₁ чутливий до нагрівання. Вітаміни А, Е, К, В₂, В₆ дуже чутливі до світла і кисню, але витримують дію високої температури.

Вітаміни не лише надходять у наш організм з їжею, їх ще синтезують мікроорганізми нашої кишки (наприклад, вітаміни К і групи В).



Підвищена потреба у вітамінах виникає у період активного росту, в разі важкої фізичної або напруженої розумової праці, інтенсивних занять спортом.

Щоби вітаміни краще зберігались у харчових продуктах, потрібно:

- вершкове масло зберігати в посудині із закритою кришкою;
- овочі та зелень зберігати в темному прохолодному місці; що швидше ви їх використаете, то більше вітамінів отримає ваш організм;
- моркву, буряки, редиску мити нечищеними перед самим приготуванням;
- нарізати овочі ножем з нержавіючої сталі, краще великими шматками, а невеликі бульби – готувати цілими;
- овочі для варіння класти у воду, що кипить;
- віддавати перевагу нетривалий кулінарній обробці продуктів (варіння на пару, запікання у фользі тощо);
- пам'ятати, що смаження – вид кулінарної обробки харчових продуктів, під час якого руйнується найбільше вітамінів.

✓ **Дізнайтеся більше** про вітаміни за QR-кодом.



Узагальнення

Метаболізм – низка складних перетворень різноманітних сполук в організмі, починаючи з моменту потрапляння їх із зовнішнього середовища й завершуючи видаленням назовні кінцевих продуктів. Процеси обміну речовин складаються з реакцій двох типів: катаболізму, або дисиміляції й анаболізму, або асиміляції. У процесах обміну речовин важливу роль відіграють вітаміни. Це біологічно активні речовини різної хімічної природи, потрібні для забезпечення нормального перебігу обміну речовин і перетворення енергії. Більшість вітамінів потрапляє до організму з харчовими продуктами.



Поміркуйте

1. Поясніть, чому процеси асиміляції мають бути урівноважені з процесами дисиміляції.
2. Як пояснити вислів «швидкий обмін речовин»?
3. Чому в організмі людини є постійна потреба у надходженні вітамінів?
4. Чому за нестачі або відсутності вітамінів в організмі людини виникають порушення обміну речовин?

§ 29. Харчові та енергетичні потреби людини. Харчові продукти та їхній склад



Чи є універсальна кількість енергії, яка необхідна людині (незалежно від віку та маси) для нормального існування?

Які харчові продукти і в якій кількості ми маємо споживати, щоб наш організм залишався здоровий. Харчові продукти – це об'єкти тваринного та рослинного походження, які використовують у їжу в

натуральному чи переробленому вигляді. Речовини, які організм отримує з навколишнього середовища з їжею, зазнають змін у травній системі, всмоктуються у кишці у кров або лімфу. Ці тканини внутрішнього середовища транспортують їх до усіх органів та тканин, де вони засвоюються клітинами.

Основними компонентами харчових продуктів є органічні речовини (білки, вуглеводи, жири), вода, мінеральні солі тощо. Їхній вміст у різних харчових продуктах тваринного і рослинного походження неоднаковий.

Харчові продукти тваринного походження (м'ясо, молоко, яйця, вершкове масло, риба тощо) – це основне джерело білків і жирів і частково – вуглеводів. Найцінніші – білки тваринного походження, оскільки організм людини здатний засвоювати їх майже повністю. Крім того, тваринні білки містять такі амінокислоти, які відсутні в рослинних білках. Відсутність у їжі білків не може бути зрівноважена жодними іншими сполуками.

Жири тваринного походження надходять до організму переважно із салом, жирними м'ясом і рибою, вершковим маслом, молоком, сиром, сметаною тощо. Вуглеводи у продуктах тваринного походження перебувають здебільшого у вигляді глікогену (печінка ссавців, птахів, риб).

Харчові продукти рослинного походження мають високий вміст вуглеводів, хоча до їхнього складу входять також білки та жири, зокрема рідкі – олії.



Наведіть приклади харчових продуктів рослинного походження, багатих на олії.

Важливими параметрами харчових продуктів є їхня якість та харчова цінність. Під *якістю продуктів* розуміють сукупність їхніх властивостей, які забезпечують бажані смакові якості та безпечні для здоров'я людини.

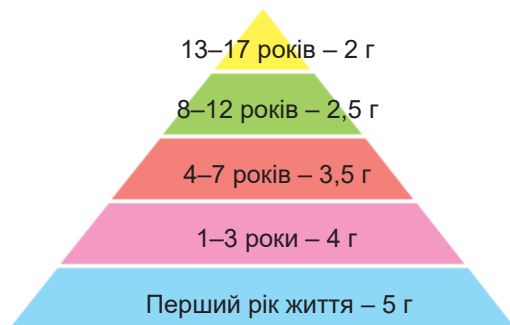
Харчова цінність – це сукупність властивостей харчових продуктів, що забезпечують фізіологічні потреби людини в енергії та будівельному матеріалі. Вона визначається насамперед їхнім хімічним складом і ступенем засвоюваності нашим організмом.

Які харчові та енергетичні потреби людини. Потреба людини в харчових продуктах виражається енергією, що міститься в компонентах їхніх складників, і вимірюється у кілокалоріях (ккал). Одна кілокалорія відповідає кількості теплової енергії, потрібної для нагрівання 1 кг води на 1 °С. Потреба людини в поживних речовинах визначається її масою, віком і рівнем рухової активності. Що менше вік, то більше білків потрібно на 1 кг маси тіла (мал. 29.1).



Розгляньте діаграму та поясніть, чому що менше вік людини, то більше білків потрібно вживати.

Добову потребу в білках, жирах і вуглеводах для дітей і підлітків наведено в таблиці 29.1. Для дорослих необхідна кількість білка на добу на 1 кг маси становить 1–1,2 г. Фізична праця, інтенсивні заняття спортом потребують збільшення споживання білків на 20 % від загальних норм.



Мал. 29.1. Діаграма добової потреби організму людини в білках (на 1 кг маси тіла) залежно від віку

Таблиця 29.1. Добова потреба в білках, жирах і вуглеводах (у г) для дітей і підлітків

Вік (роки)	Білки		Жири	Вуглеводи
	загальна кількість	з них тваринні білки		
12–14	90–110	64	90–100	350–380
15–17	100–120	68	90–110	420–450

У добовому раціоні дорослої людини доцільно використовувати білки, жири і вуглеводи у співвідношенні **1 : 1 : 4**. У середньому за добу доросла людина повинна споживати 80–100 г білків (з них приблизно 50 г тваринного походження) і стільки само жирів (з них 25–30 г повинні бути рослинного походження), 350–400 г вуглеводів (на такий вуглевод, як глюкоза, повинно припадати 50–100 г). Ці норми потрібно корегувати залежно від умов праці.

Так, при фізичній праці середньої важкості кількість білків необхідно збільшити до 120 г на добу, а при важкій фізичній праці – до 150 г. Тим, хто не займається фізичною працею, кількість жирів доцільно зменшити до 60 г на добу. Для юнаків рекомендоване добове споживання: білків – 113 г, жирів – 106 г, вуглеводів – 450 г, а для дівчат – 100, 90 і 383 г відповідно.

✓ **Дізнайтеся більше** про роль води та інших неорганічних сполук за QR-кодом.



Основним джерелом неорганічних (мінеральних) речовин є рослинна їжа. Наприклад, Кальцію багато в бобових рослинах (квасоля, горох, боби, соя), у капусті, помідорах, щавлі, яблуках, грушах, сливах, суницях; Калію – у картоплі, столових буряках, абрикосах, сливах, винограді, гречці, кукурудзі; Феруму – у квасолі, салаті, буряках, огірках, ячмені, яблуках; Йоду – у зернових та овочах (картопля), фруктах, у морських водоростях. Неорганічні речовини містяться також у продуктах тваринного походження: Кальцій – у молоці та

молочних продуктах, яйцях птахів, риби. Фосфор міститься у молочних і м'ясних продуктах, риби, яйцях. Натрій надходить в організм у вигляді кухонної солі, Флуор є в питній воді.

✓ **Дізнайтеся більше** про харчові добавки за QR-кодом.



Цікаво знати. **Консерванти** застосовують з метою довготривалого зберігання харчових продуктів. У певних дозах вони можуть бути шкідливими для організму. **Емульгатори** додають до харчових продуктів для збереження їхньої консистенції. Найпоширенішими є коди: E400, E559. **Стабілізатори** (пектини, камеді) – це желе-подібні речовини. Їх додають для згущення консистенції продуктів. У системі кодифікації Європейського Союзу для стабілізаторів присвоєно коди в діапазоні від E407 до E449.

Що означає «збалансоване харчування». Збалансоване (раціональне) харчування має важливе значення для здоров'я людини. Великого значення харчуванню як засобу збереження здоров'я люди надавали ще з давніх часів.

Цікаво знати. Авіценна (Абу Алі аль-Хусейн ібн Абдаллах ібн Сіна) – відомий арабський лікар, один із засновників гігієни харчування, який перший розробив правила раціонального харчування. Його рекомендації щодо різноманітності їжі та помірної кількості споживання її є правильними й нині.

Збалансоване, або раціональне, харчування – це таке харчування, коли якість і кількість їжі відповідають потребам організму. Ці потреби насамперед визначаються тим, яку кількість енергії витрачає організм у процесі власної життєдіяльності. Енергетичні витрати організму визначають за **основним обміном** – тією найменшою кількістю енергії, яку організм витрачає для підтримання процесів життєдіяльності у стані повного спокою, натщесерце (тобто через 12–16 годин після споживання їжі) і за умов температурного комфорту (+20...+23 °C). За цих умов енергія витрачається лише на забезпечення роботи внутрішніх органів (біохімічні процеси, що відбуваються у клітинах, роботу серця, дихальні рухи тощо).

Основний обмін залежить від різних чинників: статі, віку, функціонального стану організму, виконуваної роботи. Для людини середньої маси, середнього зросту та середнього віку добове значення основного обміну становитиме приблизно 7000 кДж. Звичайно, для здійснення фізичної роботи організм витрачатиме більше енергії (таблиця 29.2).

Отже, знаючи, яка кількість енергії звільняється під час розщеплення 1 г різних органічних сполук (білків, жирів і вуглеводів), а також те, скільки енергії витрачає людина впродовж доби, можна розрахувати її добовий раціон – ту кількість їжі, яку людині треба спожити, щоб відновити енергетичні витрати. Під **нормою харчування** розуміють забезпечення фізіологічних потреб організму людини в основних поживних речовинах.

Норму харчування розраховують відповідно до не лише затрат енергії, а й біологічної повноцінності їжі. Жоден продукт не може повністю задовольнити потреби організму в усіх поживних речовинах.

Наприклад, у м'ясі є необхідні білки, але в ньому недостатньо вітамінів, мінеральних речовин. У хлібі багато вуглеводів, але мало інших, потрібних організму речовин, зокрема білків.

Таблиця 29.2. Середні витрати енергії за добу під час виконання різних видів діяльності

Вид діяльності	Середні витрати енергії за добу (кДж)	
	загальні	у перерахунку на 1 кг маси тіла
Переважно розумова праця	13 470	167
Легка фізична праця	15 100	180
Фізична праця середньої важкості	17 300	193
Важка фізична праця	19 950	222
Особливо важка фізична праця	22 940	255

Важливим принципом раціонального харчування є дотримання енергетичного балансу організму. Це означає, що кількість енергії, яка надходить до організму з їжею, має відповідати енергетичним витратам організму. Нестача енергії в організмі призводить до його виснаження. Тому організм потрібно постійно поповнювати поживними речовинами.



Вирахуйте, скільки енергії витрачено під час написання контрольної роботи, якщо під час письма на 1 кг маси людина витрачає 6,3 кДж за годину.

Яким має бути харчовий раціон людини. Складаючи харчовий раціон, слід враховувати засвоюваність харчових продуктів. Так, їжа тваринного походження засвоюється в середньому на 90 %, рослинного – на 80 %, а змішана їжа – на 85 %.

Для кращого засвоєння їжі потрібно їсти кілька разів на день (найкраще – чотири), невеликими порціями і без поспіху. Інтервал між споживанням їжі не повинен перевищувати шість годин. Важливо, щоб у добовому раціоні було досить овочів. Вони містять клітковину, яка хоч і не перетравлюється, але сприяє руховій активності шлунково-кишкового тракту. М'ясні й рибні страви рекомендують споживати в першій половині дня. Вони містять речовини, які збуджують нервову систему. Ввечері краще споживати молочні та овочеві страви.

Харчування має бути повноцінним і достатнім. Надмірне споживання їжі, особливо багатої на вуглеводи та жири, може призвести до ожиріння. Унаслідок цього розвиваються хвороби серця, травної і видільної систем, прискорюється старіння організму та скорочується тривалість життя людини. Недостатнє харчування (особливо нестача білків) призводить до зменшення м'язової маси, затримує ріст і розвиток, знижує імунітет, що сприяє збільшенню частоти інфекційних хвороб.

Узагальнення

Організм людини забезпечується енергією за рахунок надходження продуктів харчування. Вони мають певну харчову цінність – сукупність властивостей, які забезпечують фізіологічні потреби людини в енергії та будівельному матеріалі. Енергетичні потреби людини залежать від енергії, яку вона витрачає в процесі життя. Основні органічні сполуки, що надходять з їжею та забезпечують організм енергією, – це білки, жири та вуглеводи. Їх співвідношення в їжі має бути 1 : 1 : 4. У процесах обміну важливу роль відіграють і неорганічні речовини, вода та мінеральні солі.

Поміркуйте

1. Що буде з організмом людини, якщо витрати енергії в кілька разів перевищуватимуть надходження енергії?
2. Чому в людей різних професій різна потреба у кількості та якості їжі?
3. Чому дієтичне харчування призначає та контролює лікар?
4. Чим небезпечно недостатнє або надлишкове надходження води до організму?

§ 30. Розлади діяльності травної системи та їх профілактика



Що спричиняє порушення діяльності травної системи людини?

Порушення діяльності травної системи. Унаслідок розладів жування та процесів слиновиділення порушується попереднє механічне та біохімічне оброблення їжі. Залишки їжі між зубами сприяють розмноженню там мікроорганізмів, що може призвести до карієсу та пародонтозу (див. мал. 25.4, 25.5). Ускладнення пережовування їжі може бути наслідком процесів запалення слизової оболонки ясен і ротової порожнини – **стоматиту** (від грец. *стома* – рот).

Погано пережована та просочена слиною їжа спричиняє розлади травлення в шлунку, посилює секрецію шлункового соку, що подразнює його слизову оболонку. Це призводить до запалення слизової оболонки шлунка – **гастриту** (від грец. *гастер* – шлунок) або виникнення **виразок** стінок шлунка. Те ж саме стосується й дванадцятипалої кишки, запалення якої називають **дуоденіт** (від лат. *дуоденум* – дванадцятипала кишка). Загальна назва запалення тонкої кишки – **ентерит** (від грец. *ентерон* – кишка). Його можуть спричинити інфекційні (як-от холера, черевний тиф) та інвазійні (паразитарні; наприклад, гельмінтози) захворювання, споживання неякісної або занадто гострої їжі тощо. У деяких випадках ентерит може спостерігатись одночасно із гастритом.

Недотримання режиму харчування є також причиною **панкреатиту** (від грец. *панкреас* – підшлункова залоза) – запалення підшлункової залози. Запалення червоподібного відростка сліпої кишки – апендикса – спричинює **апендицит** (від лат. *апендикс* – придаток).



До приїзду лікаря у разі апендициту можна прикласти до місця болю пакет з льодом. Ніколи не грійте місце на животі, що болить. Це може призвести до розриву апендикса й запалення очеревини (**перитоніту**).

Блювання – це рефлекторний акт видалення назовні вмісту шлунка через стравохід.

Відрижка – вихід зі шлунка повітря, яке потрапило в нього під час ковтання разом з їжею, або газів, які утворюються в шлунку, коли порушено травлення.

Унаслідок неправильного харчування, лікування антибіотиками може змінитися склад мікроорганізмів кишок. Характерним при цьому є **метеоризм** (від грец. *метеоризмос* – здуття): здуття живота через посилене утворення кишкових газів. Це знижує ефективність травлення, порушує всмоктування води в товстій кишці, отруює організм людини продуктами життєдіяльності шкідливих мікроорганізмів.



Мал. 30.1. Камені у жовчному міхурі

У разі порушення режиму харчування, зловживання сухою (як-от, чіпси), жирною (наприклад, торти, еклери) їжею, за малорухливого способу життя, з віком може виникнути застій і згущення жовчі в жовчному міхурі, що призводить до **холецистити** (від лат. *холе* – жовч, *кистіс* – міхур) – запалення жовчного міхура. Наслідком холецистити часто є **жовчнокам'яна**

хвороба – утворення в жовчному міхурі каменів (мал. 30.1). Камені із жовчного міхура (діаметр яких іноді може становити понад 2 см) можуть потрапити в міхурову протоку й закупорити її. У цьому разі потрібне негайне медичне втручання.

Харчові отруєння та хвороби бактеріального походження. Ознаками харчового отруєння часто є біль у животі, блювання, пронос (діарея), головний біль, запаморочення.

До групи бактеріальних харчових отруєнь належать захворювання, спричинювані токсичною дією мікроорганізмів. До шлунково-кишкового тракту людини вони можуть потрапляти з харчовими продуктами, виготовленими з порушеннями технології виробництва та зберігання, або з такими, термін придатності яких закінчився тощо. Серед таких харчових отруєнь найпоширенішими є сальмонельоз, ботулізм, дизентерія, холера (табл. 30.1).

Причиною поширення інфекційних хвороб здебільшого є порушення елементарних правил гігієни харчування та особистої гігієни.

Таблиця 30.1. Хвороби шлунково-кишкового тракту бактеріального походження

Хвороба	Збудник	Ознаки	Джерела інфекції
Сальмонельоз	Бактерія роду Сальмонела	Отруєння організму: токсикоз, шлунково-кишкові розлади, підвищення температури	Хворі та здорові (бактеріоносії) тварини та люди, інфіковані їжа (здебільшого м'ясо й м'ясні продукти, молоко та молочні продукти, яйця), вода

Хвороба	Збудник	Ознаки	Джерела інфекції
Ботулізм	Паличка ботулізму	Ті самі	Інфіковані м'ясні продукти, овочеві й рибні консерви, ковбаси, солонина та копчена риба. Дуже небезпечні консерви домашнього приготування через недостатню їхню стерилізацію
Дизентерія	Дизентерійна паличка	Ті самі	Інфіковані продукти (особливо молоко й вода), предмети, якими користуються хворі
Холера	Холерний вібріон	Ті самі	Інфіковані сира вода та харчові продукти, а також брудні руки після контакту з хворим, мухи

✓ **Дізнайтеся більше** про вірусні захворювання органів травлення за QR-кодом.



Яка небезпека отруєння грибами. Ви вже знаєте, що серед грибів є надзвичайно отруйні (бліда поганка, мухомор червоний, опеньки сірчисто-жовті несправжні та ін.) (мал. 30.2). На території України трапляється понад 25 видів смертельно отруйних грибів. Ознаки отруєння грибами з'являються через 8–72 год після їх вживання. Це насамперед блювання, розлади роботи шлунка, невгамовна спрага через зневоднення організму, судоми. У разі появи таких симптомів слід негайно викликати екстрену медичну допомогу.



Мал. 30.2. Отруйні гриби: 1 – біла поганка; 2 – мухомор червоний; 3 – опеньки сірчисто-жовті несправжні



Надаючи першу медичну допомогу в разі отруєння грибами, потерпілому потрібно промити шлунок, дати випити не менше ніж п'ять склянок води;

викликати блювання, видаливши цим з організму залишки спожитих грибів. Потім слід дати отруєному проносні засоби і викликати лікаря.

Вплив токсичних речовин на метаболізм. На процеси метаболізму негативно впливають токсичні речовини різного походження: біологічного (токсини рослин, грибів, тварин, мікроорганізмів), речовини, які використовують у промисловості (як-от дихлоретан, метанол, пропан, нафтопродукти), сільському господарстві (різні види отрутохімікатів чи добрив), медицині (лікарські препарати), побуті (як-от пральні та косметичні засоби), бойові отруйні речовини (зарин, іприт, фосген тощо). Вони порушують активність ферментів, процеси метаболізму, діяльність органів травлення та регуляторних систем (нервової, ендокринної).

Для забезпечення гомеостазу токсичні сполуки мають бути знешкоджені та/або якнайшвидше виведені з організму.

Організм людини здатний знешкоджувати токсичні сполуки, які потрапили або утворилися в ньому.

Процеси нейтралізації та виведення з організму токсичних сполук називають **детоксикацією** (від грец. *де* – усунення та *токсин* – отрута). Ці процеси перебігають у різних органах, насамперед у печінці та нирках. Тому печінку вважають «біологічним фільтром» нашого організму.

Деякі токсичні сполуки без змін виводяться з організму назовні із жовчю або сечею.

На травну систему людини також негативно впливає вживання алкоголю і тютюнокуріння. Потрапляючи в шлунок, алкоголь подразнює його слизову, підсилюючи соковиділення. Шлунковий сік при цьому містить мало ферментів і багато хлоридної кислоти. Тому тривале вживання алкогольних напоїв призводить до гастритів. Усмоктувачись у кров, алкоголь потрапляє до печінки й руйнує її клітини. За тривалого зловживання алкоголем можливий цироз печінки. Тютюнокуріння пригнічує обмін речовин і перешкоджає засвоєнню організмом вітамінів.

Поширені гельмінтози людини. Поряд зі шлунково-кишковими інфекціями часто трапляються й гельмінтози. Їх спричинюють паразитичні черви – гельмінти.

Гельмінтози призводять до порушення роботи органів травної системи, виснаження організму, недокрів'я, гіпо- або авітамінозів тощо. Продукти життєдіяльності гельмінтів шкідливо впливають на нервову систему, органи кровотворення тощо. Порушується сон, апетит, виникає головний біль.



Щоб уникнути зараження гельмінтами, перед вживанням їжі завжди потрібно мити руки з милом; овочі й фрукти треба їсти також добре помитими; їжу слід тримати закритою, щоб на неї не потрапляв пил, таргани і мухи, здатні поширювати яйця паразитів; не можна пити сирової води з водойм. М'ясо й рибу потрібно добре термічно обробляти. Не можна купувати їх на стихійних ринках, адже там продукти не проходять належного санітарного контролю.



Які гельмінти можуть оселятись у шлунково-кишковому тракті та травних залазах людини? Якої шкоди вони можуть завдавати організму хазяїна?

Узагальнення

Причини порушення діяльності травної системи: хвороби зубів, неякісна або інфікована (вірусами чи бактеріями) їжа, недотримання режиму харчування та правил гігієни, отруєння грибами чи ягодами, токсинами, що виділяють паразитарні організми. Запалення слизових оболонок органів травлення або травних залоз порушують їх функціонування. Для профілактики захворювання органів травлення слід дотримуватись гігієни харчування.

Поміркуйте

1. Як гігієна зубів пов'язана з порушенням роботи травної системи?
2. Чим небезпечне вживання немитих фруктів та овочів чи некип'яченої води?
3. Які ознаки отруєння грибами?
4. Чому для запобігання поширенню кишкових інфекцій слід дотримуватись правил гігієни?

Підб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Установіть відповідність між методом дослідження травної системи (А–Д) та прикладами використання цих методів (1–4).

А ендоскопія

Б зондування

В ультразвукова діагностика (УЗД)

Г радіоелектронні методи

Д рентгенівська комп'ютерна томографія

1 дослідження особливостей слизової оболонки стравоходу

2 забір шлункового соку для визначення якісного складу

3 дослідження глибинних шарів стінки шлунка

4 дослідження кишкової порожнини

2. Під час дослідження у лабораторії аналізували, які секрети травної системи містять ферменти, що розщеплюють крохмаль. У чотири пробірки з крохмальним клейстером внесли: у пробірку № 1 – слину; № 2 – шлунковий сік; № 3 – підшлунковий сік; № 4 – жовч. Потім поставили на водяну баню за температури 37 °С та додали розчин йоду для якісної реакції на крохмаль. У яких пробірках розчин не забарвиться у фіолетовий колір?

А у № 1 та № 4

Б у № 1 та № 3

В у № 2 та № 3

Г у № 2 та № 4

II. Опрацьовую та використовую інформацію

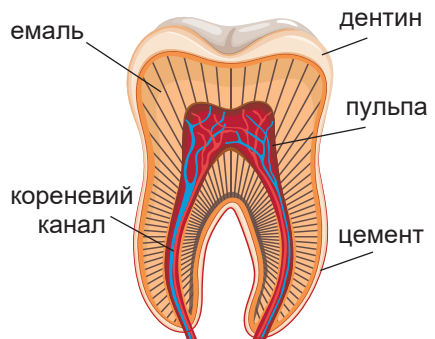
1. Розгляньте малюнок зуба. Виберіть, які структури підписані неправильно.

А емаль і пульпа

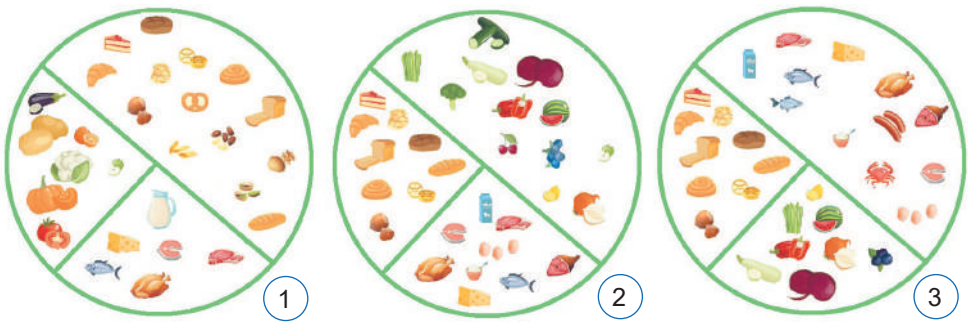
Б емаль і дентин

В дентин і цемент

Г цемент і пульпа



2. Укажіть тарілку, вміст якої найбільше відповідає раціональному харчуванню.



III. Узагальнюю законі́рності природи

1. Учень та учениця аналізували функції органів травлення. Учениця сказала, що зі шлунка їжа надходить до підшлункової залози. Учень зауважив, що з дванадцятипалої кишки, частково перетравлена їжа надходить до печінки. Оцініть правдивість тверджень.

- A** правий учень **B** праві обое
Б права учениця **Г** обое неправі

2. Утворіть пари між вітаміном (1–4) і порушенням обміну речовин, яке виникає за його нестачі (А–Д).

- 1 А 2 В1 3 К 4 D

- A** скорбут (цинга) **B** порушення зсідання крові **Д** рахіт
Б куряча сліпота **Г** бері-бері

3. Заповніть пропущені комірки логікону «Будова та функції органів травного каналу».

Орган травного каналу	Ротова порожнина		Дванадцятипала кишка	Товста кишка
Особливості будови		мішкоподібна форма, два отвори		має складки, відсутні ворсинки на внутрішній поверхні
Секрети, що містить орган	слина		підшлунковий сік та жовч	
Функції	механічна обробка їжі, часткове розщеплення вуглеводів, переміщення їжі до стравоходу	накопичення та знезараження їжі, початкове перетравлення білків		часткове розщеплення клітковини, синтез вітамінів, всмоктування води, формування калових мас

Компетентнісно орієнтоване завдання

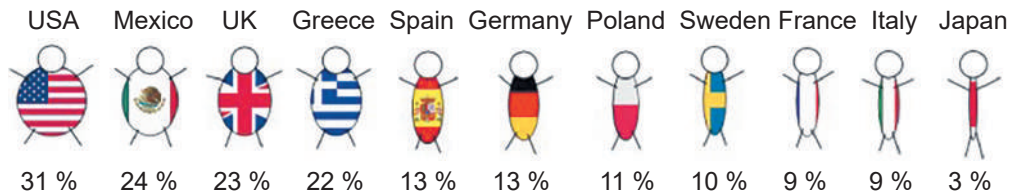
На основі значень антропометричних характеристик (таких, які отримують прямими вимірюваннями людини: маса тіла, зріст, об'єм грудної клітки тощо) розраховують певні співвідношення, виражені в числовій формі, щоб зробити висновки про відповідність між показниками. Ці *емпіричні* формули показують певні співвідношення між добутими під час вимірювань даними.

Одним із найбільш часто вживаних показників є **Індекс маси тіла** (ІМТ), який обчислюють, користуючись формулою $I = \frac{m}{h^2}$, де m – маса тіла (в кг), h – зріст (у м).

Показники **ІМТ**, кг/м²:

- <18,5 – недостатня маса тіла
- 18,5–26 – нормальна маса тіла
- 26–30 – надмірна маса тіла
- >30 – ожиріння

На малюнку поданий відсоток людей, старших за 15 років, з ІМТ більше, ніж 30, у деяких країнах (знайдіть відповідні дані щодо України).



Утім, ІМТ не враховує пропорції і склад тіла, тому його можна застосувати не для всіх людей. Наприклад, м'язистий чоловік може мати високий ІМТ, але низький відсоток жиру в організмі, й не матиме надмірної маси тіла.

1. Виміряйте власні зріст і масу тіла. Розрахуйте свій ІМТ. Чи відповідає він самопостереженням?

2. Запропонуйте пояснення причин відмінностей у кількості людей з високим ІМТ між країнами, наведеними на малюнку.

3. Існує декілька емпіричних формул для обчислення оптимальної маси тіла (позначення: m – маса, кг, t – вік, роки, h – зріст, см, b – об'єм грудної клітки, см, s – об'єм грудної клітки, см, n – об'єм грудної клітки, см).

Висловіть гіпотези, які з формул будуть більш точними, і наведіть аргументи, чому.

1. За Броком:

$$m = h - 100 \text{ (хлопці)}$$

$$m = h - 110 \text{ (дівчата)}$$

2. За Оттом – уточнення до Брока:

$$m = m' - 2/5 \times (m' - 52), \text{ де } m' - \text{маса, розрахована за Броком}$$

3. Через зріст:

$$m = h : 1,4 - 58 \text{ (хлопці)}$$

$$m = h : 1,6 - 49 \text{ (дівчата)}$$

4. Через зріст і об'єм грудної клітки:

$$m = (h \times b) : 240 + 3,4$$

5. Через зріст і вік:

$$m = 50 + 0,75 \times (h - 150) + (t - 20) : 4$$

6. Через пропорції тіла:

$$m = b \times s \times h / 5n^2 \text{ (дівчата)}$$

4. Виміряйте всі показники в себе. Порівняйте значення ІМТ та відповідність обчисленої оптимальної маси тіла реальній масі. Яка з формул виявилася найбільш точною для вас?

Для розрахунків скористайтесь файлом MS Excel за покликанням.

Введіть результати вимірювань у комірках перших шести рядків, і програма розрахує всі показники (значення, встановлені за замовчуванням, відповідають антропометричним характеристикам Венери Мілоської, джерело: Вікіпедія https://uk.wikipedia.org/wiki/Венера_Мілоська).



5. Стандартна лялька Барбі у масштабі 1/6 має зріст 29 см, тобто якби це була людина, її зріст дорівнював би приблизно 175 см. Інші антропометричні показники Барбі були б такими: об'єм грудної клітки – 91 см, об'єм талії – 46 см, об'єм у стегнах – 84 см. Рожеві ваги для ванної кімнати в одному з комплектів були встановлені на 50 кг.

Розрахуйте за цими показниками **Індекс маси тіла** Барбі та її **оптимальну масу тіла** за формулою, яка є найбільш точною, за вашими оцінками.



Тема 5.

Внутрішнє середовище організму людини



Як спільні властивості крові, лімфи та тканинної рідини забезпечують гомеостаз організму?

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Сучасні підходи до переливання крові»; «Історія відкриття клітинного імунітету»; «Історія відкриття гуморального імунітету»; «Розроблення методів вакцинації: від перших спроб до масового застосування»; «Профілактика серцево-судинних хвороб людини»; «М. Амосов – видатний кардіохірург»; «Профілактика вірусних інфекцій людини»; «Механізми процесів кровотворення»; «Вакцинація – найефективніший спосіб запобігання інфекційним захворюванням».

Науково-дослідницький проєкт:

«Дослідження впливу різних чинників (фізичних / психічних) на зміну артеріального тиску».

Ігровий проєкт:

рольова гра «Що робити, щоб не захворіти ...».

Творчий проєкт:

«Алергічні реакції в організмі – користь чи шкода?»;
«Для чого потрібно знати свій резус-фактор крові?»;
«Кров – тканина з унікальними властивостями».

§ 31. Внутрішнє середовище організму людини



Оцініть правдивість твердження: «Кров одночасно є тканиною, органом і частиною внутрішнього середовища організму».

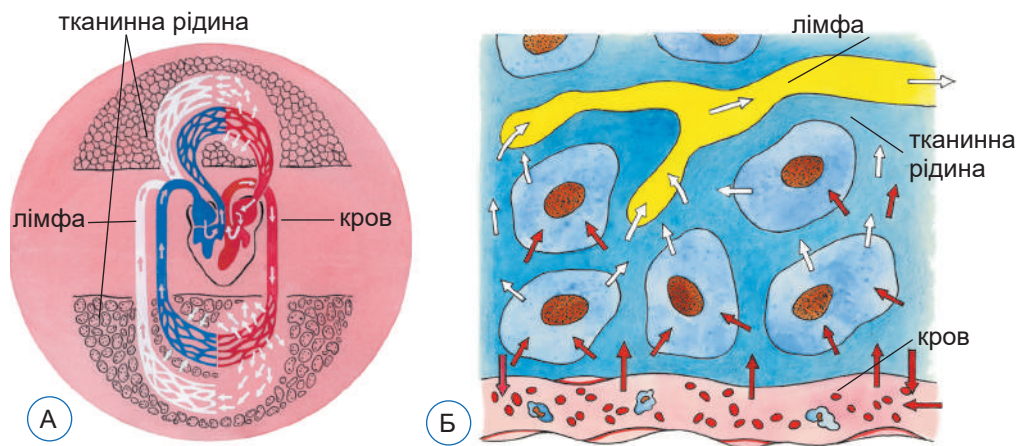
Що таке внутрішнє середовище організму. Процеси життєдіяльності клітин можуть перебігати лише в рідкому середовищі (*поміркуйте чому*).

Внутрішнє середовище організму людини створюють тканини з рідкою міжклітинною речовиною (кров і лімфа), а також тканинна рідина. Вони беруть участь у процесах обміну речовин і підтриманні гомеостазу.

Усі складники внутрішнього середовища організму тісно взаємопов'язані, оскільки переходять одне в одне й відповідно впливають на хімічний склад одне одного (мал. 31.1). За їхньої участі в організмі перебігають усі процеси метаболізму: до клітин безперервно надходять поживні речовини, біологічно активні речовини, кисень і виводяться кінцеві продукти його життєдіяльності. Такі функціональні зв'язки між складниками внутрішнього середовища організму забезпечують підтримання гомеостазу: на відносно сталому рівні підтримується температура тіла, артеріальний тиск, вміст глюкози в крові, солей Натрію, Калію, Кальцію, Хлору тощо.

Якщо кров і лімфа циркулюють системою судин, то тканинна (міжклітинна) рідина власної оформленої «транспортної системи» у вигляді

ді судин не має. Тому саме тканинна (міжклітинна) рідина найбільш тісно контактує з клітинами.



Мал. 31.1. Внутрішнє середовище організму людини. А. Склад внутрішнього середовища організму людини. Б. Схема утворення тканинної (міжклітинної) рідини та лімфи

? Користуючись малюнком 31.1 і текстом, поясніть зв'язки між кров'ю, лімфою та тканинною (міжклітинною) рідиною.

Які функції виконують складники внутрішнього середовища організму. Складники внутрішнього середовища організму, з одного боку, виконують спільні функції, з іншого – кожен з них виконує свої специфічні функції. Наприклад, кров транспортує гази, глюкозу, мінеральні солі. А жири переважно транспортує лімфа.

Тканинна (міжклітинна) рідина заповнює проміжки між клітинами та навколо клітин різних тканин та органів і створює умови для перебігу різноманітних біохімічних процесів. Її хімічний склад близький до хімічного складу плазми крові. Це пояснюється тим, що крізь стінки найдрібніших кровоносних судин (капілярів) завдяки дифузії деякі складники рідкої частини крові (плазми) потрапляють у міжклітинні простори. Так утворюється тканинна рідина (мал. 31.1, Б).

Цікаво знати. Об'єм тканинної (міжклітинної) рідини в організмі дорослої людини становить приблизно 12 л (вміст води в клітинах – близько 28 л).

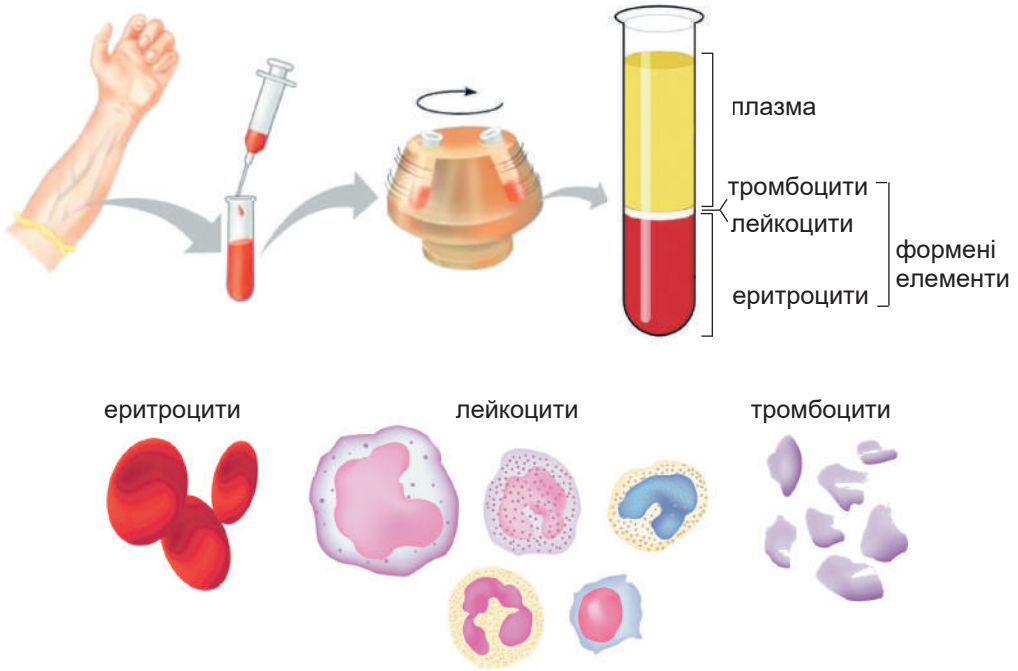
Із крові до тканинної рідини, а з неї до клітин, надходять кисень, мінеральні солі, поживні та біологічно активні речовини. Зі свого боку, клітини виділяють у тканинну рідину вуглекислий газ та інші продукти життєдіяльності.

Кров, як і будь-яка тканина, складається з міжклітинної речовини (плазми) та клітин. Їх називають **форменими елементами**. До формених елементів належать червоні кров'яні тільця (еритроцити), білі кров'яні тільця (лейкоцити) та кров'яні пластинки (тромбоцити) (мал. 31.2). Об'єм формених елементів становить 40–45 % від загального об'єму крові. Не вся кров одночасно циркулює системою кровоносних

судин. У дорослого чоловіка об'єм крові, що циркулює в кровоносній системі, становить близько 8 %, у дорослої жінки – 6 %, у дитини – 10 %.



Виміряйте масу свого тіла й визначте приблизний об'єм крові, що циркулює у вашому організмі.



Мал. 31.2. Склад крові



Одним з показників стану здоров'я людини є *швидкість осідання еритроцитів* (ШОЕ). Ця реакція базується на здатності еритроцитів під дією сили тяжіння осідати у плазмі крові. У нормі величина ШОЕ у чоловіків не перевищує 10 мм/год, у жінок – 15 мм/год. Якщо показники ШОЕ відхиляються від норми, це може свідчити про певні захворювання: процеси запалення, паразитування певних видів гельмінтів тощо. Якщо провести дослідження ШОЕ, то у пробірці можна побачити, як кров розділилася на фракції (мал. 31.2).

Плазма крові (мал. 31.2) має вигляд більш або менш прозорої в'язкої рідини жовтуватого (солом'яного) кольору. Вона містить близько 90 % води та розчинені в ній органічні (білки – 7–8 %, вуглеводи – близько 0,12 %, жири – 0,7–0,8 %) та неорганічні (близько 0,9 %) речовини.



Уміст глюкози в крові – важливий показник стану організму людини: в дорослих людей у нормі він становить від 3,89 до 5,83 ммоль/л. Цей показник може тимчасово зростати після вживання їжі, багатой на вуглеводи, насамперед глюкозу. Але якщо він тривалий час перевищує норму, це може бути ознакою небезпечної хвороби – цукрового діабету. У цьому разі слід негайно звернутись до лікаря.



У людей може траплятися цукровий діабет як I типу, так і II. Використовуючи різні джерела інформації, дізнайтесь, які їхні причини та можливі наслідки.

Цікаво знати. За невеликих крововтрат людині (за відсутності плазми крові або крові для переливання) в кровоносні судини вводять не дистильовану воду, а розчини, які за концентрацією солей відповідають складу плазми крові. Їх називають *фізіологічними розчинами*. Найпростішим фізіологічним розчином є 0,9 %-й розчин натрій хлориду (NaCl). Ближчим до хімічного складу плазми крові є розчин Рінгера. Крім натрій хлориду, він включає кальцій хлорид, калій хлорид, а також – натрій бікарбонат.



Що буде відбуватись з еритроцитами, якщо концентрація натрій хлориду (NaCl): **А** буде значно нижчою, ніж 0,9 %; **Б** буде значно вищою, ніж 0,9 %?



Склад і властивості крові є важливою характеристикою стану організму людини. За результатами *загального аналізу крові* фахівці визначають кількість різних груп формених елементів в одиниці об'єму крові (наприклад, в 1 мл) та їхнє співвідношення, вміст гемоглобіну, концентрацію глюкози та інших речовин у крові, швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ).

✓ **Дізнайтесь більше** про значення аналізів крові для людини за QR-кодом.



Кровоносна система, судинами якої безперервно циркулює кров, виконує роль транспортної системи нашого організму, забезпечуючи зв'язки між різними тканинами та органами. Різноманітні функції крові наведено в таблиці 31.1.

Таблиця 31.1. Функції крові

Функція	Що забезпечує
Транспортна	Постійний транспорт кисню та поживних речовин до клітин через тканинну (міжклітинну) рідину та продуктів життєдіяльності клітин – до органів виділення; перенесення біологічно активних сполук (наприклад, гормонів) до клітин-мішеней
Терморегуляторна	Завдяки високій теплоємності води (основного компонента плазми) забезпечує перерозподіл тепла в організмі
Захисна	Зсідання крові в разі поранення судин, здійснення захисних реакцій під час потрапляння чужорідних сполук і збудників хвороб (антигенів)
Підтримання гомеостазу	Відносна постійність хімічного та клітинного складу крові є важливою умовою нормальної життєдіяльності організму людини

Лімфа утворюється з тканинної рідини, яка завдяки дифузії проникає крізь стінки лімфатичних капілярів в їхню порожнину (на мал. 31.1, Б їх зображено жовтим кольором). Плазма лімфи – прозора й безбарвна рідина. За своїм складом вона близька до плазми крові, але у ній міститься менше білків (3–4 %), тому її в'язкість менша. Склад плазми лімфи, на відміну від плазми крові, відносно непостійний і змінюється залежно від характеру обміну речовин.

До складу лімфи, як і до складу крові, входять деякі типи клітин (різні види лейкоцитів). Як і кров, вона відіграє значну роль в обміні речовин і виконує низку захисних функцій. З лімфатичних капілярів лімфа переходить у лімфатичні судини, а далі – у лімфатичні протоки та стовбури. З них зрештою лімфа потрапляє у велику кровоносну судину – верхню порожнисту вену. Так лімфа змішується з кров'ю.

Отже, між кров'ю, лімфою і тканинною (міжклітинною) рідиною відбувається постійний обмін речовин.

✓ **Дізнайтеся більше** про вчених, які досліджували внутрішнє середовище організму людини, за QR-кодом.



Узагальнення

Складники внутрішнього середовища організму: кров, лімфа та тканинна рідина, тісно між собою взаємопов'язані. Кров та лімфа є тканинами внутрішнього середовища організму. Кров складається з плазми та формених елементів (клітин крові). Вона циркулює в системі кровоносних судин. Лімфа рухається лімфатичними судинами. Тканинна (міжклітинна) рідина міститься в проміжках між клітинами. Усі три складники внутрішнього середовища організму постійно взаємодіють між собою для підтримання гомеостазу.

Поміркуйте

1. Чому клітини крові називають форменими елементами?
2. Чому за незначних крововтрат людям можна вливати фізіологічний розчин, а не препарати крові?
3. Чим відрізняється склад крові та лімфи?
4. Чому вміст жирів у лімфі може бути вищий, ніж у крові?

§ 32. Органи кровотворення. Формені елементи крові: еритроцити. Групи крові. Правила переливання крові



Чому до 1900 року пацієнти, яким переливали кров інших людей (і навіть родичів), часто гинули після переливання?

Процеси утворення формених елементів крові зі стовбурових клітин називають **кровотворенням**. Їх забезпечують **кровотворні органи**: червоний кістковий мозок, селезінка, лімфатичні вузли та тимус.

Процеси кровотворення полягають в інтенсивному поділі стовбурових клітин з наступною диференціацією на еритроцити, лейкоцити та тромбоцити.

Під час поділу стовбурової клітини одна з утворених дочірніх клітин залишається недиференційованою, інша у подальшому диференціюється (див. мал. 17.3).

Для підтримання постійної кількості різних груп формених елементів потрібно, щоб за одиницю часу утворювалось стільки ж клітин, скільки гине.

Цікаво знати. У нормі за добу в організмі людини утворюється приблизно 10^{11} – 10^{12} нових формених елементів крові.

Яка будова та функції еритроцитів. *Еритроцити* виконують в організмі важливу функцію – транспорт газів. Вони переносять кисень від легень до всіх клітин нашого організму, а вуглекислий газ – від клітин до легень (мал. 32.1). Еритроцити людини – дрібні без'ядерні клітини діаметром 7–8 мкм та 1–2 мкм завтовшки. Кількість їх дуже велика: в 1 мм³ крові дорослої людини міститься в середньому від 3,8–4,5 млн (у жінок) до 4,5–5,0 млн (у чоловіків) еритроцитів.

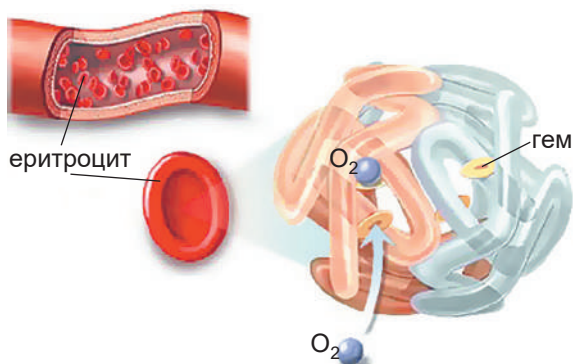
Еритроцит має форму двовігнутого посередині диска. Така форма збільшує його поверхню й сприяє кращому проникненню кисню. Уявіть, загальна площа поверхні всіх еритроцитів становить приблизно 3800 м², що майже у 1800 разів перевищує площу поверхні тіла людини. У нормі еритроцити живуть близько 120 днів, а потім руйнуються в селезінці й печінці.

Цікаво знати. Без'ядерні еритроцити трапляються лише у ссавців, і не у всіх. Вважають, що втрата ядра забезпечує більший уміст гемоглобіну в цих клітинах, що дає змогу зв'язувати більше кисню.

✓ **Дізнайтеся більше** про селезінку та кровотворення за QR-кодом.



В еритроцитах міститься **гемоглобін** (його скорочено позначають **Нб**) (від грец. *хаїма* – кров і лат. *глобус* – куля). Це білкова сполука, що складається із чотирьох білкових ланцюгів, які мають вигляд глобул (кульок). До складу кожного із цих ланцюгів входить небілкова частина (**гем**) з йоном Феруму (Fe^{2+}). Саме він надає гемоглобіну, а відповідно й еритроцитам, червоного забарвлення.



Мал. 32.1. Молекула гемоглобіну, що міститься в еритроциті

Цікаво знати. Розшифрували будову молекули гемоглобіну й створили її просторову модель 1960 р. англійські вчені Макс Фердинанд Перуц (1914–2002) і Джон Коудрі Кендрю (1917–1997). За це їм 1962 р. присуджено Нобелівську премію з хімії.

Гемоглобін може утворювати нестійкі сполуки з газами – киснем і вуглекислим газом: він здатний на певний час зв'язувати їх та згодом від'єднувати. Сполука гемоглобіну з киснем набуває яскраво-червоного кольору, її називають **оксигемоглобіном** (HbO_2).

Кров, насичена киснем, – **артеріальна**. У капілярах тканин гемоглобін віддає кисень клітинам і приєднує вуглекислий газ. Кров, насичена вуглекислим газом, має назву **венозна**. Вона темнішого кольору, ніж артеріальна. Сполуку гемоглобіну з вуглекислим газом називають **карбогемоглобіном** (HbCO_2).



Полічіть, яку максимальну кількість кисню може містити кров, якщо загальна кількість гемоглобіну в крові людини приблизно 650 г. За повного насичення крові киснем 1 г гемоглобіну може зв'язати 1,34 мл кисню.



Гемоглобін здатний приєднувати й чадний газ (CO), що виділяється під час неповного згоряння палива або пожежі. Він утворює з ним стійку сполуку – **карбоксигемоглобін** (HbCO). Такі еритроцити втрачають здатність приєднувати і переносити кисень. Отже, чадний газ здатний спричиняти важке отруєння нашого організму. У невеликій кількості карбоксигемоглобін утворюється й під час тютюнокуріння.

✓ **Дізнайтеся більше** про транспорт газів еритроцитами за QR-кодом.



Що таке анемія. У нормі вміст гемоглобіну має становити 132–164 г/л у чоловіків та 115–145 г/л у жінок (г/л означає число грамів гемоглобіну на 1 л крові). Проте під впливом різних негативних чинників уміст гемоглобіну в організмі може зменшуватись. Унаслідок цього кров переносить менше кисню. Настає киснева недостатність (кисневе голодування), яка впливає на розумову діяльність і фізичну працездатність. Такий стан називають **анемією**, або **недокрів'ям**.



Пригадайте, які вітаміни впливають на процеси кровотворення.

✓ **Дізнайтеся більше** про причини анемії у людини та про серпоподібноклітинну анемію за QR-кодом.



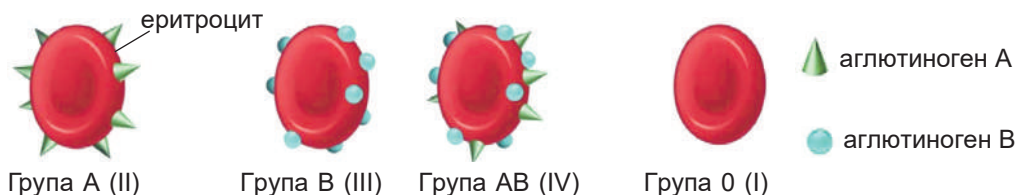
Що таке групи крові. Група крові – це система класифікації крові, що ґрунтується на наявності чи відсутності певних сполук, розташованих насамперед на поверхні еритроцитів (а також лейкоцитів і тромбоцитів). Вона визначає сумісність чи несумісність крові під час її переливання. Найпоширенішою є система **ABO** (табл. 32.1).

Таблиця 32.1. Групи крові людини

Групи крові реципієнта	Аглютиногени в еритроцитах	Аглютиніни в плазмі крові
O(I)	Відсутні	α і β
A(II)	A	β
B(III)	B	α
AB(IV)	A та B	Відсутні

Цікаво знати. Станом на 2023 рік відомо понад 40 систем крові.

У складі клітинної мембрани еритроцитів є особливі комплекси білків і вуглеводів – **аглютиногени** (мал. 32.2). Їх позначають літерами латинського алфавіту **A** та **B**. У плазмі крові міститься два типи білкових сполук – **аглютинінів**. Їх позначають літерами грецького алфавіту – α (альфа) та β (бета).



Мал. 32.2. Групи крові людини (система AB0)

У крові однієї людини ніколи не трапляються водночас аглютиноген **A** та аглютинін α або аглютиноген **B** та аглютинін β . Змішування несумісної за групами крові (тобто якщо зустрінуться аглютиноген **A** та аглютинін α або аглютиноген **B** та аглютинін β) призводить до склеювання еритроцитів донорської крові.

Цікаво знати. На те, що у різних людей кров може відрізнятися, одним з перших звернув увагу австрійський учений і медик Карл Ландштайнер (1868–1943). Він із співробітниками відкрив три із чотирьох груп крові, за що йому було присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології або медицини (1930). Згодом його учні відкрили й четверту групу крові (AB(IV)). Також разом із американським ученим Александером Соломоном Вінером (1907–1976) Карл Ландштайнер відкрив резус-фактор (1937).



Якщо ви знаєте свою групу крові, знайдіть її у таблиці 32.1, визначте наявність у ній аглютиногенів і аглютинінів.



Нині користуються правилом переливання тільки однойменних груп крові. Наприклад, людям, які мають O(I) групу крові, можна переливати кров лише O(I) групи. Відповідно особам, які мають AB(IV) групу, можна переливати кров AB(IV) групи тощо. Лише в окремих випадках застосовують *правило Оттенберга*¹, згідно з яким людина з O(I) групою може слугувати універсальним донором, людина з AB(IV) групою – універсальним реципієнтом. Але в цих випадках порція донорської крові зазвичай не повинна перевищувати 200 мл.

Цікаво знати. Більшість людей мають O(I) або A(II) групу крові, найменш поширена група – AB(IV). Так, у 40 % українців трапляється A(II) група крові, у 37 % – O(I), 17 % – B(III), 6 % – AB(IV).

Як визначають групу крові. У діагностичній лабораторії фахівець забирає зразки вашої крові. До цих зразків додають діагностичні зразки сироватки, що містять різні аглютиніни, і спостерігають, як вони будуть реагувати із зразками вашої крові. Подібним чином у лабораторії визначають наявність або відсутність резус-фактора.

¹ У 1907 році американський лікар Рубен Оттенберг здійснив першу перевірку на сумісність крові донора та реципієнта. Він першим звернув увагу на те, що люди з O(I) групою крові можуть бути універсальними донорами.

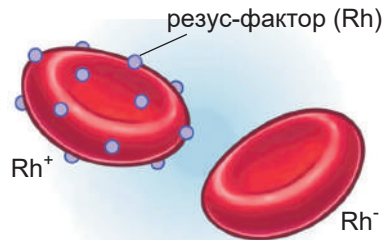


✓ **Дізнайтеся більше**, як визначають групи крові, за QR-кодом.

Що таке резус-фактор і резус-конфлікт. Під час переливання крові враховують не тільки групу крові, а й наявність чи відсутність на поверхні еритроцитів ще однієї сполуки білкової природи, яку називають **резус-фактором** (скорочено **Rh**). Ця сполука є в більшості людей (приблизно 85 %). Наявність чи відсутність резус-фактора на поверхні мембрани еритроцитів визначається спадково, так само, як і тип аглютиногенів (або їхня відсутність).

Цікаво знати. Свою назву резус-фактор дістав тому, що вперше його було визначено в крові макаки резус, поширеній у Центральній, Південній та Південно-Східній Азії.

За наявності в еритроцитах резус-фактора кров називають **резус-позитивною** (або скорочено **Rh⁺**), якщо ж резус-фактор відсутній – **резус-негативною** (**Rh⁻**) (мал. 32.3). Якщо резус-позитивну кров перелити людині з резус-негативною кров'ю перший раз, то помітної реакції не буде. Але у відповідь на повторне переливання в крові резус-негативної людини відбудеться склеювання донорських еритроцитів, що визначають як **резус-конфлікт**. Щоб уникнути резус-конфлікту, людям, які мають резус-позитивну кров, переливають лише резус-позитивну кров, а людям з резус-негативною кров'ю – лише резус-негативну.



Мал. 32.3. Резус-фактор

✓ **Дізнайтеся більше** про резус-конфлікт за QR-кодом.



Кожній людині слід знати і пам'ятати групу своєї крові та наявність чи відсутність у ній резус-фактора. У критичній ситуації це може врятувати її життя. Саме тому ці відомості можна побачити на військовій формі або військових жетонах (мал. 32.4).



Чому носіння такого шеврона є обов'язковим не тільки для воїнів ЗСУ, а й для співробітників МВС, ДСНС та інших служб?

Людину, яка добровільно віддає частину своєї крові для переливання іншим (їх називають **реципієнтами**) або для інших цілей (отримання різних компонентів крові), називають **донором** (від лат. *доно* – дарую).

Дослідження довели, що донор одночасно може здати до 450 мл своєї крові (зазвичай – 200 мл) без шкоди для свого здоров'я.



Мал. 32.4. Шеврон з позначенням групи крові та резус-фактора на формі військовослужбовця ЗСУ

Донором може бути будь-яка здорова людина, вік якої перевищує 18 років і яка пройшла попереднє медичне обстеження. Натомість донорство людини із хворобою може негативно вплинути на її здоров'я, загострюючи перебіг хвороби. Не можуть бути донорами люди, хворі на інфекційні захворювання. Тому донорська кров обов'язково має пройти лабораторне дослідження перед тим, як її будуть переливати реципієнтам або використовувати її компоненти.

✓ **Дізнайтеся більше** про переливання крові в Україні за QR-кодом.



Цікаво знати. За ініціативи Організації Об'єднаних Націй (ООН) 2005 року був започаткований Всесвітній день донорства, який відзначають 14 червня (мал. 32.5).



Мал. 32.5. Донорство. А. Бути донором почесно: без шкоди для власного здоров'я ви можете врятувати життя інших. Б. Ювілейна монета «Крапля життя», присвячена донорству крові; випущена Національним банком України у 2024 році

Узагальнення

Кількість і співвідношення різних груп клітин крові має підтримуватись на сталому рівні, тому вони постійно відтворюються. Органами кровотворення є: червоний кістковий мозок, селезінка, лімфатичні вузли, виличкова залоза (тимус) тощо. Еритроцити – дрібні, червоні, без'ядерні клітини крові, що містять гемоглобін і забезпечують транспорт газів. На мембранах еритроцитів можуть міститися аглютиногени А та В, а в плазмі крові – аглютиніни α і β . За їхньою наявністю або відсутністю визначають групи крові за системою АВ0. Переливання крові здійснюють за певними правилами, враховуючи також наявність або відсутність на поверхні еритроцитів білкової сполуки – резус-фактора.

Поміркуйте

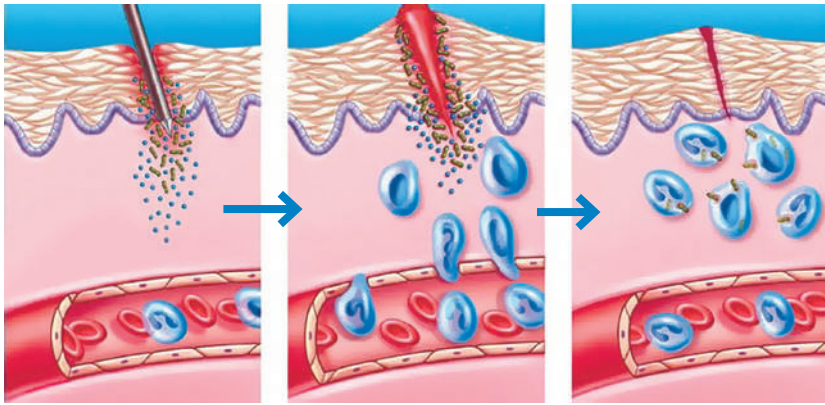
1. Які особливості клітин червоного кісткового мозку забезпечують їм здатність давати початок різним групам формених елементів?
2. Чому клітини крові потребують постійного оновлення?
3. Аглютиногени порівнюють з антигенами, а аглютиніни – з антитілами. На чому, на вашу думку, ґрунтується таке порівняння?
4. Чи змінюється група крові та резус-фактор в людини протягом життя?

§ 33. Будова і функції лейкоцитів і тромбоцитів. Зсідання крові



Чому формені елементи крові відрізняються за формою, розміром і будовою?

Яка будова та функції лейкоцитів. Лейкоцити – безбарвні клітини, тому їх ще називають *білі кров'яні тіลця*. Є кілька видів лейкоцитів: різних за розмірами, будовою і функціями. Усі вони, на відміну від еритроцитів, мають ядро певної форми. Форма лейкоцитів непостійна, оскільки вони здатні утворювати псевдоподії (несправжні ніжки). Завдяки цьому деякі з них можуть проникати крізь стінки капілярів і рухатись у міжклітинних просторах, захоплюючи сторонні тверді часточки або клітини мікроорганізмів (мал. 33.1).



Мал. 33.1. Схема виходу лейкоцитів крізь стінку капіляра за допомогою амебоїдного руху

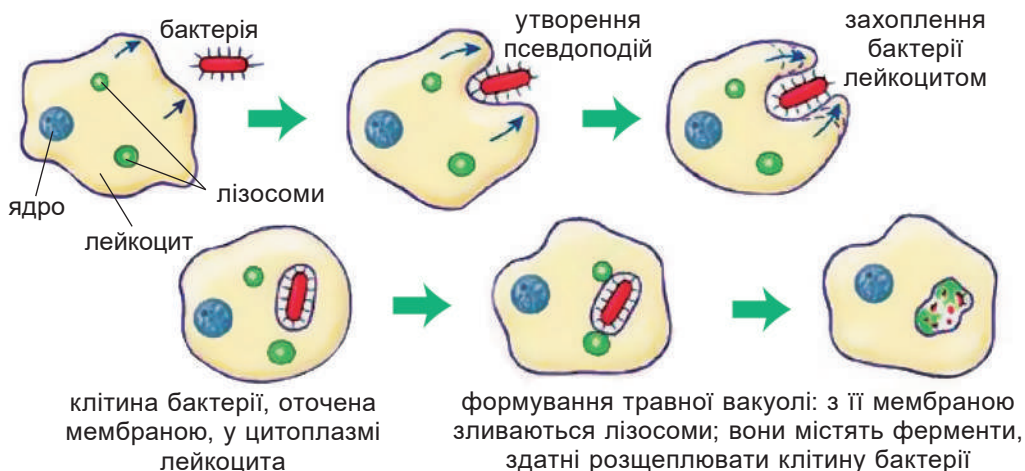
У 1 мм^3 крові в нормі міститься від 6000 до 10 000 лейкоцитів. Але кількість їх у крові може змінюватися, навіть упродовж доби. Це пояснюють тим, що половина лейкоцитів перебуває у міжклітинних проміжках, третина – у червоному кістковому мозкові й лише невелика частка циркулює у кровоносному руслі.

Збільшення числа лейкоцитів понад норму називають **лейкоцитозом**. Він розвивається унаслідок запальних процесів, інфекційних та онкологічних захворювань, після споживання їжі та важкої фізичної праці.

Зменшення числа лейкоцитів у крові нижче норми називають **лейкопенією**. Її спричиняють деякі інфекційні захворювання, а також променеве ураження організму. Руйнуються лейкоцити в селезінці та місцях запалення.

Основна функція лейкоцитів – *захист організму* від хвороботворних організмів, чужорідних білків, сторонніх тіл, які проникають у кров та інші тканини.

Певні види лейкоцитів здатні шляхом фагоцитозу захоплювати й знешкоджувати чужорідні сполуки та мікроорганізми (мал. 33.2). **Гній**, що утворюється в тканинах у разі запалень, – це скупчення мертвих лейкоцитів.



Мал. 33.2. Механізм знешкодження лейкоцитом бактерії за допомогою фагоцитозу

Цікаво знати. Захисні функції лейкоцитів вивчав наш співвітчизник І.І. Мечников – видатний учений, який тривалий час працював в Одеському національному університеті, що нині носить його ім'я. Він відкрив явище клітинного імунітету: спостерігаючи за певними видами лейкоцитів, виявив явище фагоцитозу й пов'язав з ним захисні властивості організму людини і тварин.

Лейкоцити залежно від особливостей будови та функцій поділяють на групи: нейтрофіли, еозинофіли, базофіли, моноцити, лімфоцити.

✓ **Дізнайтеся більше** про різновиди лейкоцитів за QR-кодом.



Лімфоцити – невеликі клітини діаметром близько 7–9 мкм. Їхня кількість становить 25–40 % усіх лейкоцитів. На відміну від інших груп лейкоцитів, які повністю формуються в червоному кістковому мозку, лімфоцити потребують ще дозрівання у таких органах, як тимус (вилочкова залоза), селезінка, апендикс, лімфатичні вузли. Тривалість життя різних груп лімфоцитів – від 6–10 годин до десятків років.

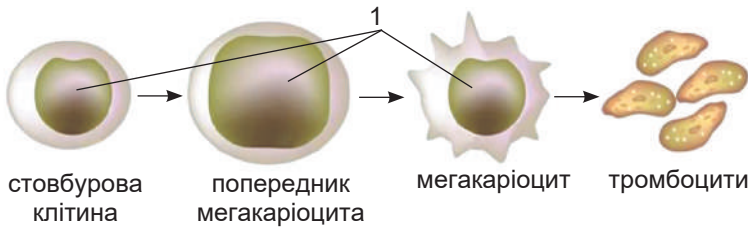
Цікаво знати. Найбільша тривалість життя серед лімфоцитів у так званих **клітин імунної пам'яті**. Вони впродовж багатьох років, а то й усього життя організму людини зберігають здатність розпізнавати й знищувати антигени, забезпечуючи людині «імунну пам'ять». **Імунна пам'ять** – здатність імунної системи швидко розпізнавати й відповідати на повторне проникнення певного антигену в організм. Клітини пам'яті утворюються під час першого проникнення антигену в організм людини і здатні тривалий час зберігатись у нашому організмі. Від тривалості їхнього існування залежить, наскільки тривалим буде імунітет проти збудника певного захворювання.



Важливим показником стану нашого організму є співвідношення різних типів лейкоцитів – **лейкоцитарна формула**. Її визначають у діагностичних лабораторіях під час аналізу крові. У нормі лейкоцитарна формула має такий вигляд: нейтрофілів – від 46 % до 76,5 %, еозинофілів – від 0,5 % до 5 %, базофілів – близько 0,5 %, лімфоцитів – від 18 % до 40 %, моноцитів – від 2 % до 9 %. Зміни у лейкоцитарній формулі свідчать про певні негативні процеси у нашому організмі. Напри-

клад, збільшення кількості нейтрофілів свідчить про гострий запальний процес в організмі, збільшення кількості еозинофілів спостерігають у разі багатьох гельмінтозів, базофілів – певних алергічних реакцій.

Яка будова і функції тромбоцитів. Тромбоцити, або *кров'яні пластинки*, – безбарвні, без'ядерні, неправильної форми ділянки цитоплазми, оточені плазматичною мембраною (див. мал. 31.2). Кількість їх у нормі становить 180–320 тис. в 1 мм^3 крові. Тромбоцити утворюються в червоному кістковому мозку зі стовбурових клітин (мал. 33.3). Тривалість їхнього життя становить приблизно 9–10 днів, після чого вони руйнуються в печінці та селезінці. Тромбоцити також легко руйнуються в разі ушкодження кровоносних судин, відіграючи важливу роль у процесах зсідання крові.



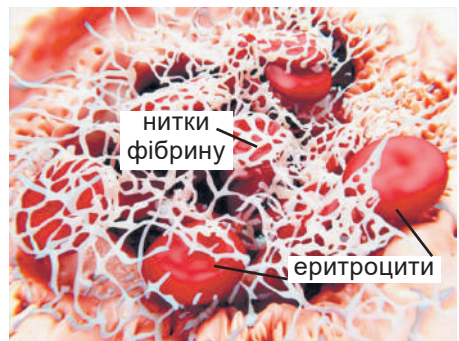
Мал. 33.3. Схема утворення тромбоцитів: 1 – ядро

Як відбуваються процеси зсідання крові. Зсідання крові (ці процеси ще називають *коагуляцією крові*) – важлива захисна реакція організму, що запобігає втратам крові в разі порушення цілісності кровоносних судин. Унаслідок зсідання крові утворюється кров'яний згусток, який закриває ушкодження в судині.

✓ **Дізнайтеся більше** про механізм зсідання крові та порушення зсідання за QR-кодом.



Під час пошкодження судини вивільняються біологічно активні речовини, зокрема *тромбопластин*. У присутності йонів кальцію тромбопластин активує фермент *тромбін*. Він утворюється з протромбіну, що синтезується у печінці під дією вітаміну К. Саме за участі тромбіну фібриноген (білок плазми) перетворюється на фібрин. Нитки фібрину утворюють над ушкодженою ділянкою судини сітку, в яку потрапляють тромбоцити та інші формені елементи крові, а також білки плазми крові (мал. 33.4). Цей згусток стискається та ущільнюється. Так виникає *кров'яний тромб*, який повністю закриває рану. Згодом, після того як ушкоджена ділянка кровоносної судини відновлюється, кров'яний згусток за участі ферментів розчиняється.



Мал. 33.4. Утворення тромбу



У деяких людей процеси зсідання крові порушені. Таке спадкове захворювання називають **гемофілією**. На нього хворіють переважно чоловіки. У людини із цим захворюванням навіть за незначних ушкоджень кровоносних судин кров не зсідается. Хворі на гемофілію, якщо не вживатимуть спеціальних ліків, можуть загинути від втрати крові навіть за незначного поранення. А в разі деяких захворювань (наприклад, **тромбозу**) кров може зсідатися всередині неушкодженої судини й утворювати в ній тромби. Вони можуть закупорювати кровоносні судини, що небезпечно для життя людини. В організмі людини є речовини, які запобігають зсіданню крові й утворенню тромбів без ушкодження кровоносних судин. До них належать гепарин, який утворюється в різних органах, зокрема в печінці, і фермент сироватки крові – фібринолізин. На основі гепарину створені різноманітні лікарські препарати.

Узагальнення

Лейкоцити – безбарвні клітини крові непостійної форми, що мають ядро. Лейкоцити здатні утворювати псевдоподії, що забезпечує їм амебоїдний рух та здатність до фагоцитозу. Є декілька видів лейкоцитів, які відрізняються за особливостями будови та виконуваними функціями. Лейкоцити виконують функцію імунного захисту. Тромбоцити – безбарвні, без'ядерні, неправильної форми формені елементи крові. Їхня основна функція – забезпечувати процеси зсідання крові.



Поміркуйте

1. Що станеться, якщо кров втратить здатність до зсідання?
2. Яке значення того, що певним видам лейкоцитів властива імунна пам'ять?
3. Чому рух лейкоцитів називають *амебоїдним*?
4. Чим збільшення числа лейкоцитів понад норму – лейкоцитоз – може бути небезпечним для організму людини?



Лабораторне дослідження «Мікроскопічна будова крові».



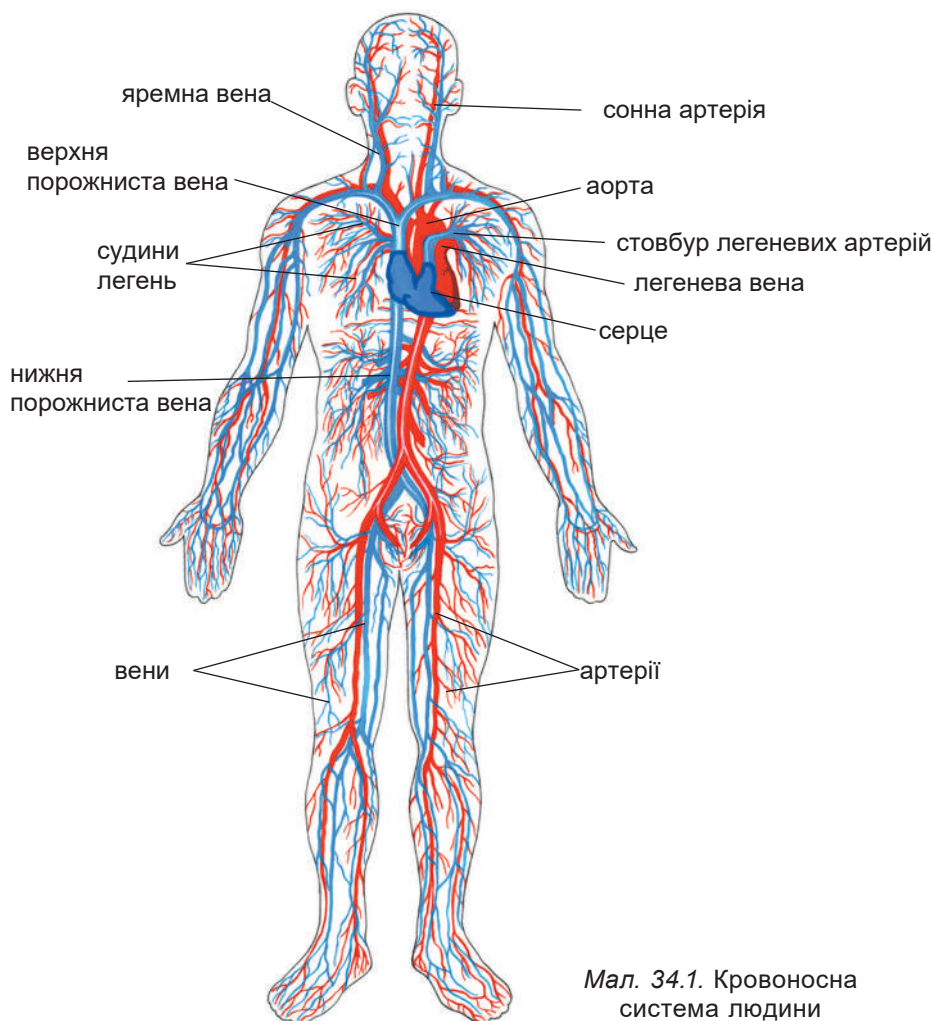
§ 34. Система кровообігу. Будова та функції серця



Чому деякі тварини можуть існувати без серця, а людина – ні?

Кровообіг – це рух крові замкненою системою кровоносних судин і порожнинами серця. Система, що забезпечує кровообіг, має назву **кровоносна**, або **серцево-судинна**.

Яке значення кровообігу. Система органів кровообігу складається із серця й різноманітних за діаметром, будовою та функціями кровоносних судин (мал. 34.1). Свої основні функції (транспортну, регуляторну та захисну) кров виконує завдяки постійному рухові кровоносними судинами. Цей рух забезпечується ритмічними скороченнями серця, що працює як насос, і, створюючи тиск крові, перекачує її кровоносною системою. Припинення руху крові, навіть короткочасне, смертельно небезпечно для організму, оскільки клітини організму, особливо нервові, постійно потребують надходження кисню і поживних речовин.

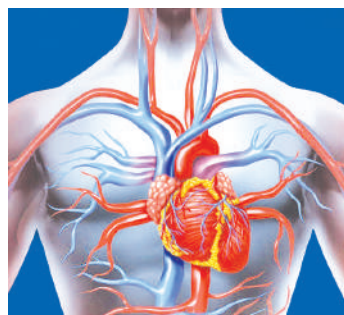


Мал. 34.1. Кровоносна система людини

Яка будова серця. Серце – порожнистий конусоподібний м'язовий орган, розміщений у грудній порожнині (мал. 34.2). Розширена його основа обернена вгору, а вузька верхівка – донизу. Дві третини серця містяться в лівій половині грудної порожнини, а одна – в правій. Таким чином, серце зміщене ліворуч від середньої лінії тіла. Серце дорослої людини в середньому 12–13 см завдовжки і до 9–10 см у діаметрі. Маса серця в чоловіків дещо більша, ніж у жінок: близько 300 г (у жінок – 220 г).



Які властивості серцевого м'яза спільні зі скелетними поспрягаваними м'язами, а які – з непоспрягаваними?



Мал. 34.2. Розміщення серця в організмі людини

Зовні серце оточене еластичною навколосерцевою сполучнотканинною сумкою –

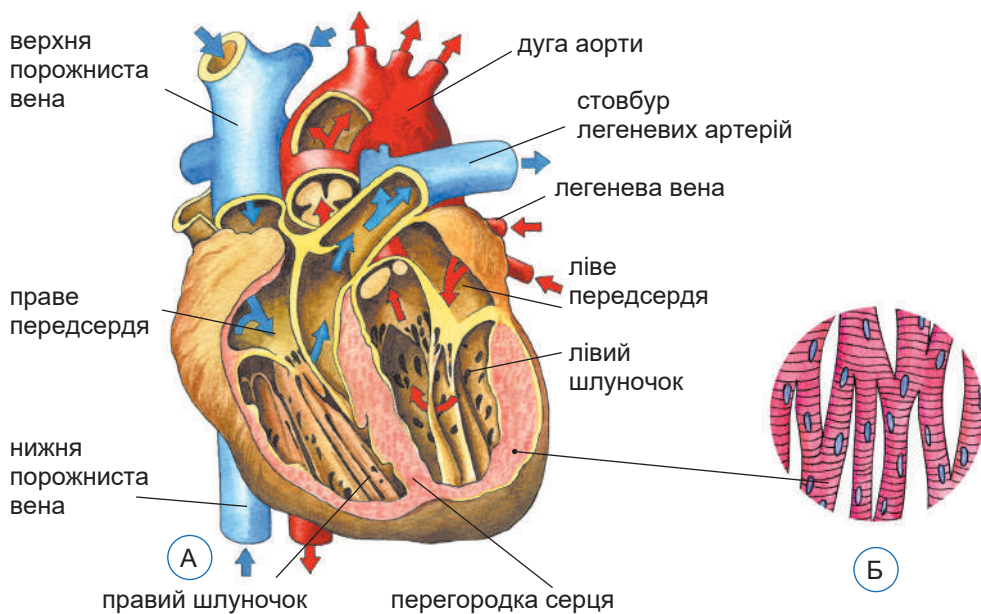
перикардом, який оберігає його від надмірного розтягнення під час наповнення кров'ю та забезпечує стале положення серця. Стінки перикарда утворені двома шарами сполучної тканини: внутрішній шар виділяє рідину, що зменшує тертя між ними.

Стінка серця складається з трьох шарів: внутрішнього – **ендокарда**, середнього – м'язового – **міокарда** і зовнішнього – сполучнотканинного – **епікарда**.

Епікард, міцно зрощений з міокардом, виконує захисну функцію, у ньому розміщені нервові закінчення та кровоносні судини.

Міокард утворений особливою посмугованою м'язовою тканиною (мал. 34.3, Б). Її клітини, на відміну від скелетних м'язових волокон, з'єднані між собою. Коли збуджується одна клітина, то це збудження передається до всіх м'язових клітин передсердя чи шлуночка. Наслідком цього є їхнє одночасне скорочення. Завдяки таким особливостям будови діяльність серця підпорядкована правилу **все або нічого**. Це означає, що у відповідь на подразнення всі м'язові волокна серця або відповідають скороченням, або, якщо подразник недостатньо сильний, не реагують на нього. При цьому сила скорочення серцевого м'яза не залежить від сили подразнення.

Ендокард має складну будову. Його внутрішній шар – епітелій, вистилає порожнини серця.



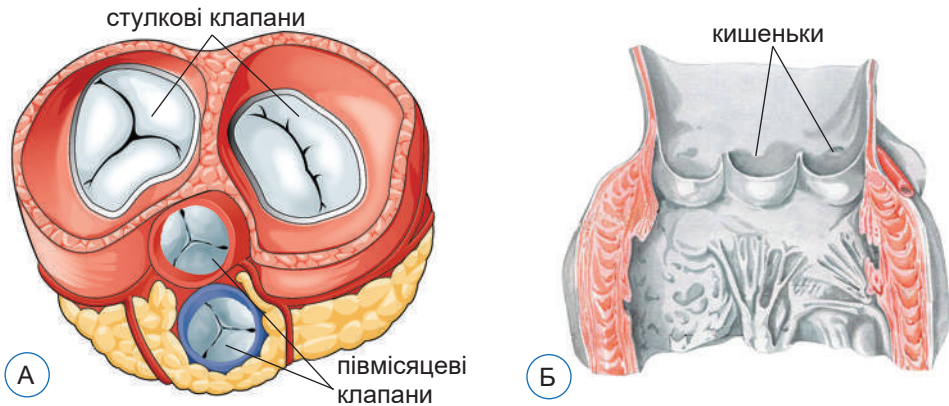
Мал. 34.3. Серце людини: А. Будова. Б. Міокард

Як і в інших ссавців, серце людини чотирикамерне: складається з двох передсердь (правого та лівого; верхня частина серця) та двох шлуночків (правого та лівого; нижня частина серця) (мал. 34.3, А). **Передсердя** – відділи серця, у які кров збирається з вен. **Шлуночки** – це відділи серця, з яких кров надходить в артерії. Ліва і права частини серця розділені суцільною перегородкою, тому венозна та артеріальна

кров у ньому не змішуються. У правій половині рухається венозна кров, у лівій – артеріальна.

Між порожнинами серця (порожнинами передсердь і шлуночків), а також між серцем та аортою і між серцем та легеневим стовбуром складки ендокарда утворюють клапани (мал. 34.4). Між передсердями та шлуночками розташовані **стулкові клапани**. Правий клапан складається з трьох стулок (*тристулковий клапан*), а лівий – з двох (*двостулковий*) (мал. 34.4, А). До стулок прикріплені сухожильні струни, які на протилежному кінці з'єднані зі стінками шлуночка. Вони запобігають вивертанню клапанів у бік передсердь. Стулкові клапани забезпечують рух крові від передсердь до шлуночків і перешкоджають зворотному току крові до передсердь під час скорочення шлуночків.

На межі правого шлуночка та стовбура легеневих артерій і лівого шлуночка та аорти містяться **півмісяцеві (кишенькові) клапани**. Кожен з них має вигляд трьох кишень, які вільно пропускають кров зі шлуночка у бік кровоносних судин і запобігають її поверненню із судин у бік серця (мал. 34.4, Б).



Мал. 34.4. А. Клапани серця. Б. Розгорнутий півмісяцевий (кишеньковий) клапан

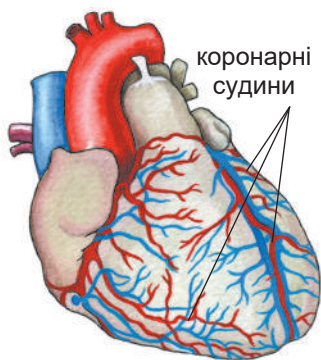
М'язові оболонки передсердь і шлуночків не сполучаються між собою, тож передсердя та шлуночки здатні скорочуватися незалежно, однак узгоджено. Шлуночки виконують більшу роботу, ніж передсердя. Вони проштовхують кров по всій довжині судин, тоді як передсердя переганяють кров тільки до шлуночків. Тому м'язові стінки шлуночків значно товстіші, ніж у передсердь. Найтовщою є стінка лівого шлуночка, бо саме скорочення лівого шлуночка виштовхують кров до великого кола кровообігу.

Які властивості серцевого м'яза. Серцевому м'язу завдяки особливостям його будови притаманні такі властивості: збудливість, скоротливість, провідність, автоматія. **Збудливість** – здатність серцевого м'яза сприймати подразники та відповідати на них збудженням. Збудження серцевого м'яза супроводжується його **скороченням**. Збудження, яке виникає в певній ділянці серця, поширюється по всьому серцю завдяки **провідності** серцевого м'яза. Це забезпечується зв'язками між його клітинами. Тому серце скорочується як єдине ціле із чіткою послідовністю: спочатку передсердя, а потім – шлуночки.

Автоматія серця – його здатність до ритмічних скорочень за відсутності дії будь-яких зовнішніх подразників чи впливу нервової системи. Автоматію серця забезпечує скупчення особливих м'язових клітин – так званих *водіїв ритму*. Ці клітини здатні до збудження без участі зовнішніх подразників. Вони генерують імпульси із частотою 60–80 імпульсів за хвилину. Головний центр утворення імпульсів – вузол, розташований у стінці правого передсердя.

Під час поширення збудження в серці виникають електричні струми, які розповсюджуються по всьому тілу. Найчастіше електричні сигнали серця реєструють з поверхні шкіри кінцівок і грудної клітки й записують за допомогою електрокардіографа у вигляді електрокардіограми. Вона відображає стан провідної системи серця і слугує одним із найважливіших діагностичних показників його роботи.

Як серце постачається кров'ю. Серцевий м'яз працює постійно і ритмічно без зупинки впродовж усього життя людини. Це головна фізіологічна відмінність між серцевим і скелетними м'язами. Тому серцевий м'яз потребує постійного надходження з кров'ю великої кількості кисню та поживних речовин. Для цього серце має дві **коронарні**, або *вінцеві* (від лат. *корона* – вінець), **артерії**, що розгалужуються на безліч дрібних судин, аж до капілярів (мал. 34.5). Через коронарні артерії за добу протікає близько 500 л крові. Продукти обміну речовин і вуглекислий газ з клітин серця виводяться з венозною кров'ю через **коронарні вени**.



Мал. 34.5.
Кровопостачання серця

Порушення постачання серця артеріальною кров'ю становить смертельну небезпеку. Його наслідком може бути інфаркт міокарда, який супроводжується змертвінням ділянки серцевого м'яза.

Узагальнення

Кров рухається замкненою системою кровоносних судин і порожнинами серця. Серце – порожнистий конусоподібний м'язовий орган, розміщений у грудній порожнині. Стінка серця складається з трьох шарів: внутрішнього – ендокарда, середнього – м'язового – міокарда і зовнішнього – сполучнотканинного – епікарда. Зовні воно вкрите перикардом – навколосерцевою сумкою, яка підтримує стаке положення серця в грудній порожнині та захищає його. Для серця характерні такі властивості: збудливість, скоротливість, провідність, автоматія.

Поміркуйте

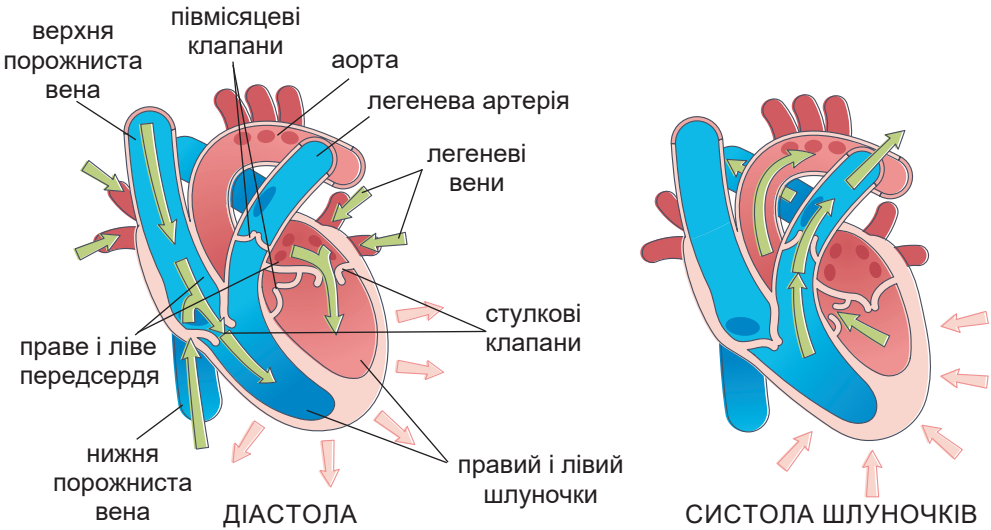
1. Уявіть, що серце людини розташоване в черевній, а не в грудній порожнині. Як зміниться його функціонування?
2. Якими будуть наслідки, якщо клапани серця перестануть функціонувати?
3. Чому середній шар серця побудований з позмугованої м'язової тканини, а не з гладенької?

§ 35. Серцевий цикл. Нейрогуморальна регуляція роботи серця



Якими механізмами регуляції забезпечується робота серця?

Що таке серцевий цикл. Послідовність процесів, що відбуваються протягом одного скорочення серця та його подальшого розслаблення, має назву **серцевий цикл** (мал. 35.1). Він складається з трьох фаз: скорочення передсердь (*систола передсердь*), скорочення шлуночків (*систола шлуночків*) та загального розслаблення (*діастола*; табл. 35.1). Серце здорової людини в стані спокою здійснює 65–75 серцевих циклів за хвилину.



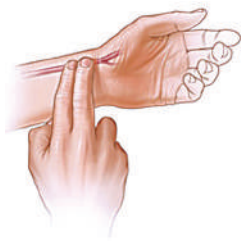
Мал. 35.1. Серцевий цикл

Таблиця 35.1. Фази серцевого циклу

Фаза	Що відбувається	Тривалість (с)	Напрямок руху крові
I. Систола передсердь	Скорочення передсердь; шлуночки розслаблені; стулкові клапани відкриті, півмісяцеві – закриті	0,1	За цей час кров з передсердь виштовхується у розслаблені шлуночки
II. Систола шлуночків	Скорочення шлуночків; передсердя розслаблені; стулкові клапани закриті, півмісяцеві – відкриті	0,3	Кров з правого шлуночка виштовхується до стовбура легеневих артерій, а з лівого – до аорти
III. Діастола	Загальне розслаблення передсердь і шлуночків; стулкові клапани відкриті, півмісяцеві – закриті	0,4	Весь серцевий м'яз перебуває у стані загального розслаблення
Весь серцевий цикл		0,8	

Загалом повний серцевий цикл триває 0,8 с. За цей час м'язові волокна передсердь працюють 0,1 с та відпочивають 0,7 с, а шлуночків – відповідно 0,3 с та 0,5 с. Саме відносно великий час діастолі визначає здатність серцевого м'яза працювати, не втомлюючись, упродовж усього життя людини. Кількість серцевих циклів упродовж однієї хвилини, називають **частотою серцевих скорочень**.

Цікаво знати. Під час скорочення серця дорослої людини в стані спокою кожен шлуночок виштовхує в артерії приблизно 65 мл крові. За хвилину серце перекачує близько 5 л крові, а за рік – майже 2,6 млн літрів.



Мал. 35.2.
Вимірювання
артеріального
пульсу на
зап'ястку

У момент викиду крові в аорту тиск у ній підвищується, а стінки розтягуються. Таке розтягнення завдяки щільності та пружності стінок кровоносних судин хвилюподібно поширюється від аорти до інших артерій.

Коливання стінок артерій, які виникають у відповідь на кожне скорочення серця, називають **артеріальним пульсом**. У здорової людини пульс ритмічний, має частоту 65–75 ударів за хвилину. У разі збільшення частоти серцевих скорочень тривалість серцевого циклу скорочується переважно за рахунок скорочення періоду діастолі. За пульсом можна визначити частоту, ритмічність і силу серцевих скорочень, що вказує на функціональний стан як серцево-судинної системи, так і всього організму. Пульс відчувається у місцях, де великі артерії підходять близько до поверхні тіла, наприклад на внутрішньому боці зап'ястка (мал. 35.2), на скронях, по боках шиї. Кожне коливання відповідає скороченню серця.

Як регулюється робота серця. Хоча серце скорочується автоматично, частота і сила його скорочень залежать від умов довкілля і стану організму. Наприклад, за інтенсивної роботи чи під час виконання фізичних вправ частота серцевих скорочень зростає. На роботу серця впливають також зміна температури довкілля, біль, різні емоції (гнів, страх, радість тощо). Усі вони посилюють або послаблюють серцеву діяльність.

Для того щоб пристосувати роботу серця до різних потреб організму, існують механізми нервової та гуморальної регуляції його діяльності.

До серця підходять симпатичні та парасимпатичні нерви вегетативної нервової системи (див. мал. 11.2). Парасимпатичний центр регуляції серцевої діяльності розташований у довгастому мозку. Нервові імпульси, які надходять парасимпатичними нервами, уповільнюють частоту серцевих скорочень і зменшують їхню силу. Навпаки, нервові імпульси, які надходять до серця симпатичними нервами, збільшують силу скорочень, прискорюють їхню частоту, поліпшують провідність і збудливість серцевого м'яза. За умов спокою або під час сну серце зменшує силу і частоту скорочень за рахунок послаблення впливу симпатичних нервів.

Симпатичні й парасимпатичні нервові центри діють узгоджено: якщо один із них збуджується, то інший – гальмується. У гіпоталамусі

сі, який є вищим координуючим центром регуляції функцій вегетативних органів, містяться скупчення нейронів, збудження яких змінює частоту і силу скорочень серця за тих чи інших емоційно-поведінкових реакцій. Гіпоталамус регулює діяльність серця через нервові центри довгастого й спинного мозку. Вищим рівнем регуляції серцевої діяльності є кора півкулі кінцевого мозку.

Серед гуморальних чинників на роботу серця найбільше впливає гормон надниркових залоз адреналін. Він збільшує частоту і силу серцевих скорочень.

Серцеву діяльність також посилює гормон щитоподібної залози тироксин. Діяльність серця активує підвищення концентрації у крові йонів кальцію. Натомість зростання вмісту йонів калію гальмує діяльність серця.

Серце – особливий орган, який, крім нейрогуморальних регуляторних механізмів, має й власні, внутрішньосерцеві. Найважливішим з них є внутрішньосерцева регуляція сили скорочення серцевих м'язів залежно від кількості крові, яка притікає до серця. Що більше розтягуються м'язові клітини шлуночків від крові, яка до них надходить, то потужніші їхні скорочення.

Порушувати роботу серця можуть надмірні емоційні навантаження. За значних хвилювань, стресів може розвинути так званий **серцевий напад**. Він супроводжується прискоренням або, навпаки, сповільненим серцебиттям, порушенням ритміки скорочення серцевого м'яза



Розлади ритмічності, послідовності й сили скорочень серцевого м'яза називають **аритмією**. Вони зумовлені порушеннями автоматизму його скорочень, збудливості та провідності. Прискорення частоти серцевих скорочень називають тахікардію. Якщо тахікардію спостерігають під час фізичних навантажень або стресу, це нормальне фізіологічне явище. Але прискорення частоти серцевих скорочень у стані спокою лікарі розглядають як явище патологічне, що може свідчити про проблеми зі станом серця. Теж саме стосується й брадикардії – уповільнення частоти серцевих скорочень до менш

✓ **Дізнайтеся більше** про аритмію за QR-кодом.



Фізична діяльність (фізична праця, регулярні спортивні тренування) поліпшує роботу серця. У тренуваній людини за значних фізичних чи психічних навантажень кровопостачання органів посилюється за рахунок збільшення сили скорочення. Це пояснюють тим, що тренуване серце за одне скорочення викидає набагато більше крові, ніж нетреноване. Тому його стінки мають товщий м'язовий шар, а об'єм камер збільшений. У нетренованої людини кровообіг посилюється насамперед за рахунок збільшення частоти серцевих скорочень, а це зумовлює втому серця.



Для забезпечення нормальної роботи серця потрібно розумову працю чергувати з фізичними вправами, частіше бути на свіжому повітрі. Фізичні навантаження треба збільшувати поступово. Надмірна робота на початку тренування спричинить перевантаження серця і може призвести до виснаження серцевого м'яза. Особливо важливо дотримуватись цього правила підліткам 14–17 років, у яких судинна система відстає в своєму розвитку від темпів розвитку серця.

Узагальнення

Серце – м'язовий орган, що скорочується ритмічно. Послідовні скорочення (систола) передсердь і шлуночків змінюються його загальним розслабленням – діастолю. Разом вони становлять серцевий цикл. Серце ніколи не втомлюється. Це зумовлено ритмічністю його роботи. Артеріальним пульсом називають коливання стінок артерії, які виникають у відповідь на кожне скорочення серця. Робота серця регулюється нервовою та гуморальною системами регуляції.

Поміркуйте

1. Скільки часу триває дістола передсердь?
2. Чому під час хвилювання частота серцевих скорочень зростає?
3. Чи уповільнюється робота серця під час сну?
4. Як узгоджена робота клапанів серця впливає на рух крові із серця до судин та повернення крові до нього?



Лабораторне дослідження «Вимірювання частоти серцевих скорочень».



§ 36. Будова та функції кровоносних судин. Рух крові: велике та мале кола кровообігу

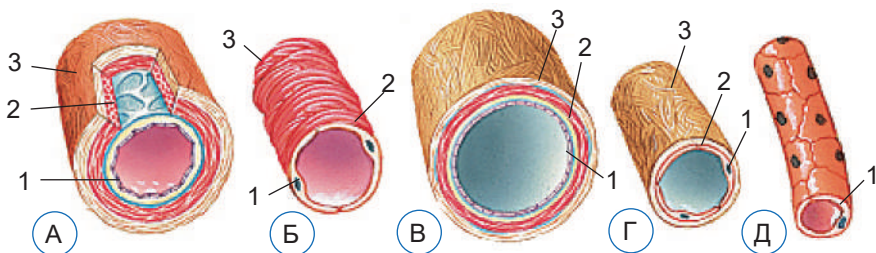


Завдяки чому кров здатна підніматись від нижніх кінцівок до серця?

Ми вже згадували, що кровоносна система людини, крім серця, включає різні за розміром, будовою і функціями кровоносні судини, якими рухається кров (мал. 36.1).

Які бувають кровоносні судини та яка їхня будова. Розрізняють три основні види кровоносних судин: артерії, вени і капіляри. **Артерії** – судини, якими кров від серця прямує до різних органів і тканин, незалежно від того, чи артеріальна вона (надходить з лівого шлуночка), чи венозна (надходить з правого шлуночка). Найбільша артерія в організмі людини – **аорта** – бере початок від лівого шлуночка серця.

Стінки артерій складаються з трьох шарів: внутрішнього, утвореного одним шаром епітеліальних клітин (ендотелієм); середнього, утво-



Мал. 36.1. Схема будови кровоносних судин: А – артерії; Б – артеріоли; В – вени; Г – венули; Д – капіляра (1 – ендотелій (внутрішня оболонка), 2 – м'язова оболонка (середня), 3 – сполучкотканинна оболонка (зовнішня))

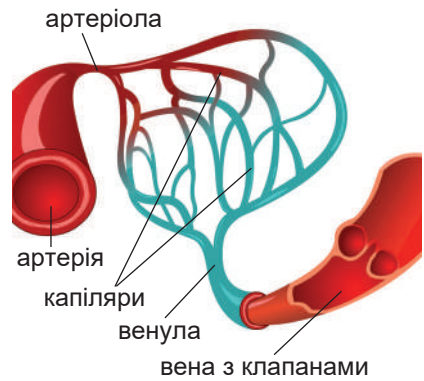
реного шаром кільцевих й поздовжніх непосмугованих м'язів, та зовнішнього, з волокнистої сполучної тканини (мал. 36.1, А). Найдрібніші артерії – **артеріоли** (мал. 36.1, Б).

Вени – судини, які несуть кров від органів і тканин до серця. Їхні стінки, як і в артерій, складаються з трьох шарів (мал. 36.1, В). Але, оскільки тиск крові у венах порівняно з артеріями менший, стінки вен тонші. Крім того, у венах є **кишенькові (півмісяцеві) клапани**. Вони вільно пропускають кров у бік серця і перешкоджають її руху у зворотному напрямку. Найдрібніші вени називають **венулами** (мал. 36.1, Г). Ними кров від капілярів надходить до системи вен.

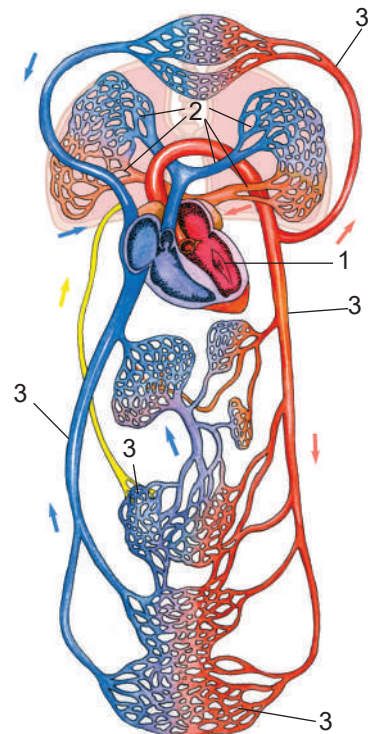
Капіляри – мікроскопічні судини діаметром 4–20 мкм та завдовжки до 1 мм. Вони сполучають артерії з венами. Тонка стінка капілярів складається лише з одного шару плоских клітин ендотелію (мал. 36.1, Д). Завдяки цьому через їхні стінки може відбуватись обмін речовинами з тканинною рідиною, яка заповнює міжклітинні простори. Через стінки деяких капілярів можуть проходити навіть цілі клітини, наприклад певні типи лейкоцитів. Капіляри утворюють в органах і тканинах густу сітку. Вони забезпечують зв'язки між артеріальною та венозною системами кровообігу (мал. 36.2). Це є однією з умов підтримання гомеостазу організму людини.

Цікаво знати. У м'язах на 1 мм² поперечного перерізу налічують понад 2 тис. капілярів. У стані спокою відкритими є лише 5–10 % з них, тоді як інші закриті за допомогою особливих м'язово-затискачів. Під час активної діяльності органа ці м'язи розслабляються, і капілярний кровообіг різко зростає. Загальна площа перетину всіх капілярів тіла людини становить приблизно 6300 м², а їхня кількість – близько 150 млрд. Якщо всі капіляри організму людини скласти в одну лінію, ними можна було б обперезати земну кулю 2,5 раза (загальна довжина капілярів сягає 100 тис. км).

Що таке велике і мале кола кровообігу. Усі артерії, вени і капіляри об'єднані у дві системи судин, які пов'язані із серцем, – велике і мале кола кровообігу (мал. 36.3). **Велике коло кровообігу** починаєть-



Мал. 36.2. Зв'язок між судинами різних типів



Мал. 36.3. Схема кровообігу людини: 1 – серце; 2 – судини малого кола кровообігу; 3 – судини великого кола кровообігу

ся від *лівого шлуночка* серця *аортою*, куди надходить артеріальна кров. Від аорти кров артеріями надходить до всіх органів і тканин тіла та потрапляє до капілярів. Там вона перетворюється на венозну і системою вен надходить до *правого передсердя*, а звідти – у правий шлуночок серця.

Найбільшими венами нашого організму є *верхня* та *нижня* порожнисті. Вони впадають у праве передсердя.

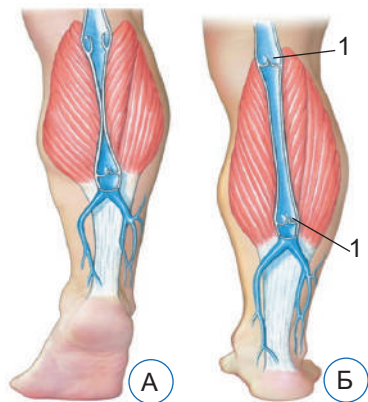
Мале (легеневе) коло кровообігу починається від *правого шлуночка* серця *стовбуром легеневих артерій*, який розгалужується на *праву* і *ліву легеневі артерії*, що несуть кров відповідно до правої та лівої легень. У капілярах легень відбувається газообмін і венозна кров перетворюється на артеріальну. *Легеневими венами* вона тече до *лівого передсердя*, а з нього – у лівий шлуночок, звідки кров знову потрапляє у велике коло кровообігу.

Як кров рухається судинами. Як вам відомо з курсу фізики, рух рідини в будь-якій трубці залежить від різниці тиску на її кінцях: рідина тече в напрямку зменшення тиску. Так само і рух крові судинами можливий лише за певної різниці тисків, яку створює і постійно підтримує серце завдяки скороченням шлуночків. Під час скорочення шлуночків в аорту та стовбур легеневих артерій викидається кров, яка тисне на стінки цих артерій. Цей тиск зростає під час скорочення шлуночків і знижується під час їхнього розслаблення. Він має назву *артеріальний*.

✓ **Дізнайтеся більше** про артеріальний тиск та про артеріальну гіпертонію за QR-кодом.



Негативно впливає на стан організму людини стійке зниження артеріального тиску – *артеріальна гіпотонія* (сучасна назва – *артеріальна гіпотензія*).



Мал. 36.4. Рух крові венами:

А. Скорочення м'язів проштовхують кров венами у напрямку серця;

Б. Кишенькові клапани (1) запобігають зворотному руху крові при розслабленні м'язів

Нижньою межею артеріального тиску для дорослих людей у віці до 25 років вважають 100/60 мм рт. ст., у віці від 25 до 40 років – 105/65 мм рт. ст. Артеріальна гіпотонія супроводжується загальною слабкістю, кволістю, запамороченням тощо внаслідок погіршення кровопостачання різних органів, зокрема головного мозку. Гіпотонію спричиняють неправильний спосіб життя (недостатні фізичні навантаження, порушення режиму праці та відпочинку, недостатнє харчування), недокрів'я тощо.

Важливе значення у забезпеченні кровообігу мають скорочення скелетних м'язів. Вони стискають стінки вен, сприяючи руху крові до серця (мал. 36.4, А). Під час вдиху тиск у грудній клітці стає нижчий за атмосферний, а в черевній порожнині, де перебуває більша частина крові, він вищий. Це також зумовлює рух крові венами.

Не менш важливою під час надходження крові венами до серця є присмоктуваль-

на сила передсердь серця (*пригадайте*, як за допомогою гумової груші можна набрати в неї рідину). Кров венами тече лише в одному напрямку – до серця. Зворотному її руху протидіють кишенькові клапани (мал. 36.4, Б, 1).

Час повного обігу крові великим і малим колами разом становить усього близько 20–25 с. При цьому мале коло кров проходить за 4–5 с, а велике – за 15–20 с.

Найбільша швидкість кровотоку в аорті (приблизно 50–60 см/с). У міру просування крові від великих артерій (аорти, стовбура легеневих артерій) швидкість руху крові знижується. Найменшою вона стає в капілярах (0,3–0,5 мм/с). Це має важливе фізіологічне значення: повільний рух крові капілярами сприяє кращому обміну речовин між кров'ю та прилеглими тканинами. Швидкість руху крові від капілярів до вен поступово зростає до 10–15 см/с. Через вени щоразу в обидва передсердя надходить така сама кількість крові, яка виходить зі шлуночків.

Інтенсивність кровообігу залежить і від фізичних навантажень, температури тіла тощо. Органи, які працюють, завжди потребують посиленого кровопостачання, оскільки з кров'ю вони отримують додаткові поживні речовини та кисень.

Як регулюється кровообіг. Рух крові судинами регулюють нервова система та деякі біологічно активні речовини. Нервова регуляція руху крові має низку особливостей. Так, до непосмугованих м'язових волокон стінок переважної більшості судин підходять лише симпатичні нерви. Імпульси, що надходять симпатичними нервами, спричиняють звуження просвіту судин, відповідно, підвищення тиску крові та зменшення інтенсивності кровотоку через цю ділянку тіла. Якщо до кровоносних судин (наприклад, судин головного мозку) підходять і парасимпатичні нерви, то під дією нервових імпульсів, які до них надходять, діаметр таких судин збільшується.

Загальну регуляцію руху крові здійснює судинно-руховий центр довгастого мозку.

Важливе значення для регуляції кровообігу має гуморальна регуляція. Найбільш потужними судинозвужувальними гормонами є адреналін і норадреналін (гормони мозкового шару надниркових залоз), вазопресин (судинозвужувальний гормон гіпофіза).

Узагальнення

Артерії – кровоносні судини, стінки яких складаються з трьох шарів, ними кров рухається від серця. Стінки вен також складаються з трьох шарів, ними кров рухається до серця; у венах є кишенькові (півмісяцеві) клапани, які запобігають зворотному руху крові. Капіляри – найдрібніші кровоносні судини, стінки яких одношарові. Кров рухається від серця великим і малим колами кровообігу. Мале (легеневе) коло кровообігу – це шлях крові від правого шлуночка через легені до лівого передсердя. Велике коло кровообігу – це шлях крові від лівого шлуночка до правого передсердя. Воно забезпечує транспортування артеріальної крові до різних тканин та органів, а від них венозної – до серця.

Поміркуйте

1. Якщо серце скорочується з більшою частотою, чи впливає це на кровоносні судини?
2. Чому кров не тече з артерій у вени, а потім – у капіляри?
3. Яка роль клапанів, розташованих усередині вен?
4. Як пов'язані між собою велике і мале кола кровообігу?

§ 37. Кровотечі: надання першої допомоги. Серцево-судинні захворювання та їх профілактика



Чому навіть капілярна кровотеча може бути небезпечна для життя та здоров'я людини?

У разі ушкодження судин виникають кровотечі. Швидка значна втрата крові дуже небезпечна для організму людини. Вона призводить до зниження кров'яного тиску, порушення кровопостачання мозку, серця й усіх інших органів. Втрата 2–2,5 л крові смертельна для людини. Тому вчасне припинення кровотечі рятує життя людині.



Мал. 37.1. Капілярна кровотеча з пальця

Які бувають види кровотеч. Розрізняють капілярну, венозну й артеріальну кровотечі. **Капілярна кровотеча** – це ушкодження найдрібніших судин – капілярів (мал. 37.1). Вона виникає навіть за незначного поранення. Оскільки кров капілярами тече повільно й під невеликим тиском, то капілярні кровотечі легко зупинити. Першою допомогою в разі капілярних кровотеч є знезараження місця поранення розчином гідроген пероксиду, йодною настоянкою або іншими препаратами (як-от бетадин, повідон-йод) і накладання на нього стерильної пов'язки.

Капілярною є й кровотеча з носа. Щоб її припинити, затисніть ніс, а на перенісся покладіть хустинку, змочену холодною водою.

Венозна кровотеча – це ушкодження поверхневих вен. Щоб зупинити венозну кровотечу, достатньо накласти на рану пов'язку, що

стисне стінки уражених судин (мал. 37.2). Якщо ж ушкоджено велику вену, то накладають тиснучий джгут нижче місця поранення. Після надання першої допомоги потерпілого відправляють у лікарню.



Мал. 37.2. Накладання пов'язки у разі венозної кровотечі

Артеріальна кровотеча – це ушкодження артерій. Ця кровотеча дуже небезпечна для життя людини і потребує негайних дій. У разі артеріальної кровотечі поранену кінцівку треба підняти вгору – це зменшить кровотечу (*поміркуйте* чому). Вище місця ураження (ближче до тіла) слід накласти особливий медичний джгут, який перетисне ушкоджену судину.



Саморобний джгут можна виготовити з рушника, чистої ганчірки, простирадла тощо. Перед його накладанням на поранене місце слід покласти чистий бинт або шматок тканини. Щоб не пошкодити нерви і шкіру, джгут накладають поверх одягу, хустки або іншої м'якої тканини. Коли джгута немає, можна скористатися ременем або ж зробити закрутку з будь-якого шнура, тканини. Для цього між тканиною і тілом вставляють міцну палицю і закручують тканину до зупинки кровотечі. Потім палицю прибинтовують до тіла. Після зупинки кровотечі потерпілого треба негайно відправити до лікарні.

Джгут залишають на кінцівках не більш як на 1,5–2 години, а в холодну пору року – на 1 годину, інакше настане омертвіння тканин. Тому до джгута прикріплюють записку з точним зазначенням часу його накладання. Якщо потерпілого за цей час неможливо доставити до лікарні, через 1,5–2 години джгут послаблюють на 1–2 хвилини. Якщо кровотеча триває, джгут знову затягують.

Для зупинки кровотеч із великих судин використовують спеціальні **турнікети** – пристосування, виготовлені у промислових умовах. Особливо актуальне застосування турнікетів у військових умовах, коли немає можливості виготовити джгут самостійно (мал. 37.3). Турнікети випускають із стійких матеріалів, вони мають можливість регулювати ступінь стискування кровоносних судин.



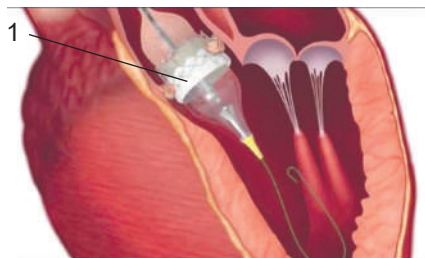
Мал. 37.3. Накладання військового турнікета

Надзвичайно небезпечні для здоров'я і життя людини **внутрішні кровотечі** – крововиливи в черевну та грудну порожнини, порожнину черепа тощо. Виявити їх можна за зовнішнім виглядом людини – вона блідне, дихання стає поверхневим, пульс частішає та слабшає, виступає липкий холодний піт. У такому разі треба негайно викликати екстрену медичну допомогу.

До прибуття лікаря потерпілого вкладають у ліжко або надають напівлежачого положення і до можливого місця кровотечі прикладають грілку, пляшку чи поліетиленовий пакет, наповнені холодною водою або (найкраще) льодом чи снігом.

Які хвороби вражають серцево-судинну систему. Захворювання серцево-судинної системи є найпоширенішими у світі. Саме вони призводять до тимчасової чи повної втрати працездатності або до смерті. Якщо раніше ці хвороби були притаманні переважно людям літнього віку, то тепер порушення серцево-судинної системи спостерігають навіть у дітей.

Вади серця супроводжуються порушенням будови та функцій серцевих клапанів або прилеглих до серця ділянок артерій чи вен. Ці ушкодження розвиваються внаслідок деяких захворювань, наприклад ревматизму (захворювання, пов'язане з розвитком процесів запалення, що можуть насамперед вражати серце і суглоби), або є вродженими. При цьому або клапани пропускають недостатню кількість крові, або вона може потрапляти зі шлуночків у передсердя. Вади серця спричиняють порушення кровообігу і, відповідно, тяжкі розлади нормальної



Мал. 37.4. Штучний клапан (1), вживлений на межі між передсердям і шлуночком

діяльності організму людини. У разі значного ураження клапанів серця та порушення їхньої будови потрібне хірургічне втручання, наприклад вживлення штучних клапанів (мал. 37.4).



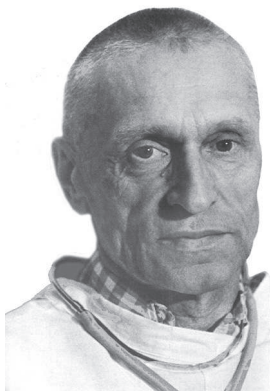
За малюнком 37.4 визначте, який із клапанів був замінений на штучний: двоствулковий чи триствулковий. Відповідь обґрунтуйте.

Інфаркт міокарда – це змертвіння частини м'язових клітин серця внаслідок порушення кровообігу в його судинах. Зумовлюють розвиток інфаркту міокарда перевтома, надмірні фізичні навантаження, психічні травми, гіпертонія, куріння тощо. Наслідки інфаркту можуть бути не такими відчутними завдяки стентуванню або шунтуванню.

✓ **Дізнайтеся більше** про інфаркт міокарда, стентування та шунтування судин за QR-кодом.



Цікаво знати. Питання хірургічного лікування захворювань легень і серця, штучного кровообігу досліджував видатний вітчизняний хірург-кардіолог М.М. Амосов (мал. 37.5). Одним з провідних медичних центрів, де надають спеціалізовану допомогу хворим на серцево-судинні захворювання, зокрема проводять операції на серці, є Інститут серця Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України (раніше – Київський міський Центр серця). Його очолює відомий український лікар-кардіохірург, професор, член-кореспондент АМН України Борис Михайлович Тодуров.



Мал. 37.5. Микола Михайлович Амосов (1913–2002), професор, академік НАН та АМН України; у 2003 році його ім'я було присвоєно Інституту серцево-судинної хірургії МОЗ України, який він очолював. За підсумками опитування громадської думки «Великі українці», проведеного у 2008 році, М.М. Амосов посів друге місце після Ярослава Мудрого

Які бувають захворювання кровоносних судин. Інсульт – раптове гостре порушення кровообігу в головному мозку, що супроводжується крововиливами. Це призводить до ушкодження тканини мозку та розладів його функцій. Причиною інсульту є спазм, закупорка або розрив кровоносних судин. Інсульт можуть спричинити значні емоційні напруження, гіпертонія, атеросклероз та інші хвороби серцево-судинної системи.

Атеросклероз – хронічне захворювання, для якого характерне ущільнення і втрата еластичності стінок артерій, звуження їхнього просвіту й можливе утворення тромбів (мал. 37.6, А). Наслідком цієї хвороби є порушення кровопостачання органів. Причинами виникнення атеросклерозу є гіпертонічна хвороба, цукровий діабет, надмірне вживання жирної їжі, алкоголю, нервові перенапруження.

До порушення кровообігу призводить **варикозне розширення вен** (від лат. *варикс* – вузол) (мал. 37.6, Б). При цьому захворюванні у венах нижніх кінцівок застоюється кров, тому вони рельєфно виступають під шкірою. Варикозне розширення вен розвивається насамперед у людей, що постійно перебувають на ногах і при цьому мало рухаються. Причиною цього захворювання є втрата еластичності стінками вен нижніх кінцівок, порушення роботи їхніх клапанів.

Застій крові у венах спричинює утворення тромбів. Це захворювання називають **тромбофлебітом** (від грец. *тромбос* – згусток та *флебос* – вена). Утворення тромбу порушує кровообіг. Існує небезпека того, що, відірвавшись від стінки судини, тромб з кровотоком може потрапити до серця чи інших органів. Це може спричинити смерть людини.

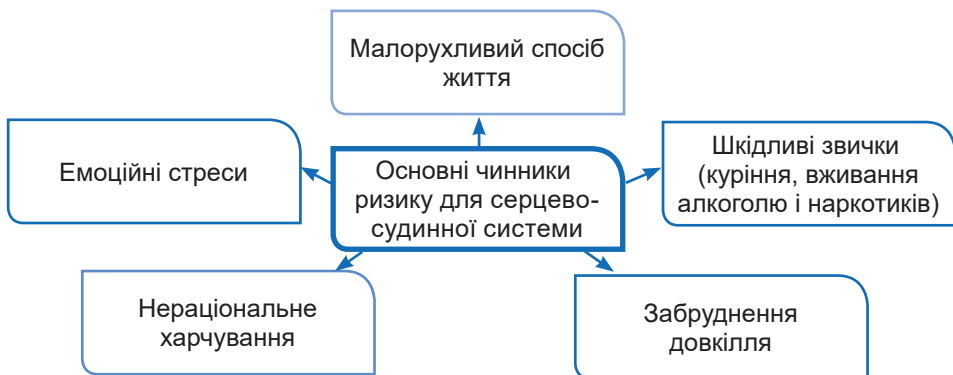


Мал. 37.6. Захворювання кровоносних судин. А. Атеросклероз. Б. Ознаки варикозного розширення вен



За перших ознак варикозного розширення вен потрібно негайно звернутися до лікаря. Щоби запобігти варикозному розширенню вен і тромбофлебіту, слід правильно чергувати періоди праці та відпочинку, регулярно займатись спортом тощо. Відомо, що регулярні фізичні навантаження підвищують тонус судин, зміцнюють серцевий м'яз.

Які основні причини виникнення серцево-судинних хвороб. Численні дослідження лікарів багатьох країн виявили такі основні чинники ризику, що загрожують здоров'ю людини (мал. 37.7).



Мал. 37.7. Основні чинники ризику для серцево-судинної системи людини

Запобігти розвиткові захворювань серцево-судинної системи допоможуть дозовані фізичні навантаження (біг, плавання, велоспорт, ігрові види спорту тощо), які зміцнюють серцевий м'яз, підвищують його працездатність і тонус судин.

Узагальнення

Кровотечі бувають артеріальні, венозні та капілярні. Окрему групу становлять внутрішні кровотечі. Для зупинки артеріальної та венозної кровотеч використовують джгут або турнікет. До захворювань серцево-судинної системи належать хвороби серця та судин. До хвороб судин належать атеросклероз, варикозне розширення вен, інсульт тощо.

Поміркуйте

1. Чому до захворювання серцево-судинної системи може призвести нераціональне харчування?
2. Чому в разі інфаркту міокарда відмирає частина серцевого м'яза?
3. Як кардіонавантаження впливають на здоров'я людини?
4. Люди яких професій найчастіше страждають на захворювання кровоносних судин?

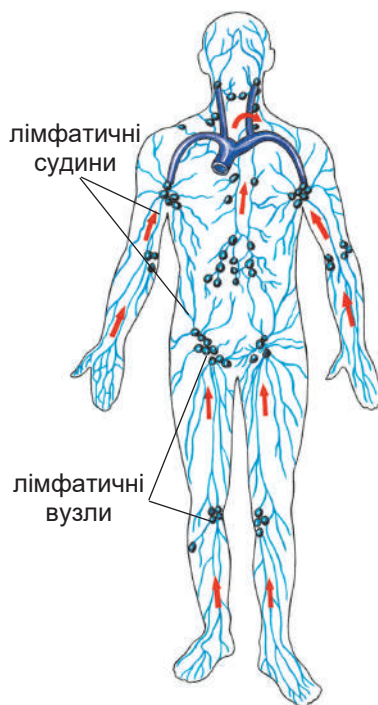
§ 38. Лімфатична та імунна системи



Чому в лімфатичній системі немає серця або органа, що його замінює?

Які будова і функції лімфатичної системи. Лімфа, як і кров, є тканиною внутрішнього середовища. Вона містить рідку міжклітинну речовину (плазму) та формені елементи (різні групи лейкоцитів).

Лімфа рухається **лімфатичною системою**: це сукупність лімфатичних судин, тканин (наприклад, в апендиксі, селезінці) та органів (мал. 38.1). Лімфатична система має просторові та функціональні зв'язки з кровоносною, адже лімфа надходить у верхню порожнисту вену, що відкривається у праве передсердя. Так забезпечується обмін різними групами лейкоцитів і плазмою між лімфою та кров'ю. Плазма лімфи формується за рахунок тканинної рідини, яка шляхом дифузії проникає крізь стінки лімфатичних капілярів в їхню порожнину. Тож, на відміну від кровоносної системи, лімфатична незамкнена. Як і кровоносна система, лімфатична виконує транспортну



Мал. 38.1. Лімфатична система

функцію (перенесення жирів та інших речовин), бере участь у здійсненні імунних реакцій.

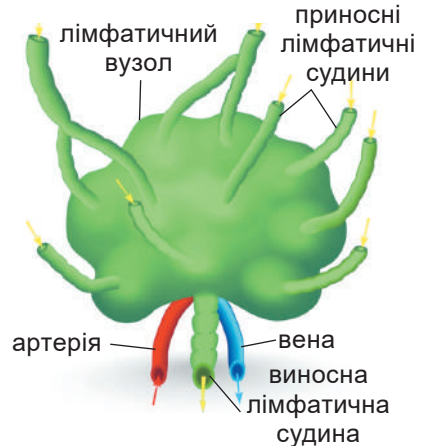
Найдрібніші судини лімфатичної системи – **лімфатичні капіляри**, розташовані майже в усіх органах. Їхні стінки складаються з одного шару клітин, які, нещільно прилягаючи одна до одної, утворюють пори. Це дає можливість тканинній рідині з молекулами великих розмірів (білків, ліпідів тощо) легко проникати всередину лімфатичних капілярів. Лімфатичні капіляри на одному кінці сліпо замкнені, іншим – відкриваються в лімфатичні судини.

Лімфатичні судини побудовані так само, як кровоносні вени, зокрема, вони мають клапани, що перешкоджають зворотному руху лімфи.

По ходу великих лімфатичних судин розташовані **лімфатичні вузли** – кулясті утвори достатньо складної будови, діаметром від 2 до 33 мм (мал. 38.2). Лімфатичні вузли формуються у ділянках, де зростається кілька лімфатичних судин. Їх оточує сполучнотканнна оболонка. Через цю оболонку в лімфатичний вузол проникають нерви та кровоносні судини, які забезпечують інтенсивне постачання кров'ю. У лімфатичних вузлах розмножуються лімфоцити.

У людини налічують близько 600–700 лімфатичних вузлів. Найбільше їх під пахвами, на шиї та в паху (мал. 38.1). Ці периферичні органи лімфатичної системи виконують функцію своєрідних біологічних фільтрів, оскільки містять клітини, здатні до фагоцитозу. Вони затримують і знешкоджують бактерії, інші чужорідні тіла та отруйні речовини – токсини, які виробляють ці організми. Тим самим лімфатичні вузли захищають організм від збудників інфекційних захворювань.

Лімфатичні судини впадають у дві великі лімфатичні протоки, які з'єднані із судинами кровоносної системи.



Мал. 38.2. А. Схема будови лімфатичного вузла

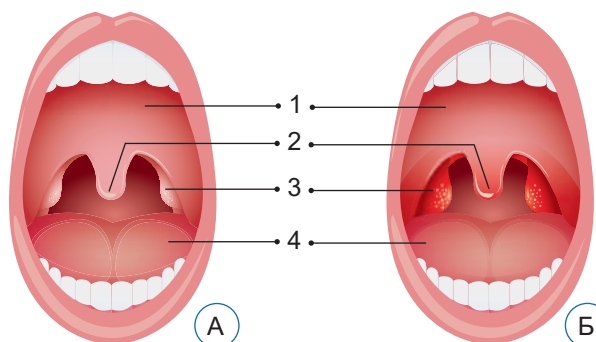
Цікаво знати. З віком кількість лімфатичних вузлів поступово зменшується: у людей похилого віку (60–75 років) їх у 1,5–2 рази менше, ніж у юнаків (віком від 17 до 21 року). Кількість лімфатичних вузлів зменшується як через їхню атрофію, так і внаслідок зростання між собою.

Отже, до складу лімфатичної системи входять шляхи, якими рухається лімфа: лімфатичні капіляри, лімфатичні судини, лімфатичні стовбури та протоки, а також лімфоїдні органи.

Лімфоїдні органи поділяють на **центральні** (тимус (вилочкова залоза) і червоний кістковий мозок) та **периферичні** (лімфатичні вузли, селезінка, мигдалики тощо).

Мигдалики (від грец. *амигдаліс* – мигдаль), або **гланди** (від лат. *гландула* – залоза), – скупчення лімфоїдної тканини в ділянці носоглотки та ротової порожнини. Мигдалики беруть участь у формуванні

імунітету. Сукупність мигдаликів, розташованих у ділянках переходу носової та ротової порожнини в глотку, утворює глоткове лімфатичне кільце (мал. 38.3).



Мал. 38.3. Мигдалики: здорові (А) та збільшені у результаті запалення (Б):

- 1 – м'яке піднебіння;
2 – язичок; 3 – мигдалики;
4 – язик

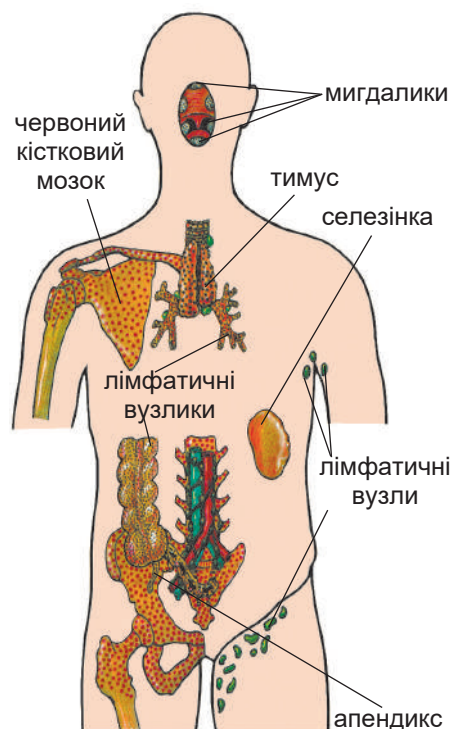


Патологічне розростання лімфоїдної тканини глоткового мигдалика має назву **аденоїди**, гостре запалення піднебінних мигдаликів – **ангіна** (*гострий тонзиліт*), а хронічне запалення піднебінних мигдаликів – **хронічний тонзиліт**.

✓ **Дізнайтеся більше** про хвороби лімфатичної системи: лімфаденіт та слонову хворобу за QR-кодом.



Як рухається лімфа. Лімфа рухається завдяки стисканню лімфатичних судин під час скорочення їхніх стінок та скорочення скелетних м'язів.



За добу в кров повертається близько 1–3 л лімфи. Лімфа тече лімфатичними судинами повільно (бо в них малий тиск) лише в одному напрямку – від тканин до серця.

Яка будова та функції імунної системи. Імунна система – це система органів, тканин і клітин (наприклад, різних груп лейкоцитів), які захищають організм людини від чужорідних для нього організмів і сполук. Її складові впізнають і знищують не тільки антигени, а й змінені клітини власного організму (наприклад, пухлинні клітини), змінені молекули, створені самим організмом.

Виділяють центральну та периферичну частини імунної системи (мал. 38.4). До **центральної частини імунної системи** належать червоний

Мал. 38.4. Органи і тканини, що входять до складу імунної системи людини

кістковий мозок і тимус (вилочкова залоза). Як ви пригадуєте, червоний кістковий мозок є найважливішим кровотворним органом, а в тимусі дозрівають певні типи лейкоцитів. **Периферичними частинами імунної системи** є селезінка, апендикс, мигдалики та лімфатичні вузли. У селезінці утворюються певні типи лейкоцитів. Вона діє як фільтр проти хвороботворних бактерій, чужорідних частинок, а також продукує антитіла.

В апендиксі містяться скупчення лімфоїдної тканини. До її складу входять клітини, що беруть участь у здійсненні захисних реакцій організму.

Головною функцією імунної системи є забезпечення **імунітету** – захисту організму від чужорідних сполук, збудників різноманітних захворювань, а також стійкості до різних захворювань. У здійсненні цієї функції імунна система просторово і функціонально пов'язана з іншими системами органів, насамперед лімфатичною. Так, клітини та інші елементи імунної системи зосереджені у різних частинах лімфатичної системи, зокрема у лімфатичних вузлах і мигдаликах. Імунна система відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу.

Узагальнення

До лімфатичної системи входить близько 600–700 лімфатичних вузлів, мигдалики, лімфатичні судини та лімфатичні капіляри. Імунна система включає центральні (червоний кістковий мозок і тимус (вилочкова залоза)) та периферичні (селезінка, апендикс, мигдалики та лімфатичні вузли) органи. Разом імунна та лімфатична системи забезпечують взаємодію між різними складниками внутрішнього середовища організму.

Поміркуйте

1. У якому напрямку рухається лімфа в організмі людини?
2. Чому лімфатичні капіляри сліпо замкнені?
3. Чому так багато лімфатичних вузлів в організмі людини?
4. Чому тимус і червоний кістковий мозок вважають центральними органами імунної системи?

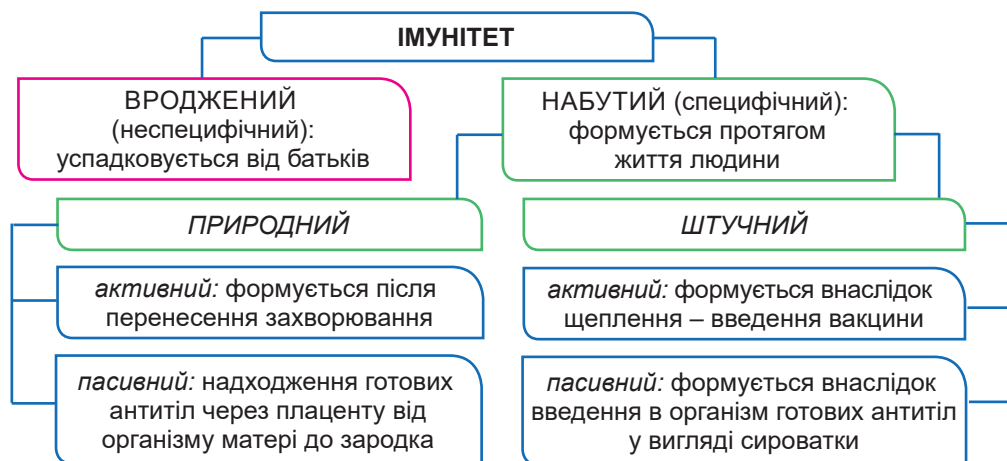
§ 39. Імунітет та його види. Поняття про вакцини та сироватки. Поняття про імунодефіцит, імунотерапію та імунокорекцію



Як живуть люди з імунною недостатністю (імунодефіцитом)?

Які є види імунітету. За походженням імунітет можна умовно поділити на вроджений і набутий (мал. 39.1).

Вроджений імунітет – **неспецифічний**, він успадковується від батьків і не залежить від того, контактувала раніше людина зі збудником певної хвороби чи ні (саме тому його і називають **неспецифічним**). Прикладом вродженого імунітету може бути нездатність людини заразитися деякими хворобами тварин, зокрема чумою собак.



Мал. 39.1. Види імунітету людини

Вроджений імунітет забезпечують такі механізми:

- цілісність зовнішніх покривів тіла, слизових оболонок дихальних шляхів, травного тракту, стінок кровоносних судин, що запобігає проникненню в організм людини і розвитку в ньому патогенних організмів;
- біологічно активні речовини (фермент лізоцим, захисні білки крові тощо);
- певні типи лейкоцитів, здатних до фагоцитозу.

Набутий імунітет – специфічний. На відміну від вродженого, він формується впродовж життя людини після перенесення захворювань, таких як кір, краснуха, паротит, вітрянка у дитячому віці або під час епідемій, як-от коронавірусу (*активний природний*) чи після щеплення (від туберкульозу, паротиту, поліомієліту тощо) (*активний штучний*).

Набутий природний пасивний імунітет формується завдяки передачі антитіл від матері до дитини через плаценту. *Набутий штучний пасивний імунітет* розвивається після введення в організм готових антитіл у вигляді лікувальної сироватки, наприклад, під час лікування дифтерії, скарлатини, ботулізму.

Отже, набутий імунітет формується як відповідь організму на потрапляння конкретного антигену. За повторного його надходження організм здатний реагувати швидше. Набутий імунітет забезпечують певні групи лейкоцитів (Т- та В-лімфоцити) та антитіла. Деякі з лімфоцитів (їх називають *клітинами пам'яті*), зустрівшись з хвороботворними мікроорганізмами, «запам'ятовують» їхню антигенну структуру. Ці клітини пам'яті передають інформацію наступним поколінням В-лімфоцитів, здатним виробляти проти цих антигенів відповідні антитіла. Клітини пам'яті захищають організм лише від тих мікроорганізмів, які вони «запам'ятали» під час попередньої «зустрічі».

Набутий імунітет включає три етапи:

- розпізнавання антигена;
- інтенсивний поділ клітин, які забезпечують захисні реакції;
- імунна відповідь.

Компоненти неспецифічного і специфічного імунітету діють разом, доповнюючи один одного.

Що таке вакцинація. Одним з методів профілактики інфекційних хвороб є щеплення, або вакцинування. **Вакцинацією** називають введення в організм препарату, що містить антигенний матеріал (мал. 39.2). Для щеплення застосовують **вакцини**. Це препарати, що складаються з послаблених чи вбитих збудників хвороб, продуктів їхньої життєдіяльності чи окремих антигенів. Щеплення застосовують для профілактики різноманітних захворювань: дифтерії, кору, поліомієліту, коронавірусної інфекції тощо.



Мал. 39.2. Вакцинація



Вакцина повинна зберігатись у належних умовах (наприклад, у холодильниках) і лише певний час (кожна вакцина має свій термін придатності). Під час щеплення вакцину набирають у стерильні шприци й вводять людині

У відповідь на введення вакцини організм утворює власні антитіла і клітини імунної пам'яті, так само, як і в разі перенесення захворювання. Після цього людина на певний час стає несприйнятливою до збудника певного захворювання. Наприклад, термін дії вакцини проти поліомієліту становить 4–5 років. Тому дітей вакцинують кілька разів: у віці 4–6 місяців, у 1,5, 6 та 14 років. А щеплення від правцю та дифтерії слід робити тричі у віці до одного року, а згодом – у віці 18 місяців, 6 років, 16 років і кожні 10 років у дорослому віці.



Для формування стійкого імунітету та його підтримання більшість вакцин слід вводити неодноразово, у тому числі – й у дорослому віці.

Методику вакцинації для створення активного штучного імунітету вперше розробив англійський лікар Едвард Дженнер (1749–1823). Він вводив в організм людини збудника коров'ячої віспи, внаслідок чого людина ставала несприйнятливою до збудника натуральної віспи – смертельно небезпечного захворювання (наприклад, за часів Е. Дженнера від віспи загинуло близько 10 % населення Великобританії).

✓ **Дізнайтеся більше** про вакцинацію за QR-кодом.



Що таке сироватки. Для утворення пасивного штучного імунітету в організм людини вводять **сироватку**. Це медичний препарат, який міс-

тять готові антитіла проти певних антигенів. Сироватки виготовляють зазвичай з плазми крові тварин, які мають імунітет до тих чи інших захворювань, або за допомогою культур клітин. Введення сироваток людині, що захворіла, зупиняє розвиток хвороби і сприяє швидшому одужанню. На жаль, пасивний штучний імунітет зберігається лише декілька місяців. Широко застосовують сироватки й проти токсинів, які виробляють хвороботворні бактерії, наприклад збудники дифтерії, правцю, ботулізму тощо.

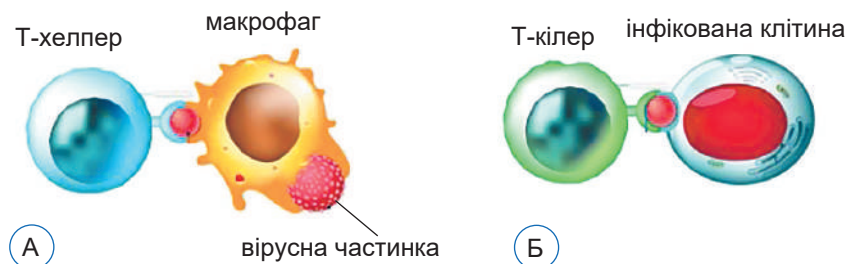
За механізмом реалізації захисту імунітет поділяють на клітинний і гуморальний.

Що таке клітинний імунітет. *Клітинний імунітет* зумовлений здатністю певних видів лейкоцитів до фагоцитозу збудників і руйнування заражених клітин. Лейкоцити завдяки амебоїдному руху можуть проникати крізь стінку кровоносних судин. Вони рухаються в напрямку до бактерій, їхніх токсинів, уражених вірусами клітин, уламків клітин власного організму. Завдяки утворенню псевдоподій певні групи лейкоцитів здатні до фагоцитозу (див. мал. 33.1; 33.2). Такими лейкоцитами є нейтрофіли, еозинофіли, базофіли, моноцити та макрофаги.

✓ **Дізнайтеся більше** за QR-кодом, як лейкоцити забезпечують клітинний імунітет.



Лімфоцити – особлива група лейкоцитів, що потребують дозрівання і спеціалізації в лімфоїдних органах (наприклад, *Т-лімфоцити* – у тимусі (вилочковій залозі)). Під час першої зустрічі в крові чи міжклітинній рідині з антигеном Т-лімфоцит упізнає його структуру. При цьому частина лейкоцитів стає так званими *клітинами-вбивцями* (*Т-кілерами*; від англ. *кілер* – вбивця), а частина – клітинами імунної пам'яті. Т-кілери, виділяючи специфічний білок, руйнують мембрани бактеріальних клітин, тим самим знищуючи мікроорганізми (мал. 39.3, Б). Т-кілери також впізнають і знищують змінені клітини власного організму, захищаючи його від утворення пухлин. У разі повторного зараження організму цим видом бактерій захисна відповідь відбувається швидше, оскільки в крові вже є готові клітини імунної пам'яті.



Мал. 39.3. Порівняння функцій Т-хелперів (А) та Т-кілерів (Б)

Існує ще один різновид Т-лімфоцитів – *Т-хелпери* (від англ. *helper* – помічник). Свою назву вони дістали тому, що «допомагають» іншим клітинам імунної системи зберігати активність (мал. 39.3, А).

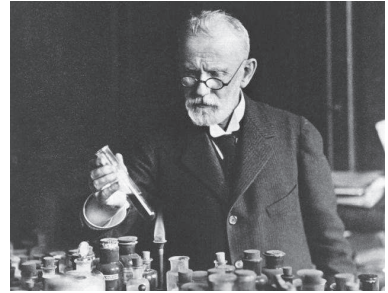
Які механізми гуморального імунітету. Гуморальний імунітет забезпечують особливі білки, які містяться у плазмі крові, лімфі, тканинній рідині, різноманітних секретах, лікувальній сироватці. Автором теорії гуморального імунітету є німецький учений П. Ерліх (мал. 39.4). І.І. Мечникову та П. Ерліху в 1908 році за їхні відкриття було присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології та медицини.

Гуморальний імунітет забезпечується різними біологічно активними речовинами, зокрема антитілами та інтерферонами. **Антитіла** ще називають **імуноглобулінами**, оскільки ці білкові молекули, що забезпечують гуморальний імунітет, мають форму кульок, або глобул. Їх продукують активовані В-лімфоцити.

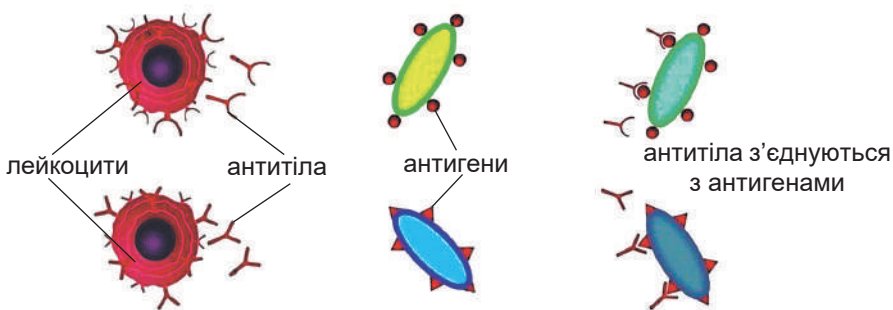
В-лімфоцити на поверхні клітини мають антитіла, які здатні взаємодіяти лише з певним антигеном. Це пояснюється тим, що у складі антитіла є специфічні активні центри, які зв'язують відповідні антигени.

Специфічність реакції антигена з антитілом визначається тим, що структура активного центра антитіла має відповідати структурі відповідного антигена.

Під час зустрічі з антигеном В-лімфоцит активується й починає поділятися: одні з дочірніх клітин – це клітини імунної пам'яті, інші – мігрують у лімфатичні вузли і починають продукувати антитіла. Спочатку антитіла пов'язані з мембранами В-лімфоцитів, згодом, відриваючись від мембрани, вони з'єднуються з відповідним антигеном. Так утворюється специфічний комплекс **антиген – антитіло** (мал. 39.5). Компоненти неспецифічного імунітету активно реагують на комплекс антиген – антитіло і знешкоджують антиген.



Мал. 39.4. Пауль Ерліх (1854–1915): німецький лікар, імунолог та мікробіолог



Мал. 39.5. Схема взаємодії антитіла з антигеном (зверніть увагу, що певне антитіло взаємодіє тільки з відповідним антигеном)

До факторів неспецифічного гуморального імунітету належать також лізоцим, інтерферони, система комплементу тощо. **Лізоцим** – фермент, який міститься в слині, слізній рідині тощо. Він здатний руйнувати клітинні стінки бактерій.



У медицині препарати, створені на основі лізоциму, використовують як антисептичні засоби (наприклад, препарат лісобакт) – для оброблення поверхні ран, лікування запалення верхніх дихальних шляхів у дітей тощо.

Інтерферони – захисні білки, які клітини виділяють у відповідь на зараження (наприклад, вірусами). Вони запобігають розмноженню вірусів, мають протипухлинну та антибактеріальну дію. Інфікована вірусом клітина здатна виробляти інтерферони, які запобігають зараженню сусідніх клітин. На відміну від антитіл, інтерферонам не властива вузька специфічність щодо антигенів.



Створені противірусні препарати або містять штучно синтезовані інтерферони (наприклад, лаферон), або стимулюють синтез інтерферонів інфікованим організмом людини (як-от амізон, аміксин, циклоферон). *Нагадаємо:* застосування цих та інших лікарських препаратів можливе тільки за рекомендацією лікаря.

✓ **Дізнайтеся більше** про систему комплементу за QR-кодом.



Що таке імунодефіцит. Захисні реакції організму людини, спрямовані на забезпечення його імунітету, надзвичайно різноманітні. Але трапляються випадки порушення певних ланок цієї складної та цілісної системи. Унаслідок цього послаблюється або втрачається здатність організму протистояти збудникам різних захворювань та зберігати свою біологічну цілісність. Так виникає стан **імунодефіциту** (або **іmunної недостатності**).

У разі імунодефіциту в людини можуть розвиватись захворювання, яких не спостерігають у здорових людей. Якщо людина мала хронічні захворювання, імунодефіцит може загострювати їх перебіг.

Імунодефіцит може бути пов'язаний з порушенням функціонування різних ланок імунітету людини: як клітинного (зниження кількості певних типів лейкоцитів), так і гуморального (порушення синтезу антитіл, інших захисних білків).

Імунодефіцит може бути як вродженим, так і набутих (як-от у хворих на СНІД). Імунодефіцит людини може виникати й унаслідок опромінення організму.

Що таке імунокорекція. Існують різноманітні засоби і методи, за допомогою яких впливають на діяльність імунної системи. Їх називають **імунокорекцією**.

Методи і засоби імунокорекції використовують як для профілактики, так і для лікування хвороб, пов'язаних з порушенням функцій імунної системи.

Стимулювальною імунокорекцією (імуностимулювальними) є методи та засоби, спрямовані на відновлення та нормалізацію діяльності імунної системи. Наприклад, загартовування посилює опір організму різноманітним негативним впливам, включно зі збудниками різноманітних захворювань. Найбільш ефективними вважають методи медичної імунокорекції. Її здійснюють за допомогою лікарських препаратів – імуномодуляторів.

Імуномодулятори – лікарські препарати, які впливають на функціонування імунної системи й можуть змінювати її відповідь на дію

тих чи інших чинників. Одні з цих препаратів посилюють імунні реакції, інші, у разі потреби, здатні їх пригнічувати.

Пригнічення імунних реакцій застосовують під час лікування деяких захворювань або пересаджування органів чи тканин (щоб організм не сприймав їх як чужорідні й не відторгав). Це також застосовують і під час вагітності, якщо організм матері починає сприймати плід, як дещо чужорідне й намагається його відторгнути. Слід пам'ятати, що організм людини під час застосування препаратів, які пригнічують активність імунної системи, стає надзвичайно вразливим до різних захворювань. Тому їх застосовують лише в тих випадках, коли без цього не можна обійтися.

У чому полягає імунотерапія. *Імунотерапія* – сукупність лікувальних заходів, які впливають на роботу імунної системи, зокрема на нормалізацію її функцій. В імунотерапії застосовують різні імунобіологічні препарати (сироватки, вакцини, препарати, створені на основі інтерферонів тощо).

Узагальнення

Імунітет за походженням поділяють на вроджений і набутий. Вроджений неспецифічний імунітет успадковується від батьків. Набутий специфічний формується після контакту зі збудником захворювання. Штучний імунітет виникає в результаті імунізації – введення вакцини або сироватки. Імунітет за механізмом здійснення буває клітинний і гуморальний. Клітинний імунітет забезпечують певні види лейкоцитів, що здатні до фагоцитозу збудників. Гуморальний імунітет здійснюють особливі білки (наприклад, антитіла (імуноглобуліни) та інтерферони), які містяться у плазмі крові, лімфі, тканинній рідині, різноманітних секретах, лікувальній сироватці. Імунітет може послаблюватися внаслідок певних причин, такі стани організму називають імунодефіцитом.

Поміркуйте

1. Завдяки чому з материнським молоком дитина отримує захист від певних захворювань? Який це вид імунітету?
2. Чому з певним антигеном може взаємодіяти тільки відповідне антитіло?
3. Яка різниця між вакциною та лікувальною сироваткою?
4. Чому за деяких інфекційних захворювань застосовують повторну (ревакцинацію)?

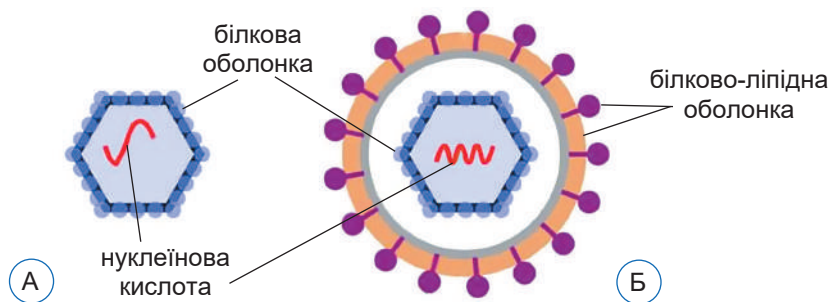
§ 40. Віруси. Інфекційні захворювання та їх профілактика. Алергія



Чим пандемія відрізняється від епідемії?

Що собою становлять віруси. Віруси не мають клітинної будови, тому їх відносять до *неклітинних форм життя* (мал. 40.1).

Віруси не здатні синтезувати самостійно власні сполуки та забезпечувати себе енергією. Для цього вони використовують ресурси тієї клітини, у якій вони паразитують.



Мал. 40.1. Будова вірусу: А. Простий вірус. Б. Складний вірус

Життєвий цикл будь-якого вірусу складається з двох фаз: **позаклітинної**, яка відбувається за межами клітини-хазяїна, та **внутрішньоклітинної** – всередині клітини-хазяїна.

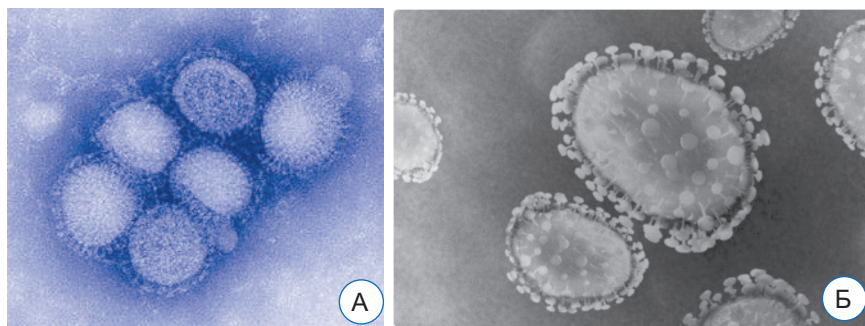
Усі віруси – внутрішньоклітинні паразити людини, тварин, рослин, грибів або бактерій, які здатні спричиняти різні захворювання.

✓ **Дізнайтеся більше** про вірусологію за QR-кодом.



Усі ознаки живого віруси виявляють лише тоді, коли потрапляють у клітину організму-хазяїна. Для свого розмноження вони використовують будівельний матеріал та енергію клітини-хазяїна.

За межами клітин людини, тварин, рослин, грибів і бактерій вірусні частинки не виявляють жодних ознак живого. Вірусні частинки зазвичай мають надзвичайно дрібні розміри, тому для їхнього дослідження використовують електронні мікроскопи, здатні збільшувати зображення у сотні тисяч разів (мал. 40.2).



Мал. 40.2. А. Вірус грипу. Б. Коронавірус

Будь-яка вірусна частинка, її називають **віріоном**, складається з оболонки та однієї або декількох молекул нуклеїнових кислот. Оболонка одних складається лише з білкових молекул. Їх називають простими вірусами (як-от у вірусу поліомієліту) (мал. 40.1, А). В інших під час виходу вірусної частинки з клітини-хазяїна його білкова оболонка оточується ще ділянкою її плазматичної мембрани. Їх назива-

ють складними вірусами (наприклад, ВІЛ, віруси грипу, коронавірус; мал. 40.1, Б). Молекули нуклеїнових кислот, які оточує оболонка, є носіями спадкової інформації про будову та властивості того чи іншого виду вірусів.

Шляхи інфікування організму людини вірусами. Віруси можуть уражати різні органи та системи органів людини:

- дихальну (наприклад, коронавірус, вірус кору);
- нервову (як-от вірус поліомієліту);
- імунну (ВІЛ);
- печінку (вірус гепатиту) тощо.

Віруси, які уражують дихальні шляхи, переважно передаються повітряно-крапельним шляхом: органи травлення – з їжею та водою (наприклад, вірус гепатиту А); ті, які уражують шкіру – через слизові оболонки (віруси герпесу, віспи, папіломи). Є віруси, які передаються через кров кровосисними комахами чи кліщами (віруси жовтої гарячки, кліщового енцефаліту), під час переливання крові або хірургічних операцій (вірус гепатиту В, ВІЛ). Для деяких вірусів можливий статевий шлях передачі (вірус герпесу, ВІЛ). Віруси можуть бути причиною ракових пухлин (наприклад, вірус гепатиту В).



✓ **Дізнайтеся більше** про ВІЛ за QR-кодом.

Бактеріальні захворювання людини (холера, чума, кашлюк, дифтерія та багато інших) спричиняють різноманітні бактерії. Клітини бактерій зазвичай вкриті складною оболонкою, що включає плазматичну мембрану, клітинну стінку та слизову капсулу. Молекули, які входять до складу оболонки клітини та її поверхневих структур, організм сприймає як антигени й виробляє до них специфічні антитіла.

Небезпека бактеріальних захворювань полягає також у тому, що бактерії виділяють токсини, які отруюють організм людини.



✓ **Дізнайтеся більше** про ботулізм за QR-кодом.

Залежно від шляхів передачі збудників бактеріальних захворювань людини, їх поділяють на такі основні групи:

- кишкові захворювання (ботулізм, холера, сальмонельоз та ін.), коли збудник потрапляє в організм через рот з їжею, водою тощо;
- захворювання органів дихання: шлях передачі – повітряно-краплинний (респіраторний), коли збудник потрапляє в організм із вдихуваним повітрям (дифтерія, кашлюк, туберкульоз (сухоти) тощо);
- захворювання, збудники яких передаються через кров при укусах кровосисних комах або кліщів (чума, туляремія, хвороба Лайма (бореліоз), висипний тиф та ін.);
- захворювання, збудники яких передаються через покриви та слизові оболонки (наприклад, правець, гонорея).



✓ **Дізнайтеся більше** про особливості циркуляції збудників інфекційних захворювань людини за QR-кодом.



Знайдіть інформацію про знак біологічної небезпеки. Наведіть приклади, де й коли його використовують (мал. 40.3).

Інфекційні захворювання та їх профілактика.

Збудниками інфекційних хвороб людини здебільшого є віруси та бактерії. Для ефективної профілактики інфекційних захворювань заходи спрямовують на всі ланки епідемічного процесу:

- своєчасне виявлення інфікованих людей;
- їхню ізоляцію до моменту одужання від здорових людей (карантин);
- лікування хворих;
- дезінфекцію осередків зараження.

Дезінфекція, або знезараження, – комплекс заходів, спрямованих на знищення у середовищі, де проживає або певний час перебуває людина, як збудників інфекційних хвороб, так і їхніх переносників (кровосисних комах та кліщів, мух, гризунів тощо). Своєчасне виявлення людей, які захворіли, і статистичне оброблення отриманих результатів дає змогу визначити, коли поширення інфекційного захворювання перевищить епідемічний поріг і набуде характеру епідемії.

Епідемічний поріг – це показник захворюваності на певній території. Його визначають як відсоток населення, що захворіло (наприклад, кількість захворілих на 100 тис. населення). Цей показник розраховують на базі даних про захворюваність за багато років. Епідемічний поріг для України загалом і для кожної області окремо розраховують щороку. Він дає змогу визначити початок зростання рівня захворюваності, що за певних умов може перерости в епідемію.

Під **епідемією** (від грец. *epi* – серед та *демос* – народ) розуміють захворювання, яке масово поширюється серед населення певної території за короткий проміжок часу. Іншими словами, швидкість поширення такого захворювання значно перевищує таку, яку зазвичай спостерігають впродовж тривалого періоду спостережень. Якщо епідемічний процес поширюється із надзвичайною швидкістю серед широких верств населення на значних територіях окремих материків або різних материків, таку ситуацію називають **пандемією** (від грец. *пан* – увесь та *демос*). Як приклад можна навести пандемії чуми, холери, що спостерігали раніше, останній приклад – пандемія коронавірусної інфекції (COVID-19). Вона розпочалася у 2020 році. За даними ВООЗ, від початку пандемії COVID-19 кількість випадків захворювання перевищила 776 млн, а число померлих від неї людей – близько 7 млн.

Також для того, щоби запобігти поширенню збудників інфекційних захворювань, потрібно:

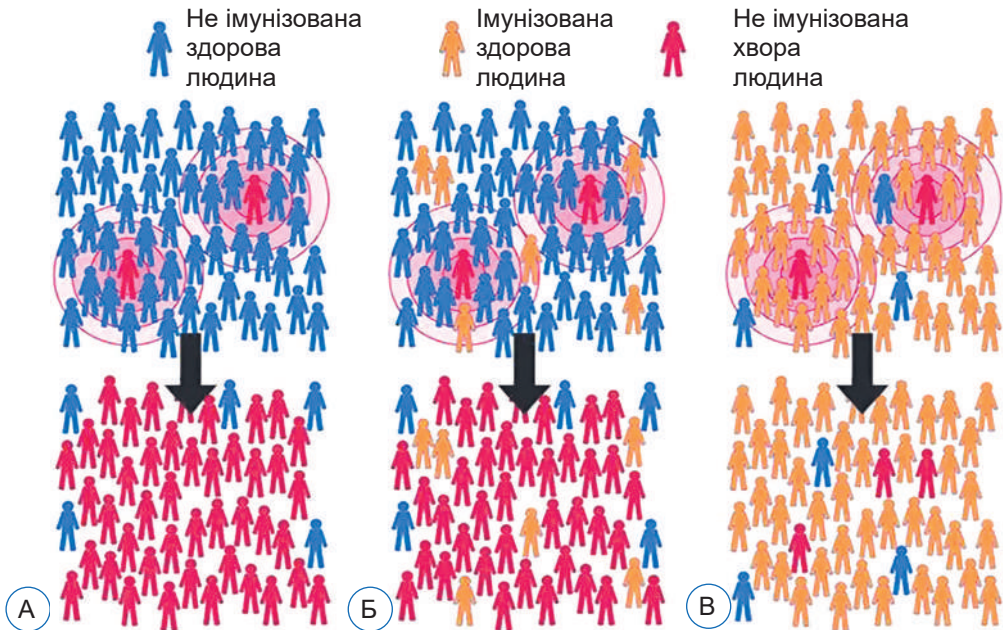
- здійснювати контроль за дотриманням громадянами правил і норм особистої гігієни;
- забезпечувати пропаганду необхідності дотримання гігієнічних навичок і санітарної культури населення;
- забезпечувати проведення органами охорони здоров'я протиепідемічних заходів (санітарно-гігієнічний контроль за станом об'єктів харчування та водопостачання; перевірку виконання правил приготування, зберігання і транспортування продуктів, готової їжі, якості води;



Мал. 40.3. Знак біологічної небезпеки

- здійснювати заходи, спрямовані на створення специфічної несприйнятливості населення (його імунізації шляхом профілактичного щеплення); для підвищення імунітету слід вживати вітаміни, пробіотики та імуностимулятори.

Під час проведення вакцинації важливо охопити якнайбільше людей, що проживають на певній території. У цьому разі формують так званий **колективний імунітет** – несприйнятливість населення певної території до збудників тих чи інших захворювань. Мета створення колективного імунітету – ізолювати представників такої спільноти від джерел інфікування та порушити шляхи їхнього поширення. Що вищий відсоток вакцинованих людей у певній спільноті, то нижча ймовірність того, що невакциновані люди будуть контактувати із хворими (мал. 40.4). Згідно з рекомендаціями ВООЗ колективний імунітет формується у разі, якщо вакцинацією охоплено близько 95 % населення.



Мал. 40.4. Колективний імунітет. А. У людській спільноті відсутні вакциновані, тому збудник захворювання швидко поширюється, збільшуючи кількість інфікованих. Б. У спільноті вакциновані лише окремі люди, тому збудник захворювання поширюється, але не так швидко. В. Вакциновано більшість людей, тому поширення збудника захворювання блокується, кількість хворих людей низька



Для запобігання поширенню збудників інфекційних захворювань кліщами, комахами, гризунами тощо застосовують препарати, за допомогою яких їх знищують. Наприклад, препарати, за допомогою яких знищують комах, називають **інсектицидами** (від лат. *інсектум* – комаха та *цедо* – вбиваю). Застосовують і речовини, які не вбивають, а лише відлякують шкідливих членистоногих, гризунів тощо, їх називають **репелентами** (від лат. *репелло* – відганяю). Їх використовують для запобігання нападу кровосисних комах і кліщів на людину чи свійських тварин під час відвідування місць, де існує такий ризик.

Алергія та її причини. Зазвичай імунна відповідь на потрапляння в організм певного антигену є корисною, оскільки забезпечує його захист. Проте інколи така імунна реакція може бути надмірною чи неадекватною. У такому разі розвивається **алергічна реакція** – підвищена чутливість організму до будь-якої речовини (переважно білкової природи) – алергена.

- **Алергія** – стан підвищення чутливості організму у відповідь на дію алергена.

Алергени – речовини, які спричиняють алергічні реакції в організмі чутливих до нього людей. Зазвичай речовини, які можуть бути алергенами, не становлять жодної небезпеки для здорового організму. До таких речовин можуть належати: пилок рослин, шерсть і часточки шкіри тварин, харчові продукти, лікарські засоби, речовини, які потрапляють в організм людини при укусі комах тощо. Алергічна реакція розвивається за повторного потрапляння алергену в організм. Симптоми алергічної реакції – почервоніння, набряки, свербіж шкіри, сильне стискання дихальних шляхів тощо.

Алергени поділяють на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх алергенів належать деякі харчові продукти (яйця, шоколад, цитрусові), різні хімічні органічні речовини, запахи (квітів, парфумів), лікарські препарати. Внутрішні алергени – власні тканини організму, переважно зі зміненими природними властивостями.

Найважчим проявом алергічних реакцій є анафілактичний шок. **Анафілактичний шок** (від грец. *ана* – зворотна дія та *філаксис* – захист, самозахист) – алергічна реакція, яка бурхливо розвивається і може охоплювати різні органи та системи органів. Така реакція може виникнути внаслідок укусів комах, алергії на харчові продукти та лікарські препарати тощо. Її симптомами є сверблячі висипання на шкірі, набряк горла, зниження артеріального тиску тощо. Швидкість розвитку анафілактичного шоку може становити від декількох секунд до декількох годин.



Кожна людина повинна знати, на що в неї виникає алергія, й уникати контактів з відповідним алергеном. У разі виникнення алергічної реакції потрібно вміти надати першу допомогу, а у разі важкої алергічної реакції – звернутись до медичної установи. Для лікування алергічних захворювань застосовують препарати, які блокують розвиток симптомів алергічної реакції.

Узагальнення

Збудниками інфекційних хвороб є переважно віруси та бактерії. Віруси – неклітинні форми життя, що є винятково внутрішньоклітинними паразитами. Якщо інфекційні хвороби масово поширюються на певній території, виникають епідемії. Для уникнення епідемій проводять масову імунізацію населення, зокрема щеплення проти збудників бактеріальних та вірусних хвороб, цим самим формуючи колективний імунітет. Деякі люди можуть бути надзвичайно чутливими до певного чинника (алергена). Така підвищена чутливість імунної системи до алергену у разі повторного контакту з ним спричиняє алергічну реакцію.

Поміркуйте

1. Чому не варто лікувати інфекційні захворювання самостійно?
2. Як можна перевірити, чи хворіла людина на ту чи іншу вірусну інфекцію?
3. Чому ВІЛ не передається через рукоштовнання та повітряно-крапельним шляхом?
4. Яких алергенів найбільше у вашому оточенні?
5. Чому колективний імунітет не діє, якщо імунізовано менше 70 % населення?

Підб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Учні та учениці досліджували залежність артеріального тиску від фізичних навантажень. Яку гіпотезу вони могли б висунути перед початком дослідження?

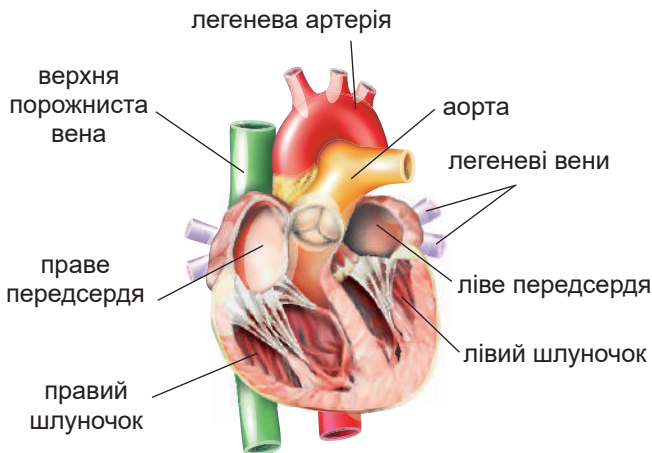
- А** частота серцевих скорочень зменшується під час фізичних навантажень
- Б** артеріальний тиск не змінюється від фізичних навантажень
- В** за зменшення кількості кисню в повітрі кімнати втома розвивається швидше
- Г** за дії стрес-факторів артеріальний тиск зростатиме без фізичних вправ

2. Учні та учениці готувались до виконання дослідницького практикуму «Вимірювання артеріального тиску в стані спокою та за навантажень» і міркували, які методи досліджень вони будуть застосовувати. Учениця сказала, що експериментальний метод, а учень додав, що ще й математично-статистичний. Хто з них правий?

- А** правий учень
- Б** права учениця
- В** обоє праві
- Г** обоє неправі

II. Опрацьовую та використовую інформацію

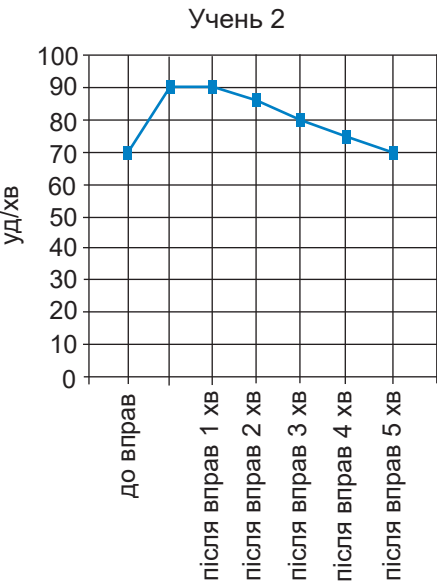
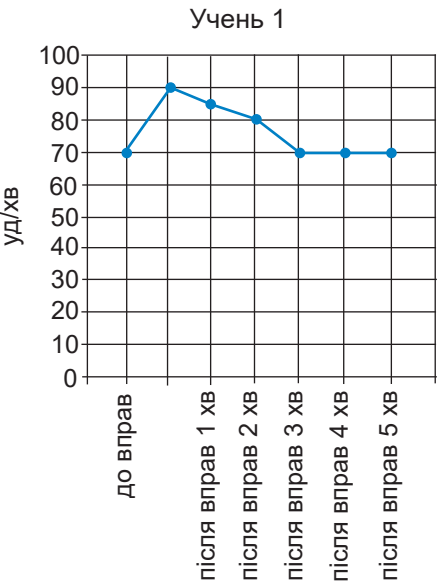
1. Розгляньте малюнок «Серце та судини». Знайдіть помилкові підписи.



- А** ліве передсердя та лівий шлуночок
- Б** лівий шлуночок та правий шлуночок
- В** легенева артерія та аорта
- Г** легеневі вени та верхня порожниста вена

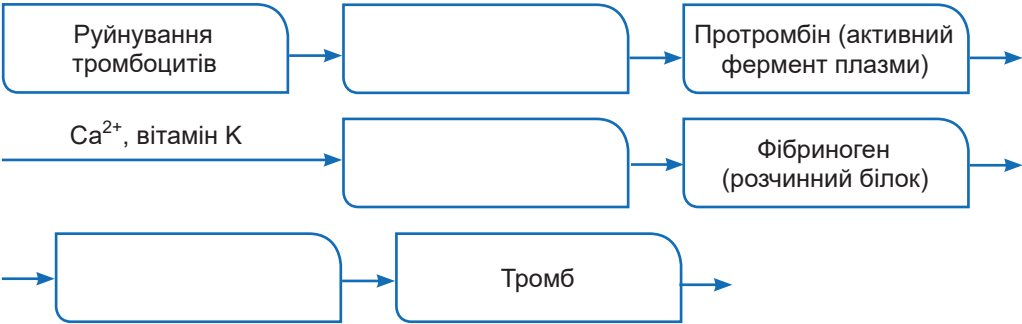
Розділ 3

2. Два учні (учень 1 і учень 2) виміряли свій пульс перед початком виконання фізичних вправ, який становив 70 ударів за хвилину. Після виконання вправ вони вимірювали пульс через 1, 2, 3, 4, 5 хвилин. Після чого кожен побудував графік за результатами своїх вимірювань. Проаналізуйте графіки та дайте відповіді «Так» чи «Ні».



Учень 1 після вправ через 3 хв мав пульс 70 уд/хв	Так	Ні
Учень 2 після вправ через 3 хв мав пульс 60 уд/хв	Так	Ні
Тренованим є учень 1, оскільки його частота серцевих скорочень відновилась через 3 хв	Так	Ні
Тренованим є учень 2, оскільки його частота серцевих скорочень відновилась через 2 хв	Так	Ні
Обидва учні мають однакові показники пульсу через 1 хв після вправ	Так	Ні

3. Розгляньте схему зсідання крові. Доповніть пропущені комірки.

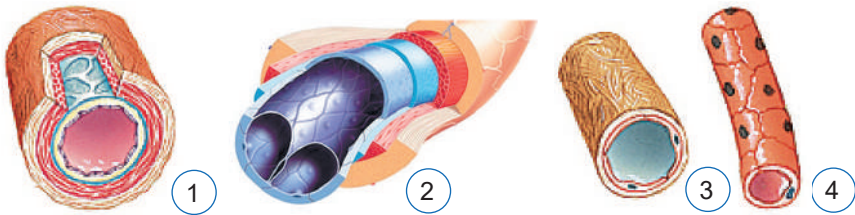


III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Вставте пропущені слова в комірки.

Еритроцити	Тромбоцити	
4–8 мкм, округлі, форма постійна		8–20 мкм, форма непостійна
без'ядерні		є ядро
	забезпечують зсідання крові	

2. Утворіть пари між зображенням судини (1–4) та особливостями її будови й функцією, яку вона виконує (А–Д).



- А** складається з одного шару ендотеліальних клітин, забезпечує газообмін
Б утворена з трьох шарів, має всередині клапани, кров рухається до серця
В найбільша кровоносна судина, починає велике коло кровообігу
Г з'єднує вени з капілярами, складається з трьох тонких шарів
Д утворена з трьох шарів, м'язовий шар пружний, транспортує кров від серця

3. Установіть відповідність між видом імунітету (1–4) та його прикладом (А–Д).

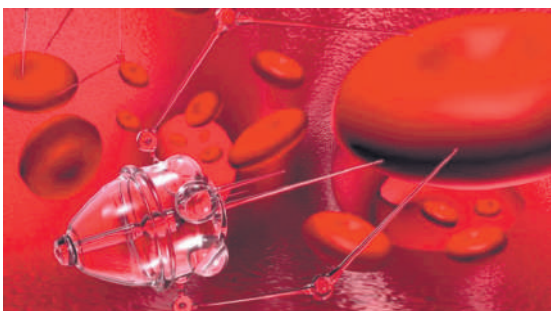
- 1 вроджений неспецифічний
 2 набутий штучний активний
 3 набутий штучний пасивний
 4 набутий природний активний

- А** дитину, хвору на дифтерію, терміново доставили в лікарню та ввели лікувальну сироватку
Б собака Джесі захворіла на собачу чуму, власники собаки не захворіли
В через плаценту дитина отримала від матері антитіла до токсоплазмозу, грипу, кору
Г після інфікування вірусом COVID-19 в організмі почали вироблятися антитіла
Д на третю–п'яту добу після народження хлопчикам і дівчаткам роблять щеплення БЦЖ

Компетентнісно орієнтоване завдання

Вася й Петрик хочуть стати геймдизайнерами. Вони планують створити комп'ютерну гру, в якій гравці керуватимуть наноботами (нанорозмірними роботами), що рухатимуться судинами та допомагатимуть лікувати захворювання. За допомогою штучного інтелекту друзі створили ескізи для свого проєкту й показали їх учительці біології.

Учителька побачила в зображеннях деякі хиби й, щоб хлопці все самі виправили, запропонувала їм створити модель крові у дволітровій банці. Ба більше, вона запропонувала взяти в неї для моделювання еритроцитів пластикові циліндрики діаметром 16 мм і висотою (товщиною) 4 мм; вони були упаковані в коробки по 100 шт.



«Можна було б взяти й інші моделі – сказала вчителька, але вам важлива реалістичність. Дані про склад плазми крові наведено в підручнику. За ними, 1 літр плазми людини містить 80 г білка, 9 г солі та 1,2 г цукру (глюкози). До того ж в 1 мм³ крові міститься 4 900 000 еритроцитів, 7000 лейкоцитів усіх типів та 245 000 тромбоцитів. Відсотковий вміст клітин у крові візьміть за більшим значенням.»

Прослідкуємо за діями та міркуваннями учнів під час виготовлення моделі.



1. Петрик: «Спочатку треба змоделювати плазму. Скільки треба плазми (в літрах) на дволітрову банку?»

2. Вася: «На такий об'єм води треба взяти 1,32 г цукру і майже 10 г солі. Зважимо або скористаємося набором мірних ложок.»

«Так що, – здивувався Петрик, – у всіх 5 літрах крові, що є в організмі, міститься цукру

А одна чайна ложка з невеликою гіркою

Б дві чайні ложки без гірки

В одна столова ложка з гіркою

Г дві столові ложки без гірки?»

3. Вася: «Білок... 88 г білка.... Який є розчинний білок?»

Васина мама: «Желатин, той, який використовуємо, щоб зробити желе. Можете взяти пару упаковок в шафі – інструкція на упаковці. Тільки вам треба ще визначитися з температурою.»

Якої температури має бути розчин желатину в моделі?

А як у желе – приблизно 4 °С

Б кімнатної температури: 20–22 °С

В теплий, приблизно 35–40 °С

Г гарячий, приблизно 60–70 °С

4. Петрик: «Так, плазму зробили, далі – еритроцити. За співвідношенням кількостей і розмірів клітин різних типів, саме вони визначають об'єм клітин у крові. 0,9 л дорівнює 900 см³. Треба знайти об'єм одного циліндрика і поррахувати, скільки їх треба взяти – в штуках і в коробках».

Об'єм одного циліндрика $V = \pi R^2 h = \dots\dots\dots$ мм³. Треба взяти $\dots\dots\dots$ шт. циліндриків, $\dots\dots\dots$ коробок.

5. Вася: «Залишилося знайти кількість лейкоцитів (візьмемо ось ці кульки-стрибунці) і тромбоцитів (наріжемо на "кров'яні пластинки" цей старий кравецький метр, як раз по сантиметру на тромбоцит)».



Для моделі треба кульок-лейкоцитів: шт. і тромбоцитів: шт.

6. Вася й Петрик склали всі змодельовані «клітини» в банку, щільно закрили кришкою і перемішали. Спираючись на створену модель, вони проаналізували згенеровані ШІ зображення і зробили такі висновки:

Співвідношення об'ємів плазми й формених елементів показано <i>неправильно</i>	Так	Ні
Формених елементів у крові на малюнках більше, ніж у реальних судинах	Так	Ні
Співвідношення за кількістю еритроцитів та лейкоцитів показано <i>неправильно</i>	Так	Ні
Наноботи можуть закупорити капіляри	Так	Ні
Наноботи можуть механічно пошкодити клітини крові та стінки судин	Так	Ні

7. Чи можна стверджувати, що Вася й Петрик змодельовали 1 мм^3 крові? Доведіть.

Тема 6.

Дихальна система та газообмін



Який шлях проходять молекули кисню в організмі людини від вдиху до засвоєння в клітині?

Науково-дослідницький проєкт:

«Визначення впливу фізичних навантажень (емоційного стану) на частоту дихальних рухів».

Творчий проєкт:

створення лепбук «Органи дихання та їхні функції».

Ігровий проєкт:

гра «Вдих – видих» (учні / учениці називають термін на вдих і термін на видих).

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Атмосферне повітря – суміш газів, без якої неможливе життя»;
«Інфекційні захворювання дихальної системи людини»;
«Неінфекційні захворювання дихальної системи людини»;
«Шкідливий вплив куріння на організм людини».

Практико-орієнтований проєкт:

«Особливості поширення збудників вірусних інфекцій через органи дихання від людини до людини (COVID, грипу, віспи, кору)».

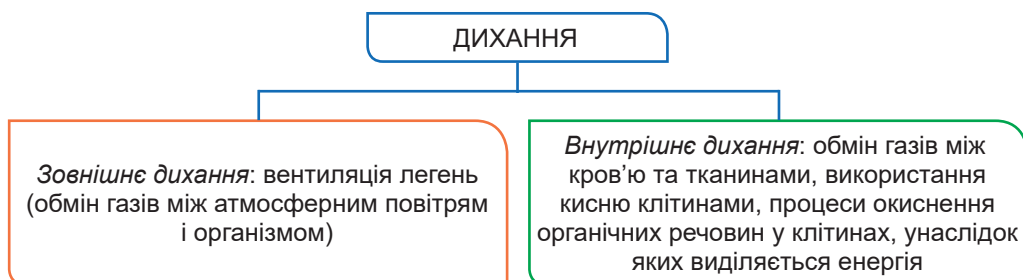
§ 41. Система органів дихання



Яке значення дихання для нормального функціонування організму?

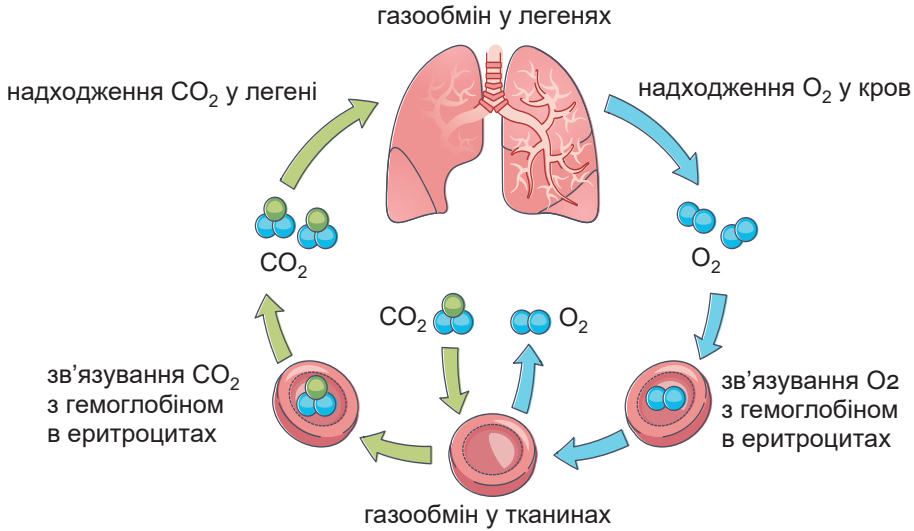
Що таке газообмін. *Газообмін* – обмін газами між організмом і зовнішнім середовищем. Людина, як і наземні тварини, дихає атмосферним повітрям. Воно має постійно надходити в організм людини, оскільки його вміст обмежений об'ємом легень.

Цілісний процес дихання умовно поділяють на зовнішнє та внутрішнє (мал. 41.1).



Мал. 41.1. Зовнішнє та внутрішнє дихання

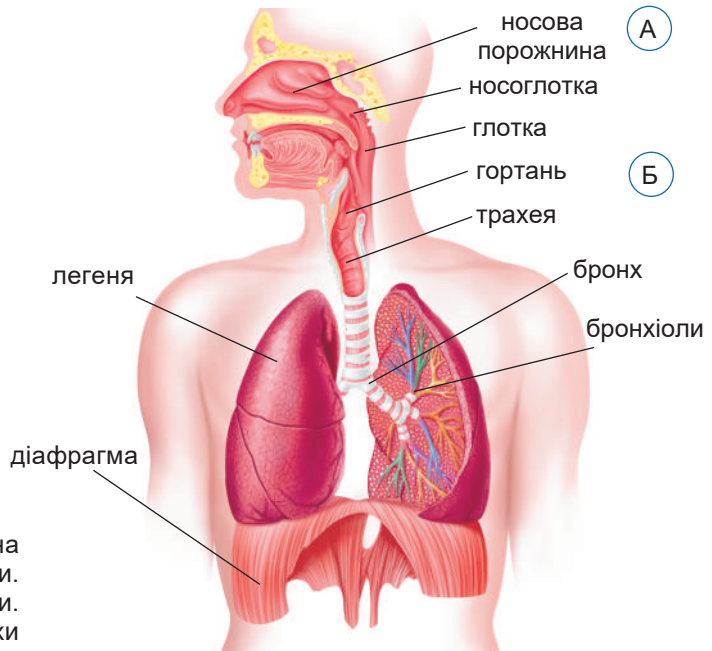
Вуглекислий газ (CO_2), який утворюється унаслідок окиснення органічних сполук, виводиться з організму у зворотному порядку (мал. 41.2).



Мал. 41.2. Газообмін в організмі людини

Яка будова дихальної системи людини. Система органів, що забезпечує газообмін нашого організму з навколишнім середовищем, – це **дихальна система** (мал. 41.3). Вона містить повітроносні шляхи (їх поділяють на верхні й нижні) та легені.

Легені розташовані в грудній порожнині, що відокремлена від черевної особливим м'язом – *діафрагмою*. Саме в легенях перебігають процеси газообміну між вдихуваним повітрям та кров'ю та між кров'ю і видихуваним повітрям.



Мал. 41.3. Дихальна система людини.

А. Верхні дихальні шляхи.
Б. Нижні дихальні шляхи

Повітроносні шляхи – це система з'єднаних між собою порожнистих органів, якими рухається вдихуване та видихуване повітря. До *верхніх дихальних шляхів* належать носова порожнина, носоглотка та гортанна частина глотки (мал. 41.3, А).

Яка будова верхніх дихальних шляхів. *Носова порожнина* сполучається з глоткою. Ця частина глотки має назву *носоглотка*. Стінки носової порожнини вкриті миготливим (війчастим) епітелієм, клітини якого виділяють слиз. Він обволікає пил і прилиплі до нього мікроорганізми. Крім того, слиз постійно зволожує стінки носової порожнини, а отже, і повітря, яке проходить через неї.

Війки миготливого епітелію рухаються різко і швидко в напрямку ніздрів і плавно та повільно – у напрямку до носоглотки. Завдяки цьому пил і мікроорганізми, які осіли на слизову оболонку, разом зі слизом, як на стрічці конвеєра, видаляються з дихальних шляхів.

Стінки носової порожнини мають густу сітку капілярів. Кров, яка тече нею, зігріває (якщо температура довкілля низька) або охолоджує (якщо вона підвищена) вдихуване повітря до температури тіла.



Дихати слід лише через ніс. Адже при цьому вдихуване повітря очищається від пилу, зволожується, частково знезаражується, в прохолодну погоду зігрівається, а в спекотну – охолоджується. Дихання ротом у холодну пору року часто стає причиною застудних та інших захворювань.

У слизовій оболонці верхньої частини носової порожнини (нюхові ділянки) містяться особливі нюхові рецептори, які сприймають різні запахи. Пил або речовини з різким запахом, потрапивши до носової порожнини, подразнюють ці рецептори, так виникає захисний рефлекс – **чхання**. Це різкий рефлекторний видих через ніздрі. Завдяки чханню з носової порожнини сильним потоком повітря видаляється надлишок слизу з речовинами-подразниками і виводяться мікроорганізми.



Під час чхання потрібно рот і ніс прикривати серветкою, щоб мінімізувати поширення хвороботворних вірусів і бактерій.

З носової порожнини повітря потрапляє в носоглотку, з носоглотки повітря потрапляє в *глотку* – верхню частину глотки, розташовану позаду носової порожнини. Від глотки починаються два порожнисті органи: гортань (належить до дихальної системи) та стравохід (належить до травної системи), розміщений позаду гортані. Таким чином, у глотці перетинаються дихальні й травні шляхи. До *нижніх дихальних шляхів* належать гортань, трахея та бронхи (мал. 41.3, Б).

Яка будова гортані та голосового апарату. *Гортань* має лійкоподібну форму. Її стінки утворені кількома хрящами, з'єднаними між собою м'язами та зв'язками (мал. 41.4). Найбільший хрящ гортані – щитоподібний. Він складається з двох пластинок, які спереду з'єднуються між собою під кутом. У чоловіків, на відміну від жінок, цей кут досить гострий, тому в них на шиї добре помітне підвищення – кадик (його ще називають «адамово яблуко»).

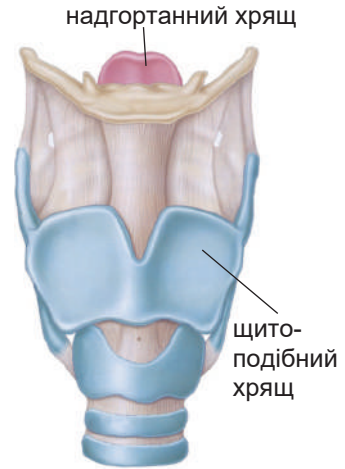
У верхній частині гортані розташований надгортанний хрящ. Він запобігає потраплянню сторонніх часток до повітроносних шляхів. У разі випадкового подразнення їх шматочками їжі, різними твердими

або рідкими речовинами та газовими сумішами, а також унаслідок запальних процесів виникає захисний дихальний рефлекс – **кашель**. Це різкий рефлексорний видих через рот. Завдяки кашлю порожнина гортані очищається від сторонніх часток, що дає змогу захистити інші органи дихання.

Гортань, крім проведення повітря, бере участь у голосоутворенні.

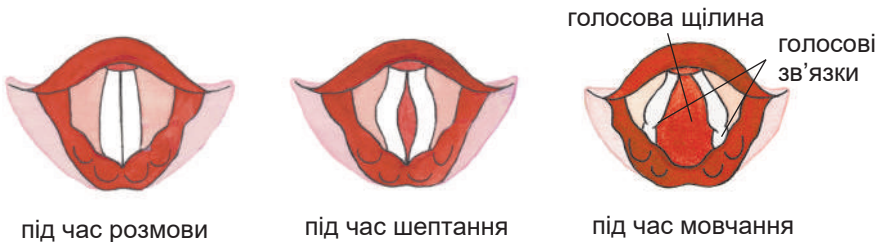


Під час споживання їжі не слід розмовляти, сміятися та робити різкі рухи. Це може призвести до потрапляння їжі до гортані, що спричинить сильний кашель. В окремих випадках потрапляння їжі до дихальних шляхів може спричинити задуху. Під час кашлю рот потрібно прикривати серветкою, щоб не стати джерелом поширення збудників інфекцій.



Мал. 41.4. Будова гортані

У просвіті гортані (в її середній частині) розташований голосовий апарат, основу якого становлять голосові зв'язки та голосові м'язи (мал. 41.5). Голосові зв'язки утворені паралельно розташованими еластичними волокнами, між якими є голосова щілина. Залежно від ступеня натягу голосових зв'язок ширина щілини змінюється. Коли через голосову щілину проходить видихуване повітря, натягнуті голосові зв'язки починають коливатися, створюючи звук (голос). Що сильніше натягнуті голосові зв'язки, то вищим є утворюваний звук. Гучність звуку при цьому визначається силою, з якою видихається повітря з легень.



Мал. 41.5. Зміна положення голосових зв'язок

Коли людина мовчить, голосові зв'язки розходяться, голосова щілина набуває вигляду рівнобедреного трикутника. Голосові зв'язки можуть робити від 80 до 10 000 коливань за секунду.

Висота голосу людини залежить від довжини голосових зв'язок. У жінок голосові зв'язки коротші, ніж у чоловіків.

Відтінки голосу залежать від резонаторів, роль яких виконують порожнини рота, носа, носоглотки, глотки. У формуванні різних звуків, а особливо звуків мови, беруть участь язик, піднебіння, губи, зуби, щоки, нижня щелепа. Голос людини здатний змінюватися з віком, що пов'язано з перебудовою голосового апарату. Критичним для розвитку голосового апарату є період статевого дозрівання. У цей період голос ніби «ламається».

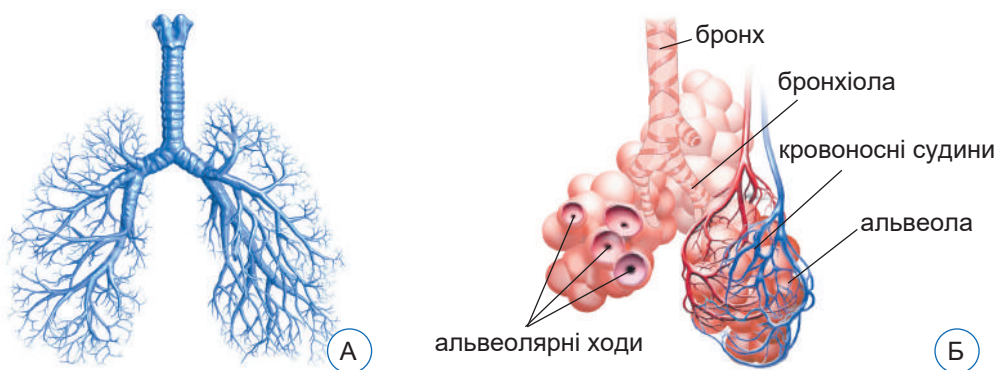


Перенапруження голосових зв'язок, а також запальні процеси в горлі змінюють голос, який може стати хрипким і глухим. Дуже шкідливо на голосові зв'язки впливає тютюнокуріння та вживання алкоголю. Якщо виникли проблеми з голо- сом або ж він зник, потрібно негайно звернутись до лікаря-отоларинголога¹, або ЛОР-лікаря.

Яка будова трахеї та бронхів. З гортані повітря потрапляє в наступ- ний відділ повітроносних шляхів – **трахею** (мал. 41.3). Це дихальна трубка, до складу стінок якої входять хрящові півкільця, з'єднані між собою зв'язками. До складу задньої стінки трахеї (де немає хрящової тканини), що прилягає до стравоходу, входять непосмуговані м'язи. Така будова трахеї не заважає проходити їжі стравоходом та повітрю до легень. Внутрішня поверхня трахеї вистелена залозистим і мигот- ливим епітелієм. Їхня роль така сама, як і епітелію носової порожнини та гортані.

У верхній частині грудної порожнини трахея розгалужується на два **бронхи** – правий і лівий. У складі стінок бронхів також є хрящові півкільця, які запобігають закриттю їхнього просвіту. Внутрішня поверхня бронхів подібно до стінок усіх відділів повітроносних шляхів вкрита одношаровим миготливим (війчастим) епітелієм. Заходячи в легені, бронхи багаторазово галузяться на дрібніші, які врешті пере- ходять у найдрібніші кінцеві трубочки – **бронхіоли**. Усю систему роз- галуження бронхів називають **бронхіальним деревом** (мал. 41.6, А).

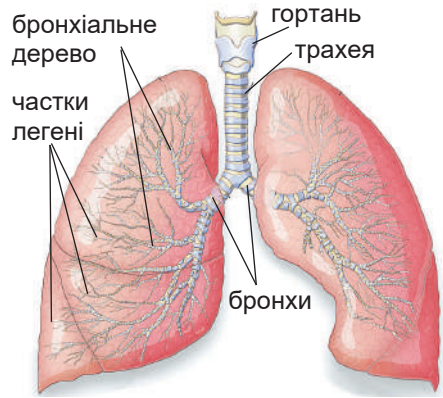
Бронхіоли переходять в альвеолярні ходи, що закінчуються легене- вими пухирцями – **альвеолами**. Їхні тонкі стінки вкриті густою сіт- кою кровоносних капілярів (мал. 41.6, Б). Стінки альвеол утворені одношаровим епітелієм, а їхня порожнина заповнена повітрям. Альве- оли зібрані в групи, тому мають вигляд грон винограду. У легенях дорослої людини міститься 500–700 млн альвеол. Завдяки цьому загальна площа дихальної поверхні легень становить понад 100 м², що в 50 разів перевищує площу поверхні тіла людини. Тому кров швидко вбирає крізь їхні стінки кисень і віддає вуглекислий газ.



Мал. 41.6. А. Бронхіальне дерево. Б. Будова альвеол

¹ Оториноларингологія (від грец. *от* – вухо, *рино* – ніс, *ларинг* – гортань (горло) та *логос* – наука) – розділ медицини, який досліджує захворювання вуха, носа та гортані (горла).

Яка будова легенів. Легені – парні органи. Права легеня більша за ліву, тому що ліва має заглиблення – так звану серцеву виїмку. Права легеня складається з трьох часток, а ліва – лише з двох (мал. 41.7). Кожна легеня має конусоподібну форму: звужену верхівку та розширену основу, що прилягає до діафрагми. На внутрішній (оберненій до серця) поверхні обох легень є *ворота легень*, через які проходять нерви, бронхи, легеневі артерії, легеневі вени та лімфатичні судини.



Мал. 41.7. Легені

Ззовні кожна легеня вкрита тоненькою щільною сполучнотканинною оболонкою – *легеневою плеврою*. Вона складається з двох листків – внутрішнього (легеневого) і зовнішнього (пристінкового). Між внутрішнім та зовнішнім листками плеви є щілина – *плевральна порожнина*. У ній міститься 1–2 мл рідини, що зменшує тертя листків один об одного під час дихальних рухів.

У порожнині плеви в нормі немає повітря, а тиск дещо нижчий за атмосферний. Це надзвичайно важливо для нормальної роботи легень, бо сприяє дихальним рухам.

Крім газообміну, легені беруть участь у здійсненні захисних реакцій організму, оскільки в тканині легень є велика кількість клітин – макрофагів, здатних знешкоджувати хвороботворні мікроорганізми.

Узагальнення

Процеси дихання забезпечують надходження кисню з атмосферного повітря до окремих клітин організму, де відбувається окиснення органічних сполук з виділенням необхідної організму енергії. Процеси газообміну між організмом і навколишнім середовищем включають і виведення з організму вуглекислого газу, що утворився внаслідок процесів окиснення органічних сполук. Зовнішнє дихання – це газообмін між атмосферним повітрям і легенями; внутрішнє дихання – надходження кисню до клітин. Дихальні шляхи поділяють на верхні (носова порожнина, носоглотка, гортанна частина глотки) та нижні (гортань, трахея, бронхи). Газообмін відбувається у парних органах – легенях. Їхніми функціональними елементами є альвеоли, якими закінчуються бронхіоли.

Поміркуйте

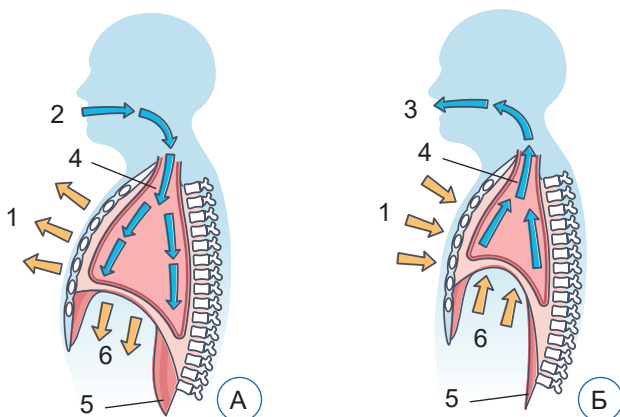
1. У чому небезпека дихання ротом?
2. Чому не можна розмовляти під час їжі?
3. Чому в жінок голос вищий, ніж у чоловіків?
4. Чому ліва легеня менша за праву?

§ 42. Дихальні рухи. Газообмін у легенях і тканинах. Нейрогуморальна регуляція процесів дихання



Чому неможливо затримати дихання довше ніж на 3–5 хвилин?

Повітря надходить у легені та виводиться з легень завдяки дихальним рухам: вдиху і видиху, під час яких змінюється об'єм легень. Вдих і видих разом становлять **дихальний цикл** (мал. 42.1).



Мал. 42.1. Дихальний цикл. А. Процес вдиху. Б. Процес видиху. 1 – рухи ребер; 2 – атмосферне повітря надходить у дихальні шляхи; 3 – видихуване повітря; 4 – легені; 5 – діафрагма; 6 – рухи діафрагми



За малюнком 42.1 порівняйте, що відбувається з ребрами, діафрагмою та легенями під час вдиху та під час видиху.

Як здійснюються дихальні рухи. Легені не мають власних м'язів, тому вдих і видих здійснюються завдяки скороченню або розслабленню м'язів, які змінюють об'єм грудної порожнини (мал. 42.1). У дихальних рухах беруть участь міжреберні м'язи та діафрагма, меншою мірою – м'язи черевного преса, деякі м'язи плечового поясу, шиї, спини.

✓ **Дізнайтеся більше** про пневмоторакс та оклюзійні наліпки за QR-кодом.



Під час вдиху скорочуються зовнішні міжреберні м'язи, які підіймають ребра та відводять їх убік (мал. 42.1, А). Скорочення м'язів діафрагми змінюють її форму зі склепінчастої на плоску. Через це об'єм грудної порожнини збільшується й тиск у легенях стає нижчий за атмосферний. Завдяки цьому повітря надходить через повітроносні шляхи до альвеол легень.

У стані спокою видих відбувається пасивно через розслаблення зовнішніх міжреберних м'язів і діафрагми. При цьому ребра опускаються за рахунок власної ваги. Діафрагму відтискають догори еластичні внутрішні органи черевної порожнини, які були відтиснуті донизу під час вдиху.

Під час глибокого (активного) видиху, крім розслаблення зовнішніх міжреберних м'язів і м'язів діафрагми, скорочуються внутрішні міжреберні м'язи та м'язи черевного преса. Внутрішні міжреберні м'язи активно опускають ребра, а м'язи черевного преса, скорочуючись, відтискають діафрагму вгору (мал. 42.1, Б). Унаслідок цього об'єм грудної порожнини значно зменшується, тиск у ній стає вищий за атмосферний, і повітря витискається з легень у повітряні шляхи, а звідти – назовні. Додаткові групи м'язів можуть бути задіяні в дихальних рухах у разі значних фізичних навантажень.

У стані спокою людина здійснює 16–20 дихальних рухів за хвилину. Під час занять спортом, важкої фізичної праці, а також у разі деяких захворювань частота дихальних рухів значно зростає. Для кількісної оцінки функціонального стану легень людини вимірюють так звані *легеневі об'єми*.

✓ **Дізнайтеся більше** про легеневі об'єми та життєву ємність легень за QR-кодом.



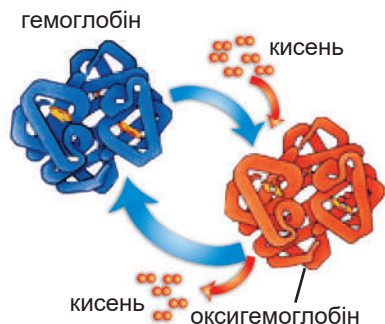
Як відбувається обмін газів у легенях. Під час вдиху атмосферне повітря надходить до легень і в альвеолах змішується з повітрям, яке залишилося в них після видиху. Артеріями малого кола кровообігу венозна кров потрапляє в легені (*пригадайте*, який шлях проходить кров малим колом кровообігу; див. мал. 36.3). У венозній крові міститься значний відсоток вуглекислого газу. Через стінки капілярів альвеол відбувається газообмін між повітрям, яке міститься в альвеолах (*альвеолярне повітря*), та кров'ю. Вона віддає вуглекислий газ і отримує кисень, тобто венозна кров перетворюється на артеріальну. Артеріальна кров виходить з легень через легеневі вени та прямує до серця (див. мал. 36.3).

Усі складники повітряного шару створюють атмосферний тиск на поверхню Землі й на всі тіла поблизу неї. Кожен газ створює тиск відповідно до його частки в атмосферному повітрі. Вимірюють тиск кожного складника повітря в міліметрах ртутного стовпчика (скорочено мм рт. ст.).

У повітрі, яке вдихає людина, кисню значно більше, ніж у венозній крові. Оскільки тиск кисню в альвеолярному повітрі більший (102 мм рт. ст.), ніж у венозній крові (40 мм рт. ст.), то через різницю тисків кисень з альвеолярного повітря потрапляє крізь стінки альвеол та стінки капілярів у кров.

Вуглекислий газ переходить в альвеолярне повітря завдяки різниці між його тиском у венозній крові (47 мм рт. ст.) і тиском в альвеолярному повітрі (40 мм рт. ст.). Отже, завдяки інтенсивному обміну газів у легенях, тобто безперервному надходженню кисню та видаленню вуглекислого газу, склад альвеолярного повітря сталий, що має велике значення для підтримання гомеостазу.

Цікаво знати. За добу в кожній людині за умов найбільшого спокою з альвеолярного повітря в кров надходить близько 500 л кисню, а з видихуванням повітрям виділяється близько 450 л вуглекислого газу. Зрозуміло, що за напруженої діяльності організму ці показники різко зростають.



Мал. 42.2. Молекула гемоглобіну здатна приєднувати та віддавати кисень

Як відбувається газообмін у тканинах. Збагачена киснем артеріальна кров великим колом кровообігу від серця надходить у капіляри, розміщені у всіх тканинах. Тут артеріальна кров перетворюється на венозну. Вона повертається до серця, а звідти – до легень. Таке переміщення газів з кровообігом має назву **транспорт газів кров'ю**.

Значна частина кисню й вуглекислого газу переноситься в хімічно зв'язаному стані з білком гемоглобіном, який міститься в еритроцитах (1 г гемоглобіну зв'язує 1,34 мл кисню). Кров постачає до тканин кисень у вигляді окисненого гемоглобіну (оксигемоглобіну HbO_2) – нестій-

кої сполуки, що легко розпадається й вивільняє кисень (мал. 42.2). Газообмін у тканинах також відбувається за основним законом **дифузії**. У тканинах кисень з капілярів, де його концентрація більша, переходить у тканинну рідину з меншою концентрацією цього газу, а з неї – у клітини. Там він одразу вступає в реакції окиснення органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів). Тому кисень у клітинах не запасається.

Унаслідок процесів окиснення у клітинах збільшується вміст вуглекислого газу. Він так само завдяки дифузії з клітин через тканинну рідину надходить у капіляри, в яких частина (близько 25 %) вуглекислого газу зв'язується з гемоглобіном, утворюючи нестійку сполуку (карбгемоглобін). Решта (близько 75 %) вуглекислого газу зв'язується з плазмою крові, утворюючи нестійку карбонатну кислоту (H_2CO_3) та її солі.

Так артеріальна кров перетворюється на венозну, що венами великого кола кровообігу надходить до серця, звідти судинами малого кола кровообігу – до легень (див. мал. 36.3). У легенях карбгемоглобін розпадається, вуглекислий газ вивільняється й виводиться з організму.

Повітря, яке видихається, називають **видихуваним**. Його склад порівняно з вдихуваним інший: вміст у ньому кисню знижується, а вуглекислого газу збільшується (табл. 42.1).

Таблиця 42.1. Склад атмосферного повітря та повітря після видиху

Повітря	Уміст газів (%)		
	кисень	вуглекислий газ	азот, водяна пара, інертні гази
Вдихуване (атмосферне)	20,95	0,03	79,02
Альвеолярне	14,40	5,20	80,40
Видихуване	16,30	4,00	79,70



Порівняйте склад вдихуваного та альвеолярного повітря; вдихуваного та видихуваного повітря; видихуваного та альвеолярного повітря. Поясніть, чому змінюється їхній вміст.

Незначна кількість кисню (не більше 1–2 %) надходить через шкіру (*шкірне дихання*), але його не вистачає навіть для забезпечення газообміну в епідермісі (поверхневому шарі шкіри).

Як регулюються процеси дихання. Дихальні рухи та процеси газообміну регулюють нервова система та біологічно активні речовини. Дихальний центр, який керує процесами дихання, розташований у довгастому мозку (див. мал. 9.2). Діяльність цього центру забезпечує автоматизм дихальних рухів.

Дихальний центр координує ритмічну діяльність дихальних м'язів (їхнє скорочення та розслаблення), які беруть участь у здійсненні дихальних рухів. Дихальний центр також узгоджує процеси дихання з функціональним станом усього організму.

✓ **Дізнайтеся більше** про дихальний центр за QR-кодом.



Підвищені температура і біль збільшують частоту дихальних рухів. Крім того, на дихальний центр впливають також емоції – радість, страх тощо. Діяльність дихального центру активується під впливом гормону надниркових залоз – адреналіну.

На процеси дихання впливає й концентрація кисню та вуглекислого газу в крові. У стінках кровоносних судин є рецептори, які реагують на незначні зміни концентрації кисню в крові, а також на зміни кров'яного тиску. Так, зменшення концентрації кисню в крові (гіпоксія) або зниження кров'яного тиску (гіпотензія, або гіпотонія) підвищує інтенсивність легеневої вентиляції, а їхнє збільшення – знижує.

Дихальний центр збуджує також підвищення концентрації вуглекислого газу в крові, що надходить до головного мозку. Це, зі свого боку, збільшує частоту та глибину дихання, що триває доти, доки концентрація вуглекислого газу не знизиться до норми. Накопичення в крові вуглекислого газу збуджує не тільки дихальний центр, але й судиноруховий (він також розташований у довгастому мозку). Унаслідок цього збільшуються частота і сила серцевих скорочень, посилюється кровообіг. Це поліпшує транспортування кисню від легень до тканин та пришвидшує виведення з них вуглекислого газу.

Цікаво знати. У момент народження, коли дитина припиняє отримувати кисень через плаценту від організму матері, в її крові різко зростає вміст вуглекислого газу. Це збуджує дихальний центр, від якого нервові імпульси надходять до зовнішніх міжреберних м'язів і діафрагми та спричинюють перший самостійний вдих.

Узагальнення

Вдих і видих становлять один дихальний цикл. Під час вдиху грудна клітка підіймається, а діафрагма опускається. Під час видиху грудна клітка та діафрагма повертаються у вихідне положення. Вдих і видих забезпечують вентиляцію легень. Процеси газообміну

регулюють нервова система та біологічно активні речовини. Зокрема, дихальний центр, розташований у довгастому мозку, забезпечує автоматизм дихальних рухів.

Поміркуйте

1. Чому частота дихальних рухів зростає, коли людина відчуває радість?
2. Чому людина відчуває запаморочення (кисневе голодування), коли піднімається в гори?
3. Чому дайверам потрібно повільно підніматися з глибини чи опускатися на глибину?

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



Чому органи дихання є воротами потрапляння інфекцій до організму?

Ураження повітроносних шляхів і легень призводить до порушення процесів дихання. Так, вдихання певних хімічних речовин з різким запахом, диму, пилу, дуже холодного чи занадто гарячого повітря може спричинити запалення слизової оболонки носоглотки, глотки, трахеї тощо. Вона набрякає, виділяється багато слизу. Однак найчастіше запалення слизових оболонок різних частин повітроносних шляхів і легень спричиняють збудники інфекційних захворювань.

Які існують інфекційні захворювання органів дихання. Хвороботворні віруси та бактерії можуть вражати будь-яку частину дихальних шляхів. Запалення слизової оболонки носа називають *нежить*, або *риніт* (від грец. *ринос* – ніс), глотки – *фарингіт* (від грец. *фаринкс* – глотка), гортані – *ларингіт* (від грец. *ларинкс* – гортань), трахеї – *трахеїт*.

Бронхіт – запалення бронхів з переважним ураженням слизової оболонки. Характерні симптоми: кашель (за гострого бронхіту – тривалий, виснажливий), частіше – з виділенням слизового чи слизогнійного харкотиння, задишка, біль у грудях, підвищення температури.

Плеврит – запалення плеври, виникає унаслідок потрапляння збудників інфекції до плевральної порожнини. Це значно ускладнює або навіть унеможливорює надходження повітря до легень.

Пневмонія (від грец. *пневмонія* – хвороба легень) – запалення легень, насамперед, альвеол. Це дуже небезпечне інфекційне захворювання, збудниками якого найчастіше є бактерії, рідше – віруси. Причина його виникнення – переохолодження або ускладнення після бронхіту чи грипу. Під час захворювання спостерігають кашель, ускладнення дихання, гарячку тощо.

Грип – інфекційне захворювання, яке спричиняють віруси грипу кількох різних штамів (див. мал. 40.2, А). Після того як людина перехворіла на грип, у неї виробляється несприйнятність до певного штаму вірусу грипу. Але інші штами, які ще не вражали цю людину, здатні спричинити захворювання. Саме цим пояснюють повторні захворювання на грип.

Цікаво знати. Епідемії грипу відомі ще із середньовіччя. Під час епідемії 1918 р. відомої як «іспанський грип», або «іспанка», у світі за три місяці перехворіло приблизно 500 млн осіб, з яких померло 20 млн.

Джерелом поширення вірусів грипу є людина, що захворіла. Під час чхання або кашлю виділяються краплини рідини, в яких є вірусні частинки. Інша людина інфікується, вдихаючи найдрібніші краплини слини або слизу, що містять частинки вірусу грипу. Через такий механізм передачі грип поширюється надзвичайно швидко.

Збудник грипу вражає епітеліальні клітини верхніх дихальних шляхів. Після проникнення в клітини епітелію слизових оболонок верхніх дихальних шляхів вірус грипу спричиняє запалення слизової оболонки. У подальшому він проникає у кров і виділяє речовини, які отруюють організм. Грип починається зі швидкого підвищення температури, з'являється головний біль, болісні відчуття в м'язах, суглобах, горлі.

Хворі на грип особливо небезпечні для навколишніх на ранніх етапах інфекції (перші одна-дві доби), коли ознаки захворювання ще чітко не проявилися. Інкубаційний період грипу короткий – зазвичай одна-дві доби.

Інкубаційний період – період від моменту зараження до перших проявів захворювання.



Грип небезпечний своїми ускладненнями. Тому за перших ознак захворювання на грип слід негайно звернутися до лікаря, який призначить курс лікування. Коли спілкуєтеся з хворою на грип людиною, захищайте дихальні шляхи за допомогою марлевої пов'язки, маски медичної або респіратора. Бажано помістити людину, хвору на грип, в окреме приміщення, виділити окремий посуд тощо.

Небезпечнішою за грип виявилася **коронавірусна інфекція**, яку скорочено позначають як COVID-19 (від англ. COronaVIrus Disease 2019 – Коронавірусне Захворювання 2019), оскільки в людини її було вперше виявлено в 2019 р. у китайському м. Ухань. Це смертельно небезпечна хвороба людини і деяких тварин (кажанів, норок тощо). Вона пов'язана з ураженням різних органів, насамперед органів дихання. За досить короткий час COVID-19 розвинувся в пандемію, що охопила багато країн на різних материках. Людина може захворіти на COVID-19 під час потрапляння вірусних частинок (див. мал. 40.2, Б) на слизові оболонки носа або очей з краплинами, які виділяє інфікована людина, а також через руки або інші предмети, забруднені виділеннями з дихальних шляхів інфікованої особи.



Для запобігання зараженню на COVID-19 у місцях перебування інших людей (наприклад, у транспорті, магазинах, закладах освіти) слід використовувати захисні маски, респіратори та захисні рукавички. Руки й різні поверхні потрібно дезінфікувати лікарськими протимікробними засобами – **антисептиками** (від грец. *анти* – проти та *септикос* – гноїстий).

Щоб захистити організм під час епідемій грипу, коронавірусу та інших інфекцій, потрібно не тільки захищати верхні дихальні шляхи від хвороботворних мікроорганізмів, а й посилювати імунітет раціональним вітамінізованим харчуванням, загартовуванням, регулярними фізичними вправами.

Туберкульоз (народна назва – *сухоти*) – небезпечне інфекційне захворювання. Збудник – бактерія туберкульозна паличка (паличка Коха), яка найчастіше уражає легені. Вона може перебувати у вдихуваному повітрі, краплинках харкотиння, на посуді, одязі, рушниках та інших предметах, якими користувалася хвора на туберкульоз людини. Збудники туберкульозу можуть передаватися людині й через харчові продукти тваринного походження – молоко та м'ясо. Захворювання розвивається довго й поступово. Проявами захворювання можуть бути постійний кашель із кровохарканням, рясне потовиділення вночі, гарячка, втрата маси тіла.

У 1993 р. ВООЗ оголосило сухоти глобальною загрозою для здоров'я людини й віднесло до десятки найбільш смертельно небезпечних хвороб. Про актуальність проблеми цієї хвороби в Україні свідчить той факт, що у 1995 р. у нашій країні було оголошено епідемію туберкульозу. І нині, за даними МОЗ України, наша країна належить до країн з високим рівнем захворюваності на туберкульоз.



Для профілактики туберкульозу потрібно користуватися індивідуальними засобами особистої гігієни, загартовувати організм, раціонально харчуватися, пити лише кип'ячене молоко, м'ясо споживати добре термічно оброблене. Щорічно потрібно робити флюорографію. Для запобігання зараженню туберкульозом дітям, а за потреби і дорослим, вводять вакцину. Туберкульозні палички швидко гинуть у сухих, добре освітлених сонячних місцях. Тому, щоб запобігти захворюванню, потрібно тримати в чистоті житлові будинки, вулиці міст, громадські приміщення. Велике значення для очищення повітря в населених пунктах мають зелені насадження.

Цікаво знати. Фітонциди, які виділяють різні види сосни, згубно діють на збудника туберкульозу – туберкульозну паличку (паличку Коха).

Дифтерія – важке захворювання людини. Її збудник – бактерія дифтерійна паличка. Заразитися дифтерією можна від людини, що захворіла, чи людини-носія. Спори бактерії з повітрям потрапляють у дихальні шляхи. Запалення спочатку розвивається в глотці, рідше – гортані, трахеї, порожнинах рота і носа. На слизових оболонках виникає щільна плівка, яка може перекрити просвіт трахеї й спричинити задуху.

Для запобігання захворюванню на дифтерію роблять профілактичні щеплення. Якщо ж людина все ж захворіла, застосовують протидифтерійні лікувальні препарати.

Які захворювання органів дихання спричинюють алергени. До найпоширеніших алергічних реакцій належать **алергічний риніт** і **бронхіальна астма**. Їх спричинюють алергени, серед яких можуть бути харчові продукти (цитрусові, яйця, шоколадні цукерки тощо), пил, шерсть тварин, пилок деяких рослин, хімічні речовини, різні косметичні засоби, медикаменти, мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності тощо. Ознаками алергічного риніту є набряк слизової оболонки, сухість і свербіння в порожнині носа, що супроводжується чханням і слизовиділенням.

Бронхіальна астма проявляється у вигляді нападів задухи, що періодично повторюються. Причиною є різке звуження бронхів або набрякання їхньої слизової оболонки внаслідок алергічної реакції.



У разі прояву симптомів бронхіальної астми слід звернутися до лікаря-алерголога, щоб з'ясувати причину цього захворювання. Лікують астму в спеціальних санаторіях, розміщених в екологічно чистих зонах.

✓ **Дізнайтеся більше** про вплив тютюнокуріння на органи дихання та про небезпеку електронних сигарет за QR-кодом.



У чому полягає профілактика захворювань органів дихальної системи. Запам'ятайте «золоте» правило медицини – *хворобі легше запобігти, ніж її лікувати*. Для запобігання ураженням і захворюванням дихальної системи слід дотримуватися правильного режиму праці, харчування, відпочинку. Дихання потрібно розвивати регулярними фізичними вправами, спортом. Повітря у житлових і робочих приміщеннях має бути чистим, без різких коливань температури.

Для зменшення ризику захворювання на інфекційні хвороби треба своєчасно і регулярно проходити медичне обстеження, робити профілактичне щеплення, а в разі захворювання – застосовувати медичні препарати, рекомендовані лікарем. Контактуючи з людиною, що захворіла, або під час епідемії потрібно користуватися марлевою пов'язкою (медичною маскою), яка затримує краплі зі збудниками захворювань.

Для очищення повітря від збудників захворювань органів дихальної системи велике значення мають зелені насадження, насамперед, рослини, які виділяють фітонциди (черемха, ялівець, сосна тощо). Чистота атмосферного повітря має важливе значення для здоров'я людини. У зв'язку з розвитком промисловості та транспорту атмосферне повітря забруднюється, що негативно впливає на органи дихання людини.



Для кращого постачання органів дихання киснем частіше гуляйте на свіжому повітрі: у лісі, скверах, парках тощо. Якщо доводиться якийсь час перебувати в запиленому приміщенні, захищайте свої органи дихання за допомогою респіраторів. Обов'язковим є використання респіраторів у тих галузях промисловості, де у повітрі міститься промисловий пил, шкідливі для здоров'я гази тощо. Використовуйте респіратори і під час лабораторних досліджень, коли існує загроза для органів дихання.

✓ **Дізнайтеся більше** про респіратори за QR-кодом.



Перша допомога у разі зупинки дихання. Коли людина припиняє дихати, їй потрібно надати негайну домедичну допомогу. А вже після того, як зупинилося серце, мозок залишається живим не довше 5–6 хвилин. У цих випадках слід здійснити непрямий масаж серця разом із штучною вентиляцією легень, враховуючи вік і стан потерпілої людини (мал. 43.1).

Про те, що людина припинила дихати, можна дізнатись, поклавши руки на грудну клітку (вона не рухається), піднести люстерко до обличчя (на ньому має бути відсутня пара від видихуваного повітря) або наблизити до рота й носа потерпілого свою щоку. Такий контроль здійснюють упродовж максимум 10 с. Якщо не виявлено ознак дихання, слід негайно викликати екстрену медичну допомогу.

Чекаючи на медичних працівників, потерпілого потрібно покласти на тверду поверхню, розстебнути комір, ґудзики, ремінь. Під плечі бажано підкласти згорток з одягу, закинути голову назад. Відкрийте його рот, пересвідчившись у тому, що в ротовій порожнині відсутні сторонні предмети, накрийте рот чистою носовою хустинкою або іншою тканиною. Затисніть ніс потерпілого і вдихніть у його рот повітря. Після цього відкрийте ніс потерпілого.

За потреби процедуру повторюють кілька разів. Здійсніть кілька різких натискань на грудну клітку, доки потерпілий не почне дихати і не почне відчуватись пульс.

Якщо заходи реанімації проводять удвох, то одна людина натискає на грудну клітку, а інша – вдихає повітря потерпілому. Рекомендують здійснити 15 натискань на грудну клітку впродовж 12 с та 8 повних вдихів повітря через рот потерпілого впродовж хвилини. Якщо ж у потерпілого відчувається пульс, непрямий масаж серця (натискання на грудну клітку) не проводять.



Мал. 43.1. Надання першої допомоги людині в разі зупинки дихання: А. Вдихання повітря через рот потерпілого (методика штучного дихання). Б. Натискання на грудну клітку потерпілого для відновлення роботи серця й кровообігу (методика непрямого масажу серця)

Узагальнення

Існує низка інфекційних захворювань органів дихання: риніт, фарингіт, ларингіт, трахеїт, бронхіт, плеврит, пневмонія, грип, туберкульоз, дифтерія тощо. Також органи дихання можуть вражати алергени, спричиняючи алергічний риніт і бронхіальну астму. Заходи профілактики захворювань органів дихання: уникати контактів з особами, що захворіли, користуватись засобами захисту, своєчасно робити профілактичне щеплення тощо. У разі зупинки дихання людини їй потрібно надати термінову домедичну допомогу.

Поміркуйте

1. Чому дотримання правил особистої гігієни (миття рук) може захистити від захворювань дихальних шляхів?
2. Від яких захворювань дихальної системи може захистити медична маска?
3. Яке значення мають фітонциди, що виробляються хвойними рослинами, для профілактики захворювань органів дихання?
4. Чому дорослі люди періодично проходять флюорографію?

Підіб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Під час планування дослідження «Визначення впливу фізичних навантажень на частоту дихальних рухів» учні висували припущення щодо гіпотези та визначали змінні. Учениця сказала, що частота дихальних рухів не залежить від навантаження, а учень визначив контрольованою змінною сталий склад учнів, що беруть участь у дослідженні. Хто з них правий?

- А учениця В обоє праві
Б учень Г обоє не праві

2. Для проведення дослідницьких практикумів «Самоспостереження за рухами грудної клітки та діафрагми під час вдиху та видиху» та «Самоспостереження за рухами надгортанного хряща під час ковтання їжі» потрібно застосувати методи:

- А флюорографії та спірометрії
Б експерименту та спостереження
В математично-статистичний та рентгенографії
Г моніторингу та ендоскопії

II. Опрацьовую та використовую інформацію

1. Проаналізуйте таблицю показників дихальної системи в жінок.

Показники	Не спортсменки	Легкоатлетки	Волейболістки	Гандболістки
Частота дихання (за хв)	20	12	17	19
Дихальний об'єм (ДО, мл)	656	782	763	814
ЖЄЛ (мл)	2427	2774	2738	2824
Тривалість вдиху (с)	1,302	1,289	1,247	1,291
Тривалість видиху (с)	1,684	1,827	1,701	1,673

Дайте відповіді «Так» чи «Ні», проаналізувавши дані таблиці.

Найнижча частота дихальних рухів у легкоатлеток	Так	Ні
Життєва ємність легень у гандболісток менша, ніж у волейболісток	Так	Ні
Життєва ємність легень у спортсменок більша, ніж у не спортсменок	Так	Ні
Найбільша тривалість вдиху в легкоатлеток	Так	Ні
Найбільший дихальний об'єм у волейболісток	Так	Ні
Тривалість видиху в не спортсменок і гандболісток більша, ніж у легкоатлеток і волейболісток	Так	Ні

Розділ 3

2. Розгляньте малюнок «Будова дихальної системи людини». Знайдіть помилкові підписи.

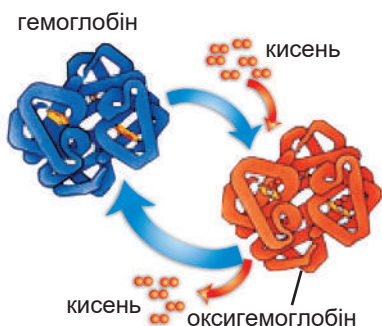


- А** носова порожнина та діафрагма
Б бронхи та трахея
В легені та бронхіоли
Г гортань та глотка

III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Доповніть комірки таблиці «Захворювання органів дихальної системи».

Хвороба	туберкульоз			бронхіт
Збудник		дифтерійна паличка	пневмокок	стрептококи
Орган, що вражається	легені		легені	
Симптоми		виникає щільна плівка, що перекриває вхід до трахеї		довготривалий кашель з харкотинням, задишка, біль у грудях



2. Розгляньте малюнок, проаналізуйте твердження.

I. Венозна кров утворюється в альвеолах легень, коли кисень дифундує з альвеолярного повітря у кров.

II. Артеріальна кров перетворюється на венозну в капілярах органів, коли кисень дифундує в клітини організму, а назад до крові переміщується вуглекислий газ.

- А** правильне I
Б правильне II
В обидва правильні
Г обидва неправильні

3. Утворіть пари між органом дихальної системи (1–4) та його будовою і функціями (А–Д).

- 1 носова порожнина
- 2 гортань
- 3 бронхи
- 4 легені

А трубка, що складається з 16–20 хрящових півкілець, прилягає до стравоходу. Пропускає повітря

Б лійкоподібний орган, утворений хрящами, має голосові зв'язки. Утворює звуки, пропускає повітря

В парні органи, утворені з альвеол й укриті плеврою. Забезпечують газообмін

Г парні органи, утворені з хрящових півкілець та розгалужені. Пропускають повітря

Д має дві половини, вистелена війчастим епітелієм. Зволожує, зігріває, охолоджує та знезаражує повітря

Компетентнісно орієнтоване завдання

У гості до батьків сестер-близнючок Валі й Галі приїхали дядя Пилип з дружиною Ольгою. Пилип – оגרядний чоловіча віком за 45 років, що курить, має ІМТ 31,2 (*див. КОЗ до теми 4*) і постійно закладений ніс. Він хропе, хоча й заперечує це. Валя й Галя вирішили з'ясувати, що ж то таке хрoпіння, і звернулися до Вікіпедії.



За наявності хрoпіння потрібно:

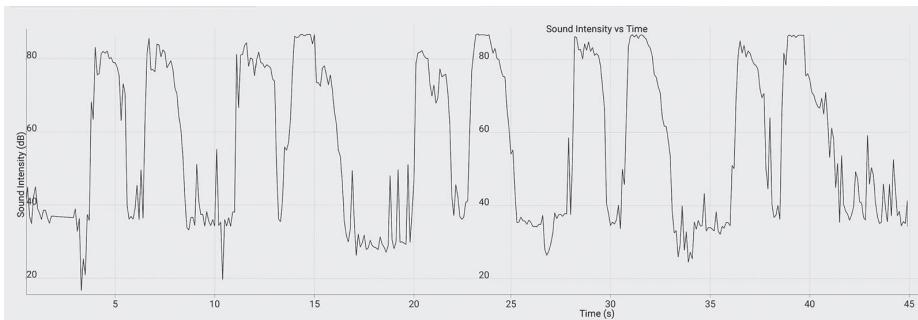
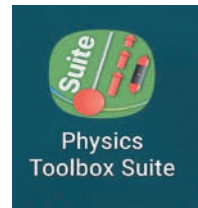
- відмовитися від куріння, алкоголю, снодійних препаратів;
- підібрати ортопедичну подушку (з потовщенням під шиєю);
- забезпечити підвищене положення узголів'я ліжка, спати на боці;
- знизити масу тіла в разі ожиріння, що спричинило накопичення жиру в горлі та навколо нього;

навокoло нього;

- лікувати нежить;
- тренувати м'язи язика, м'якого піднебіння й глотки за допомогою спеціальних вправ.

Якось після обіду дядя Пилип заснув у вітальні на дивані й захропів: спочатку, на вдиху, він видавав гучний «Х-Р-Р-Р», потім, за невеличкої паузи, свистячий звук, що поступово затихав перед наступним вдихом.

Дівчата скористалися смартфоном Галі й виміряли інтенсивність його хрoпіння за допомогою додатка Physics Toolbox Suite. Валя збиpала дані вимірювань на ноутбукці й отримала з програми такий графік.

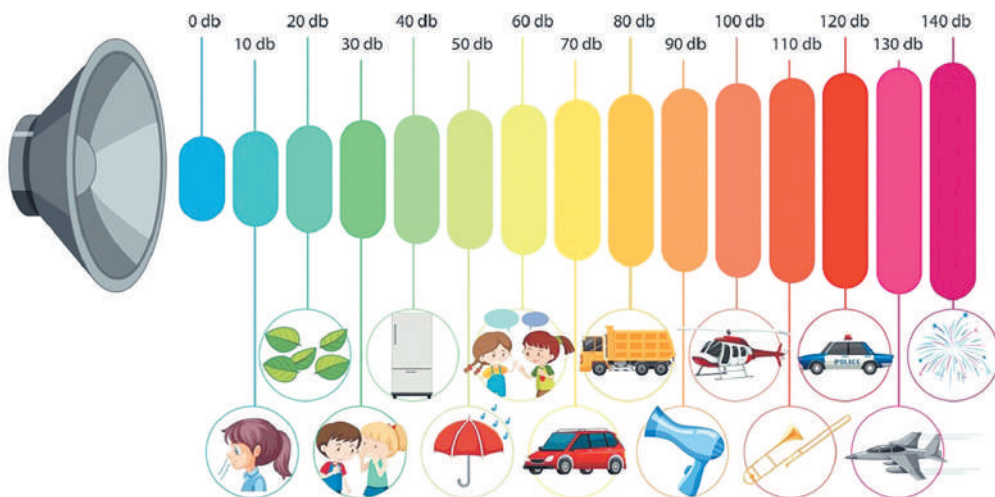


Розділ 3

1. Опрацюйте текст і графік й оцініть правильність тверджень.

1. Тривалість циклу дихання (вдих – видих) – приблизно 2–4 секунди	Так	Ні
2. За графіком, дядя робить 7–8 вдихів за хвилину	Так	Ні
3. Це приблизно дорівнює частоті дихання в період неспання	Так	Ні
4. Гучне «Х-Р-Р-Р» істотно потужніше за «С-С-С-С-С»	Так	Ні

2. Сестри порівняли гучність хропіння на максимумі зі шкалою гучності (в дБ):



Гучність хропіння дяді на максимумі майже відповідає:

- А** легковий автівець
- Б** вантажівці
- В** фену
- Г** гелікоптеру
- Д** реактивному літаку

3. Основні звуки хропіння «Х-Р-Р-Р» відповідають за місцем творення звуку, які людина утворює (за потреби потренуйтеся утворювати ці звуки, звертаючи увагу на взаємодію складових голосового апарата):

- А** голосні звуки (як [а], [о], [у], [і] тощо)
- Б** приголосні губно-губні (як [б], [п], [м], [в])
- В** приголосні передньоязикові зубні (як [д], [т], [с], [л], [н] та інші)
- Г** приголосні передньоязикові піднебінні (як [ш], [ж], [ч], [р] та інші)
- Д** жодним із цих звуків

4. Які рекомендації ви дали б дядиній дружині, щоб вона вплинула на дядю, аби зменшити ризик проблем зі здоров'ям (і дискомфорт, який він спричиняє в домі)? Виберіть усі обґрунтовані варіанти.

- А** кинути курити
- Б** схуднути
- В** зайнятися дайвінгом
- Г** пити більше чаю
- Д** промивати пазухи носа сольовим розчином

5. Чи можна стверджувати, що на графіку (с. 201) є ознаки апное (тимчасове припинення дихальних рухів) сну? Доведіть.

Тема 7.

Процеси виділення та терморегуляції



Чому людина не може жити без води?

Інформаційно-пошуковий проект:

«Причини захворювань органів виділення»;
«Лікарські рослини, що мають сечогінні властивості»;
«Профілактика педикульозу та корости»;
«Косметичні засоби: аналіз упаковок для визначення токсичних сполук»;
«Функції шкіри для забезпечення гомеостазу».

Практико-орієнтований проект:

«Перша допомога у разі термічних ушкоджень шкіри (опіки, обмороження)»; «Підліткові вугрі та висипи на шкірі: що робити?»; «Складання правил догляду за власною шкірою»; створення колажу «Догляд за шкірою».

Творчий проект:

написання есе (твору, розповіді); створення лепбука «Органи виділення та їхні функції».

Науково-дослідницький проект:

«Дослідження впливу косметичних засобів / натуральних масок, підібраних індивідуально, на стан шкіри та її похідних (нігтів, волосся)».

§ 44. Будова сечовидільної системи людини



Чи могла б людина існувати, не виділяючи продукти обміну?

Яке значення процесів екскреції. У процесі обміну речовин (метаболізму) утворюються кінцеві продукти, які організм не може використати. Вони навіть можуть бути шкідливими для нього, тому мають бути видалені з організму. Серед таких речовин, зокрема, амоніак, сечова кислота, сечовина, вуглекислий газ. Ці речовини безперервно утворюються в клітинах, з них вони потрапляють у міжклітинну рідину, і далі – у кров і лімфу.

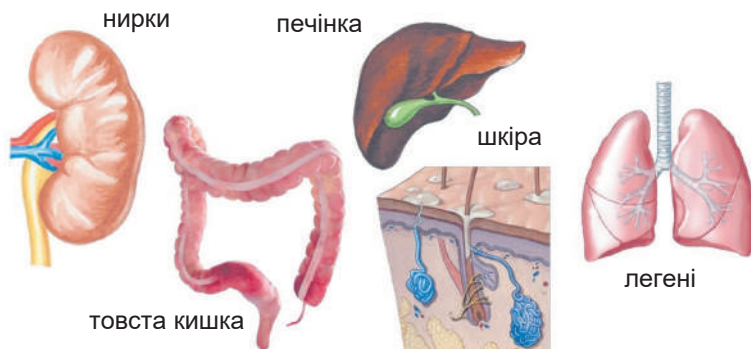
Вода – необхідний учасник процесів обміну речовин, але для підтримання гомеостазу надлишки води повинні постійно виводитися з організму, як і надлишки мінеральних солей. З організму виводяться також будь-які чужорідні та отруйні речовини, що надійшли ззовні.

Виділення, або екскреція (від лат. *екскреціо* – виділення), – процес звільнення організму від продуктів обміну, які організм не може використувати, а також чужорідних і токсичних для нього речовин, надлишку води, солей, органічних сполук.

В організмі людини процеси виділення забезпечують різні органи: шкіра, легені, товста кишка тощо (мал. 44.1). Так, через легені видаляються вуглекислий газ, вода у вигляді пари та деякі леткі сполуки.

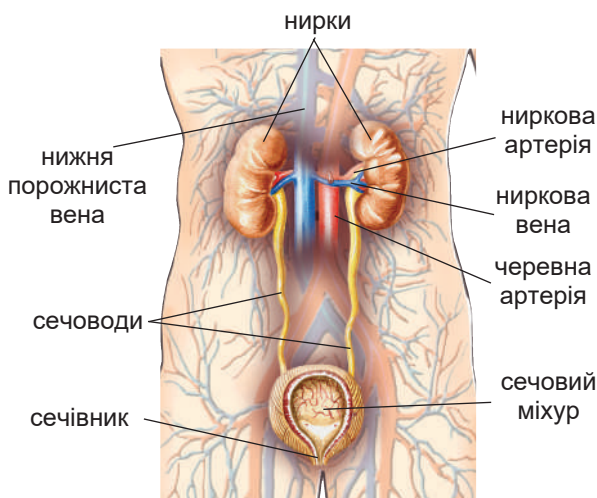
Через шлунково-кишковий тракт з організму видаляються неперетравлені рештки їжі, кінцеві продукти обміну Феруму, деякі отрути та

шкідливі солі важких металів. Через потові залози виводяться переважно вода і розчинені в ній мінеральні солі. Але провідна роль у процесах екскреції належить сечовидільній системі, за участі якої з організму видаляється більша частина розчинних продуктів розщеплення органічних речовин, зокрема сечовина та сечова кислота.



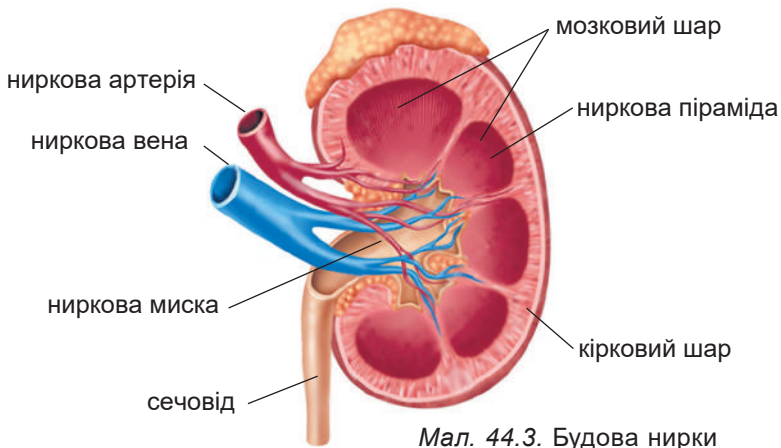
Мал. 44.1. Органи, що беруть участь у виділенні з організму кінцевих продуктів метаболізму

До складу **сечовидільної системи** людини входять нирки, сечоводи, сечовий міхур і сечівник (мал. 44.2). **Нирки** – парні органи, розміщені в черевній порожнині на рівні попереку з обох боків хребта. За своєю формою вони нагадують насінину квасолі. У дорослої людини кожна нирка важить близько 160 г, завдовжки – 10–12 см, завширшки – 5–6 см, завтовшки – 3–4 см. Права нирка лежить дещо нижче за ліву.



Мал. 44.2. Будова сечовидільної системи

Зовні нирка оточена жировою капсулою, а сама тканина нирки вкрита щільною сполучнотканинною оболонкою; вони виконують захисну функцію. Верхній полюс нирки прикритий наднирковою залозою (*знайдіть її на малюнку 44.3*). На внутрішній увігнутій поверхні нирки розташована глибока вирізка – *ворота нирки*. Через них до нирки входять ниркові артерії та нерви, а виходять ниркові вени



Мал. 44.3. Будова нирки

і сечовід. Сечовід починається від сплющеного лійкоподібного утворення – *ниркової миски*.

На поздовжньому розрізі нирки добре помітні два шари ниркової речовини, які відрізняються один від одного за своїм забарвленням та будовою. Зовнішній світліший шар має назву *кіркового*. Внутрішній темніший шар називають *мозковим*. Він містить 10–20 конусоподібних утворів – *ниркових пірамід*, розділених прошарками кіркової речовини. На верхівці кожної піраміди відкривається 10–20 проток, якими до ниркової миски надходить сеча. Основною структурною одиницею нирок є нефрон, будову та функцію якого ми розглянемо далі.

Сечовід – орган у вигляді трубки (завдовжки 30–35 см), що з'єднує ниркову миску і сечовий міхур (мал. 44.2). Стінка сечоводу побудована з трьох шарів: зовнішнього – сполучнотканинного, середнього – м'язового та внутрішнього – епітеліального, в якому є слизові клітини. Наявність слизу запобігає подразненню стінок сечоводу сечею. Перистальтичні (хвилеподібні) скорочення непосмугованих м'язів стінок сечоводів забезпечують рух сечі від нирок до сечового міхура.

Сечовий міхур – це порожнистий орган, який слугує для накопичення та виведення сечі. Зовні сечовий міхур укритий сполучнотканинною оболонкою. Місткість сечового міхура в дорослої людини становить від 500 до 750 см³. Внутрішня поверхня міхура вистелена багат шаровим епітелієм. Середня м'язова оболонка міхура побудована з трьох шарів м'язів. Коловий шар м'язів біля виходу сечового міхура утворює потовщення – *сфінктер*, що слугує для відкривання або закривання виходу до *сечівника* (мал. 44.2).

Узагальнення

Виділення (екскреція) – це процес виведення продуктів метаболізму, непотрібних організму. З організму також виводяться надлишки сполук та токсичні речовини. Органи сечовидільної системи людини – нирки, сечоводи, сечовий міхур і сечівник – забезпечують утворення сечі та виведення її назовні. У процесах виділення беруть участь також шкіра, легені, печінка, товста кишка тощо.

Поміркуйте

1. Чому порожнина всередині нирки має назву «ниркова миска»?
2. Які продукти обміну речовин виводяться з організму за участі легень?
3. Що спільного в будові стінок кровоносних судин і сечоводів?

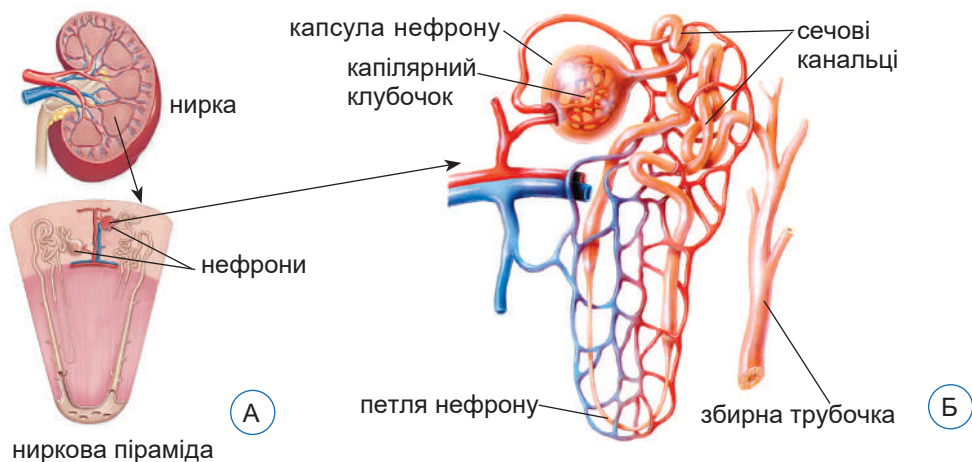
§ 45. Нефрон. Процеси утворення та виведення сечі



Які процеси називають «фільтрацією» та «реабсорбцією»?

Нефрон як структурна і функціональна одиниця будови нирок.

Основні процеси сечоутворення відбуваються за участі нефронів, що мають мікроскопічні розміри (мал. 45.1). Саме вони здійснюють основні процеси сечоутворення.



Мал. 45.1. А. Ниркова піраміда. Б. Будова нефрону

У кожній нирці міститься понад 1 млн нефронів. Кожен нефрон складається з капсули, в якій розміщений клубочок капілярів, та сечового каналця (мал. 45.1, Б). *Капсула нефрону* має вигляд порожнистої кулі, стінки якої утворені двома шарами епітеліальних клітин.

Простір капсули переходить у *сечовий каналець*. У мозковому шарі цей каналець утворює петлю, після чого повертається в кірковий шар. Тут він разом із сечовими каналцями інших нефронів зростається в більший так званий *збирний каналець*. Такі збірні каналці сполучаються у протоку – *збирну трубочку*, яка відкривається на верхівці ниркової піраміди. Збірні трубочки несуть сечу до ниркової миски. У кожній нирці загальна довжина всіх каналців становить близько 70–100 км, а їхня поверхня сягає 25 м^2 . Це зумовлено величезним обсягом роботи, яку виконують нирки, очищуючи кров від кінцевих продуктів обміну та утворюючи сечу.

Утворення сечі. Речовини, які мають видалятися з організму людини, надходять до нирки нирковими артеріями, які розгалужуються на дрібніші судини. Судина, яка дає початок клубочку капілярів, має назву *приносної*, а та, яка виходить з клубочка, – *виносної*. Унікаль-

ною особливістю виносної судини є те, що вона ще раз розгалужується на капіляри, які обплітають стінки сечового каналця. Лише після цього капіляри переходять у венозні судини, якими кров виходить з нирки.

Приносна судина, якою кров надходить до клубочка капілярів, має більший діаметр, ніж виносна. Ця різниця в діаметрі приносної та виносної судин зумовлює те, що кров'яний тиск у капілярах клубочка сягає 60–70 мм рт. ст., тоді як у всіх інших капілярах тіла людини він не перевищує 22 мм рт. ст. За рахунок цього тиску через стінки капілярів клубочка з плазми крові в порожнину капсули витискається частина води та розчинені в ній складові білків – амінокислоти, а також глюкоза, сечовина, неорганічні сполуки тощо.

Утворена таким чином рідина має назву **первинна сеча**. За своїм хімічним складом вона нагадує плазму крові, але, на відміну від неї, не містить білків. Це зумовлено тим, що через дрібні пори в стінках капілярів клубочків великі молекули білків і формені елементи крові не проходять.

Процес утворення первинної сечі у нефронах називають **фільтрацією**.

Нирки мають потужне кровопостачання: за добу через нирки протікає 1500–1800 л крові й відповідно утворюється 150–180 л первинної сечі. З капсули первинна сеча потрапляє в сечовий каналець, обплетений сіткою капілярів (це саме ті капіляри, які повторно утворює виносна судина) (мал. 45.1, Б). Тут стається зворотне всмоктування з рідини каналця в плазму крові більшої частини води, амінокислот, глюкози, вітамінів, неорганічних сполук тощо, тобто речовин, потрібних організму. Цей процес має назву **реабсорбція**. У результаті реабсорбції понад 85 % об'єму первинної сечі знову повертається в кров.

Та частина сечі, яка залишається, пройшовши нирковий каналець, потрапляє до збирної трубочки. У нормі вона містить лише сечовину, сечову кислоту, амоніак, неорганічні солі та пігменти, які надають їй певного кольору. Це **вторинна сеча**. За добу в людини утворюється приблизно 1,5 л вторинної сечі.

За нормальної роботи нирок у вторинній сечі не повинно бути білків і глюкози. Якщо вони з'являються, це свідчить про порушення роботи нирок та обміну речовин в організмі.



Якщо у вторинній сечі тривалий час наявна глюкоза, це свідчить про захворювання на цукровий діабет. У цьому разі слід негайно звернутись до лікаря.

Як здійснюється сечовипускання. Коли сечовий міхур наповнюється сечею, його стінки розтягуються. Це спричиняє подразнення рецепторів, розташованих у його стінках. Нервові імпульси, які виникають унаслідок цього, чутливими нервами надходять до крижового відділу спинного мозку. Саме там розташований центр сечовипускання. Він посиляє нервові імпульси, які зумовлюють розслаблення сфінктера та скорочення м'язів стінок міхура та сечівника й сеча виводиться назовні. Так стається мимовільне, або безумовно-рефлекторне, сечовипускання.

З 1,5–2 років у дітей встановлюється довільне (підконтрольне свідомості) сечовипускання, оскільки його починають регулювати відповідні центри кори великих півкуль головного мозку. Під впливом сиг-

налів, які надходять до цих центрів, людина відчуває позиви до сечовипускання. Зі свого боку, сигнали, які виникають у корі півкуль, можуть гальмувати або, навпаки, збуджувати центр сечовиділення в спинному мозку. Тому, починаючи з певного віку, людина здатна свідомо регулювати процеси виведення сечі з організму.

Як відбувається нейрогуморальна регуляція процесів сечоутворення та сечовиділення. Процеси сечоутворення регулює нервова система, звужуючи чи розширюючи кровоносні судини нирок. У такий спосіб підтримується оптимальний тиск у приносячій артерії. Цьому сприяє активність симпатичних нервів, які іннервують судини нирок і зумовлюють звуження їхнього діаметра.

Сама нирка продукує судинозвужувальний гормон *ренін*, дія якого потужніша, ніж вплив нервової системи. Коли тиск у приносячій артерії стає меншим за 70 мм рт. ст., клітини нирки починають інтенсивно виділяти в кров ренін. Цей гормон запускає каскадну реакцію, що завершується вивільненням у кров гормону кори надниркових залоз *альдостерону*. Він підвищує зворотне всмоктування води в нирках, об'єм крові збільшується, відповідно підвищується і тиск у ниркових артеріях.

Процеси реабсорбції в нирках регулює антидіуретичний гормон гіпофіза (*вазопресин*), який сприяє утриманню води в організмі. При цьому зменшується об'єм сечі, що виділяється, а сама сеча стає більш концентрованою.

Також у нирках синтезується вітамін D_3 і гормон, що стимулює утворення еритроцитів (*еритропоетин*).

Узагальнення

Нефрон – структурний елемент нирки, в якому утворюється сеча. У капсулі нефрону відбувається фільтрація крові, так утворюється первинна сеча (150–180 л за добу). Первинна сеча проходить у сечові каналці, де стається зворотне всмоктування – реабсорбція. Так утворюється вторинна сеча. За добу виділяється приблизно 1,5 л вторинної сечі. Процеси сечоутворення та сечовиділення підпорядковані нейрогуморальній регуляції.

Поміркуйте

1. Чому в нирці така велика кількість нефронів (близько мільйона)?
2. Чому відрізняється за складом первинна та вторинна сеча?
3. Чи може людина жити без нирок?
4. Як на кількість води в сечі впливає вазопресин (антидіуретичний гормон)?

§ 46. Захворювання органів виділення та їх профілактика



Як нирки беруть участь у регуляції артеріального тиску в організмі людини?

Порушення діяльності будь-якого з органів сечовидільної системи в результаті захворювання призводить до істотних змін у діяльності всього організму людини.

Які найголовніші ознаки та симптоми порушення діяльності органів сечовидільної системи. Ураження нирок як центрального органа сечовидільної системи надзвичайно небезпечне для організму. Тому важливо приділяти постійну увагу здоров'ю нирок і вміти розпізнавати симптоми їх захворювань. Це можуть бути: поява набряків, тупий, ниючий біль у попереку (іноді раптовий і сильний) або в нижній частині живота, раптова зміна кількості (чи дуже мало, чи дуже багато, ніж зазвичай) та кольору сечі, підвищений артеріальний тиск, головний біль, анемія і загальна слабкість.

Визначальним у діагностуванні захворювань сечовидільної системи є лабораторний аналіз сечі. Основні ознаки захворювань сечовидільної системи – поява в сечі еритроцитів, білків і підвищена кількість лейкоцитів. Симптомами порушень роботи нирок також є набряки кінцівок та обличчя, що свідчить про затримання в організмі рідини.

Нирки, сечоводи, сечовий міхур, сечівник можуть уражатися хвороботворними мікроорганізмами, які потрапляють у ці органи через кров з різних осередків інфекції в організмі, наприклад під час ангіни, захворювання зубів тощо (так звані *низхідні інфекції*). Якщо людина не дотримується правил особистої гігієни, хвороботворні мікроорганізми проникають через сечівник у сечовий міхур і звідти поширюються на інші органи сечовидільної системи, спричинюючи їхнє запалення (*висхідні інфекції*, збудники яких «піднімаються» шляхами сечовидільної системи).



Для запобігання важким захворюванням органів сечовидільної системи їх слід захищати від переохолодження. Тому, потрібно стежити за тим, щоб одяг відповідав погодним умовам.

Які бувають захворювання органів сечовидільної системи. До найнебезпечніших хвороб сечовидільної системи належить **гломерулонефрит**. Ця хвороба пов'язана з ураженням ниркових клубочків. Зазвичай це захворювання супроводжуються їхнім запаленням. При цьому в сечі можуть виявляти кров та/або білки. Найчастіше гломерулонефрит розвивається як наслідок порушень у діяльності імунної системи після захворювань на ангіну, дифтерію, скарлатину та деякі інші інфекційні хвороби. Із часом унаслідок гломерулонефриту велика кількість нефронів руйнується.

Пієлонефрит – запальний процес з переважним ураженням каналцевої системи та сполучної тканини нирки (зокрема, ниркових пірамід і ниркової миски). Це захворювання найчастіше спричиняють різні види мікроорганізмів, що потрапили в нирку. Ураженою може бути одна нирка або ж дві нирки одночасно. Захворювання супроводжується частим і болісним сечовипусканням, підвищенням температури тіла, болем у поперековій ділянці, сонливістю, загальним нездужанням. У важких випадках навколо ураженої нирки може збиратись гній.

Цікаво знати. Зрідка пієлонефрит може спричинити кишкова паличка – звичайний мешканець кишки, що випадково потрапляє до нирки.

Небезпечним для здоров'я людини є стан, який фахівці визначають як **хронічне захворювання нирок**. При цьому нирки поступово втра-

чають здатність виконувати свої функції (*ниркова недостатність*). Наслідком цього можуть бути поява набряків (через зменшення кількості сечі, що виділяється нирками, а у важких випадках – повного припинення її виділення), анемія тощо.

Цистит – запалення слизової оболонки сечового міхура; **уретрит** – запалення слизової оболонки сечівника. Ці захворювання спричиняють різні мікроорганізми, які потрапляють у сечівник і сечовий міхур за недотримання правил особистої гігієни або за переохолодження. Запальні процеси в цих органах супроводжуються частими позивами на сечовипускання, болісними відчуттями під час нього, підвищенням температури тіла тощо.



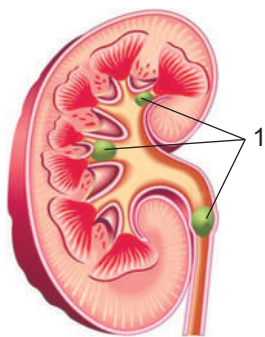
Мал. 46.1. Апарат «штучна нирка»



За повного порушення сечовидільної функції нирок у лікарській практиці застосовують апарат «штучна нирка» (мал. 46.1). За допомогою цього апарата з крові людини видаляють кінцеві продукти обміну. Зрозуміло, таку процедуру періодично слід проводити знову.

Сечокам'яна хвороба нирок проявляється появою так званих камінців у нирках і сечовивідних шляхах (мал. 46.2). Ці «камінці» утворюються з компонентів сечі – солей сечової кислоти, кальцій ортофосфату тощо, які в нормі перебувають у розчиненому стані. Формуванню ниркових «камінців» передують утворення дрібних кристаликів, які називають «піском» у нирках. На цій стадії симптоми захворювання можуть бути відсутні. Згодом розміри цих кристаликів збільшуються, внаслідок чого і виникають симптоми сечокам'яної хвороби нирок.

«Камінці» ускладнюють виділення сечі, уражають слизову оболонку, що спричиняє сильний біль і появу крові у сечі. Інколи під час важкої фізичної праці чи активних занять спортом «камінці» можуть зрушуватися зі звичного місця і потрапляти в сечовід. Це спричиняє **ниркову коліку** – раптовий сильний біль у ділянці живота та в попереку. Може значно підвищуватися температура.



Мал. 46.2. Утворення «камінців» (1) у нирці



У разі настання ниркової коліки слід негайно звернутися по медичну допомогу. При діагностуванні сечокам'яної хвороби нирок використовують методи рентгенографії, ультразвукової діагностики (УЗД) або комп'ютерної томографії (КТ) (див. мал. 3.5–3.7). Вони дають змогу встановити розташування та розміри «камінців».

Як запобігти захворюванням органів сечовидільної системи. Щоб уникнути захворювань сечовидільної системи, треба своєчасно лікувати різні інфекційні хвороби й запальні процеси, вести здоровий спосіб життя. Слід бути дуже обережними під час поводження з отруйними речовинами. У разі потраплення всередину організму деякі отрути

здатні руйнувати нирки або порушувати їхню діяльність. Особливо уважним слід бути вживаючи ліки, бо деякі з них здатні побічно впливати на функції нирок.

Для підвищення опору органів видільної системи до збудників захворювань чи несприятливих чинників довкілля слід загартовувати організм, правильно харчуватися, суворо дотримуватися правил особистої гігієни, бути обережним з різними отрутами, вживати ліки лише за призначенням лікаря. Особливу небезпеку для органів сечовидільної системи становить вживання спиртних напоїв і наркотичних речовин, оскільки вони призводять до поступового необоротного ураження клітин нирок.

Узагальнення

Органи сечовидільної системи можуть уражатися збудниками різними хвороб. Визначальним у діагностуванні захворювань сечовидільної системи є лабораторний аналіз сечі. Серед захворювань вирізняють захворювання нирок з ураженням їх елементів будови (гломерулонефрит, пієлонефрит тощо) та захворювання інших органів виділення (цистит, уретрит тощо). Порушення обміну речовин можуть спричиняти утворення ниркових каменів.



Поміркуйте

1. Нирки розташовані всередині організму, як до них потрапляють збудники хвороб?
2. Наявність яких показників у складі сечі вказує на порушення роботи сечовидільної системи?
3. Чому неправильне харчування може стати причиною появи каменів у нирках?

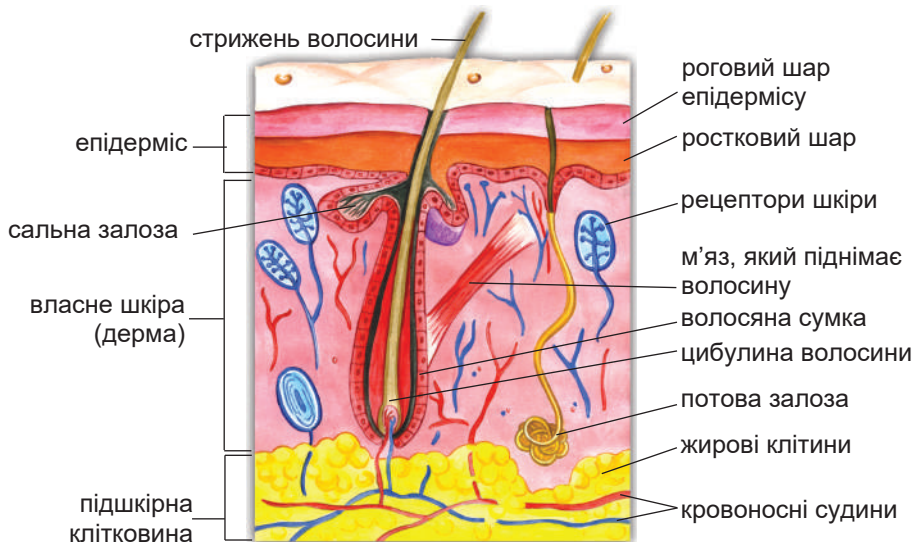
§ 47. Будова шкіри та її функції



Які тканини входять до складу шкіри?

Яка будова шкіри. Шкіра – один з найбільших за площею органів нашого тіла: загальна площа шкіри в дорослої людини становить у середньому близько 2 м². Шкіра утворює зовнішній покрив тіла та розмежовує зовнішнє і внутрішнє середовище організму. Шкіра людини складається з трьох основних шарів: епідермісу, власне шкіри (дерми) та шару підшкірної жирової клітковини, який зв'язує шкіру з прилеглими до неї тканинами (мал. 47.1).

Епідерміс (від грец. *epi* – на та *derma* – шкіра) – зовнішній шар шкіри, товщина якого в різних ділянках тіла різна: від 0,07 мм до 2,5 мм і більше. Найтовщий епідерміс у тих ділянках тіла, де механічний тиск на шкіру найвищий (наприклад, на долонях, підшвах тощо). Епідерміс утворений багатошаровим епітелієм, верхній шар якого роговіє (тому його називають *роговим*) і поступово злущується. Замість злущених клітин у нижніх шарах епідермісу постійно утворюються нові. Цю його частину називають *ростковим шаром*. Отже, епідерміс здатний до самовідновлення. Повне оновлення епідермісу шкіри в людини триває близько 20 днів.



Мал. 47.1. Будова шкіри



Унаслідок носіння тісного взуття в людини можуть утворюватися мозолі, які є місцевим потовщенням рогового шару епідермісу. Щоби запобігти утворенню мозолів на ногах, слід ретельно підбирати взуття за розміром, уникати утворення складок на панчехах і шкарпетках. Слід уникати носіння вологого взуття, оскільки мозолі частіше утворюються на вологій шкірі.

Дерма, або власне шкіра, утворена переважно волокнистою сполучною тканиною. Завдяки її еластичності шкіра здатна розтягуватися й не заважати рухам. У тому, що шкіра еластична, ви можете переконатися самі. Відтягніть її, наприклад, на тильному боці кисті руки. Шкіра розтягнеться, але щойно ви її відпустите, вона повернеться до попереднього стану. Дерма пронизана нервами, кровоносними та лімфатичними судинами. Тут розташовані волосяні мішечки, сальні та потові залози, а також непосмуговані м'язові волокна (мал. 47.1).

На долонях і підшвах випини дерми на поверхні шкіри утворюють складні рельєфні малюнки, форма яких є абсолютно унікальною для кожної людини (мал. 47.2). Їх використовують для встановлення (ідентифікації) особи.



Мал. 47.2. Елементи рельєфного малюнку на пучках пальців людини: 1 – дуга, 2 – петля, відкрита праворуч, 3 – завиток (промальовані лінії вказують на центр візерунка)

Цікаво знати. Хоча в кожній людині рельєфний малюнок шкіри долонь і підшов неповторний, але що більша спорідненість людей, то він подібніший. Це пов'язано з тим, що елементи цього малюнка передаються спадково. Отже, метод *дерматогліфіки*, за допомогою якого вивчають рельєфний малюнок шкіри, дає змогу встановлювати й ступінь спорідненості людей.

Нижній шар дерми переходить у **підшкірну жирову клітковину**. Підшкірна клітковина захищає від механічного тиску органи, які розміщені під нею. Найкраще вона розвинена в тих ділянках тіла, що найбільше зазнають механічних впливів під час сидіння, стояння чи лежання.

Товщина підшкірної клітковини залежить від рівня обміну речовин і характеру харчування. За надмірного надходження поживних речовин з їжею частина їх запасається у вигляді підшкірного жиру, що спричинює ожиріння.



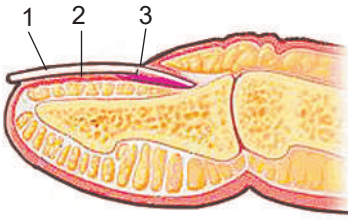
Ожиріння несприятливо впливає на стан організму людини і може призвести до скорочення тривалості її життя. Існує також ризик виникнення захворювань серцево-судинної системи, діабету II типу. Такій людині важко займатись спортом, фізично працювати, в неї значно зростає навантаження на суглоби тощо. Для уникнення ожиріння слід раціонально харчуватися, вести активний спосіб життя, постійно стежити за тим, скільки калорій надходить з їжею і скільки витрачається. За потреби слід переходити на менш калорійну їжу.

Яка будова залоз шкіри людини. У шкірі людини містяться різні типи залоз. **Потова залоза** складається з тіла (згорнутої в клубочок трубки) і вивідної протоки (мал. 47.1). Тіло потової залози обплетене капілярами, крізь стінки яких з крові в потові залози потрапляє вода з розчиненими в ній мінеральними солями, сечовиною та деякими іншими речовинами. Так утворюється *піт*, який виділяється на поверхню шкіри через пори – отвори вивідних проток. У шкірі різних ділянок тіла кількість потових залоз неоднакова. Багато їх на обличчі та долонях. За добу, залежно від умов середовища, всі потові залози разом виділяють від 0,5 л до 3 л поту, а під час важкої фізичної праці чи за високої температури довкілля – до 10 л і більше (до 0,5 л на годину).

Сальні залози своїми протоками відкриваються здебільшого у волосяні сумки (мал. 47.1). Лише на позбавлених волосся ділянках (наприклад, на губах) вони відкриваються безпосередньо на поверхню шкіри. Розташовані вони переважно на голові, обличчі та верхній частині спини. Сальні залози за добу виділяють близько 20 г жироподібного секрету, який змащує волосини, вкриває тонким шаром шкіру, запобігаючи їй надмірному висиханню, пом'якшує шкіру та протидіє потраплянню води й мікроорганізмів усередину тіла.

Молочні залози у чоловіків недорозвинені та не функціонують, а в жінок активно розвиваються з початком статевого дозрівання. Після народження дитини молочні залози в жінок виробляють молоко, яким матері вигодовують немовлят.

Які є похідні шкіри і яке їхнє значення. Похідними рогового шару епідермісу є нігті та волосся. **Нігті** – це щільні рогові пластинки, які частково вкривають верхню поверхню останньої фаланги кожного пальця рук і ніг (мал. 47.3). Зазвичай нігті мають рожеве забарвлення,



Мал. 47.3. Будова нігтя:

- 1 – нігтьова пластинка;
- 2 – нігтьове ложе;
- 3 – нігтьовий валик

тому що крізь них просвічуються кровоносні судини. Нігті ростуть упродовж усього життя. Швидкість росту нігтя становить 0,1–0,2 мм за добу. На руках нігті повністю замінюються за 3–4 місяці, на ногах – за 6–8 місяців.

Нігтьова пластинка міститься на нігтьовому ложі й оточена шкірною складкою – нігтьовим валиком (мал. 47.3). Ділянка нігтьового ложа, на якій міститься корінь нігтя, є місцем його росту. Тут клітини інтенсивно діляться і поступово роговіють.



Нігті потребують постійного догляду. Коли вони відростають, їх потрібно підстригати. Така процедура зумовлена гігієнічними вимогами. Під нігтями збирається бруд, у якому здатні розмножуватися хвороботворні мікроорганізми. Нігті слід щодня чистити і мити щіточкою з милом.

Частину шкіри людини вкриває **волосся**. Воно буває довгим (на голові, обличчі чоловіків, у пахвових заглибинах тощо) та коротким (брови, вій тощо). У кожній волосині розрізняють початкову ділянку – *корінь* і частину, розташовану над поверхнею шкіри, – *стрижень*. Корінь розташований у глибині власне шкіри у *волосяній сумці* (мал. 47.1). За її рахунок волосина росте. До волосяної цибулини підходять кровоносні судини та нерви. Судини забезпечують живлення волосини, а нерви – її чутливість. Так ми відчуваємо рухи волосини, наприклад, у разі дотику до неї (*згадайте* назву спеціалізованих чутливих волосин у звірів). У місці виходу волосини з дерми до неї прикріплені тоненькі пучки непосмугованих м'язів. Коли вони скорочуються, волосина підіймається над поверхнею шкіри – *настовбурчується*.

Волосся має певний колір, який зумовлений кількістю наявного в ньому пігменту. Що більше пігменту у волосині, то темніше її забарвлення. У людей похилого віку кількість пігменту в певних волосинах зменшується, а замість нього в порожнині цих волосин збирається повітря. Така волосина набуває сріблясто-білого кольору – *сивіє*.

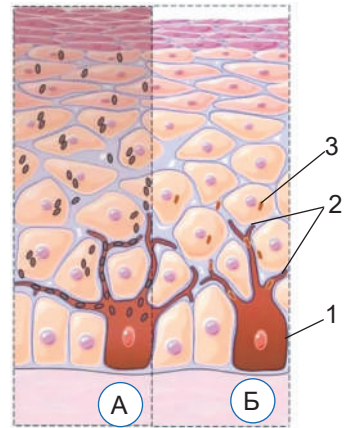
Волосини голови живуть у середньому 4–5 років, а вій – кілька місяців. Під час свого існування волосина постійно росте (волосся голови росте зі швидкістю близько 25 см на рік). Коли із часом активність волосяної сумки припиняється, поруч із нею закладається нова. Стара волосина випадає, а нова починає рости. У людини зазвичай щоденно відмирає на голові й випадає близько 50–100 волосин. Одночасно стільки само й виростає. Якщо такий порядок порушується, волосяний покрив голови рідшає й розвивається облісіння. Воно може бути спричинене як спадковими факторами, так і неправильним способом життя чи певними захворюваннями нервової та ендокринної систем тощо.



Гарне волосся – краса людини. Тому за ним потрібно постійно доглядати. Волосся слід регулярно мити, запобігати появі лупи тощо.

Які функції шкіри. Основна функція шкіри – *захист внутрішнього середовища організму від несприятливих впливів навколишнього*

Мал. 47.4. Пігментація шкіри. А. Сильно пігментована шкіра. Б. Слабко пігментована шкіра: 1 – клітини, в яких утворюється темний пігмент (меланін); вони формують відростки (2), за допомогою яких пігмент меланін передається клітинам епідермісу (3), внаслідок чого шкіра темнішає



20. Висока пружність шкіри та пухкість і м'якість підшкірної жирової клітковини забезпечують механічний захист.

Поверхневий шар шкіри – епідерміс – виконує ще й **бар'єрну функцію**. Клітини, які його утворюють, так щільно прилягають одна до одної, що не пропускають усередину тіла воду, шкідливі речовини та хвороботворні мікроорганізми.

Шкіра захищає внутрішні органи і від дії шкідливих ультрафіолетових променів. Річ у тім, що в клітинах найглибшого шару епідермісу міститься темний пігмент – меланін, здатний поглинати ці промені (мал. 47.4). Що більше пігменту в шкірі, то більше він затримує променів. Коли інтенсивність дії цих променів зростає, шкіра темнішає внаслідок посиленого синтезу пігменту – з'являється **засмага**. Отже, **засмага** – це одна із захисних реакцій організму на дію шкідливого фактора.



Лікарі не рекомендують зловживати засмаганням. Тривалий інтенсивний вплив ультрафіолетових променів на шкіру може спричинити її захворювання.

Видільна функція шкіри пов'язана з діяльністю потових залоз, здатних виводити з організму надлишки води та мінеральних солей, а також кінцеві продукти обміну речовин.

Дихальна функція шкіри полягає в тому, що крізь шкіру частина кисню (1–2 % від того, який споживає організм) здатна за рахунок процесів дифузії проникати до внутрішнього середовища організму. Шкіра бере участь і в **обміні речовин та перетворенні енергії**. У підшкірній клітковині містяться запаси жирів, які за потреби розщеплюються і виділяють потрібну організму енергію.

Чутливу функцію шкіри забезпечують рецептори, здатні сприймати дотик, розтягнення чи стискання, тепло, холод, біль. Найбільше рецепторів розташовано на пучках пальців рук, долонях, підощвах, губах.

Шкіра впливає і на **розподіл крові в організмі людини**. Завдяки зміні діаметра кровоносних судин шкіри регулюється кількість крові, яка нею протікає.

Шкіра бере **участь і у процесах терморегуляції** – підтримання сталої температури тіла.

Секреторну функцію забезпечують сальні залози шкіри. Секреторну функцію також виконують молочні залози в жінок: після народження дитини їхнім секретом мати вигодовує немовля. У шкірі за освітлення ультрафіолетовими променями виробляється вітамін D₃ (**пригадайте** його функції в організмі людини).

Узагальнення

Шкіра утворює зовнішній покрив тіла та розмежовує зовнішнє середовище, що оточує організм і внутрішнє середовище організму. Вона має три шари: епідерміс, дерму та підшкірну жирову клітковину. У шкірі розміщені залози: потові, сальні, молочні. Похідними шкіри є нігті та волосся. Основні функції шкіри: бар'єрна, видільна, дихальна, участь в обміні речовин і перетворенні енергії, чутлива, терморегуляторна, секреторна тощо.

Поміркуйте

1. Чому татуювання не змиваються?
2. Чому епідерміс на різних ділянках тіла має різну товщину?
3. Який шар шкіри: епідерміс, дерма чи підшкірна жирова клітковина під час старіння стоншується?
4. Які елементи будови шкіри допомагають їй виконувати чутливу функцію?



Лабораторне дослідження «Дослідження будови шкіри та її похідних: нігтя, волосини».



§ 48. Терморегуляція. Перша допомога в разі термічних ушкоджень шкіри. Захворювання шкіри та їх профілактика



Чому людина може жити в різних кліматичних зонах нашої планети?

Що таке терморегуляція і як вона здійснюється. Людина, як й інші ссавці, а також птахи, належить до теплокровних організмів. Таким організмам притаманні досконалі механізми терморегуляції.

• **Терморегуляція** – це узгодженість в організмі процесів теплоутворення та тепловіддачі для підтримання температури тіла на постійному рівні, який не залежить від її коливань у навколишньому середовищі.

В організмі людини постійно перебігають процеси утворення теплової енергії – **теплоутворення**. Найінтенсивніше вони відбуваються у печінці та м'язах.

У скелетних м'язах тепло утворюється під час їхнього скорочення. Саме тому навіть на великому морозі, коли ви бігаєте і стрибаєте, вам буває жарко. І навпаки, коли ви не рухаєтесь, то навіть за невеликого холоду починаєте тремтіти.

Тремтіння – це особливі скорочення м'язів, які сприяють збільшенню кількості утворюваного тепла, а отже, є пристосувальною реакцією, яка протидіє зниженню температури тіла.

Явище **тепловіддачі** полягає в тому, що тіла, які мають вищу температуру, під час контакту з тілами, що мають нижчу температуру, віддають їм тепло. Теплова енергія з організму людини випромінюється в довкілля через покриви, виходить із нагрітим повітрям під час видиху й виділяється із сечею та калом, витрачається на випаровування поту.

Тепловіддача має не менш важливе значення, ніж теплоутворення: якби все тепло, яке виробляє організм, затримувалося в ньому, то людина загинула б упродовж кількох годин від перегрівання. Тому для нормального функціонування організму загалом важливо, щоб процеси теплоутворення і тепловіддачі були збалансованими.

За зниження температури навколишнього середовища збільшується вироблення тепла організмом і зменшується тепловіддача, а за зростання температури довкілля, навпаки, зменшується вироблення тепла і зростає тепловіддача. Результатом взаємної узгодженості процесів теплоутворення і тепловіддачі є стала температура тіла людини.



Ефективність тепловіддачі залежить від правильно підбраного одягу, оскільки між одягом та тілом створюється прошарок нерухомого повітря, який відіграє роль теплоізолятора. Одяг, виготовлений із природних матеріалів, зберігаючи тепло, здатний частково пропускати повітря і вбирати вологу. Натомість непроникний для повітря одяг (насамперед виготовлений із синтетичних тканин) перешкоджає випаровуванню поту. У такому одязі навколо тіла людини створюється шар повітря, насиченого водяною парою.

✓ **Дізнайтеся більше** про те, як здійснюється нейрогуморальна регуляція процесів теплоутворення та тепловіддачі, за QR-кодом.



Важлива роль у процесах терморегуляції належить шкірі, яка безпосередньо контактує із зовнішнім середовищем. Кількість тепла, яке організм віддає у довкілля, залежить від кількості крові, яка протікає судинами шкіри. Якщо температура довкілля нижча, ніж поверхні шкіри, виникає потреба зменшити втрати тепла організмом. У цьому разі кровоносні судини рефлекторно звужуються, і кількість крові, що протікає ними за одиницю часу, зменшується. Тим самим організм заощаджує тепло.

У спекотну погоду, навпаки, діаметр кровоносних судин шкіри рефлекторно збільшується і кількість крові, яка протікає ними за одиницю часу, зростає. Унаслідок цього зростає кількість тепла, що випромінюється у довкілля, запобігаючи перегріванню організму. Коли кровоносні судини розширюються, шкіра червоніє, а коли звужуються на прохолодному повітрі – бліднішає.

Цікаво знати. За кімнатної температури (+20...+22 °C) через шкіру з організму виводиться близько 70–80 % надлишкового тепла.

Надлишкове тепло ефективно виводиться в довкілля і через випаровування води з поверхні шкіри. Це здійснюється завдяки потовиділенню. В умовах низьких температур виділення поту, навпаки, зменшується або зовсім припиняється. Додатково вода видаляється з організму у вигляді водяної пари через легені під час дихання у спекотну погоду.

На інтенсивність випаровування поту впливає вологість повітря. Якщо вміст водяної пари в повітрі низький – поту випаровується більше, і людина краще почувається у спекотну погоду. І навпаки, в умовах вологого повітря високі температури довкілля переносити важче, оскільки інтенсивність випаровування поту знижується.

✓ **Дізнайтеся більше** про температуру різних частин тіла людини за QR-кодом.



Порушення механізмів терморегуляції спричиняє перегрівання або переохолодження організму, що передусім залежить від температури довкілля. Висока здатність організму людини до терморегуляції дає їй змогу існувати в різних умовах: прохолодних регіонах Арктики, спекотних пустелях Африки й Азії тощо.

Перегрів організму – стан, для якого характерно переважання процесів утворення тепла в організмі та надходженням теплової енергії ззовні над процесами виведення зайвого тепла. Унаслідок цього кількість теплоти в організмі різко зростає. Перегрів організму може спричинити тепловий удар.

Тепловий удар – патологічний стан, зумовлений загальним перегріванням організму внаслідок дії зовнішніх теплових чинників. Тепловий удар супроводжується втратою здатності до терморегуляції та втратою організмом рідини. Спричинити тепловий удар може не лише тривале перебування на відкритому просторі за високої температури повітря, а й висока фізична активність у закритому приміщенні.

Не менш небезпечним для здоров'я людини може бути **сонячний удар** – патологічний стан організму, зумовлений тривалим впливом сонячних променів на не вкриту капелюхом голову. При цьому внаслідок збільшення діаметра кровоносних судин порушується робота головного мозку. Сонячний удар відрізняється від теплового тим, що за нього перегрівається голова, тоді як за теплового – все тіло.

Симптоми теплового та сонячного ударів: людина відчуває головний біль, у неї розвиваються задуха, нудота, блювота, слабкість, частішає пульс, виникають шум у вухах, миготіння перед очима, запам'ятовування. Людина може знепритомніти.



Потерпілого від сонячного або теплового удару потрібно перенести в прохолодне місце, розстебнути комір, покласти на голову змочений холодною водою рушник, трохи підняти вгору ноги, підклавши під них валик. Бажано створити рух повітря і тим посилити випаровування поту. Якщо в потерпілого зупинилося дихання і не промацується пульс, необхідно негайно викликати екстрену медичну допомогу, зробити непрямий масаж серця та штучне дихання. Щоб запобігти сонячному удару, треба покривати голову світлим головним убором з достатньою проникливістю для повітря, не перебувати занадто довго під прямими сонячними променями тощо. Для запобігання теплового удару слід уникати енергійних фізичних навантажень у спекотну (особливо – спекотну й вологу) погоду, а також зневоднення організму.

Цікаво знати. Віддачі тепла в довкілля перешкоджає прошарок підшкірної жирової клітковини. Що цей шар товщий, то менше тепла потрапляє в довкілля. Тому люди, у яких цей прошарок розвинений добре, краще переносять прохолодну погоду, але гірше – спекотну.

Якщо в організмі тепловіддача значно перевищує теплопродукцію, спостерігають **переохолодження**. Зменшення тепловіддачі досягається припиненням виділення поту, зменшенням діаметра кровоносних судин шкіри і м'язів, послабленням інтенсивності кровотоку в них.



Ознаки відмороження: втрата чутливості уражених ділянок, їхнє побіління та набряклість, згодом – потемніння шкіри та її відмирання. У стані переохолодження людина загальмована, скаржиться на головний біль, запаморочення, дихання та пульс сповільнюються.

У разі переохолодження організму слід за можливості припинити дію холодового фактору, перемістити людину в тепле приміщення, дати тепле пиття, зігріти її, наприклад, за допомогою теплих грілок. У важких випадках викликають екстрену медичну допомогу. Щоби запобігти переохолодженню організму в періоди низьких температур, слід носити теплий одяг і залишати якомога меншу частину тіла незахищеною одягом, скоротити у цей час періоди перебування на відкритому повітрі.



Терморегуляційні процеси в організмі людини можна вдосконалити завдяки загартовуванню.

Які бувають захворювання шкіри. Нормальне функціонування шкіри порушується внаслідок різних її захворювань (табл. 48.1).

Таблиця 48.1. Деякі поширені хвороби шкіри

Хвороби шкіри	Причини виникнення	Ознаки	Профілактика
Дерматити – запалення шкіри	Вплив чинників зовнішнього середовища (сонце, мороз, вітер, хімічні речовини, деякі бактерії)	Почервоніння, свербіж, запальні реакції шкіри	Уникати впливу цих чинників, у разі інфекції звернутися до лікаря
Себорея – запалення сальних залоз	Захворювання нервової та ендокринної систем, нераціональне харчування	Запалення сальних залоз (вугрі), біля коренів волосся на голові (лупа)	Дотримання збалансованого раціонального харчування
Грибкові ураження окремих ділянок шкіри або її похідних	Зараження дріжджоподібним грибом роду Кандида	Почервоніння шкіри, свербіж, утворення виразок, руйнування нігтьових пластинок	Профілактичні заходи після відвідування басейнів, лазень загального користування
Педикульоз – ураження вошами окремих ділянок шкіри, вкритих волоссям, переважно голови	Контакт з хворими на педикульоз людьми або їхніми речами	Нестерпний свербіж	Тримати волосся у чистоті, не користуватися чужим гребінцем чи рушником
Короста – захворювання, збудником якого є кліщ коростяний свербун	Контакт з хворими на коросту або їхніми речами	Висип, почервоніння, поява характерних коростяних ходів біля поверхні шкіри, нестерпний свербіж	Уникати контакту з хворими на коросту, не користуватися їхніми речами

Злущені клітини епідермісу склеюються потом і шкірним салом, закупорюючи протоки сальних і потових залоз. Наслідком цього може бути поява гнійничкових утворів на шкірі – вугрів. На брудній шкірі розмножуються мікроорганізми, які можуть спричинити різні хвороби, що важко лікується.



Тільки чиста шкіра може повноцінно виконувати всі свої функції, насамперед – захисну. Регулярне миття шкіри теплою водою з милом звільняє її від бруду, мікроорганізмів і продуктів їхньої життєдіяльності.

Узагальнення

Одна з основних функцій шкіри – забезпечення терморегуляції. Терморегуляція – це узгодження процесів теплоутворення та тепловіддачі задля підтримання сталої температури тіла. Механізми терморегуляції порушуються в результаті перегрівання чи переохолодження. Як наслідок виникають наступні стани: перегрів організму, тепловий удар, сонячний удар, або ж переохолодження. Ураження шкіри збудниками захворювань призводить до дерматитів, грибкових уражень, педикульозу, корости тощо.



Поміркуйте

1. Якими будуть наслідки для організму, якщо тепловіддача перевищуватиме теплоутворення?
2. Чому в стресових ситуаціях або коли людина радіє, в неї посилюється потовиділення?
3. Якими хворобами можна заразитись, якщо користуватись постільною білизною іншої людини та/або її особистими речами?
4. Чому важливо вдягатися відповідно до погоди?

Підіб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Під час планування дослідження «Дослідження впливу на стан волосся натуральних масок, виготовлених у домашніх умовах» учні визначали змінні. Учень сказав, що склад натуральної маски – це залежна змінна, а учениця визначила контрольовану змінною сталий склад учнів, які беруть участь у дослідженні. Хто з них правий?

А учениця

Б учень

В обоє праві

Г обоє не праві

2. Виконуючи лабораторне дослідження «Дослідження будови шкіри та її похідних: нігтя, волосини», учні та учениці використовують методи:

А порівняльно-описовий та УЗД

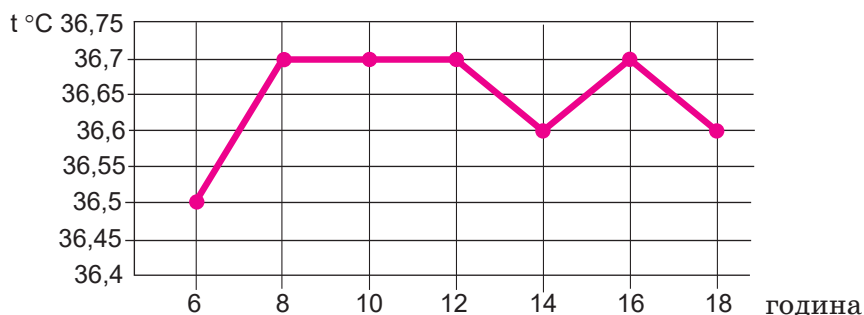
Б експеримент та спостереження

В математично-статистичний та рентгенографію

Г моніторинг та моделювання

II. Опрацьовую та використовую інформацію

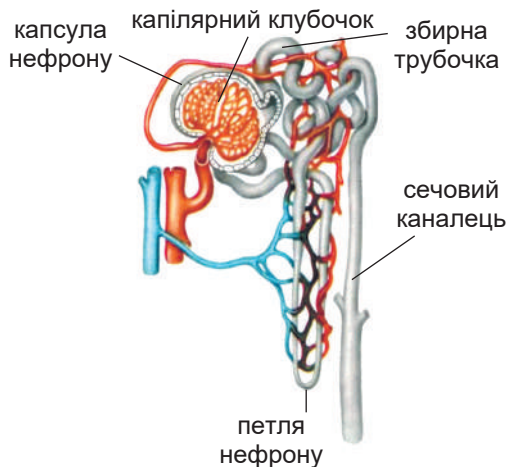
1. Проаналізуйте графік зміни температури тіла людини протягом доби з 6-ї до 18-ї години.



Виберіть твердження «Так» чи «Ні» на основі цих коливань температури.

Температура вночі у людини нижча і зростає вранці	Так	Ні
Вранці, о 8-й годині, за активності людини температура досягає свого максимуму – 36,7 °C	Так	Ні
У проміжку з 10-ї до 16-ї години температура тіла зростає до 37 °C	Так	Ні
Після 16-ї години температура починає зростати	Так	Ні
Температура 36,6 °C зафіксована об 14-й та 16-й годині	Так	Ні

2. Розгляньте малюнок нейрону та підпишіть його складових. Укажіть неправильно підписані структури



- А капілярний клубочок та капсула нефрону
- Б збирна трубочка та сечовий каналець
- В петля нефрону та капілярний клубочок
- Г капсула нефрону та петля нефрону

III. Усвідомлюю закономірності природи

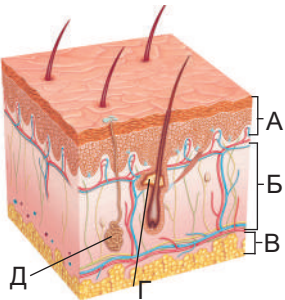
1. Розгляньте таблицю «Будова та функції органів виділення». Вставте пропущене в комірки.

Нирки			Сечівник
	дві трубки, що з'єднують нирки із сечовим міхуром	мішкоподібний орган	
утворюють сечу			виводить сечу

Розділ 3

2. Утворіть пари між будовою і функціями структури шкіри (1–4) та зображенням її на малюнку (А–Д).

- 1 є трубчастою залозою, утворює та виводить піт
- 2 складається з багатошарового плоского епітелію, захисний шар шкіри
- 3 містить клітини, заповнені жиром, зігріває та запасає речовини
- 4 формує дерму шкіри, містить волокна та рецептори

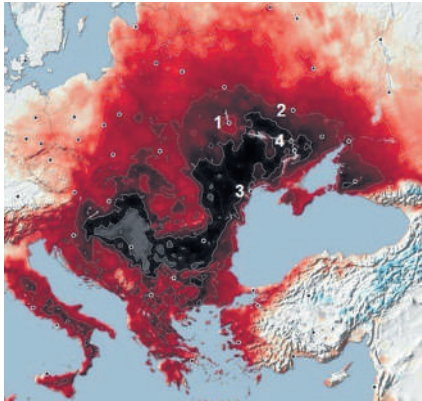


3. Утворіть пари між захворюванням (1–4) та його описом (А–Д).

- 1 цистит
- 2 пієлонефрит
- 3 короста
- 4 себорея
- А збудником є воша головна, що паразитує на волоссі
- Б збудником є мікроскопічний кліщ, що живе у шкірі людини
- В запалення сальних залоз, спричинене порушенням обміну речовин
- Г запалення каналцевої системи та ниркової миски
- Д запалення сечового міхура, часті й болісні сечовипускання

Компетентнісно орієнтоване завдання

Згадуючи літо 2024 р., учні й учениці 8 класу відзначали аномальну спеку, що охопила в липні майже всю територію України. Петро навіть показав картосхему з сайту Copernicus (<https://climate.copernicus.eu/>), на якій інтенсивністю кольорів було показано аномально високі температури в найспекотніший тиждень липня. Але одразу декілька учнів зауважили, що в прогнозах погоди зазначали не тільки реальну температуру, яку вимірювали, але й те, як за певних кліматичних умов температура відчувалася (хтось навіть знайшов, що науковці називають її *еквівалентно-ефективною температурою*, ЕЕТ).



Об'єднавшись у групи, за допомогою погодного інформера <https://www.ventusky.com/>, учні й учениці зібрали дані про те, якими були погодні умови о 12:00 12.07.2024 р. у семи містах України:

	Київ	Харків	Миколаїв	Львів	Чернівці	Дніпро	Ужгород
Температура, °С, 2 м над землею	33	31	36	30	31	32	29
Відносна вологість, %	40	40	20	50	50	40	60
Швидкість вітру, км/год	4	9	13	2	4	8	7
Температура: відчувається як	36	31	36	33	35	34	33

Підказка. Для зручності підрахуйте різницю між реальною температурою і тією, яка відчувалася для кожного з міст.

1. У якому з міст за картосхемою максимальних температурних аномалій 12–19 липня 2024 р. температура найбільше відрізнялася від середніх значень за 1991–2020 р. (сайт Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського)?

А у Києві (1) **Б** у Харкові (2) **В** в Одесі (3) **Г** у Дніпрі (4)

2. У якій парі міст (за таблицею) вплив вологості на температуру, що відчувалася, порівняно з реально виміряною температурою, був найвиразнішим?

А у Києві й Дніпрі
Б у Львові й Чернівцях
В у Миколаєві й Ужгороді
Г у Харкові й Миколаєві

3. Для того щоб визначитися щодо впливу вітру на температуру, яка відчувається, треба порівняти кліматичні умови:

А у містах, де швидкість вітру приблизно однакова (наприклад, Київ, Львів, Чернівці)

Б у містах, де відносна вологість приблизно однакова (наприклад, Київ, Харків, Дніпро)

В у містах, де реальна температура приблизно однакова (наприклад, Харків, Чернівці, Дніпро)

Г у містах, де температура, яка відчувається, приблизно однакова (наприклад, Львів, Дніпро, Ужгород)

4. 7 січня 2024 р. (за даними того ж інформера) у Києві о 12:00 спостерігалися:

- температура повітря -10°C ,
- швидкість вітру 14 км/год,
- відносна вологість 70 %.

Знайдіть за наведеною таблицею температуру, яку людина могла відчувати в той день у Києві.

Температура, $^{\circ}\text{C}$								
0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51
-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54
-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56
-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57
-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59
-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60
-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61
-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62
-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63
-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63
-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64

5. Зробіть висновок: на які з погодних факторів варто найбільше зважати, вираховуючи температуру, що відчувається, за спеки та за сильного морозу? Як саме вони впливають на температуру, що відчувається?

Тема 8. Сенсорні системи



Чому в разі втрати одного з видів чуття змінюється робота інших сенсорних систем?

Науково-дослідницький проект:

«Дослідження впливу гучності звуку на сприйняття візуальної / звукової інформації у певній групі учнів»;
«Дослідження впливу аромаолії на запам'ятовування інформації учнями».

Творчий проект:

твір-розповідь «Консультація отоларинголога (офтальмолога) в разі погіршення слуху» (зору).

Практико-орієнтований проект:

колаж-пам'ятка: «Гігієна слуху»;
«Гігієна зору».

Інформаційно-пошуковий проект:

«Значення зорової сенсорної системи у сприйнятті інформації навколишнього світу»;
«Запахи та пахучі речовини в нашому житті»;
«Роль шкіри у сприйнятті дотику та температури».

Ігровий проект:

гра-тренінг «Рецептор – відчуття»;
рольова гра «На прийомі у лікаря-офтальмолога (лікаря-отоларинголога)».

§ 49. Характеристика сенсорних систем (аналізаторів). Рецептори та їхні типи

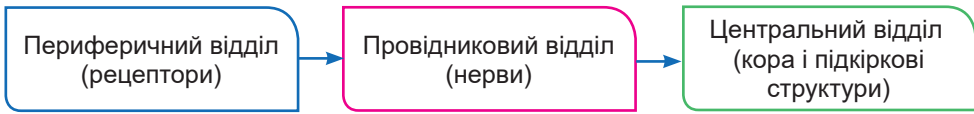


Чи могла б людина існувати без сенсорних систем?

Що таке сенсорна система. Наш мозок безперервно одержує інформацію про всі зміни навколишнього середовища, а також про стан внутрішнього середовища організму. Сприйняття, передачу та аналіз цієї інформації забезпечують сенсорні системи. Їх також називають **аналізаторами**.

Сенсорна система – це сукупність рецепторів, провідникових шляхів, якими нервові імпульси передаються від рецепторів до відповідних центрів центральної нервової системи, що сприймають й аналізують певні подразники зовнішнього та внутрішнього середовища.

У сенсорній системі розрізняють три відділи: периферичний, провідниковий і центральний (мал. 49.1). *Периферичний відділ* складається з рецепторів, які сприймають певний вид подразнення. Ці рецептори входять до складу відповідного органа чуття або розташовані у тканинах. *Провідниковий відділ* утворюють чутливі нерви, які відходять від рецепторів. Ними нервові імпульси передаються до центрального відділу сенсорної системи. *Центральний відділ* – це ділянки центральної нервової системи (кори і підкіркових центрів головного мозку), де аналізуються подразнення й формуються певні відчуття. У цьому відділі також формується відповідь на подразнення, які надходять від рецепторів.



Мал. 49.1. Схема загальної структури сенсорних систем

Сенсорні системи забезпечують пристосувальні реакції організму у відповідь на дію подразників зовнішнього та внутрішнього середовища. Ушкодження будь-якого відділу сенсорної системи призводить до втрати здатності розрізняти певні подразнення.

Які є типи рецепторів. *Рецептори* (від лат. *рецептор* – той, що сприймає) – особливі чутливі структури, що сприймають подразники зовнішнього і внутрішнього середовища й перетворюють їх на нервові імпульси.

Рецепторами можуть бути нервові закінчення в тканинах або спеціалізовані клітини, що входять до складу різних органів чуття. Кожен вид рецепторів сприймає тільки один тип подразників. Розрізняють такі рецептори:

- *механорецептори* – сприймають різні механічні подразники зовнішнього та внутрішнього середовища; входять до складу органів слуху, рівноваги, шкіри, опорно-рухового апарату, внутрішніх органів тощо;
- *хеморецептори* – сприймають вплив різних хімічних сполук; до них належать рецептори смаку, нюху, а також ті, що розташовані в тканинах і стінках кровоносних і лімфатичних судин тощо;
- *фоторецептори* – сприймають дію світлових променів; входять до складу органа зору;
- *терморецептори* – сприймають зміни температури зовнішнього та внутрішнього середовища; розташовані в шкірі та внутрішніх органах;
- *ноцицептори* – відповідають за больові відчуття, дають змогу своєчасно сприймати порушення в роботі внутрішніх органів або певні небезпечні впливи чинників зовнішнього середовища.

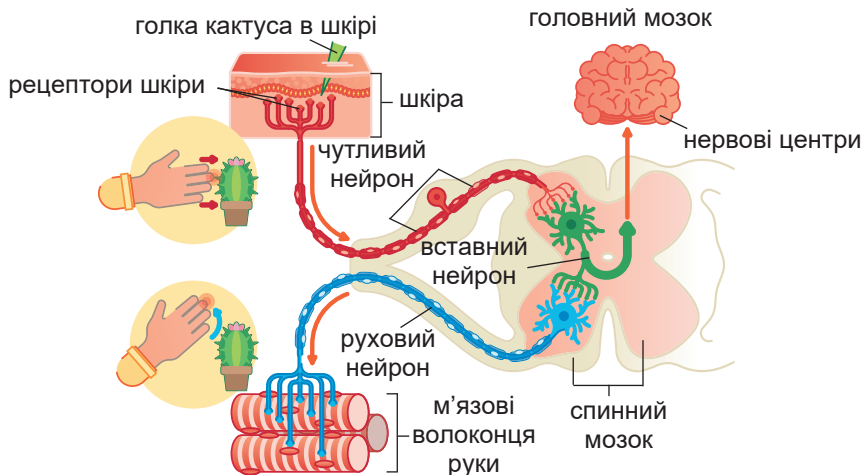
Як рецептори функціонують. Сукупність рецепторів, пов'язаних з певним нейроном центральної нервової системи, утворює *рецепторне поле*.

Подразник має подіяти на рецептори з певною силою, щоби рецептори його сприйняли (мал. 49.2). Так, орган слуху людини може сприймати звукові хвилі із частотою не менше ніж 16 і не більш як 20 000 коливань за секунду¹. При цьому різні рецептори, що входять до складу рецепторного поля, мають різні порогові значення для виникнення збудження (одні рецептори в органі слуху людини здатні сприймати низькі звуки, інші – високі).



Уважно проаналізуйте малюнок 49.2. Який тип рефлексів на ньому зображений: умовний чи безумовний? Відповідь обґрунтуйте.

¹ Частоту коливань вимірюють у герцах (скорочено – Гц): 1 Гц дорівнює одному коливанню на секунду. Ця одиниця вимірювання названа так на честь німецького фізика Генріха Герца (1857–1894), який відкрив явище електромагнітного коливання.



Мал. 49.2. Функціонування сенсорної системи на прикладі сенсорної системи дотику

Фізіологічна роль рецепторів полягає в тому, що вони перетворюють одні форми енергії подразників: фізичну (механічну, теплову та ін.) або хімічну – на електричну енергію нервових імпульсів. Далі ці імпульси передаються чутливими нейронами у певні зони кори великих півкуль кінцевого мозку. Там інформація, що надходить від рецепторів, відбивається у свідомості людини у вигляді суб'єктивних образів – відчуттів, відтворень та уявлень.

У головному мозку збудження, які надходять від органів чуття, аналізуються. Від нього також надсилаються сигнали органам, які відповідають за виконання певних функцій. Наприклад, побачивши на дорозі гострий предмет, людина його обходить, почувши дзвінок телефону, реагує на нього.

Для всіх типів рецепторів характерне явище *адаптації*, тобто пристосування до тривалої дії подразника. Якщо подразник діє довго, поріг чутливості сенсорної системи підвищується. Так, людина, яка приїхала до міста після тривалого перебування на природі (наприклад, у лісі), спочатку дуже чутлива до шумів (руху транспорту, гучних розмов людей), але через певний час такий шум привертає дедалі менше її уваги. Людина не відчуває запахів власного тіла, ваги одягу (і тиску стовпа атмосферного повітря) саме завдяки адаптації рецепторів. Найгірше адаптуються до подразнення больові рецептори (мал. 49.2).

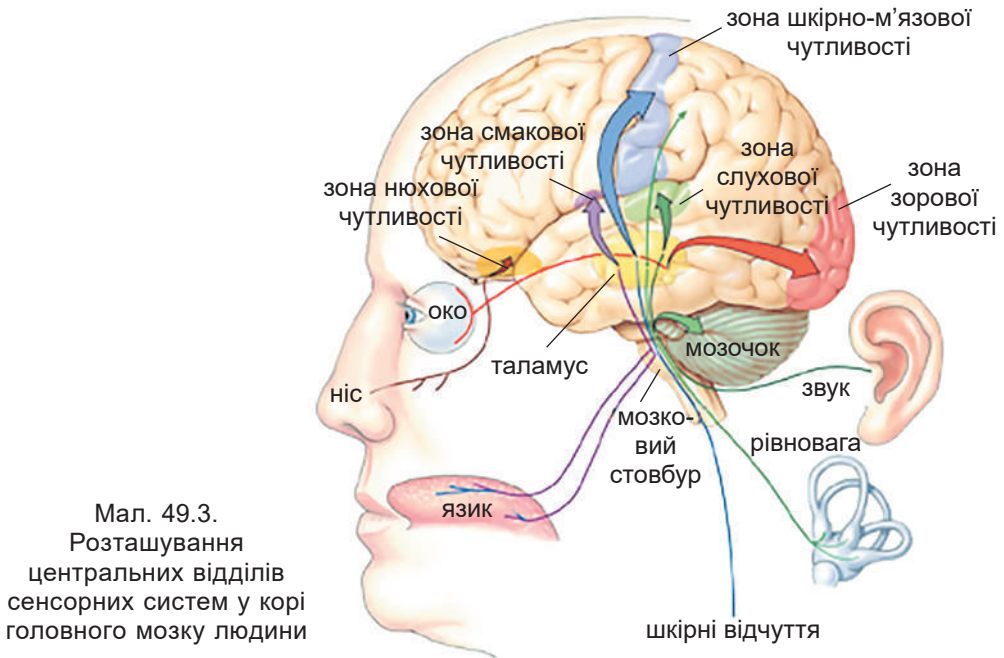
Якщо на сенсорну систему певний подразник діє періодично і щоразу сила його дії поступово збільшується, то зростає її чутливість. Наприклад, фахівці-кулінари / кулінарки та дегустатори / дегустаторки краще за людей інших професій розпізнають якість їжі й напоїв, водії – розрізняють за звуком двигуна, що працює, його стан тощо. Але чутливість сенсорних систем до дії певних подразників можна підвищувати лише до певної межі, багато в чому ця здатність визначається спадково. Крім того, чутливість може змінюватись з віком: наприклад, вухо поступово втрачає можливість чути височастотні звуки (розробники смартфонів навіть створили рінгтони з частотою вище 17 000 Гц, які можуть почути тільки молоді люди).



✓ **Дізнайтеся більше** про поріг відчуття за QR-кодом.

Які є типи сенсорних систем. Відповідно до різних типів рецепторів існують і різні сенсорні системи. У людини розрізняють такі основні сенсорні системи: зорову, слухову, смакову, дотикову та нюхову. До периферичної частини сенсорної системи входять і відповідні органи чуття: очі (сприймають світлові подразники), вуха (звукові), язик (смакові), ніс (запахи), орган рівноваги (контроль за положенням у просторі) тощо.

Усі сенсорні системи організму людини пов'язані між собою, особливо в корі головного мозку, численними нервовими зв'язками. Тому різні сенсорні системи здатні до взаємодії та взаємокомпенсації. У великих півкулях унаслідок взаємодії кіркових відділів різних сенсорних систем формується програма поведінки людини, оцінка певних дій тощо (мал. 49.3).



Мал. 49.3.
Розташування
центрального відділу
сенсорних систем у корі
головного мозку людини

У разі ушкодження однієї із сенсорних систем (унаслідок хвороби або травми) може підвищуватися чутливість до дії подразників інших. Так, незрячі люди здатні краще розпізнавати звуки, запахи, у них підвищена дотикова чутливість тощо.

Сенсорні системи забезпечують пристосувальні реакції організму у відповідь на дію подразників зовнішнього та внутрішнього середовища.



Ушкодження будь-якого коркового відділу сенсорної системи, так само як периферичного або провідникового, призводить до втрати здатності розрізняти певні подразнення.

Узагальнення

Сенсорні системи сприймають і аналізують подразники зовнішнього та внутрішнього середовища. Складаються з органів чуття з рецепторами та структур центральної та периферичної нервової системи. Рецептори – це нервові клітини або їхні закінчення, які забезпечують сприйняття інформації із зовнішнього або внутрішнього середовища організму. Основні сенсорні системи людини – зорова, слухова, нюхова, смакова та дотикова.

Поміркуйте

1. Де в побуті використовують сенсори?
2. Ушкодження якої складової аналізатора призведе до порушення його функціонування?
3. Чому в людей, які погано бачать, стає гострішим слух і нюх?

§ 50. Зорова сенсорна система. Око

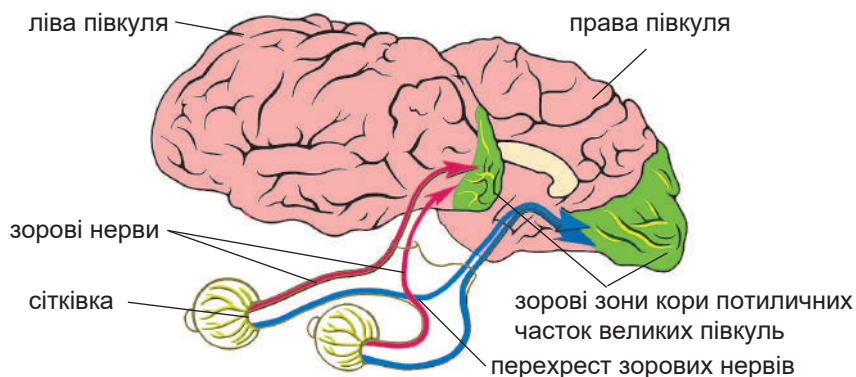


Чому зорова сенсорна система є найінформативнішою для людини?

Із чого складається зорова сенсорна система. Найінформативніша серед усіх сенсорних систем – зорова. За підрахунками вчених, близько 90 % усієї інформації про навколишній світ ми отримуємо завдяки зору.

Зір – це фізіологічний процес, який дає змогу сприймати ступінь освітленості, форму, розміри та кольори навколишніх предметів, визначати відстань до них. Ця інформація дає змогу орієнтуватись у довкіллі.

Зорова сенсорна система включає око (орган, який сприймає світлові промені), зоровий нерв, підкіркові центри зору та зорову зону, розміщену в потиличній частці кори великих півкуль головного мозку (мал. 50.1).

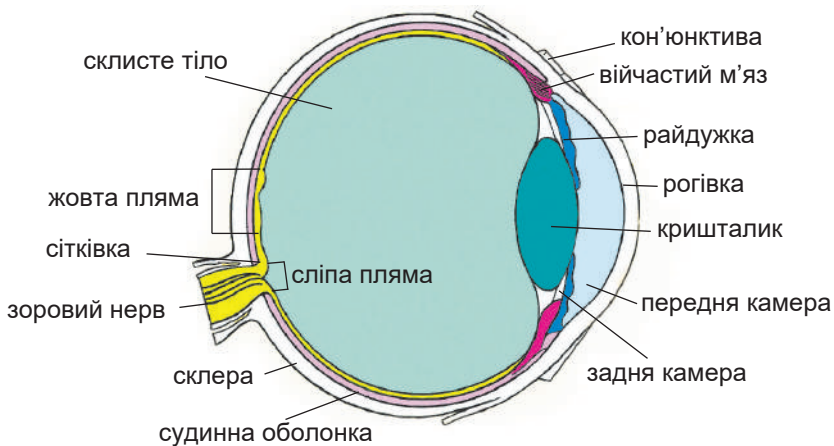


Мал. 50.1. Зорова сенсорна система



Визначте, які частини зорової сенсорної системи, зображені на малюнку 50.1, належать до периферичного, провідникового та центрального відділів.

Яка будова ока – органа зору. Орган зору людини складається з очного яблука (ока) і допоміжного апарату. **Очне яблуко** міститься в заглибленні лицьової частини черепа – очній ямці. Таке розташування ока певним чином захищає його від ушкоджень. Очне яблуко – надзвичайно складний і чутливий оптичний апарат (мал. 50.2). Його стінки складаються з трьох оболонок. Зовнішня оболонка – *фіброзна* – досить щільна й підтримує форму очного яблука (майже кулясту). Спереду вона утворює прозору і проникну для світла *рогівку*. Її інша частина є непрозорою і має назву *склери*, або *білкова оболонка*. Прозора рогівка нагадує лінзу, що заломлює світло. Вона наче вставлена в передню частину склери (мал. 50.2). Саме через рогівку світло потрапляє до інших частин ока.



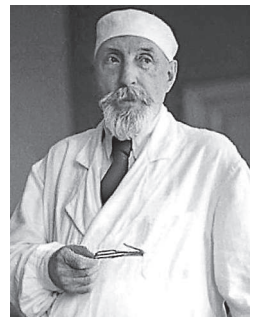
Мал. 50.2. Будова ока

Рогівка містить механорецептори, тому дотик до неї (або різкий потік повітря) спричинює **моргання**. Це безумовний рефлекс, спрямований на захист очей. Кліпаючи очима, ми зволожуємо їх, очищаємо від пилу рогівку, запобігаємо потраплянню сторонніх часточок під час раптових поривів вітру або краплин води під час дощу. Рефлекс моргання спрацьовує також у разі доторкання до вій або раптової появи поблизу ока певного предмета. Часте моргання свідчить про те, що нашим очам некомфортно. Нерідко це сигнал загальної втоми.

Цікаво знати. Рогівка добре відновлюється. Розрізи на ній можна зашивати, не порушуючи зору.



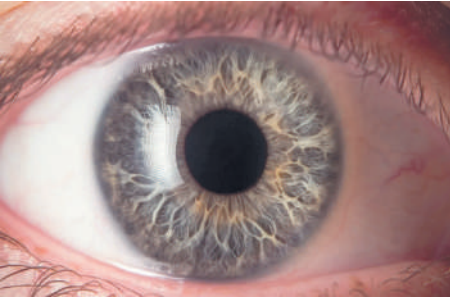
Унаслідок певних хвороб або в деяких людей літнього віку рогівка мутнішає. Так виникає більмо (полуда). До ока не потрапляє світло, і людина сліпне. Операцію з пересаджування рогівки першим у світі ще в 1924 р. запропонував видатний вітчизняний офтальмолог В.П. Філатов (мал. 50.3). У 1936 р. він організував і очолив Одеський інститут



Мал. 50.3. Академік Академії наук України Володимир Петрович Філатов (1875–1956)

очних хвороб і тканинної терапії Національної академії медичних наук України, якому присвоєно його ім'я.

Середня оболонка ока – *судинна*, оскільки пронизана густою сіткою кровоносних судин. У судинній оболонці розрізняють власне судинну оболонку, війкове тіло та райдужку. *Власне судинна оболонка* забезпечує живлення різних частин ока. Передня її частина – *райдужка* – має вигляд вертикальної пластинки з круглим отвором у центрі. Райдужка дістала таку назву тому, що містить темний пігмент (меланін), який зумовлює колір очей: що більше пігменту, то темніший їхній колір. За незначної кількості пігменту колір райдужки сірий, зелений або блакитний, за великої – карий. Колір очей у людини визначається спадково, а розташування пігменту, малюнок є індивідуальним (мал. 50.4).



Мал. 50.4. Райдужка, як і відбитки пальців, може використовуватися як елемент біометрики людини

У райдужці є отвір – *зіниця*, через який світло потрапляє всередину ока. Коли освітлення яскраве – зіниця звужується, у темряві вона розширюється. Діаметр зіниці змінюється внаслідок скорочення або розслаблення двох непосмугованих кільцевих

м'язів райдужки. Діаметр зіниці за сильного освітлення становить приблизно 2 мм, а за слабкого – близько 8 мм. Її діаметр змінюється рефлекторно й узгоджено в обох очах.

Цікаво знати. Діаметр зіниці змінюється і в результаті емоційних реакцій: за стану страху зіниця розширюється, а за стану гніву – звужується.

Основна функція зіниці – захист світлочутливого апарату від руйнування занадто яскравим світлом і пристосування ока до змін інтенсивності освітлення.

За райдужкою розташоване *війкове тіло*, більшу частину якого становить непосмугований війковий м'яз. Він утримує прозору еластичну капсулу, усередині якої розміщений *кришталік* у формі двопуклої лінзи (мал. 50.2). Кришталік утворений напіврідкою прозорою речовиною і прикріплений за допомогою зв'язки до війчастих м'язів. Скорочення війчастих м'язів змінюють кривизну кришталіка, що має важливе значення для пристосування ока до чіткого бачення близьких і віддалених предметів. Разом із рогівкою ока кришталік заломлює світло, фокусуючи його на сітківці.

Цікаво знати. Війчасті м'язи скорочуються, коли кришталік налаштований на фокусування на близьких предметах, і розслаблені під час фокусування на віддалених (понад 6 м) об'єктах. Щоби ці м'язи відпочивали, потрібно після певного часу роботи з комп'ютером, книгою чи іншими близькими предметами робити перерву і 5–10 хвилин дивитися вдалечінь. У темряві та за заплющених очей кришталік налаштований на сприйняття об'єктів на відстані простягнутої руки, приблизно 1 м, – це так званий *темновий фокус*, відстань, на якій найімовірніше доведеться реагувати на можливу небезпеку.



Помутніння кришталика призводить до захворювання на *катаракту*. Причиною виникнення катаракти можуть бути порушення обміну речовин, травми, надмірна робота за монітором комп'ютера. Лікування катаракти потребує хірургічного втручання з видаленням помутнілого кришталика та заміною його на штучний. Тепер таке оперативне втручання є безболісним завдяки лазерній хірургії.

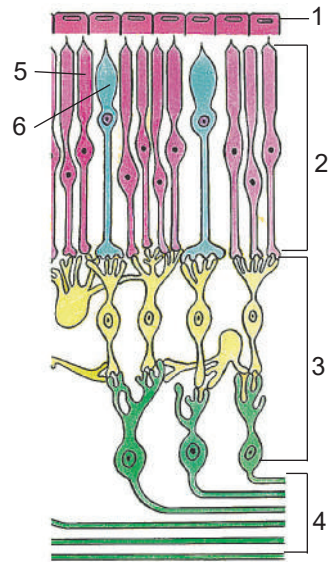
Уся внутрішня порожнина ока заповнена *склистим тілом* – прозорою драглистою масою (мал. 50.2). Ця структура, так само як рогівка чи кришталик, здатна заломлювати світло й змінювати хід його променів в оці. Через склисте тіло світлові промені потрапляють на сітківку. Склисте тіло підтримує також тиск усередині ока.

Око має дві порожнини – камери ока. *Передня камера* – це невеликий простір між рогівкою та райдужкою. *Задня камера* розташована між райдужкою та кришталиком (мал. 50.2). Через зіницю задня камера ока сполучається з передньою. Обидві камери ока заповнені рідиною, яку утворює судинна оболонка ока.

Структури ока, які забезпечують проходження променів світла, утворюють його *оптичну систему*. Структури ока, які сприймають світлові промені, – це *світлосприймальна система ока*. *Сітківка*, або *сітчаста оболонка*, вистеляє дно ока. Вона складається з двох листків. Зовнішній листок утворюють пігментні клітини, що містять чорний пігмент *фусцин*. Він поглинає світлові промені, усуваючи відблиски, що сприяє чіткішому зображенню предметів. Внутрішній листок містить світлочутливі рецептори (фоторецептори).

Одні рецептори мають форму паличок, інші – колбочок (мал. 50.5). *Палички* містять зоровий пігмент *родопсин* (зоровий пурпур), який дає змогу сприймати світло в сутінках. Тому палички збуджуються під час дії світла малої інтенсивності. *Колбочки* пристосовані до сприйняття яскравого світла і кольорів. Вони містять інший зоровий пігмент – *йодопсин*.

Колірний зір зумовлений наявністю в сітківці трьох типів колбочок, що містять три різновиди йодопсину. Відповідно перші збуджуються під дією червоного світла, другі – зеленого, а треті – синього. А в колбочках різних типів пігменти розпадаються під впливом світлових хвиль різної довжини.

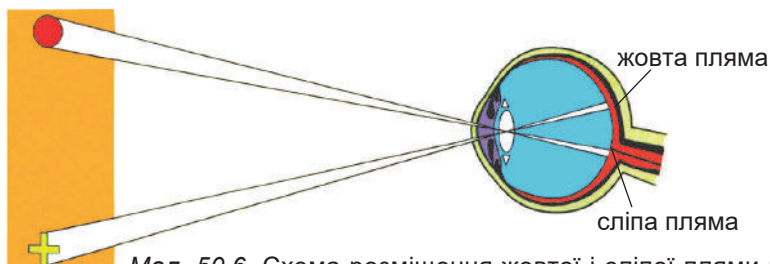


Мал. 50.5. Будова сітківки: 1 – пігментні клітини; 2 – рецепторний шар; 3 – нейрони; 4 – волокна зорового нерва; 5 – палички; 6 – колбочки

Цікаво знати. У сітківці ока міститься приблизно 130 млн паличок і 7 млн колбочок.

Від ока відходить зоровий нерв. У місці його виходу немає ні паличок, ні колбочок. Це *сліпа пляма* (мал. 50.6). Предметів, зображення яких потрапляє на цю ділянку, ми не бачимо. Площа сліпої плями (у нормі) становить від $2,5 \text{ мм}^2$ до 6 мм^2 . Збоку від сліпої плями, навпроти

зіниці, є місце найбільш чіткого бачення предметів – *жовта пляма* (мал. 50.6), де переважно містяться колбочки. У нормі зображення завжди фокусується оптичною системою ока на жовтій плямі. При цьому предмети, які сприймаються периферичним зором, розрізняються гірше. Завдяки тому, що палички переважають на периферії сітківки, ми здатні бачити «куточком ока», що відбувається навколо нас.



Мал. 50.6. Схема розміщення жовтої і сліпої плями в оці

Допоміжний апарат ока складається з верхньої та нижньої повік і посмугованих м'язів, які рухають очне яблуко (мал. 50.7). Своїми скороченнями ці м'язи повертають очне яблуко донизу, вгору, вбік. Вони забезпечують таке положення ока, за якого зображення об'єкта, який нас цікавить, потрапляє на ту ділянку сітківки, що забезпечує максимальну гостроту зору. А коли всі ці м'язи напружені рівномірно, то зіниця спрямована прямо вперед. Усі рухи обох очних яблук у нормі відбуваються узгоджено – коли одне з них рухається в певний бік, у той саме бік рухається й інше.



Мал. 50.7. А. Допоміжний апарат ока. Б. М'язи, що рухають око

Очне яблуко захищають брови, повіки та вії. *Брови* захищають око від поту. *Повіки* прикривають око зверху й знизу, захищаючи очне яблуко від пилу та інших сторонніх тіл, механічних ушкоджень тощо. На вільних краях повік ростуть короткі волоски – *вії*. Внутрішня поверхня повік вкрита тонкою слизовою оболонкою – *кон'юнктивою*.



Запалення кон'юнктиви спричиняє захворювання – *кон'юнктивіт*. Його ознаки: постійне сльозовиділення, різь в очах, почервоніння повік, іноді гнійні виділення. Причини виникнення кон'юнктивіту: порушення правил гігієни, збудники інфекції, алергени. У разі виникнення кон'юнктивіту не можна торкатися очей руками, слід користуватися власним рушником, аби не заразити інших членів родини.

Слізний апарат складається зі слізної залози, слізних каналців, слізного мішка і носослізної протоки (мал. 50.7, А). *Слізна залоза* виді-

ляє рідину – слюзи. Вони зволожують очне яблуко, змивають з його поверхні сторонні частки, знешкоджують хвороботворні мікроорганізми. Кількість слізної рідини незначна: щодоби її утворюється приблизно 1 мл. Коли людина плаче, кількість цієї рідини значно зростає.

Узагальнення

Зорова сенсорна система дає можливість сприймати ступінь освітленості, форму, розміри та кольори навколишніх предметів, визначати відстань до них. Тим самим ми можемо орієнтуватись у довкіллі. Органом зору є око, що має три оболонки: зовнішню фіброзну, яка на передній частині очного яблука переходить у прозору рогівку; середню – судинну та внутрішню – сітківку. Фото-рецептори ока – колбочки та палички. Допоміжний апарат ока – повіки з віями, брови та слізний апарат – виконують захисну функцію.

Поміркуйте

1. Чи в кожному оці на сітківці є сліпа та жовта плями?
2. Яке значення для функціонування зору має те, що палички ока збуджуються за малої кількості світла?
3. Чи може на сітківці бути відсутня певна кількість колбочок?
4. Які проблеми могли б виникнути, якби в людини не було повік, вій і брів?



Лабораторне дослідження «Виявлення сліпої плями на сітківці ока».



§ 51. Особливості функціонування ока людини. Гігієна зору



Чому будову фотоапарата порівнюють з будовою ока?

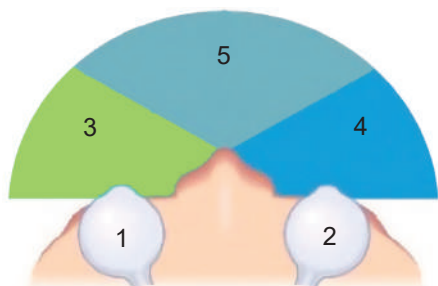
Які особливості функціонування зорової сенсорної системи людини. Взаємодія різних складових зорової сенсорної системи дає змогу людині спостерігати цілісну й безперервну картину довколишнього світу. Ця картина виникає з окремих зображень, які послідовно змінюють одне одного на сітківці правого й лівого ока.

✓ **Дізнайтеся більше** про передачу інформації із сітківки до мозку за QR-кодом.



Людині притаманний так званий **бінокулярний зір**, оскільки поля зору правого й лівого ока перекриваються (мал. 51.1). Завдяки цьому ми сприймаємо об'ємне зображення предметів, а також можемо точніше визначати відстань до них.

Стереоскопічне зображення, яке забезпечує бінокулярний зір, – це відчуття глибини простору, що формується в головному мозку людини. Воно зумовлене тим, що зображення, яке сприймають ліве та праве око, зливаються в єдиний цілісний образ.



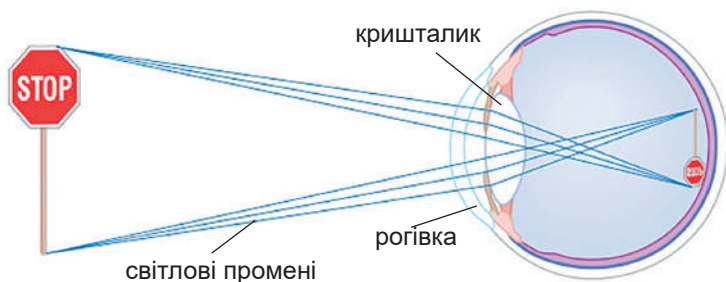
Мал. 51.1. Бінокулярний зір людини: 1 – ліве око; 2 – праве око; 3 – поле, яке сприймає лише ліве око; 4 – поле, яке сприймає лише праве око; 5 – поле, яке сприймають обидва ока

Світлові промені мають різну довжину хвиль. Людина може сприймати промені світла з довжиною хвиль від 400 до 750 нм (*пригадаємо*: 1 нанометр (нм) дорівнює одній мільярдній частці метра). Тому цю частину світлового спектра називають *видимим світлом*.

Існують три типи колбочок, які реагують на вплив хвиль різної довжини. Одні з них переважно реагують на червоний колір, другі – на зелений, треті – на синій. Ці кольори називають *основними*. Довгохвильові компоненти сонячного спектра ми сприймаємо як червоний колір, а короткохвильові – як синьо-фіолетовий. Якщо одночасно збуджуються всі три типи колбочок, виникає відчуття білого кольору. Завдяки оптичному змішуванню основних кольорів виникають інші кольори та їхні відтінки (яких налічують близько 200). Промені, довжина хвилі яких коротша за 400 нм, називають *ультрафіолетовими*, а з довжиною хвилі понад 750 нм – *інфрачервоними*. Такі хвилі око людини не сприймає.

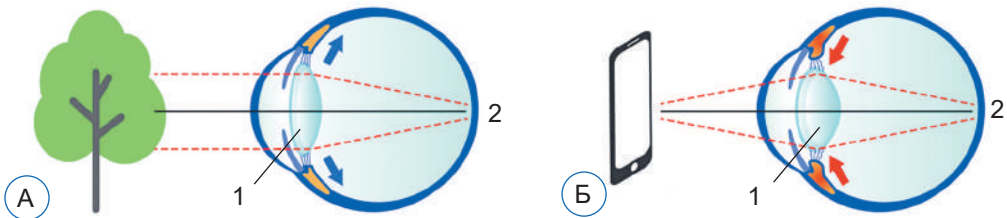
Тіла, які нас оточують, здатні частину світлових променів поглинати, а частину – відбивати. Око людини сприймає лише ті кольори, що відбиваються від поверхні таких тіл. Якщо тіло відбиває всі хвилі світлового спектра, ми бачимо його білим, а якщо поглинає всі хвилі – чорним.

Перед тим як потрапити на світлочутливі рецептори сітківки, промені світла проходять через оптичну систему ока: рогівку, передню та задню камери ока, заповнені рідиною, кришталік, склисте тіло. При цьому промені заломлюються таким чином, що на сітківці утворюється зменшене та перевернуте зображення предмета, який ми спостерігаємо (мал. 51.2). Але в результаті аналізу в корі головного мозку інформації, що надходить не тільки від органа зору, а й від інших органів чуття (слуху, нюху та ін.), людина сприймає предмети в їхньому природному положенні.



Мал. 51.2. Схема утворення зображення на сітківці ока людини: зменшене, дійсне, перевернуте

Людина не здатна одночасно однаково чітко бачити предмети, розташовані на різній відстані. Для того щоб добре бачити певний предмет, промені, які від нього відбиваються, мають зібратися на сітківці. Війковий м'яз, який сполучається з капсулою, що оточує кришталік, змінює ступінь її натягу. Коли капсула натягується, кришталік стає плоскішим. Коли капсула розслаблюється, кришталік унаслідок своєї еластичності набуває опуклої форми (мал. 51.3). Властивість оптичної системи ока створювати чітке зображення предметів, розташованих на різній відстані, має назву **акомодація** (від лат. *аккомодацио* – пристосування).



Мал. 51.3. Акомодація ока: розглядання віддалених (А) і близько розташованих (Б) предметів: 1 – кришталік; 2 – схема сходження променів

Найменша відстань від ока, на якій зображення ще сприймається чітко, дістала назву **найближча точка ясного бачення**. Для дітей і підлітків у нормі вона становить 7–10 см, але з віком, коли кришталік втрачає еластичність, вона зменшується.

Зорова інформація від рецепторних клітин сітківки зоровими нервами через середній і проміжний мозок передається до зорових зон – потиличних ділянок кори великих півкуль (див. мал. 50.1). Там формується остаточне відчуття форми, розмірів, забарвлення предметів, які спостерігає людина.

Порушення зору та їхня профілактика. Важлива властивість зору – це його гострота. Найбільшу гостроту зору забезпечує жовта пляма. Що далі розташовані рецептори від жовтої плями, то меншу гостроту зору вони здатні забезпечувати. **Гострота зору** – здатність розрізняти дрібні деталі предмета, який роздивляється людина. Гострота зору насамперед забезпечується діяльністю колбочок. Лікарі-офтальмологи перевіряють гостроту зору людини за допомогою спеціальних таблиць, на яких зображено літери чи інші позначення різного розміру. Нормальну гостроту зору позначають як 1.0.

Цікаво знати. Ще одна важлива особливість зору людини – визначення відстані до об'єкта, на який спрямовано зір, – **окомір**. Правильний окомір не є вродженою властивістю людини, а виробляється протягом усього життя в результаті постійних тренувань. Він відіграє особливо важливу роль у житті людей певних професій: військових (наприклад, снайперів), мисливців, пілотів, моряків, художників тощо.

Порушення нормального нічного зору спричиняє захворювання **куряча сліпота**. Воно полягає в тому, що людина нормально бачить удень, а з настанням сутінок майже перестає бачити навколишні предмети.



Одна з причин виникнення курячої сліпоти – нестача вітаміну А. Цей вітамін входить до складу зорового пігменту – родопсину («зорового пурпуру»).

Дальтонізм – вроджена вада зору, пов'язана з порушенням функцій колбочок, унаслідок чого людина не розрізняє певні кольори (люди із дальтонізмом не сприймають червоний, зелений або синій колір). Такі люди не можуть працювати водіями, пілотами тощо.

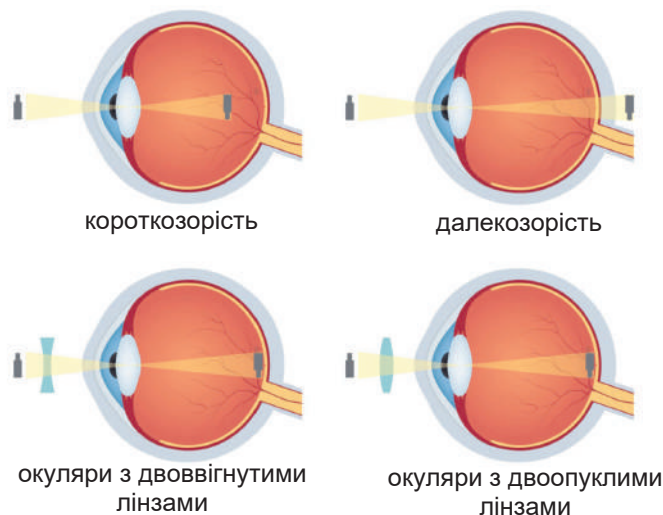


Чому водіям, машиністам і пілотам важливо розпізнавати кольори?

Порушення акомодативної здатності кришталика призводить до виникнення короткозорості або далекозорості. Якщо світлові промені, які пройшли через оптичну систему ока, фокусуються перед сітківкою, людина чітко бачить тільки предмети, розташовані неподалік від неї. Таким людям притаманна **короткозорість** (мал. 51.4). Вроджена короткозорість зумовлена подовженням очним яблуком чи збільшенням кривизни кришталика, набута – ослабленням війкового м'яза. Це спричиняється перенапруженням очей (тривала робота за комп'ютером, безперервне перебування перед увімкнутим телевізором), читанням лежачи або в транспорті, недостатньою освітленістю робочого місця, нестачею в їжі вітаміну А тощо.

Коли промені фокусуються позаду сітківки, виникає чітке зображення тільки від предметів, розташованих далеко від людини (мал. 51.4). Так виникає **далекозорість**. Вроджена далекозорість виникає внаслідок недостатньої здатності рогівки чи кришталика заломлювати світло, вкороченим очним яблуком. Набута далекозорість може бути зумовлена втратою еластичності кришталика, порушеннями функцій війкового м'яза тощо. Для виправлення короткозорості використовують окуляри з двоввігнутими лінзами, а далекозорості – з двоопуклими.

У людини може спостерігатись **косоокість**, за якої порушуються одночасні й співдружні рухи очних яблук. Тоді на сітківці виникає чітке зображення від одного ока і розпливчасте від іншого. Косоокість



Мал. 51.4. Схема заломлення променів в оці та корекції зору

здебільшого вроджена, але може виникати як наслідок короткозорості, далекозорості тощо.

У певних випадках людина може повністю або частково втратити зір. Настає повна або часткова **сліпота**. Вона може виникнути, коли яскраве світло, потрапивши на сітківку, руйнує світлочутливі рецептори. Сліпоту можуть спричинити травми очей або голови (як-от струси головного мозку), деякі захворювання (наприклад, діабет). На гостроту зору шкідливо впливають вживання алкоголю, тютюнокуріння, наркоманія тощо. Ці шкідливі звички можуть спричинити відмирання зорового нерва, рецепторних клітин сітківки, помутніння рогівки чи кришталика.



Щоб якнайдовше зберегти гостроту зору, дотримуйтеся таких правил:

- робоче місце має бути добре і рівномірно освітлене; джерело світла на робочому столі (наприклад, настільну лампу) розташовуйте ліворуч, на відстані 50–60 см від робочої поверхні;
- не слід читати в транспорті, який рухається, тому що відстань від книжки до очей постійно змінюється; це призводить до зменшення еластичності кришталика; до таких самих наслідків може призводити й читання в ліжку;
- не варто дивитися телевизор або працювати з комп'ютером більше ніж 2 години на добу;
- під час роботи з комп'ютером слід користуватись особливими окулярами, кожні 30 хв робити перерви;
- до складу харчового раціону має обов'язково входити їжа з достатнім вмістом вітаміну А.

✓ **Дізнайтеся більше** про травми очей за QR-кодом.



Узагальнення

У людини зір бінокулярний, оскільки поля правого та лівого очей перекриваються і людина бачить єдину цілісну картинку. У разі порушення заломлення променів світла на сітківці діагностують далеко- або короткозорість. Унаслідок порушення співдружного заломлення світла очима розвивається косоокість. За відсутності певного типу колбочок у людини діагностують дальтонізм.



Поміркуйте

1. Чим бінокулярний (стереоскопічний) зір відрізняється від монокулярного зору?
2. Чому з віком у здорових людей часто розвивається далекозорість?
3. Як пристрої з екраном впливають на розвиток короткозорості?
4. Чому під час роботи за комп'ютером слід робити перерви?



Лабораторне дослідження «Визначення акомодативної ока».



§ 52. Слухова сенсорна система. Вухо. Гігієна слуху



Чому людина не здатна чути інфра- та ультразвук?

Що таке слух. *Слух* – це здатність організму сприймати звуки, тобто коливання частинок у вигляді хвиль, що поширюються у довкіллі (насамперед у повітрі чи у водному середовищі). Цю функцію забезпечує **слухова сенсорна система**. Її периферичною частиною є **вухо** – один з органів чуття.

Слух має велике значення в житті людини. Завдяки слуху людина спроможна сприймати усну інформацію, визначати напрямок звуків і їхнє джерело. Це дає змогу орієнтуватись у просторі, сприймати інформацію, що надходить із зовнішнього середовища (від інших людей під час розмови, радіо- і телеприймачів, телефонів та інших приладів) тощо.

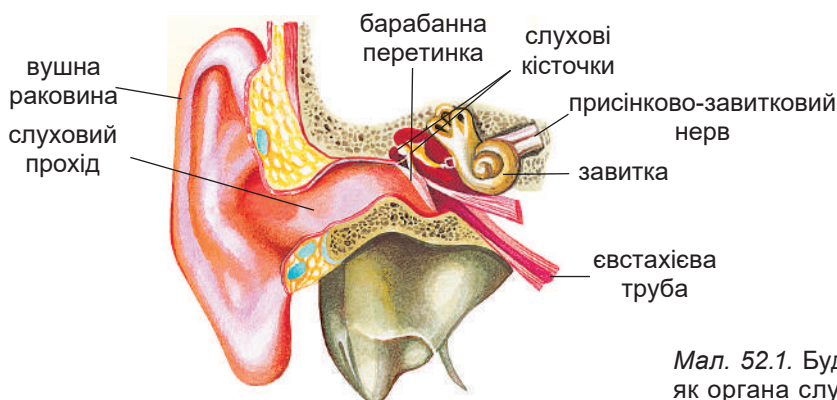
Звукові хвилі поширюються від їхнього джерела з певною частотою й періодичністю. Залежно від цього людина й сприймає ті чи інші звуки. **Частота звуку** – кількість періодичних коливань за певний проміжок часу. За одиницю частоти коливань прийнято 1 Герц (Гц). Людина зазвичай сприймає звуки із частотою коливань від 16 до 20 000 Гц. Найбільшою є чутливість до звуків із частотою 2000–4000 Гц (наприклад, діапазон голосу людини становить від 150 до 3000 Гц).

Цікаво знати. Частоту нижче ніж 16 Гц називають *інфразвуком*, а понад 20 кГц – *ультразвуком*. Такі звукові коливання вухо людини не сприймає. Ультразвук здатний глибоко проникати в тіло людини. Відбиваючись від поверхні тканин, він може створювати на моніторі спеціального приладу зображення органів, які досліджують (див. мал. 3.6). *Пригадаємо:* цю методику досліджень організму людини називають ультразвуковою діагностикою (УЗД).

✓ **Дізнайтеся більше** про характеристики звуку за QR-кодом.



Яка будова слухової сенсорної системи людини. Орган слуху включає три основні відділи: зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо (мал. 52.1). **Зовнішнє вухо** складається з вушної раковини і зовнішнього слухового проходу. *Вушна раковина* вловлює і спрямовує звукові коливання в *зовнішній слуховий прохід*. Він має форму лійки завдовжки



Мал. 52.1. Будова вуха як органа слуху

2,5–3 см, стінки якої вкрито тоненькими волосками. У стінках зовнішнього слухового проходу є спеціальні залози, які виділяють так звану вушну сірку – в'язку речовину жовтуватого кольору. Вона затримує пил і мікроорганізми, що потрапили до зовнішнього слухового проходу.

Цікаво знати. З вушною раковиною пов'язані особливі м'язи, які її рухають. Ці м'язи відіграють важливу роль у житті певних груп ссавців (коні, собаки тощо), оскільки рухають вушну раковину так, щоб краще вловлювати звуки. Але в людини ця функція втрачена і ці м'язи нерозвинені. Лише в окремих людей вони зберігають здатність активно рухати вушні раковини.

Зовнішнє вухо відокремлене від середнього **барабанною перетинкою**. Це пружна, округла пластинка із волокнистої сполучної тканини, діаметром приблизно 1 см і завтовшки 0,1 мм. Завдяки своїй пружності вона сприймає коливання повітря, спричинені звуковими хвилями, і без змін передає їх на слухові кісточки середнього вуха.

Середнє вухо представлене **барабанною порожниною**, розташованою у скроневої кістці (її об'єм становить близько 1–2 см³). Через спеціальний канал – **євстахієву трубу** – барабанна порожнина сполучається з носоглоткою. Через євстахієву трубу повітря, яке надходить іззовні, може потрапляти в барабанну порожнину. Це потрібно для вирівнювання тиску повітря по обидва боки барабанної перетинки.

Цікаво знати. Здебільшого євстахієва труба закрита, вона відкривається під час ковтання або позіхання для врівноваження тиску в зовнішньому середовищі та барабанній порожнині.

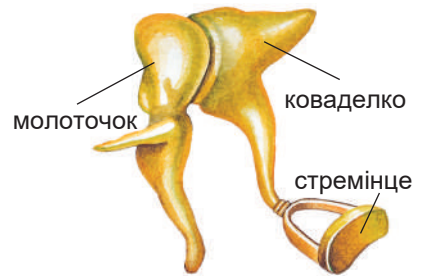


Якщо ви перебуваєте в зоні сильних вибухів, пострілів гармат, зльоту чи посадки літаків, то під час гучних звуків слід відкривати рот і робити кілька ковтальних рухів. Тоді євстахієва труба відкривається, тиск по обидва боки барабанної перетинки вирівнюється, зникають больові відчуття і відновлюється гострота слуху.

У барабанній порожнині розташовані три слухові кісточки (мал. 52.2), які послідовно й напіврухомо сполучаються між собою: **молоточок**, **коваделко** і **стремінце**. **Молоточок** з'єднаний з барабанною перетинкою та **коваделком**, а **коваделко** – зі **стремінцем**. **Стремінце** сполучається з перетинкою **овального вікна** – отвору, який веде до внутрішнього вуха.

Крім овального вікна, в стінці середнього вуха ще є й **округле вікно**, також закрите перетинкою. Через овальне та округле вікна середнє вухо сполучається із внутрішнім. Слухові кісточки утворюють систему важелів, які передають коливання від барабанної перетинки до перетинки овального вікна. Вони повторюють усі коливання барабанної перетинки. Така будова середнього вуха дає змогу сприймати навіть слабкі звуки.

Внутрішнє вухо (або лабіринт) – це система порожнин і каналів, заповнених рідиною. Однією із частин внутрішнього вуха є **завитка** –

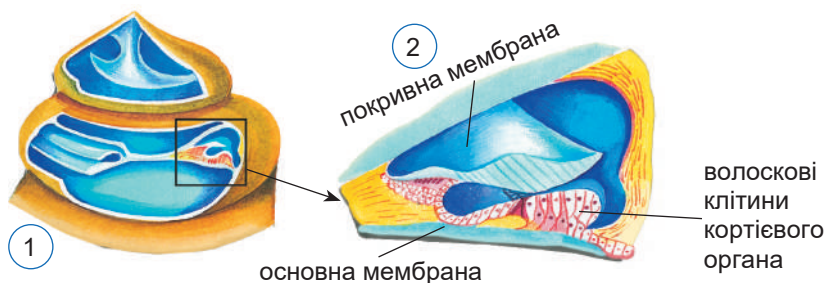


Мал. 52.2. Слухові кісточки

спірально закручений кістковий канал (мал. 52.3). Усередині порожнина завитки поділена двома мембранами на три ходи. Канал завитки заповнений рідиною, яка проводить звукові коливання.

На нижній, або основній, мембрані завитки розташований **кортієв орган**¹, який сприймає звуки. Рецептори кортієвого органа – волоскові клітини, розташовані на основній мембрані, над якими розміщена особлива накривна мембрана.

До клітин кортієвого органа підходять відгалуження нервових волокон чутливих клітин. Решта частин внутрішнього вуха – **вестибулярний апарат**.



Мал. 52.3. Завитка (1) та її будова (2)

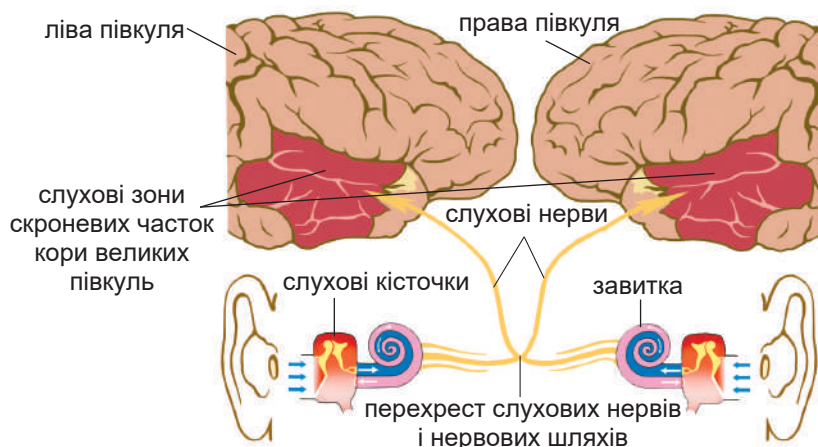
Як функціонує слухова сенсорна система людини. З навколишнього середовища звукові хвилі через зовнішній слуховий прохід потрапляють до барабанної перетинки, а з неї – на слухові кісточки. Завдяки системі слухових кісточок звукові коливання далі передаються до мембрани овального вікна (звук може передаватись і через кістки черепа). Коливання цієї мембрани далі передаються рідині, що заповнює порожнини внутрішнього вуха, зокрема канали завитки.

Зі свого боку, коливання рідини спричиняють коливальні рухи основної мембрани. Волоскові клітини кортієвого органа, торкаючись покривної мембрани, деформуються. Виникає так званий **мікрофонний ефект**: механічні коливання перетворюються на електричні, що мають таку саму частоту. Так виникає нервовий імпульс, який передається волокнами слухового нерва до підкіркових і кіркових центрів слуху.

Отже, функція кортієвого органа – перетворення енергії звукових коливань на енергію нервових імпульсів. Підкіркові центри слуху розташовані в мості, середньому та проміжному мозку. Остаточна сила, висота і характер звуку, його місцезнаходження в просторі аналізуються у слуховій зоні кори скроневих часток великих півкуль (мал. 52.4).

Слухова сенсорна система має важливе значення і для орієнтації людини у просторі. Саме парність органів слуху (наявність лівого та правого вуха) дає змогу точніше визначити локалізацію джерела звуку.

¹ Названо так на честь італійського вченого Альфонсо Джакомо Гаспаре Корті (1822–1876), який його описав у 1851 р.



Мал. 52.4. Шлях, який проходить нервовий імпульс від завитки до слухової зони кори кінцевого мозку

Які можливі порушення слуху людини. Яка їхня профілактика.

Постійний надмірний шум, надвисокі та наднизькі звукові коливання тощо призводять до зниження слуху, а іноді й до повної глухоти. За сильного тиску звукових хвиль (інтенсивністю 120–130 дБ) на барабанну перетинку людина відчуває біль у вухах, згодом може настати тимчасова чи повна втрата слуху. Це пов'язане з ушкодженням рецепторних клітин кортієвого органа і порушенням циркуляції рідини в завитці. Часткова (*туговухість*) або повна втрата слуху може бути пов'язана і з порушенням проведення звуків у слуховій сенсорній системі. Її можуть спричинити травми або запалення середнього чи внутрішнього вуха. Туговухість чи повна глухота можуть бути вродженими.



Дізнайтесь, як спілкуються між собою люди з вадами слуху.



Найбільше загрожує часткова чи повна втрата слуху людям, які працюють на шумних виробництвах, аеродромах, військовим-артилеристам тощо. Тому їм слід користуватись запобіжними пристосуваннями (наприклад, спеціальними навушниками; мал. 52.5).



Не слід чистити зовнішній слуховий прохід гострими предметами, щоб не ушкодити барабанну перетинку. Порушення гігієни слуху є часте користування навушниками, які спрямовують гучний звук безпосередньо на барабанну перетинку.

Мал. 52.5. Військовослужбовці у зоні бойових дій та під час тренувань використовують сучасні активні навушники, обладнані електронними компонентами. Такі навушники не тільки захищають від гучних звуків, а й дозволяють завдяки вбудованим мікрофонам спілкуватись між собою



Небезпечним для слухової сенсорної системи є запалення середнього вуха, або **отит**. Воно може бути спричинене переохолодженням організму або інфекційними захворюваннями (грипом, ангіною тощо). Захворювання супроводжується сильними болями, підвищенням температури, зниженням рівня слуху.



У разі травмування барабанної перетинки слід обов'язково звернутись до лікаря. Для збереження слуху треба: дотримуватися режиму праці та відпочинку, вести здоровий спосіб життя, запобігати інфекційним захворюванням та ін. За будь-яких неприємних відчуттів у вусі (біль, шуми, зниження слуху тощо) слід звертатися до лікаря.

Узагальнення

Слухова сенсорна система – друга за інформативністю щодо навколишнього світу. Вухо – орган слуху, який включає три відділи: зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо. Зовнішнє вухо складається з вушної раковини та зовнішнього слухового проходу, який спрямовує звукові коливання до барабанної перетинки. Середнє вухо представлене барабанною порожниною, в який розміщені три слухові кісточки: молоточок, коваделко та стремінце. Внутрішнє вухо становить собою систему порожнин і каналів, заповнених рідиною. Однією з його складових є завитка, з якою пов'язаний кортіїв орган, який сприймає звуки.



Поміркуйте

1. Яка роль барабанної перетинки в передачі звукових коливань?
2. Для чого людині рекомендують відкривати рот під час гучних звуків чи вибухів?
3. Чи справді слухові кісточки складаються з кісткової тканини?
4. Чому людина, яка не чула звуків, не може навчитись говорити?

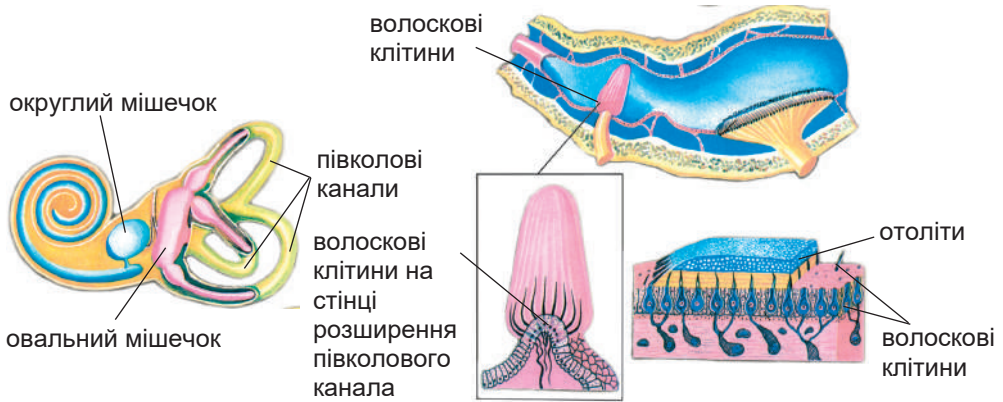
§ 53. Сенсорні системи рівноваги, руху, дотику, температури, болю



Чому людина не здатна адаптуватись до сприйняття болю?

Яка будова і функції сенсорної системи рівноваги. Для нормального функціонування нашого організму важливо контролювати його положення в просторі. Функцію сприйняття та регуляції положення тіла в просторі забезпечує **вестибулярний** (від лат. *vestibulum* – переддвер'я) **апарат**, який є периферичною частиною **сенсорної системи рівноваги**. Він складається з **овального** і **круглого** мішечків внутрішнього вуха і трьох півколових каналів (мал. 53.1). Усередині півколових каналів і мішечків заповнені драглистою речовиною. На внутрішній поверхні мішечків і півколових каналів є рецептори – волоскові клітини, від яких відходять відростки, які потім формують нерв (мал. 53.1). Півколові канали розміщені в трьох взаємно перпендикулярних площинах, що дає змогу сприймати простір у трьох його вимірах.

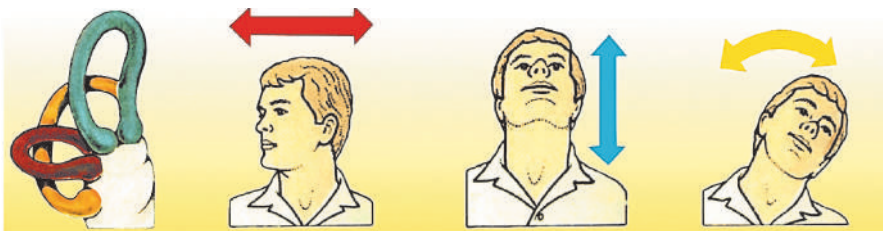
Як функціонує сенсорна система рівноваги. Будь-які зміни положення тіла або певних його частин (наприклад, голови) подразнюють



Мал. 53.1. Схема будови вестибулярного апарату

ті чи інші рецептори вестибулярного апарату. За допомогою півколових каналів ми визначаємо зміни напрямку руху, обертальні прискорення або їх сповільнення. Це відбувається наступним чином. За будь-якого руху голови чи зміни положення тулуба в'язка речовина, що заповнює порожнини півколових каналів, перестає тиснути на одні рецептори на внутрішніх стінках каналів і починає тиснути на інші. Рецептори, на які тисне речовина, збуджуються. Коли ж людина тримає голову рівно, речовина півколових каналів рівномірно тисне на волоски рецепторів. Кожен півколовий канал сполучається з овальним мішечком (його ще називають *маточкою*).

Лінійні прискорення сприймають овальний та круглий (або просто *мішечок*) мішечки. Крім волоскових клітин, занурених у драглисту речовину, до складу мішечків вестибулярного апарату входять особливі кристалики з кальцій ортофосфату, так звані *отоліти*. Волоски рецепторних клітин, занурені у драглисту речовину, разом з *отолітами* утворюють особливу *отолітову мембрану*. За прямолінійного прискорення чи сповільнення руху, а також за зміни сили тяжіння, кристалики отолітового апарату своєю масою тиснуть на драглисту речовину. Цей тиск передається волоскам рецепторів, згинаючи їх. Тому за певного переміщення отолітової мембрани одні з рецепторних клітин збуджуються, а інші, навпаки, гальмуються. Збудження передається до центрів рівноваги головного мозку. Це забезпечує точне визначення положення як голови, так і всього тіла у просторі (мал. 53.2).



Мал. 53.2. Частини органа рівноваги, які сприймають ті чи інші зміни положення голови

Нервові волокна, які беруть початок від рецепторів вестибулярного апарату, переплітаючись, утворюють вестибулярний нерв. Він проводить нервові імпульси від цих рецепторів до моста, мозочка, проміжного мозку і далі – до відповідних зон скроневої частки кори великих півкуль. Там відбувається остаточний аналіз і синтез отриманої від вестибулярного апарату інформації.

Вестибулярний апарат пов'язаний і з вегетативною (автономною) нервовою системою. Люди з підвищеною збудливістю вестибулярного апарату погано витримують польоти літаком, морські подорожі, тривалі поїздки автотранспортом. У них спостерігають тривале і сильне подразнення рецепторів вестибулярного апарату. Збудження передається на нервові центри, що регулюють діяльність внутрішніх органів. У результаті виникають рефлекторні реакції (збліднення, напади нудоти чи блювання, кволість, запаморочення). Такий стан людини називають *захитуванням*, або *морською хворобою* (оскільки уперше такі симптоми спостерігали під час морських подорожей). Після припинення поїздки чи морської хитавиці неприємні відчуття минають.

Підвищити стійкість вестибулярного апарату до дії незвичних факторів можна спеціальними фізичними вправами з різними обертаннями, швидкими поворотами. Відомо, що дітям подобається гойдатися на гойдалках. Це природна потреба розвивати вестибулярний апарат.



До розладів у роботі вестибулярного апарату призводять травми головного мозку, вживання наркотичних речовин та алкоголю. Унаслідок ураження однієї з півкуль мозочка у такої людини порушується координація рухів відповідної частини тіла (правої чи лівої). А при двобічному враженні мозочка втрачається координація рухів і здатність підтримувати рівновагу всього тіла. У враженої людини спостерігають невправну ходу, неточні рухи, вона часто спотикається й падає, в неї тремтять кінцівки й голова.

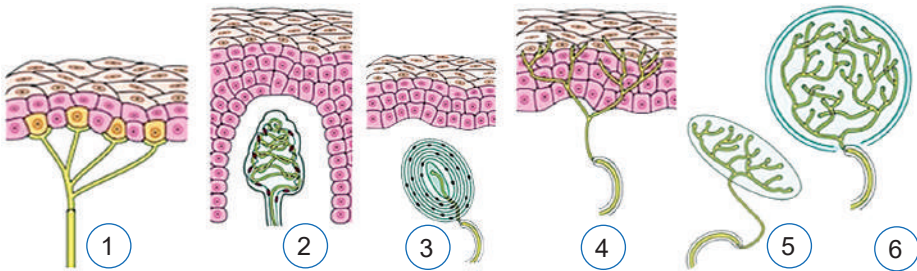
Цікаво знати. Функціонування вестибулярного апарату можливе лише в умовах дії сили земного тяжіння. Дія цього чинника впливає на рідину, що заповнює порожнини каналів вестибулярного апарату, і на кристалики кальцій ортофосфату, розташовані в округлому та овальному мішечках. За відсутності дії сили земного тяжіння людина не отримує інформації про положення тіла у просторі. Таке відчуття називають *невагомістю*, з ним стикаються космонавти, які перебувають у космосі (мал. 53.3). І навпаки, коли реактивний літак розвиває надзвукову швидкість, пілоти відчувають перевантаження, які справляють значний вплив на їхній вестибулярний апарат. Тому пілоти надзвукових літаків чи космонавти проводять тривалі тренування перед польотами.



Мал. 53.3. Людина у космосі відчуває стан невагомості

Крім вестибулярного апарату, положення всього тіла й окремих його частин контролюють рецептори, розташовані у шкірі, м'язах, сухожиллях, суглобах тощо. Це периферична частина **рухової сенсорної системи**. Під час зміни положення певної частини тіла (згинання і розгинання рук, нахили голови тощо) збуджуються відповідні групи рецепторів. Вони сигналізують нервовій системі про ступінь напруження м'язових волокон, про положення суглобів і різних частин тіла у просторі. Імпульси від цих рецепторів прямують до відповідних ділянок кори великих півкуль.

Завдяки чому ми відчуваємо дотик, температуру, біль. Важливу роль у забезпеченні нормального функціонування організму, здійсненні його зв'язків з навколишнім середовищем відіграють **рецептори шкіри**. Розрізняють чотири основні види шкірної чутливості: відчуття дотику та тиску, болю, тепла, холоду. Їх забезпечують відповідні рецептори (мал. 53.4).



Мал. 53.4. Різноманітні рецептори шкіри: сприймають різні подразники:
1, 2 – дотик; 3 – тиск; 4 – біль; 5 – тепло; 6 – холод

Цікаво знати. Підраховано, що на 1 см² нашої шкіри може припадати до 150 рецепторів, що сприймають біль, до 20 – холод, до 3 – тепло, близько 30 – дотик і тиск. Але розподілені вони нерівномірно: на одних ділянках певних рецепторів багато, на інших – їх мало. Так, на 1 см² шкіри гомілки припадає 9–10 рецепторів, тоді як на таку саму ділянку шкіри голови або долоні – кілька сотень.

Рецептори **сенсорної системи дотику та тиску** розташовані на поверхні шкіри або пов'язані з волосяними сумками. Вони реагують на розтягнення шкіри чи зміну положення волосків. **Відчуття дотику** – це сприйняття форми, розмірів, характеру поверхні, маси, їхньої консистенції (твердості чи м'якості) предметів навколишнього середовища, ділянок тіла.

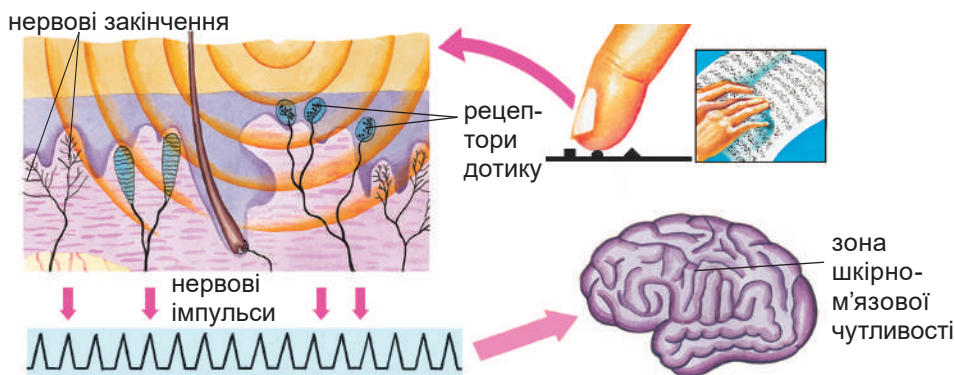
Найбільше рецепторів дотику розміщено на кінчиках губ і язика, долонях і кінчиках пальців. Саме тому люди з відсутністю зору, в яких підвищена дотикова чутливість, аналізують предмети, обмацуючи їх руками.

Цікаво знати. Незрячі люди сприймають текст на дотик. Цей рельєфно-крапковий шрифт розробив француз Луї Брайль (1809–1852); нині його використовують у всьому світі

Збудження, яке виникає в рецепторах дотику, нервами надходить до тім'яних часток кори великих півкуль у зону шкірно-м'язового чут-

тя (мал. 53.5). Тут формуються відчуття предметів, до яких доторкається людина.

Відчуття дотику значно підвищене на ділянках тіла, вкритих волосками. Це пояснюють тим, що волоски, до яких підходять нервові закінчення, відіграють роль важеля під час дотику до них. Під час дотику до них вони відхиляються й підсилюють таким чином передачу подразнення в декілька разів.



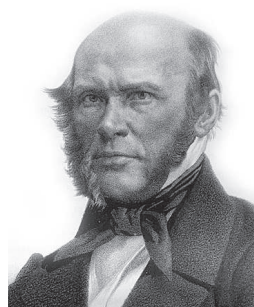
Мал. 53.5. Передача нервових імпульсів від рецепторів шкіри до зони шкірно-м'язової чутливості у корі півкуль

? Проаналізуйте шлях передачі нервового імпульсу та формування інформації.

Біль людина сприймає внаслідок подразнення рецепторів, які містяться у шкірі та внутрішніх органах. Вони входять до складу периферичного відділу **сенсорної системи болю**. Больові сигнали від рецепторів через підкіркові центри, розташовані в таламусі (структурі проміжного мозку), надходять у зону шкірно-м'язового чуття великих півкуль. Вони дають змогу організмові миттєво зреагувати на небезпеку, що загрожує. Часто біль сигналізує про порушення функціонування тих чи інших органів, початок певних захворювань або небезпечні зовнішні впливи (вогонь, гострі предмети, їдкі речовини тощо).

? Поміркуйте, чи можуть больові відчуття бути корисними для збереження здоров'я.

+ Больові відчуття можна знизити, використовуючи знеболювальні препарати. За їхньою допомогою в медицині штучно здійснюють анестезію – тимчасову втрату чутливості (зокрема, під час хірургічних операцій). Проблему знеболювання під час хірургічних операцій уперше запропонував розв'язати український хірург М.І. Пирогов (мал. 53.6). Його вважають засновником військово-польової хірургії – розділу військової медицини, який присвячений організації надання хірургічної допомоги пораненим і потерпілим під час воєнних дій.



Мал. 53.6. Микола Іванович Пирогов (1810–1881)

Зміни температури в довкіллі і всередині тіла сприймають рецептори, що входять до складу **температурної сенсорної системи**. Одні з них збуджу-

ються під впливом холоду, інші – тепла. Крім шкіри, ці рецептори розміщені також на слизових оболонках. Як і рецептори інших типів, рецептори, що сприймають тепло й холод, поширені в шкірі нерівномірно. Саме цим пояснюють різну чутливість тих чи інших ділянок шкіри до змін температури в довіллі. Найчутливіші розташовані в ділянці живота, найменш чутливі – на ступнях або долонях.

Рецептори, які сприймають холод і тепло, здатні адаптуватися, тобто пристосовуватися до змін температури навколишнього середовища. Так, якщо опустити руку в холодну воду ($+10\text{ }^{\circ}\text{C}$), то відчуття холоду через певний час зникає. Якщо руку перенести у воду, температура якої вище на $1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$, то спочатку виникає відчуття тепла, яке також згодом минає.

Узагальнення

Вестибулярний апарат, який є периферичною частиною сенсорної системи рівноваги, пов'язаний із внутрішнім вухом. Він забезпечує сприйняття та регуляцію положення тіла в просторі та збереження рівноваги. До його складу належать овальний і круглий мішечки та три півколові канали. Крім вестибулярного апарату, положення всього тіла й окремих його частин контролюють рецептори, розташовані у шкірі, м'язах, сухожиллях, суглобах. Вони входять до складу рухової сенсорної системи. У шкірі розташовані рецептори, здатні забезпечувати відчуття дотику та тиску, болю, тепла, холоду.

Поміркуйте

1. Для чого космонавтів тренують на тренажерах-центрифугах?
2. Як поперемінне подразнення рецепторів, що сприймають тепло і холод, впливає на загальну адаптацію організму?
3. Яких рецепторів більше в шкірі людини: тих, що сприймають тепло чи холод?
4. Що таке анестезія, для чого її застосовують?



Лабораторне дослідження «Дослідження температурної адаптації рецепторів шкіри».



§ 54. Сенсорні системи нюху, смаку. Рецептори внутрішніх органів



Що таке хеморецепція? Яке значення мають смак і нюх у житті людини?

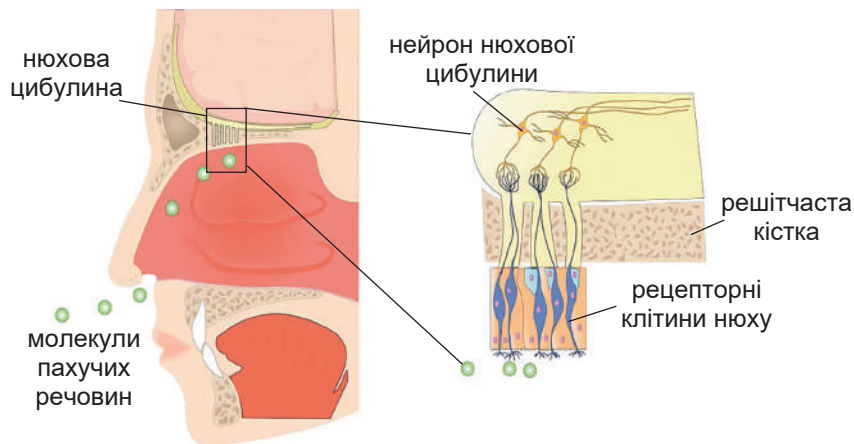
Завдяки чому ми здатні сприймати запахи. Ми сприймаємо запахи завдяки **нюху**. Здатність людини сприймати запахи ґрунтується на тому, що молекули летких сполук діють на рецепторні клітини, які є периферичною частиною **сенсорної системи нюху**.

Нюх відіграє важливу роль у житті людини: за запахом ми можемо відрізнити їстівні об'єкти від неїстівних (наприклад, несвіжі, що втратили їстівні якості й загрожують нашому здоров'ю). Запахи впливають на емоційний настрій людини: одні з них (запахи квіток, якісних парфумів, лісового чи морського повітря) поліпшують настрій, сприя-

ють підвищенню працездатності, інші (сірководень, запах поту тощо) – погіршують.

Нюхові рецептори (хеморецептори) розташовані в слизовій оболонці верхньої носової раковини, а також у задньоверхній частині носової перегородки (мал. 54.1). Від верхньої поверхні цих клітин відходить відросток, який має короткі війки. Ці війки заглиблені в шар слизу, що вкриває нюховий епітелій. Вони збільшують поверхню контакту з молекулами летких сполук.

Одна з функцій слизу – захист клітин від пересихання: якщо слизова носової порожнини пересихає, здатність сприймати запахи знижується або взагалі зникає.



Мал. 54.1. Схема сприйняття нюховими рецепторами молекул пахучих речовин

Молекули пахучих речовин надходять до рецепторних клітин або через ніздрі (під час вдиху), або з ротової порожнини. Таким чином, споживаючи їжу, ми відчуваємо не лише її смак, а й запах. Молекули летких речовин взаємодіють з мембраною рецепторних клітин, збуджуючи їх. Так виникають нервові імпульси.

Цікаво знати. У людини налічують приблизно від 40 до 60 млн нюхових рецепторних клітин (для порівняння: в собаки їх близько 240 млн, тому нюх у собак розвинений значно краще, ніж у людини).

Від основи рецепторних клітин відходять довгі відростки – аксони. Їхні утвори – нюхові нитки – проходять через решітчасту кістку черепа й прямують до нюхових цибулин (мал. 54.1). У цих складних утворах відбувається первинне оброблення нюхової інформації. Далі нервові імпульси прямують до ділянок кори лобових і скроневих часток півкуль. Там остаточно аналізуються нюхові подразнення. До підкіркових центрів, що беруть участь в обробці нюхової інформації, належать ядра гіпоталамуса (структури проміжного мозку).

Гостроту нюху визначають за найменшою концентрацією речовини, яка спричинює відчуття запаху. Її вимірюють за кількістю молекул пахучої речовини в 1 см³ повітря.

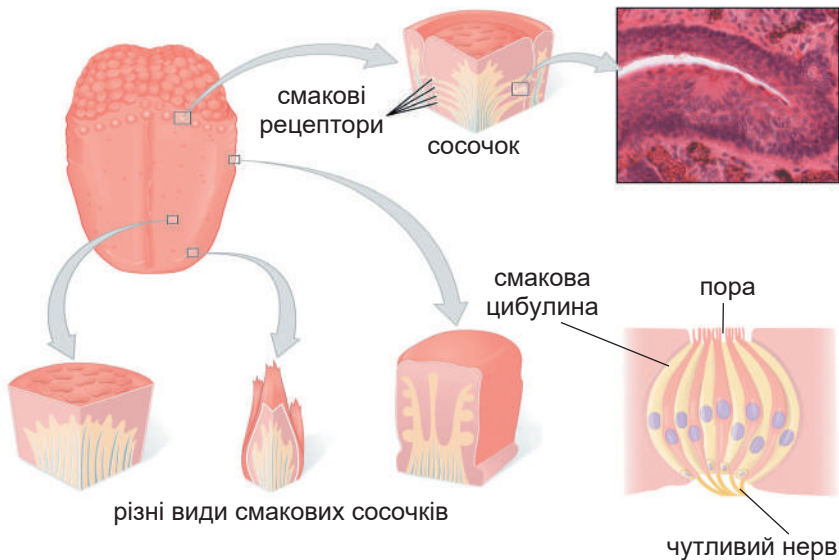
Сприйняття запахів людиною залежить від фізіологічного стану організму, стану нервової системи, віку людини тощо. Є люди, в яких відчуття запахів загострене, вони можуть відчувати запахи тоді, коли більшість людей їх не відчуває.

Цікаво знати. Людина швидко звикає до запаху. Якщо вона заходить до кімнати з певним запахом, то через деякий час перестає його відчувати. На гостроту нюху впливає температура та вологість. Оптимальна температура для сприйняття запахів +30 °С.



Нюхові рецептори можуть руйнуватись унаслідок впливу тих чи інших факторів (низькі або високі температури, їдкі хімічні сполуки тощо). При цьому можуть спостерігати тимчасову або повну втрату здатності розпізнавати запахи.

Яке значення для людини має відчуття смаку. Смак – сприйняття смакових властивостей речовин, які потрапляють на рецептори ротової порожнини та на поверхню язика. Крім того, вони є на поверхні м'якого піднебіння та на задній стінці глотки. Рецептори смаку розміщені у *смакових цибулинах*, які входять до складу виростів слизової оболонки язика – *сосочків* (мал. 54.2). Смакові відчуття дають змогу визначити якість їжі та питної води, збуджують апетит, сприяючи виділенню травних соків і перетравленню їжі.



Мал. 54.2. Будова смакової цибулини

Для того щоб певні сполуки могли подіяти на смакові рецептори, вони мають бути розчинені в слині чи воді. Суха поверхня язика не здатна розпізнавати смакові якості сполук. Через пору, розташовану на поверхні сосочка, молекули речовин, що потрапили до ротової порожнини, проникають усередину невеликої камери, заповненої рідиною. На її дні є смакові рецептори. Молекули взаємодіють з рецепторними клітинами, подразнюючи їх.

Цікаво знати. Підраховано, що в дорослої людини є декілька тисяч смакових цибулин. Термін існування смакових рецепторних клітин незначний: вони живуть приблизно 10 діб, після чого їх заступають нові.

Рецептори смаку, як і рецептори нюху, належать до *хеморецепторів*. Від рецепторних клітин смакова інформація декількома нервами надходить до структур центральної нервової системи: довгастого мозку та смакового ядра моста. Далі вона прямує до ядер таламуса та скорових ділянок кори великих півкуль. Саме там формується сприйняття смакових якостей їжі і питної води.

Смакові рецептори, нерви, а також смакові зони центральної нервової системи складають **сенсорну систему смаку**.

Людина здатна розпізнавати п'ять основних смаків: солодкий, кислий, гіркий, солоний та умами. На поверхні язика виявлено зони специфічної чутливості (мал. 54.3). Так, рецептори, які сприймають гіркий смак, розташовані переважно біля основи язика, солодкий – на верхівці, кислий і солоний – на бічних частинах (кислий – ближче до основи, солоний – ближче до верхівки). Смакові зони перекриваються. У середній частині язика смакових рецепторів майже немає.



Мал. 54.3. Зони специфічної чутливості язика, на яких розташовані різні групи смакових рецепторів: 1 – солодкий; 2 – солоний; 3 – кислий; 4 – гіркий; 5 – умами

Відчуття смаку залежить від концентрації речовини. Наприклад, звичайна кухонна сіль за низької концентрації здається солодкою, і лише коли її концентрація зростає, відчувається солоною. Виникають і змішані смакові відчуття: наприклад, смак дозрілого апельсина сприймається як кисло-солодкий, а грейпфрута – як солодко-гіркий.

У 1908 році японський хімік Кікунае Ікеда (1864–1936) звернув увагу, що бульйони, які містять глутамат натрію, створюють приємний смак, відмінний від кислого, солоного, гіркого або солодкого. Цей п'ятий смак він назвав **умами** (з японської – приємний смак). Такий особливий смак створюють також деякі розчинні амінокислоти та їх похідні.

✓ **Дізнайтеся більше** про глутамат натрію за QR-кодом.



Мінімальна концентрація речовин, за якої людина може визначити її смак, має назву **смаковий поріг**. Він неоднаковий для різних хімічних речовин. Для цукру смаковий поріг становить 0,01 моль/л, для кухонної солі – 0,05, лимонної кислоти – 0,009, а хініну¹ –

¹ Хінін – речовина рослинного походження (міститься у корі хінного дерева).

0,000008 моль/л. Таким чином, ми найчутливіші до гіркого, менш чутливі до кислого та однаковою мірою сприймаємо солодке і солоне. Вища чутливість до гіркого пов'язана з тим, що багато отруйних сполук мають гіркий присмак. Тому гіркий присмак може сигналізувати про небезпеку. Сильні гіркі подразники спричиняють напади нудоти чи блювоти, що може запобігати потраплянню небезпечних сполук до організму.

Для сприйняття смакових відчуттів важливе значення має температура їжі. Висока або низька її температура знижує смакові відчуття: при споживанні гарячого чаю із цукром він спочатку здається несо- лодким. Найсприятливішою температурою для розпізнавання смако- вих якостей їжі вважають $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Оскільки нюховий і смаковий нервові центри в корі великих півкуль розташовані поруч, на визначення якості їжі впливає як її запах, так і смак. Коли закладено ніс під час нежитю, смакові відчуття порушуються.



Здатність розпізнавати смаки знижує інтенсивне тютюнокуріння, вживання нар- котичних речовин тощо. Смакові відчуття можуть порушитися внаслідок ушко- дження язика (механічні ушкодження, утворення виразок тощо), інших смако- вих зон, а також захворювань відповідних нервових шляхів і ділянок сприйняття сма- кових відчуттів у головному мозку.

Рецептори внутрішніх органів. Багато рецепторів, які сигналізу- ють про стан нашого організму, розташовані у внутрішніх органах. Так, рецептори в стінках шлунка та кишки контролюють ступінь запо- внення їх їжею. Коли шлунок порожній, в людини виникає відчуття голоду. Коли ж він заповнюється, виникає відчуття ситості.

У виникненні відчуття голоду беруть участь і рецептори, які сприй- мають зміни концентрації глюкози в крові. Підкіркові центри відчут- тя голоду й ситості розташовані в гіпоталамусі, звідки нервові імпуль- си надходять до відповідних ділянок кори великих півкуль. Рецептори стінок кровоносних судин реагують на вміст газів у крові, артеріаль- ний тиск тощо. Взаємодія різних типів рецепторів, розташованих у різних внутрішніх органах, створює цілісну картину стану нашого організму, забезпечує координацію діяльності його окремих частин.



Узагальнення

Запахи сприймає нюхова, а смаки – смакова сенсорна система. Нюхові рецептори, які складають периферичну частину нюхової сенсорної системи, сприймають молекули летких сполук. Рецепто- ри смаку переважно розміщені у смакових цибулинах слизової обо- лонки язика, здатні сприймати різні смаки: кисле, солодке, соло- не, гірке та смак уамі. Рецептори розташовані й у внутрішніх органах, вони забезпечують контроль за їх станом і роботою.



Поміркуйте

1. Як перевірити наявність у себе на язика зон, які сприймають кисле, солодке та солоне?
2. Чому різні люди відчувають запахи по-різному?
3. Чи можна тренувати смакову сенсорну систему?

Підіб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Під час планування дослідження «Дослідження впливу аромаолії лаванди на запам'ятовування інформації учнями» учні й учениці визначали змінні. Учень сказав, що точність відтворення інформації учнями – це залежна змінна, а учениця визначила контрольованою змінною склад аромаолії лаванди, яку використовують у дослідженні. Хто правий?

- А учениця
- Б учень
- В обоє праві
- Г обоє не праві

2. Учні та учениці висували гіпотези під час дослідження температурної адаптації рецепторів шкіри. Учень запропонував гіпотезу про те, що рецептори шкіри здатні адаптуватись до температурних подразнень і змінювати їх сприйняття, а учениця додала, що рецептори тепла здатні адаптуватись, а холоду – не здатні. Хто правий?

- А учениця
- Б учень
- В обоє праві
- Г обоє не праві

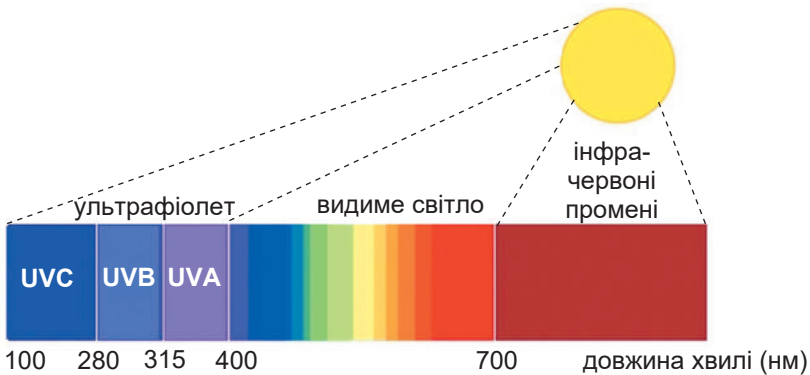
II. Опрацьовую та використовую інформацію

1. Розгляньте діаграми «Рівні шуму (в дБ)». Проаналізуйте твердження на базі діаграм, якщо в нормі людина сприймає звуки від 1 до 80 децибелів. Дайте відповідь «Так» чи «Ні».



Діапазон 85–140 дБ небезпечний для здоров'я людини	Так	Ні
Гучна розмова становитиме 45 дБ	Так	Ні
Звук відбійного молотка становить 120 дБ, це небезпечно для здоров'я людини	Так	Ні
Після рок-концерту в людини може боліти голова, оскільки його шум вище 80 дБ	Так	Ні
Краплі дощу не створюють шуму, їх сприйняття 0 дБ	Так	Ні

2. Розгляньте малюнок сприйняття оком видимого світла. Виберіть правильне твердження.

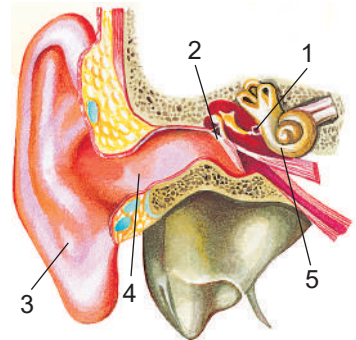


- А ультрафіолетові промені мають довжину хвилі 100–700 нм
- Б видиме світло для ока людини – 400–700 нм
- В інфрачервоні промені мають довжину хвилі від 500 нм до 700 нм
- Г людина здатна бачити в діапазоні від 100 до 700 нм

III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Утворіть пари між особливістю функціонування елемента будови вуха (А–Г) та його позначенням цифрою на малюнку (1–5).

- А закручена спіралью, містить кортіїв орган
- Б розмежовує зовнішнє та середнє вухо, підсилює звук
- В хрящова структура, що вловлює та спрямовує звуки
- Г містяться в середньому вусі, підсилюють звукові коливання



2. Заповніть пропущені комірки логікону.

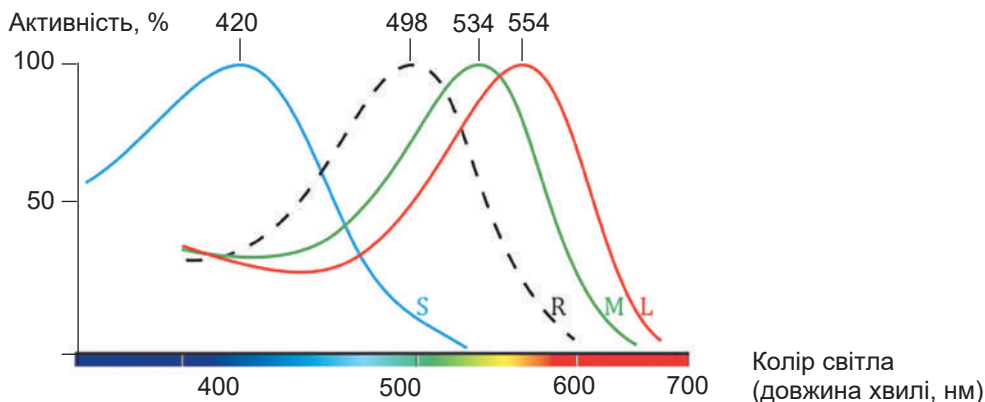
Частина ока	Склера		
Будова		середня оболонка ока, містить кровоносні судини	містить фоторецептори колбочки та палички
Функції	підтримує форму очного яблука, захищає		

Компетентнісно орієнтоване завдання

У сітківці ока людини є три типи колбочок, які відрізняються за особливостями білків опсинів (йодопсини, або «фіалкові» пігменти). Їхні основні характеристики наведено у таблиці.

Тип колбочок за опсином	Діапазон чутливості	Максимум
L – «протан», «еритролаб»	500–700 нм	564 нм
M – «дейтан», «хлоролаб»	450–630 нм	534 нм
S – «тритан», «ціанолаб»	400–500 нм	420 нм

На кольоровій діаграмі наведено активність (у відсотках від максимальної, вісь Y) для паличок (пунктирна лінія) і колбочок різних типів за опсинами у відповідь на освітлення світлом певного кольору (з певною довжиною хвилі, у нм, вісь X).



За відсутності котрогось із цих пігментів розвивається одна з форм несприйняття кольорів: *протанопія*, *дейтеранопія* чи *тританопія* відповідно. Явище відкрив англійський учений Джон Дальтон (1766–1844), який був протанопом (не розрізняв червоний колір), але не знав про свою кольірну сліпоту до 26 років. Тільки після того, як у 1790 році Дальтон захопився ботанікою, виявилось, що йому важко розбиратися, коли йшлося про пурпурові, рожеві або темно-червоні кольори, що були подібні до синіх. Дальтон детально описав свій родинний дефект зору в невеликій книзі. Завдяки публікації вченого з'явилося слово «дальтонізм», яке на довгі роки стало синонімом не тільки описаної ним аномалії зору в червоній ділянці спектра, але і будь-якого порушення кольорового зору.

У наявності в сітківці світлочутливих клітин з пігментами, чутливими до різних ділянок спектра, можна пере-свідчитися за допомогою «ілюзії (*приховане слово*) метелика».

Якщо певний час, пів хвилини чи хвилину, дивитись обома очима на чорний хрестик на блакитному метелику, а потім перевести погляд на хрестик на сірому тлі, можна побачити кольорового метелика. Пояснення ілюзії полягає в тому, що з трьох типів колбочок лише один, з опсином S, втомлюється. Під час переведення погляду на сіре тло променів світла для його збудження вже недостатньо, але інші два типи колбочок, з «червоним» і «зеленим» опсинами, спрацьовують. І хоча ми бачимо один зі спектральних кольорів видимого спектра, які визначив Ісаак Ньютон, і можемо від-



нести до певної довжини хвилі на графіку, бачимо ми його завдяки одночасній активації одразу двох типів колбочок.

Пурпуровий, на відміну від фіолетового, не входить у палітру спектральних кольорів і не має власної віднесеної до нього довжини хвиль світла. Із цієї причини його називають *неспектральним* кольором. Пурпуровий колір існує в культурі та мистецтві, але не в оптиці. Він є лише поєднанням у різних пропорціях двох основних кольорів: червоного й синього.

1. Укажіть за таблицею, світло з якою довжиною (у нм) може сприйматися тією чи іншою мірою всіма трьома опсинами.

Підказка. Знайдіть таке число (таку довжину хвилі), що потрапляє в діапазон чутливості усіх трьох опсинів.

2. У Дальтона, як і у 8 % сучасних чоловіків і 0,5 % жінок, протанопія є наслідком відсутності пігменту L. Укажіть за діаграмою, як сприйматимуть червоне світло лазерної указки (620 нм) люди з протанопією.

Підказка. Побудуйте уявну вертикальну лінію на цій довжині хвилі, щоб побачити, які пігменти активуватимуться.

А як червоне **Б** як зелене **В** як жовте **Г** як синє

3. Проведіть самоспостереження з блакитним метеликом. Як має називатися ця ілюзія (відтворіть пропущене слово)? Укажіть за діаграмою, якій (приблизно) довжині хвилі відповідає цей колір.

А червоного **Б** помаранчевого **В** золотавого **Г** зеленого

4. Проведіть самоспостереження з пурпуровим метеликом. Якого кольору метелика можна побачити?

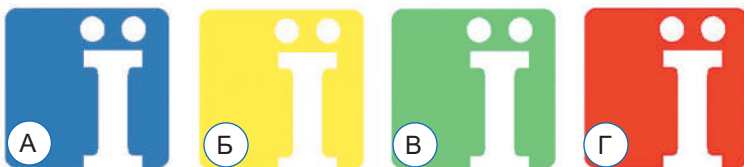
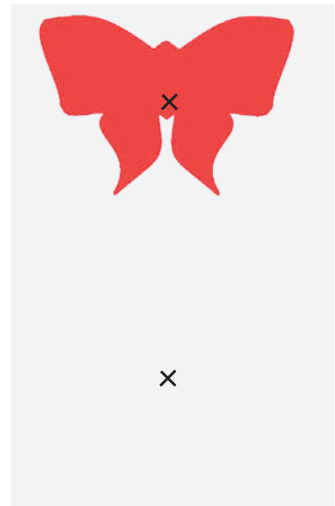
А червоного **В** зеленого
Б золотавого **Г** блакитного

5. У підручнику наведено застарілу назву родопсину – «зоровий пурпур». Поясніть, спираючись на графік, чому саме пурпур.

Підказка. Згадайте КОЗ до теми 3 підручника «Біологія, 7 кл.», с. 59–60, завдання 3 «Чому водорість зелена?»

6. Стартаперка пані Їжаченко має дейтеранопію, тобто в неї не працює «зелений» опсин М. Для свого стартапу вона хоче обрати такий колір логотипа, який однаково сприймався б як людьми з повноколірним зором, так і з дейтеранопією. Допоможіть їй (за допомогою діаграми) обрати колір логотипа.

Підказка. Колір логотипа має однаково стимулювати (точніше, *не* стимулювати) «червоний» і «зелений» опсини, бо саме «червоний» опсин спрацьовуватиме в більшості випадків замість «зеленого», що й призводитиме до помилкового сприйняття кольорів.



Тема 9.

Вища нервова діяльність



Чи змінюється тип темпераменту людини впродовж її життя? Чому і для чого людина забуває інформацію?

Творчий проєкт:

«Яке значення різних видів гальмування умовних рефлексів у житті людини?»; написання есе (твору, розповіді): «Сон і неспання – два боки біологічних ритмів»; «Роль “біологічного годинника” в житті людини».

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Сприйняття слів і розвиток мовлення у дитини»; «Натуральні та штучні умовні рефлекси в житті людини»; «Властивості уваги та роль уваги у процесах сприйняття інформації».

Практико-орієнтований проєкт:

складання пам'ятки «Правила тренування пам'яті».

Ігровий проєкт:

рольова гра: «Типи темпераменту в сюжетах».

Науково-дослідницький проєкт:

«Дослідження впливу вправ для тренування мозку (*brain fitness*) на поліпшення пам'яті та уваги в школярів вибраної групи»; «Дослідження впливу іграшок “антистрес” різних виробників або виготовлених самостійно для емоційного розвантаження та/або поліпшення успішності».

§ 55. Вища нервова діяльність. Історія і методи вивчення вищої нервової діяльності людини



Як розвиток методів наукового дослідження світу вплинув на уявлення про вищу нервову діяльність?

Що таке вища нервова діяльність. Людина постійно пристосовується до періодичних і неперіодичних змін інтенсивності дії чинників навколишнього середовища, в якому живе. Крім природних впливів (зміни інтенсивності дії температури, тиску, рівня освітленості, вологості повітря тощо), вона як біосоціальна істота має справу й із соціальними чинниками (співіснування в різних соціальних групах: сім'ї, школі тощо). Відповідно мусить постійно змінювати свою поведінку для того, щоби задовольнити потреби в підтриманні життєдіяльності та соціального становлення. Сукупність реакцій організму, спрямованих на встановлення життєво необхідних зв'язків з навколишнім середовищем, називають **поведінкою**.

Вища нервова діяльність (ВНД) – це сукупність взаємопов'язаних нервових процесів, які відбуваються в корі та підкіркових центрах головного мозку й забезпечують ефективні пристосування людини до мінливих умов існування.

Біологічно доцільні реакції організму людини на дію подразників зовнішнього і внутрішнього середовища забезпечують три пристосувальні механізми: безумовні (вроджені) рефлекси, умовні (набуті) реф-

лекси і розумова діяльність. Безумовно- та умовно-рефлекторна діяльність людини взаємопов'язані та є тією основою, що забезпечує вищу нервову діяльність. Отже, вища нервова діяльність людини є результатом узгодженої дії великої кількості нервових клітин різних відділів головного мозку. Будь-який прояв вищої нервової діяльності людини може бути досліджений до конкретних нейронних комплексів, розташованих в одній чи різних зонах мозку.

У людини вища нервова діяльність вирізняється складністю і багатогранністю проявів, зокрема, важливими є:

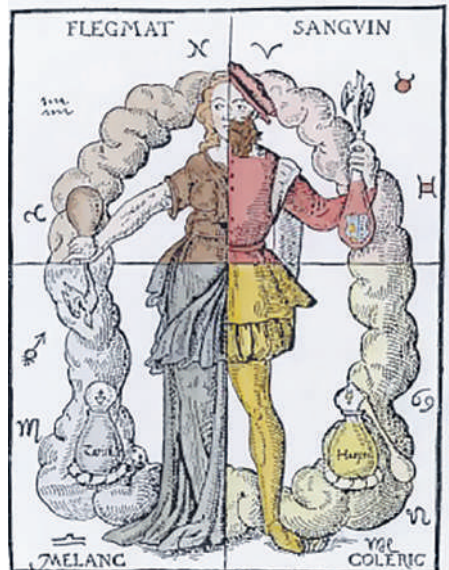
- *інтелектуальні процеси*, що зумовлюють пізнавальну діяльність людини;
- *емоційні процеси*, завдяки яким виявляється ставлення людини до навколишніх явищ та об'єктів, самої себе та інших людей;
- *вольові процеси*, що забезпечують цілеспрямованість діяльності людини.

Якими методами досліджували колись і досліджують тепер вищу нервову діяльність. Історія розвитку поглядів на вищу нервову діяльність тісно пов'язана з розвитком науки і техніки. Учені минулого у спробах пояснити, як працюють мозок і розум, шукали аналогій в матеріальному світі, що їх оточував, у технічних винаходах і наукових відкриттях в інших галузях.

Найбільшим досягненням часів Давньої Греції і Давнього Риму були водопровід і каналізація, засновані на принципах механіки рідин. Тож не дивно, що на той час були панівними уявлення про головний мозок як залозу, яка виділяє певні рідини.

Видатний грецький лікар Гален (II ст. н. е.) вважав, що саме баланс рідин у шлуночках мозку визначає характер, або темперамент, людини (й досі темперамент називають *типом вищої нервової діяльності*). За його уявленнями, це чотири рідини: слиз (грец. – *флегма*), кров (*сангва*), жовч (*холе*) і чорна жовч (*мелан холе*) (мал. 55.1). Кожна з них має спеціальну функцію: кров підтримує життєвий дух людини; флегма спричиняє млявість; чорна жовч зумовлює сум і меланхолію, жовта – гнів. Звідси, люди жвавого типу (*сангвініки*) – це енергійні наполегливі люди, які вміють швидко перебудовуватися під час зміни виду діяльності.

Люди спокійного типу (*флегматики*) більш інертні, мають високу енергію і працездатність, але віддають перевагу більш спокійній роботі, повільно приймають рішення. Люди нестримного типу (*холерики*) сильні, але неврівноважені: вони швидко

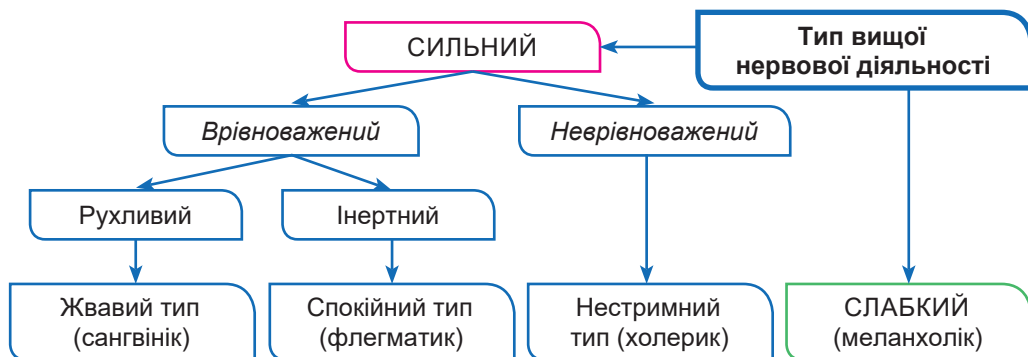


Мал. 55.1. Уявлення про рідини, які визначають темперамент людини: слиз (у флегматика), кров (у сангвініка), жовч (у холерика) і чорна жовч (у меланхоліка). Середньовічна гравюра

захоплюються чимось, але дратівливі й вибухові у своїх емоційних проявах, що свідчить про переважання процесів збудження над гальмуванням.

Нарешті, меланхоліки як слабкий тип вирізняються загальною слабкістю і втомлюваністю нервової системи: вони нерішучі, підкоряються чужій волі, бояться відповідальності й часто самоізолюються. Уважалося, що описані чотири типи темпераменту є основними, але рідко трапляються в чистому вигляді: найчастіше спостерігають проміжні форми, з переважанням того чи іншого типу. Нині ці уявлення мають лише історичний інтерес.

На початку XX століття було здійснено спробу встановити зв'язок між темпераментами, які визначили давні греки, і властивостями нервової системи. А саме з'ясовували співвідношенням трьох загальних характеристик – сили, врівноваженості й рухливості нервових процесів (мал. 52.2). *Сила* нервової системи – це її здатність реагувати на сильні й дуже сильні подразники без пригнічення. Відповідно виділяли сильний і слабкий типи вищої нервової діяльності. Сильний тип було поділено на врівноважений та неврівноважений. *Врівноваженість* визначається рівновагою між процесами збудження і гальмування. *Рухливість* нервових процесів визначається швидкістю переходу від збудження до гальмування і навпаки. На малюнку 55.2 показано, як характеристики процесів збудження й гальмування визначали різні темпераменти, описані давніми греками.



Мал. 55.2. Типи вищої нервової діяльності

У XVIII столітті після відкриття електричного струму з'ясувалося, що той може впливати на організми. Досліди Луїджі Гальвані показали, що електричний струм може спричиняти скорочення м'язів у жаби без участі нервової системи. Тоді електричному струму приписували цілющі властивості. Було доведено, що передача збудження нейронами як і скорочення м'язів, має електричну природу.

Наприкінці XIX – на початку XX століття істотного прогресу досягли методи мікроскопічного дослідження клітинних структур мозку. Саме тоді іспанський мікроскопіст Сантьяго Рамон-і-Кахаль розробив методи забарвлення нервової тканини. Це дало змогу дослідити та описати структуру кори великих півкуль головного мозку (неокортекса), притаманного лише ссавцям і дуже добре розвиненого в людини (мал. 55.3).

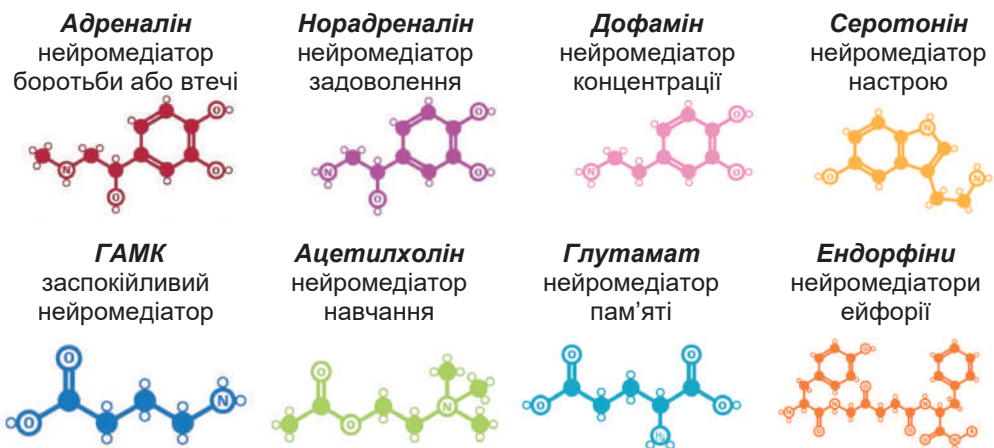


Порівняйте будову великих півкуль людини, миші та кішки. На що вказує кількість клітин і розвиток неокортекса?

Розвиток медицини й гігієни часів Першої світової війни сприяв зростанню випадків одужування військових із пораненнями в голову. Вивчення змін у поведінці таких людей (за відомої локалізації поранень) дав змогу розпочати процес картування зон головного мозку. Ушкоджені ділянки не виконували свою функцію, тож можна було дослідити, за що відповідає саме ця ділянка мозку. Згодом вдалося вдосконалити техніку операцій на головному мозку. Такі операції зазвичай проводять без знеболювання, адже мозок не має власних больових рецепторів. Люди під час цих операцій перебувають у свідомості, тож можна було дізнатися, що саме вони відчувають у відповідь на ті чи інші подразнення безпосередньо самих півкуль мозку.

Дослідження на тваринах дали змогу точніше ідентифікувати розташування різних центрів у головному мозку завдяки використанню методу вживлених електродів.

Наступним кроком у дослідженні механізмів роботи мозку стало вивчення *нейромедiatorів* (мал. 55.4) – речовин, що опосередковують



Мал. 55.4. Будова нейромедіаторів

передачу збудження. Ці дослідження дозволили описати наявність у центральній нервовій системі різних ділянок, у яких переважає той чи інший тип нейромедіатора, і дослідити вплив різних речовин на елементи індивідуальної або соціальної поведінки людей. Виявилось, що низка захворювань, а також дія багатьох психоактивних речовин пов'язані саме з підсиленням, заміною або, навпаки, припиненням дії тих чи інших нейромедіаторів.

✓ **Дізнайтеся більше** про нейромедіатори настрою за QR-кодом.



Розгляньте прикрасу на малюнку 55.5 Який нейромедіатор вона демонструє?



Мал. 55.5

Найбільшим досягненням останніх десятиліть стало створення технічних пристроїв, які дозволяють вивчати структури й створювати об'ємні моделі різних органів або навіть досліджувати активність мозку людини в тих чи інших станах. Наприклад, магнітно-резонансна томографія (МРТ) дає змогу дослідити активність різних структур мозку, навіть під час виконання різних вправ.

Методи прижиттєвого дослідження роботи мозку дозволяють на новому рівні дослідити механізми навчання і збереження слідів пам'яті, активацію різних ділянок мозку під час розв'язання складних логічних і математичних задач, вплив зовнішніх факторів на активність ділянок мозку – до спроб з'ясувати, що таке людська свідомість.

Узагальнення

Поведінка – це спосіб взаємодії людини з навколишнім середовищем, коли вона під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників змінює свої дії. Вища нервова діяльність – сукупність взаємопов'язаних нервових процесів, що відбуваються в корі та підкіркових центрах головного мозку й забезпечують ефективні пристосування людини до мінливих умов існування. Вища нервова діяльність – це інтелектуальні, емоційні та вольові процеси. Її поділяють на два типи залежно від сили нервових процесів (сильний і слабкий). Для сильного типу використовують характеристики: врівноваженість нервових процесів та їх рухливість.



Поміркуйте

1. Як співвідносяться між собою поняття психіки і вищої нервової діяльності?
2. Який є зв'язок між типом вищої нервової діяльності і типом темпераменту?
3. Пригадайте літературних героїв та кіногероїв з різними типами вищої нервової діяльності.
4. Як кількість утворених нейромедіаторів впливає на поведінку людини?



Лабораторне дослідження «Визначення типу вищої нервової діяльності та властивостей темпераменту».



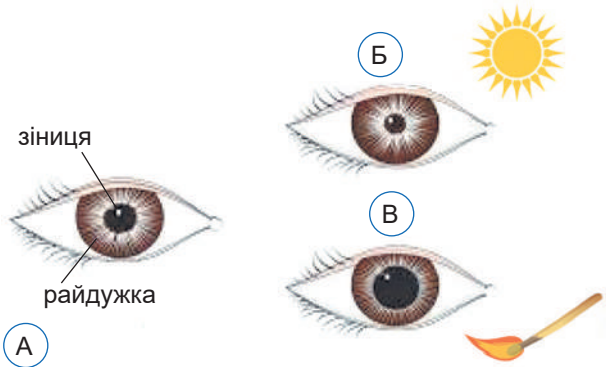
§ 56. Рефлекси. Навчання і пам'ять



Як навчається людина? Що спільного між процесом навчання комп'ютерних мереж і навчанням людини?

Яка роль безумовних рефлексів у поведінці людини. Пригадаємо (параграф 12): **безумовні рефлекси** – вроджені поведінкові реакції, які майже не змінюються протягом життя. У здійсненні їх беруть участь спинний мозок, стовбур і підкіркові ядра головного мозку, де розміщені відповідні нервові центри безумовних рефлексів. Безумовні рефлекси проявляються однаково в кожній людині і забезпечують її пристосування до умов життя. Прикладом безумовних рефлексів у людини є зміна діаметра зіниці у відповідь на зміну інтенсивності освітлення (*пригадайте* біологічне значення цього рефлексу) (мал. 56.1).

Мал. 56.1. Рефлекторна зміна діаметра зіниці у відповідь на зміну інтенсивності освітлення. А. Діаметр зіниці за нормального освітлення. Б. Діаметр зіниці за яскравого освітлення. В. Діаметр зіниці за слабого освітлення



Безумовні рефлекси в людини відіграють роль у забезпеченні реакцій організму відразу після народження. Надалі вони стають підґрунтям для утворення умовних рефлексів, набуття та фіксації власного досвіду – навчання.

Як формуються умовні рефлекси. Умовні рефлекси утворюються в процесі життя на базі безумовних під впливом певних чинників зовнішнього середовища (див. мал. 12.2). Такі чинники зазвичай є неважливими для людини, але за рахунок поєднання з безумовними подразниками впродовж тривалого часу або за великої кількості повторень асоціюються з певним безумовним подразником і самі спричиняють безумовну реакцію, тобто стають умовними подразниками. Також умовні рефлекси можуть формуватися й на базі стійких, вироблених раніше, умовних рефлексів.

На відміну від безумовних, умовні рефлекси не успадковуються, вони формуються упродовж життя людини (мал. 56.2).

Умовні рефлекси є індивідуальними, тобто в кожній людини формуються за участі кори великих півкуль головного мозку незалежно від інших особин. Умовні рефлекси не постійні: за зміни умов навколишнього середовища ті з них, які втратили своє значення, зникають і замінюються на нові.



Мал. 56.2. Утворення умовного рефлексу у немовляти на вигляд мами



Який подразник для немовляти є безумовним, а який – умовним?

Стійке закріплення в корі великих півкуль певної послідовності умовно-рефлекторних реакцій, що здійснюються у певному порядку, в якому завершення попереднього умовно-рефлекторного акту є стимулом для початку наступного, називають **динамічним стереотипом**. У людини на формуванні динамічного стереотипу базується виникнення навичок і звичок (наприклад, прямоходіння, їзда на велосипеді, ковзанах, трудові операції тощо). Сформований динамічний стереотип зберігається багато років.

Формування умовних рефлексів, їхнє об'єднання у складні умовно-рефлекторні поведінкові реакції можливе завдяки взаємодії двох форм нервового процесу: збудження та гальмування.

Як умовні рефлекси зникають. Процеси, які приводять до послаблення або припинення збудження у центральній нервовій системі, називають **гальмуванням**. Розрізняють зовнішнє та внутрішнє гальмування.

Зовнішнє гальмування розвивається в разі дії зовнішнього сильного подразника, який спричиняє нове збудження в корі великих півкуль, що призводить до зниження активності в інших ділянках кори, пов'язаних із здійсненням певного умовного рефлексу. Приклад такого явища – припинення виділення травних соків під час споживання їжі через сильний біль або гучний звук.

Внутрішнє гальмування, на відміну від зовнішнього, виникає тоді, коли умовний подразник більше не підкріплюється безумовним, і тимчасовий умовний зв'язок слабшає (*згасаюче гальмування*). Якби не було гальмування, організм виконував би багато непотрібних реакцій у відповідь на різні умовні подразники, що перестали підкріплюватися безумовними.

Що таке навчання і які його види. Навчання – це пристосувальні (адаптивні) зміни індивідуальної поведінки в результаті попереднього досвіду. Воно базується на психофізіологічних процесах, які постійно відбуваються в головному мозку людини. Наприклад, за допомогою умовних рефлексів навчання робить поведінку людини краще пристосованою до зовнішніх обставин. Розрізняють такі види навчання: *фіксація* (імпринтинг), *звикання*, *приховане* (латентне) навчання, *осаяння* (інсайт).

Фіксація, або імпринтинг, – це властивість новонароджених і немовлят під час розвитку аналізаторів фіксувати в пам'яті образи своїх батьків, оточення тощо. Імпринтинг можна спостерігати серед тварин (наприклад, курчат, каченят, гусенят), у яких після того, як сформується зорова сенсорна система, виникає рефлекс наслідування: вони закарбовують будь-який об'єкт, який рухається, і починають за ним прямувати, як за матір'ю.



Поміркуйте, чи є імпринтинг у людини.

Звикання – найдавніший і найпоширеніший вид навчання, що відбувається несвідомо. Тобто нервова система через деякий час перестає реагувати на повторювані одноманітні сигнали.

Приховане, або латентне, навчання спрямоване на задоволення потреби у додатковій інформації. Під час читання науково-популярного журналу, перегляду відео або навіть у комп'ютерній грі ми отримуємо певну інформацію. Вона, на перший погляд, ніби другорядна, але із часом може мати життєво або професійно важливе значення.

Осяяння, або інсайт, – вища форма навчання, що базується на раптовому розумінні істотного в структурі, ситуації загалом.

На клітинному рівні навчання є нейронним процесом, що полягає в утворенні нових зв'язків між нейронами, нових синапсів між клітинами, які до цього не були пов'язані тощо.

✓ **Дізнайтеся більше** про те, чи відновлюються нервові клітини, та що таке *коннектом*, за QR-кодом.

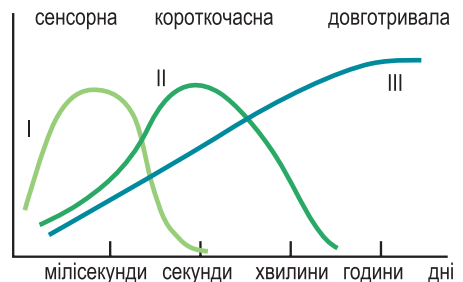


Що таке пам'ять і які її види. Пам'ять – комплекс процесів, які відбуваються в центральній нервовій системі, забезпечуючи накопичення, зберігання та відтворення індивідуального досвіду й досвіду інших людей, почутого чи прочитаного, переживань тощо.

Запам'ятовування – це закріплення в пам'яті певних знань. Розрізняють запам'ятовування механічне й осмислене, мимовільне і довільне. Механічне запам'ятовування ґрунтується на повторюванні матеріалу без його осмислення. Воно потребує значних зусиль і багато часу. За такого способу запам'ятовування знання в пам'яті тримаються недовго і пригадати їх у потрібний момент дуже важко. Осмислене запам'ятовування відбувається тоді, коли людина усвідомлює прочитане, намагається зрозуміти, про що йдеться, і запам'ятати суть навчального матеріалу. Мимовільне запам'ятовування відбувається тоді, коли людина не ставить перед собою мети щось запам'ятати (наприклад, цікаві незвичайні факти чи об'єкти). Довільне запам'ятовування потребує певних вольових зусиль з боку людини.

Процес запам'ятовування можна поділити на етапи, які відрізняються тривалістю збереження інформації (мал. 56.3). Перший етап – *сенсорна* пам'ять – триває мілісекунди. За цей час людина утримує інформацію на рівні сенсорних систем (зорової, слухової тощо). Вищі відділи мозку сприймають сигнали, що надійшли з довкілля. Якщо цього не відбувається, то менше ніж за секунду ці сліди стираються, і сенсорна пам'ять заповнюється новими сигналами.

Другий етап – *короткочасна* пам'ять – триває від кількох секунд до



Мал. 56.3. Графік тривалості різних видів пам'яті

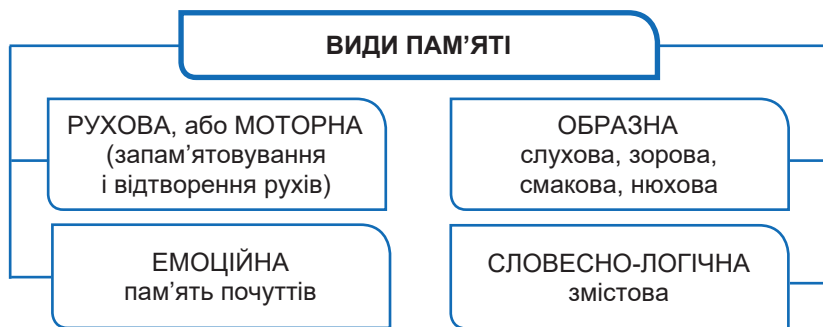
кількох хвилин. Цей час потрібний для розв'язання миттєвих задач. Якщо інформація не повторюється, вона зникає з пам'яті, не залишаючи відчутних слідів. Будь-який зовнішній вплив може її легко стерти, наприклад, запам'ятований номер телефона миттєво забудеться, якщо вронити якусь річ. Мозок людини одночасно може переробити і запам'ятати лише певний обсяг інформації. Важлива для людини інформація з короткочасної пам'яті переводиться в довготривалу.

Третій етап – *довготривала пам'ять* – забезпечує тривале збереження знань, образів, переживань, які запам'ятовуються після багаторазового їхнього повторення і відтворення. Інформація, що потрапила в довготривалу пам'ять, може зберігатися годинами, днями, місяцями, роками і навіть протягом життя людини. Особливо міцно закладено в пам'яті події, що відбулися під впливом сильних емоцій.

Отже, в пам'яті відкладається тільки частина отриманої інформації – тривалий час зберігаються основні поняття, узагальнення, а також важлива особиста інформація. Більшість інформації забувається, що оберігає мозок від перевантаження.

Інформацію в довготривалій пам'яті можна класифікувати на *процедурну* та *декларативну* пам'ять. *Процедурна* пам'ять – це пам'ять на дії (що і як потрібно робити). *Декларативна* пам'ять – це запам'ятовування об'єктів, подій, епізодів, облич, місць тощо.

За характером психічної активності, що переважає в діяльності, розрізняють такі *види пам'яті* (мал. 56.4): рухова (моторна), емоційна, образна, словесно-логічна (змістова). *Рухова*, або *моторна*, пам'ять – це запам'ятовування і відтворення рухів. Завдяки цій пам'яті ми здатні виконувати найскладніші рухи: танцювати, писати, віртуозно грати на музичних інструментах тощо.



Мал. 56.4. Види пам'яті

Образна пам'ять – це збереження в пам'яті та відтворення колись сприйнятого життєво важливого об'єкта, його просторового розташування, кольору, звуків тощо. Вона пов'язана з певною сенсорною системою, тому виокремлюють зорову, слухову, смакову, нюхову образну пам'ять. Ці різновиди пам'яті мають значення у найрізноманітніших галузях людської діяльності (наведіть приклади). *Емоційна* пам'ять зберігає пережиті емоції. *Словесно-логічна* пам'ять – це запам'ятовування і зберігання в пам'яті, а потім відтворення прочитаних або почутих думок у словесній формі.

Без здатності накопичувати, зберігати й відтворювати інформацію не можна було б планувати та здійснювати доцільні дії, здобувати нові знання. Звичайно, різні види пам'яті тісно пов'язані між собою.

Узагальнення

Нервова діяльність базується на рефlekсах: безумовних та умовних. Стійке закріплення в корі великих півкуль певної послідовності умовно-рефлекторних реакцій, які здійснюються у певному порядку, називають динамічним стереотипом. Навчання базується на психофізіологічних процесах, які відбуваються в корі головного мозку. Пам'ять – процес накопичення, зберігання та відтворення індивідуального досвіду людини та інших людей. За тривалістю збереження інформації пам'ять буває сенсорна, короточасна та довготривала. За характером психічної активності розрізняють такі види пам'яті: моторна, образна, емоційна, словесно-логічна.

Поміркуйте

1. Які прості дії, виконані в певній послідовності, лягають в основу динамічного стереотипу (їзда на велосипеді, гра на музичному інструменті тощо)?
2. Яке значення має гальмування умовних рефлексів у житті людини?
3. Наведіть приклади того, як можуть бути пов'язані між собою різні види пам'яті.
4. У чому користь забування?



Лабораторне дослідження «Дослідження різних видів пам'яті».

§ 57. Біоритми людини. Сон і сновидіння



Які періодичні процеси є в організмі людини й які ділянки мозку беруть участь у їх регуляції?

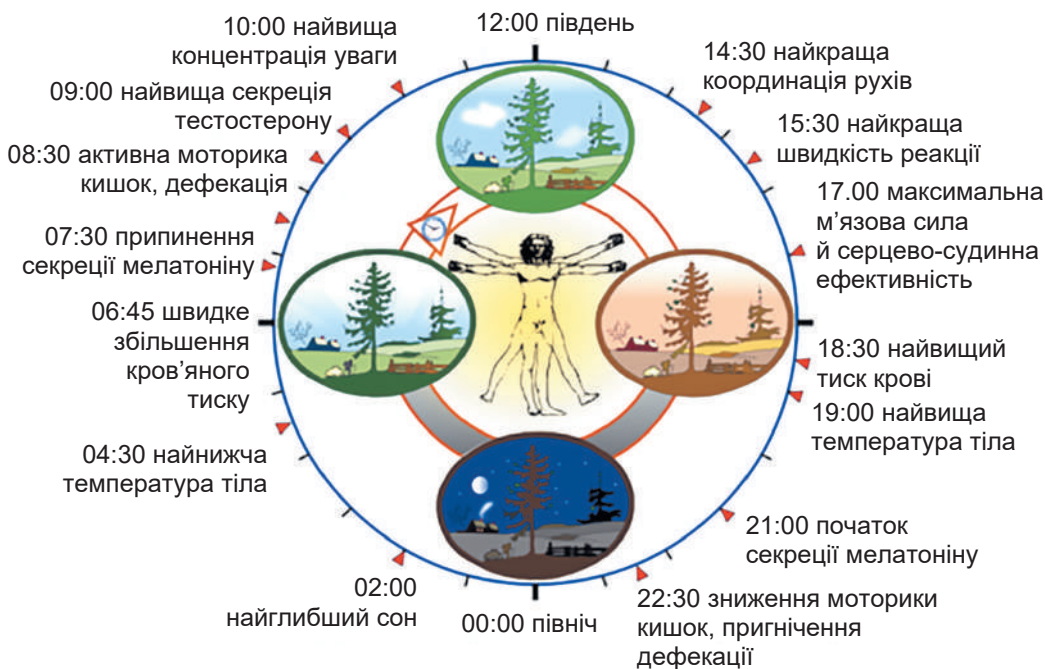
Що таке біологічні ритми. Біологічні ритми, або біоритми, – це регулярні періодичні кількісні та якісні зміни життєвих процесів, які відбуваються на всіх рівнях життя – молекулярному, клітинному, органному, організмовому, популяційно-видовому, екосистемному і біосферному.

Цікаво знати. У 1729 р. французький астроном Жан-Жак де Меран (1678–1771), спостерігаючи за рослинами, відкрив явище біологічної ритмічності.

Вивчення біоритмічних процесів сприяло створенню нової наукової дисципліни – *хронобіології* (від грец. *хронос* – час). Вона вивчає періодичні процеси життєдіяльності організмів та їхню поведінку, а також їхній взаємозв'язок з ритмічними впливами довкілля.

Біологічні ритми поділяють на зовнішні та внутрішні. Прикладами зовнішніх біологічних ритмів є сезонні, припливно-відпливні та добові. Зміна сезонів пов'язана з рухом планет (насамперед, з обертанням Землі навколо Сонця), що зумовлює зміни світлового режиму, температури, вологості повітря. Добові ритми організмів спричинені обертанням Землі навколо власної осі.

Внутрішні біологічні ритми пов'язані зі змінами інтенсивності власних процесів життєдіяльності. Уважають, що це явище ґрунтується на чіткій періодичності фізико-хімічних процесів, які відбуваються в клітині (мал. 57.1).



Мал. 57.1. Приклад добових ритмів людини

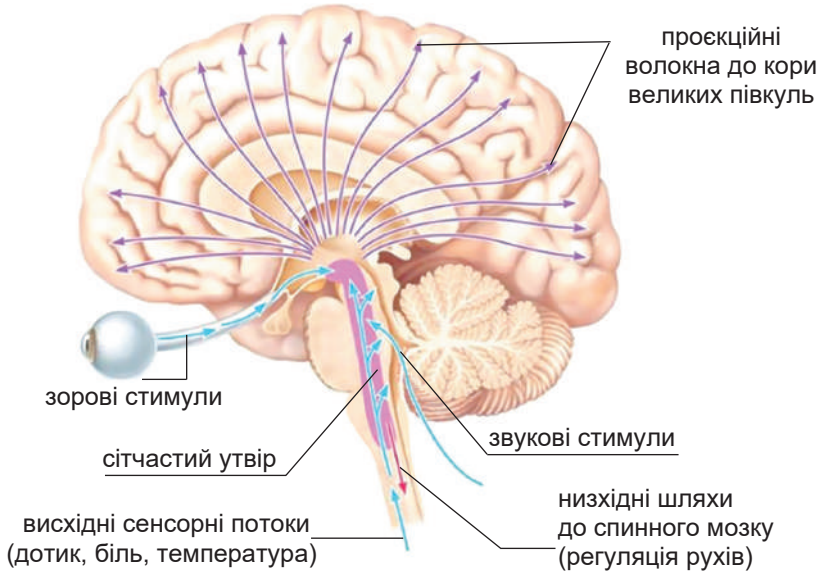
Своєрідним «диригентом» біологічних ритмів в організмі людини є підкірковий центр, розташований у гіпоталамусі. Добові біоритми контролює біологічний годинник, який має власні водії ритмів. Цей пристосувальний механізм забезпечує здатність організмів орієнтуватися в часі.

Сильний сенсорний сигнал активує *ретикулярну формацію* (сітчастий утвір). Вона посиляє сигнали, що регулюють активність певних ділянок головного мозку.

Верхня частина ретикулярної формації підтримує стан бадьорості, нижня частина – стан сну, структури, пов'язані зі стовбуром мозку, реагують на рівень продуктів обміну речовин організму (метаболітів) (мал. 57.2).

Внутрішні біологічні ритми тісно пов'язані із зовнішніми, що узгоджує їх із змінами у навколишньому середовищі, які сприймаються органами чуття. Коли людина впродовж короткого проміжку часу змінює кілька годинникових поясів (наприклад, внаслідок подорожі літаком) виникає стан неузгодженості внутрішніх біологічних ритмів, які виробилися раніше, з природними добовими ритмами місцевості, в яку вона потрапила. Такий стан називають джетлаг (від англ. *джет* – реактивний літак та *лег* – запізнювання), або синдром зміни годинникового поясу. Він супроводжується порушенням перебігу фізіологіч-

них процесів, тому людина відчуває слабкість, головний біль, втрату апетиту. Джетлаг може тривати кілька днів доти, доки внутрішні біологічні ритми не синхронізуються із зовнішніми. Наприклад, коли людина потрапляє в інший часовий пояс, то в неї виникає бажання спати в ті години, в які це відбувалося в її звичному місці мешкання. Але через певний час людина пристосовується до нового добового ритму й засинає з настанням темної частини доби.



Мал. 57.2. Сітчастий утвір забезпечує активний стан кори



Те саме (меншою мірою) відбувається, коли переводять годинники з літнього на зимовий чи із зимового на літній час. Навіть кажуть про соціальний джетлаг: пізні засинання у вихідні дні (через активний відпочинок, вечірки тощо) і відповідно пізні прокидання з намаганням виспатись зранку призводять до порушення біоритмів, що встановлюються в робочі дні.

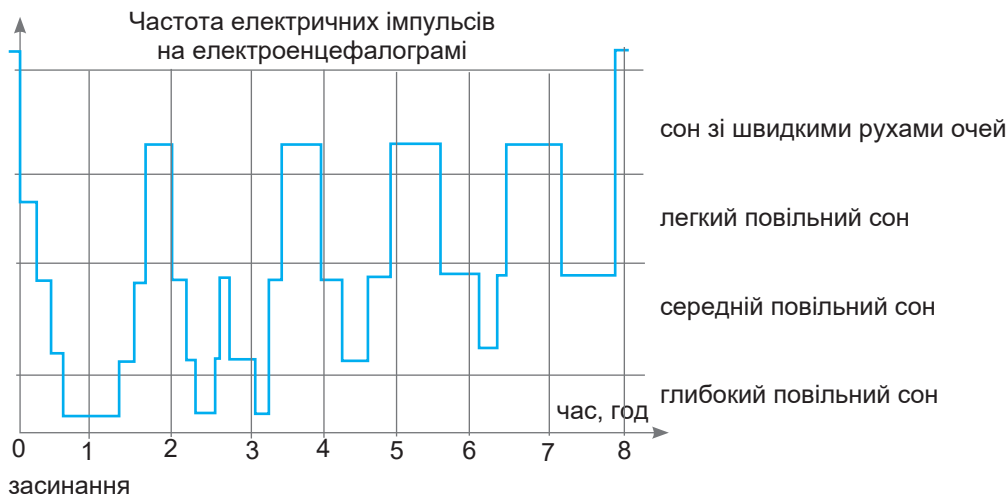
Соціальний джетлаг попри невеликий масштаб, у декілька годин, теж може спричиняти певні наслідки для здоров'я: порушення харчової поведінки, збої у серцево-судинній системі тощо.

Що таке сон. Найважливіший добовий ритм людини – це чергування сну та активності (неспанья).

Сон – це періодичний стан нервової системи, який супроводжується складними фізіологічними реакціями: тимчасовим вимкненням свідомості, гальмуванням рухової активності, зниженням усіх видів чутливості. Під час сну втрачається активний зв'язок з навколишнім середовищем.

Найхарактернішими ознаками стану сну є типова електрична активність клітин мозку і м'язів, рухи очей.

Електрофізіологічними дослідженнями встановлено наявність двох фаз сну. Їхні назви відповідають характеру коливань електричних потенціалів мозку – повільних і швидких (мал. 57.3).



Мал. 57.3. Фази сну



Розгляньте схему «Фази сну» та вкажіть, під час якої фази частота електричних потенціалів мозку найвища, а під час якої – найнижча.

У стані повільного сну, який настає внаслідок засинання, сповільнюється частота дихальних рухів і скорочень серця, знижується тонус м'язів і температура тіла, сповільнюється обмін речовин та енергії. Через 1–1,5 години повільний сон змінюється швидким – зростає частота дихальних рухів і скорочень серця, активізується діяльність більшості внутрішніх органів, відбуваються мимовільні рухи очних яблук (саме тому цю фазу сну називають «сон зі швидкими рухами очей») і мимовільні скорочення деяких груп м'язів (хоча загалом всі скелетні м'язи організму розслаблені – так званий сонний параліч м'язів). Фаза швидкого сну триває 10–15 хвилин і знову переходить у повільну фазу. За 7–8 годин сну відбувається 4–5 таких циклів. Якщо серед тих, кого розбудили під час повільного сну, лише 15–20 % казали, що бачать сновидіння, то серед тих, кого розбудили під час сну зі швидкими рухами очей, понад 80 % опитуваних повідомляли про сновидіння.

Цікаво знати. Крім нормального (фізіологічного) сну, існує патологічний сон, який настає під час дії на організм наркотиків, алкоголю, гіпнозу тощо.

Пробудження від сну настає під час надходження сигналів з навколишнього середовища (світло, шум тощо) та від внутрішніх органів (скорочення стінок шлунка за відсутності в ньому їжі, переповненого сечового міхура тощо).

Сон регулюють спеціальні структури головного мозку (центри сну розташовані в проміжному мозку, а центри пробудження – у стовбурі головного мозку). Раніше вважали, що сон – це спокій, потрібний для відновлення працездатності. Так, після сну поліпшується самопочуття, працездатність, увага тощо.

Утім, електрофізіологічні дослідження показали, що під час сну нейрони деяких ділянок кори великих півкуль головного мозку (зорової, моторної тощо) перебувають у стані ритмічної активності, тобто

активність кори великих півкуль повністю не гальмується. На думку вчених, під час сну в головному мозку накопичена інформація обробляється, перерозподіляється та запам'ятовується.

Що таке сновидіння. Під час сну виникають сновидіння. З давніх-давен вони вражають і хвилюють людей своєю таємничістю. Характер сновидінь визначається колишніми подіями і переживаннями, які утворюють різні комбінації, часто фантастичні за змістом. Під час сновидінь активізується діяльність потиличних часток кори великих півкуль – частини зорової сенсорної системи. Рідше сни пов'язані зі слуховими, нюховими та іншими відчуттями. У фазі швидкого сну виникають яскраві та фантастичні за змістом сновидіння, а у фазі повільного – реалістичніші та менш емоційні. Тривалість і якість сну в нормі зумовлені спадковою схильністю.

Цікаво знати. Ще в XVI сторіччі відомий лікар Парацельс дотримувався тієї думки, що природний сон має тривати 8 годин. Він знімає втому і надає бадьорості людині. Парацельс не радив спати ні дуже багато, ні дуже мало, а слідувати сонячному циклу, тобто лягати із заходом сонця і вставати із світанком.

Біологічне значення сну полягає в необхідності відновлення енергетичного потенціалу й структури нервових клітин, переведення інформації в довготривалу пам'ять. Потреба в сні є життєво необхідною. Сон можна порушити в результаті екологічних впливів, інформаційних перевантажень, надмірної роботи. Так виникає безсоння, яке завдає людині страждань. Недосипання або безсоння негативно впливають на функціональний стан людини. Після тривалого неспання у людей можливий мікросон – надзвичайно небезпечне явище, під час якого людина періодично засинає тільки на 1–3 с. Наприклад, мікросон у водіїв під час руху автомобіля може призвести до автомобільної аварії.

Узагальнення

Біологічні ритми – це регулярні періодичні зміни життєвих процесів, що відбуваються на всіх рівнях життя. Вони бувають зовнішні та внутрішні. Сон – це періодичний стан організму, при якому вимкнена свідомість, знижена рухова активність, знижені усі види чутливості. Біологічне значення сну полягає в необхідності відновлення енергетичного потенціалу й структури нервових клітин, переведення інформації в довготривалу пам'ять.

Поміркуйте

1. Як життя людини пов'язане із циклічними змінами на планеті Земля?
2. Наведіть приклади власних внутрішніх біоритмів.
3. Чому новонароджена дитина спить 20 годин на добу, а людина похилого віку – близько 5 годин?

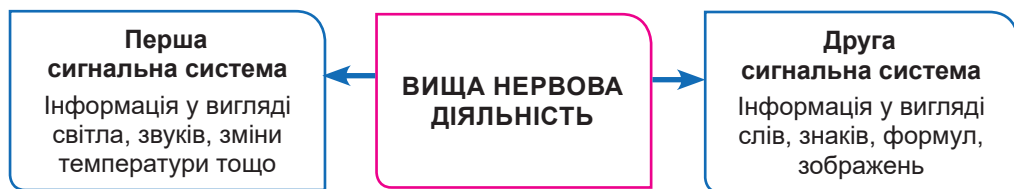
§ 58. Перша сигнальна система. Сприйняття зовнішнього світу. Емоції



Як розташування ділянок мозку, що відповідають за емоції, впливає на сприйняття навколишнього світу?

Що таке сигнальні системи. Які сигнальні системи є в людини. Одна з важливих функцій кори великих півкуль головного мозку – забезпечення функціонування та розвиток сигнальних систем.

Сигнальна система – сукупність нервових процесів, які забезпечують сприймання та аналіз інформації, а також формування відповідних реакцій організму на певні подразники зовнішнього і внутрішнього середовища. **Перша сигнальна система** людини за допомогою відповідних сенсорних систем сприймає різноманітні подразники (сигнали) навколишнього середовища. Власне, уточнення «перша» виникло внаслідок формування уявлень про «другу» сигнальну систему, в якій реакція відбувається не на безпосередню дію подразників на рецептори, а через передачу й сприйняття мови та інших знаків (мал. 58.1).



Мал. 58.1. Перша і друга сигнальні системи людини



Поміркуйте, чи є у тварин перша сигнальна система.

Нервові центри першої сигнальної системи розташовані в корі великих півкуль (див. мал. 49.3). Вони включають первинні сенсорні зони, в які спрямовується інформація від рецепторів і де аналізуються базові характеристики стимулів (тип, інтенсивність, тривалість і положення). Наприклад, різницю в часі надходження звукового стимулу від лівого і правого вуха слухова сенсорна система використовує для визначення місцезнаходження джерела звуку. У схожий спосіб, хоча й з меншою точністю, можна встановити джерело запаху.

✓ **Дізнайтеся більше**, як сприймається зорова інформація та обробляються зорові образи, за QR-кодом.

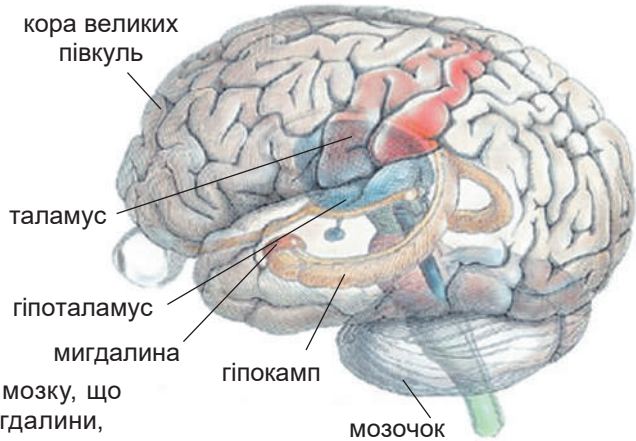


Перша сигнальна система не тільки обробляє інформацію від різних органів чуття: її задача полягає також у формуванні образу тіла, його розташування у просторі та орієнтації в цьому просторі. Для таких складних функцій потрібні як інтеграція інформації від різних зон мозку, так і наявність спеціальних ділянок кори великих півкуль, які відповідають за оцінку відстані, напрямків і навіть своєрідну GPS-навігацію в просторі.

✓ **Дізнайтеся більше** про орієнтацію в просторі за QR-кодом.



Разом з тим потік інформації від органів чуття активної людини дуже великий. Щоб впоратися з ним, потрібна певна обробка, фільтрація: вибір важливого, цікавого, такого, що сприяє виживанню як окремої людини, так і спільноти. Саме це і є функцією групи підкіркових ядер великих півкуль мозку, тісний зв'язок яких дістав назву *лімбічної системи* (мал. 58.2).



Мал. 58.2. Основні структури мозку, що беруть участь в емоціях: мигдалини, гіпокамп, таламус, гіпоталамус

Лімбічна система зумовлює передусім емоційний настрій людини і мотивацію до дії, а також процеси навчання та запам'ятовування. Вона надає інформації, що надходить з внутрішнього середовища й навколишнього світу, те особливе, особистісне значення, яке вона має для кожної людини, і в такий спосіб визначає характерну для неї цілеспрямовану діяльність. Продуктом діяльності лімбічної системи є емоційні реакції.

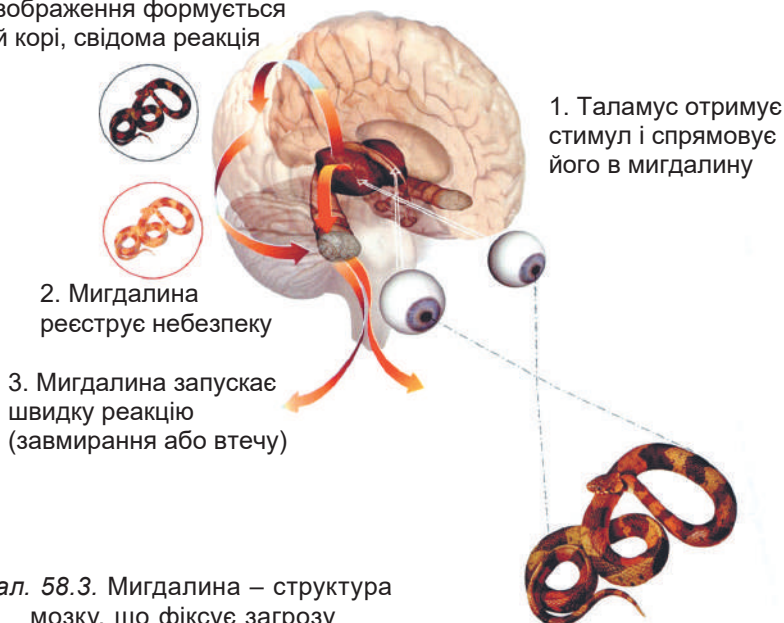
Що таке емоції. Своє ставлення до конкретних або уявних предметів чи подій людина виражає за допомогою **емоцій** – суб'єктивних (особистісних) переживань, у яких виявляється ставлення людини до довколишнього світу і до себе в конкретний момент часу та/або ситуації. Емоції поділяють на *позитивні* (радість, задоволення, захоплення, кохання тощо) і *негативні* (страх, гнів, огида тощо).

Емоції сформувалися впродовж еволюції не для того, щоб ми весь час були щасливими, а щоб мотивувати нас на дії, які сприяють виживанню.

Позитивні емоції мотивують нас робити кроки для задоволення наших потреб, негативні – уникати перешкод і загроз. Такі реакції є спадковими, базові емоції (радість, страх, невдоволення) виявляють навіть новонароджені.

Структури мозку, що входять в лімбічну систему, еволюційно старіші за кору великих півкуль (неокортексу), і тому емоційні реакції можуть відбуватися неусвідомлено. Лімбічна система, яка напряду отримує інформацію з першої сигнальної системи, може запускати миттєву реакцію на небезпечний сигнал навіть до того, як людина його усвідомить. Провідна роль у відчутті страху та реакції на нього належить мигдалині (мал. 58.3).

4. Чітке зображення формується в зоровій корі, свідомо реакція



Мал. 58.3. Мигдалина – структура мозку, що фіксує загрозу

✓ **Дізнайтеся більше** про структури, які забезпечують формування емоцій у людини, за QR-кодом.



Як позитивні, так і негативні емоції мають своє зовнішнє відображення у людини, переважно у зміні виразів обличчя (в міміці). Демонстрація своїх емоційних станів іншим членам спільноти є важливим елементом комунікації в групі, тому емоційні реакції люди добре розпізнають. Дослідники показували фотографії людей з виявами певних емоцій представникам різних культур (Східна Азія, Північна й Південна Америка) і пропонували визначити, які емоції на них виражені. Більшість опитаних, незважаючи на значні відмінності між цими культурами і, можливо, в різний спосіб, розпізнали основні емоції: страх, гнів, подив, радість. Завдяки цій здатності люди, що живуть у спільнотах, можуть інформувати інших про свій внутрішній стан або про важливі зовнішні події.

Цікаво знати. Роль лімбічної системи в соціальній взаємодії досліджували на мавпах. Тварини, у яких були пошкоджені *мигдалини*, зберігали здатність підтримувати гомеостаз, але втрачали навички соціальної внутрішньогрупової взаємодії. У них розвинулася психічна сліпота (нездатність відрізнити їстівні предмети від неїстівних), а також різко порушилися реакції страху й агресії.

Що таке увага. Увага – процес, у результаті якого отримана інформація стає доступною для аналізу, тобто доходить до свідомості. Людина може свідомо підсилювати значення тих чи інших стимулів, реагувати не тільки автоматично, але й цілеспрямовано задля вирішення конкретних задач. Стійкість уваги підвищується за активного осмислення – *зосередження*. Уміння керувати увагою, емоціями та вчинками люди набувають у процесі виховання.

Узагальнення

Сигнальна система – це послідовність структур, які забезпечують сприйняття та аналіз інформації, а також формування відповідних реакцій на певні подразники зовнішнього і внутрішнього середовища. Першою сигнальною системою є сприйняття різноманітних подразнень і реакцій на них. Емоції – це особисті суб'єктивні переживання, у яких виражається ставлення людини до навколишнього світу. Через емоційні реакції людина спілкується з навколишніми. Базові людські емоції закріплені спадково, до них належать страх, гнів, радість, подив тощо. Увага – це фактор, що керує вибором інформації для сприйняття.

Поміркуйте

1. Пригадайте, завдяки яким сигналам тварини орієнтуються в навколишньому середовищі. Які з них є спільними для тварин і людини, а які – притаманні тільки людині?
2. Чому точність визначення джерела запаху нижча, ніж точність визначення звуку?
3. Чи притаманні емоції тваринам? Наведіть аргументи на підтвердження вашої думки.

§ 59. Друга сигнальна система. Мова. Фізіологічна основа мовлення. Мислення. Свідомість



Що дає можливість людині сприймати, запам'ятовувати та розуміти велику кількість слів?

Ми щодня використовуємо мову як повсякденний інструмент (як одяг чи виделку) й не замислюємося над тим, наскільки дивовижна ця властивість. Якщо різні способи позамовного мислення ми можемо спостерігати у тварин, то мова за допомогою слів – це винятково людська здатність. Кожне речення, сказане в тій чи іншій ситуації, є абсолютно неповторним: його можна скласти з величезної кількості слів мови, поєднаних за певними правилами відповідно до змісту, який ми хочемо передати в комунікації. Загальна кількість речень, які можуть бути укладені в такий спосіб, перевищує число «гугол» ($1 \text{ гугол} = 10^{100}$). І ми здатні сприйняти і зрозуміти майже будь-яке із цих речень! Тому здатність розуміти мову дійсно є дивовижною властивістю людини.

Цікаво знати. У біології існує три основні теорії походження мови:

- *теорія емоційного контакту*, яку розвивав Чарльз Дарвін у своїх працях; згідно з нею мова виникла як спосіб узгодження емоцій між представниками однієї групи;
- *теорія трудових вигуків*, відповідно до якої перші слова використовували для того, щоб узгодити зусилля під час виконання спільної важкої праці, наприклад, пересування якихось важких предметів;
- *звуконаслідувальна теорія*, відповідно до якої звуки, що видають різні тварини, та їх передавання людською мовою (достоту, як у дитинстві називають качку «кря-кря» або собаку «гав-гав») стали позначати певні види тварин, а згодом – інші об'єкти навколишнього світу.



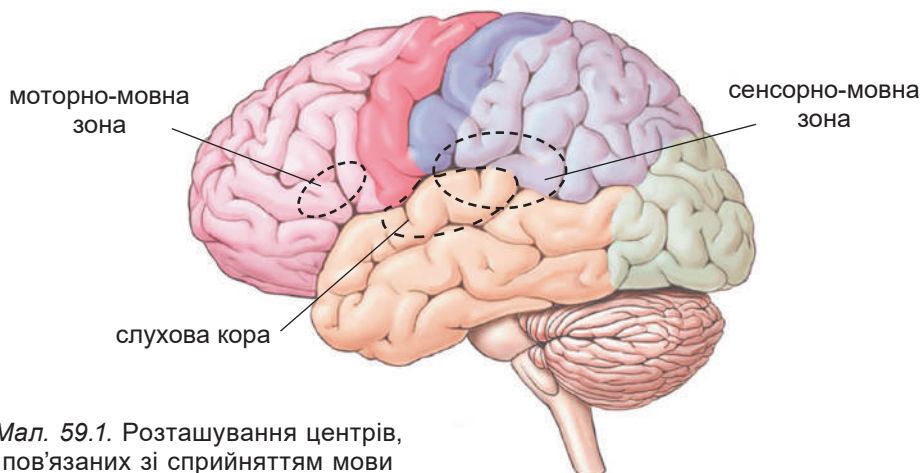
Поміркуйте, які частини мови виникли першими за кожною із цих трьох теорій.

Що таке друга сигнальна система та як вона функціонує. За використання мови в людини сформувалася цілісна паралельна, цілком віртуальна система опису навколишнього світу (та й внутрішніх станів і переживань) за допомогою фонетичних символів – слів. Ця система, яку назвали **другою сигнальною системою**, проявляється у спілкуванні за допомогою усної та писемної мови.

Основною одиницею другої сигнальної системи є слова – символи конкретних предметів і явищ навколишнього середовища. Словами людина позначає все, що сприймає за допомогою органів чуття. Дія слова як сигналу визначається смисловим значенням, зв'язком з певними предметами навколишнього середовища. Людина за допомогою слів узагальнює поняття про предмети, їхні властивості, явища, а також свої почуття. За допомогою мови інформація аналізується й узагальнюється, людина розмірковує, формулює висновки. Мова потрібна людині для навчання та спілкування, унаслідок чого від покоління до покоління може передаватись накопичений досвід.

Дитина здатна до вивчення мови від народження, хоча сприйняття і можливість говоріння формуються не одразу. Якщо дитина з якихось причин ізольована від людського оточення, то ця здатність не реалізується. У науковій літературі описано багато прикладів дітей-«мауглі», що зростали без людського спілкування, і нормальна, повнофункціональна людська мова в них не сформувалася навіть після повернення в цивілізований світ.

Які є центри мови у великих півкулях головного мозку. Мовні сигнали сприймають слухові й зорові центри, розміщені переважно в лівій півкулі (мал. 59.1). За сприйняття звуків мови та розпізнавання змісту (декодування) відповідає сенсорно-мовна зона, розташована у скроневій частці. За формування зовнішньої мови, проговорення слів і речень відповідає виокремлена частина рухової зони – моторно-мовна зона, розташована в лобовій частці мозку. Ці нервові центри разом із пучком волокон, що їх з'єднує, утворюють єдину функціональну систему, яка забезпечує сприйняття та аналіз різних форм мовних сигналів і їхнє звукове відтворення.



Мал. 59.1. Розташування центрів, пов'язаних зі сприйняттям мови й мовленням, у лівій півкулі мозку

Зміст написаних текстів також розпізнається в сенсорно-мовній зоні. Спочатку, коли дитина тільки навчається читати, вона проговорує, подумки чи вголос, написаний текст. Згодом цей процес автоматизується: друковані та рукописні тексти розпізнаються вже без звукового відтворення.

✓ **Дізнайтеся більше** про виникнення письма за QR-кодом



Як здійснюється розумова діяльність. Поведінка людини складна. У ній задіяні механізми не лише безумовних та умовних рефлексів, а також розумової діяльності.

Якщо інстинктивна діяльність людини часто проявляється неусвідомленими діями, то розумова діяльність спрямовує її поведінку відповідно до законів суспільства, традицій. Розумова діяльність є найскладнішою формою індивідуальної поведінки, що є результатом постійного утворення нових нервових зв'язків, які ґрунтуються на минулому досвіді.

Актуалізація минулого досвіду потребує відтворення збереженої у пам'яті інформації.

Відтворення – це процес пригадування певних знань і викладення їх у певній послідовності. Достатньо згадати, як ви пішли в перший клас, і відразу виникає низка спогадів. Інколи такі спогади можуть запускати асоціативні сигнали від різних органів чуття (згадайте поему Миколи Вороного «Євпан-зілля»). Для довільного відтворення потрібні вольові зусилля з боку людини, її бажання згадати щось конкретне. Наприклад, успішність спроб пригадати матеріал, який вивчали на попередньому уроці, залежатиме від того, наскільки добре було засвоєно матеріал.

Що таке мислення. Яким воно буває. Здатність подумки представляти об'єкти, їхнє переміщення в просторі відіграє важливу роль у процесі мислення – у плануванні дій та передбаченні їх результатів. Є гіпотеза, що ця здатність сформувалася у тварин завдяки розвитку зорової системи: саме здатність бачити вдалечинь, на велику відстань, відкрила можливість планувати дії й завчасно реагувати на небезпеки.

Мислення – це функція кори великих півкуль головного мозку, що дає змогу людині за допомогою символів (слів і образів) уявити та виразити своє ставлення до реально існуючих і уявних предметів та явищ навколишнього середовища, свої життєві інтереси.

У людини мислення тісно пов'язане з мовою. Завдяки другій сигнальній системі людина здатна називати словами образи конкретних та уявних предметів і явищ. Наприклад, слово «дерево» узагальнює багато конкретних порід дерев: дуба, липи, берези та інших, а також різноманітних за формою і розмірами дерев одного виду. Людина за потреби здатна діставати з пам'яті виниклі тимчасові зв'язки, створювати різноманітні їхні комбінації, узагальнювати побачене та почуте. Такий тип мислення (так зване абстрактне мислення) притаманний тільки людині.

Абстрактне мислення дає змогу розвивати свої природні здібності, створювати культуру, займатися наукою тощо. У процесі мислення

головний мозок людини виконує складні розумові операції, використовуючи поняття, судження, умовиводи, результатом яких є припущення, прогнози, прийняття рішень.

Виконання розумових операцій залежить від індивідуальних особливостей мислення конкретної людини.

У прояві індивідуальності мислення велике значення має *самостійність*: здатність людини ставити нові завдання й розв'язувати їх, опрацьовувати самостійно отриману інформацію, формувати власну думку та нею керуватися.

Критичність мислення виявляється у здатності людини не потрапляти під вплив чужих думок, оцінювати позитивні та негативні аспекти явища чи факту, виявляти цінне в них. Людина з критичним мисленням вимогливо оцінює і власні думки, рішення, вчинки та виявляє самокритичне ставлення до своїх дій.

Гнучкість мислення проявляється в умінні швидко змінювати свої дії за зміни ситуації. Людина з гнучким мисленням набагато швидше адаптується до змін оточення. *Глибина* мислення проявляється в умінні проникати в сутність складних питань, бачити проблему там, де її не помічають інші, передбачати можливі наслідки подій і процесів. *Широта* мислення проявляється в здатності охопити широке коло питань.

Послідовність мислення – уміння дотримуватися логічної наступності під час висловлювання суджень, їхнього обґрунтування. Щоб дотримуватися послідовного викладення навчального матеріалу, потрібно подумки скласти план його подачі. *Швидкість* мислення виражається в здатності швидко розібратися у складній ситуації та прийняти правильне рішення.

На основі мислення формується *інтелект* – здатність здобувати, розуміти, зберігати, відтворювати й застосовувати знання та вміння у різних видах діяльності. Інтелект базується на логічному мисленні, креативності, абстрактному міркуванні, а результатом є ефективне прийняття рішень.

✓ **Дізнайтеся більше** про види інтелекту за QR-кодом.



Утім, було б спрощенням думати, що *всі* види мисленнєвої діяльності вичерпуються словесним мисленням. Значна частина операцій, пов'язаних з розв'язанням просторових задач, орієнтацією в просторі та в об'ємному середовищі, виконується без участі другої сигнальної системи. Навіть для розв'язання складних інтелектуальних задач багатьма вченими уявні просторові відношення були відправною точкою досліджень і відкриттів (наприклад, образ структури молекули бензолу, що виник у Ф. Кекуле, і візуалізоване уявлення механізму парової машини у Джеймса Уатта).

Цікаво знати. Собака-вівчарка мав дістати й принести довгу палицю, яку хазяйка перекинула за паркан, у якому була відсутня вертикальна дошка. Собака проліз у щілину, схопив палицю в зуби і, повернувшись, рушив назад до отвору. В останню мить він раптом зупинився і після деякої паузи повернув голову на 90°. Тримачи палицю в такому положенні, він проліз через щілину в паркані. Операція «обміркову-

вання» в голові собаки була вочевидь не словесною (достоту так само, як і ви зрозуміли проблему, що стояла перед собакою, і те, яким чином він її вирішив, радше за допомогою просторової уяви, а не словесного висновку).

✓ **Дізнайтеся більше** про абстрактне мислення за QR-кодом.



Що таке свідомість. Які її фізіологічні основи. Свідомість – це прояв вищої нервової діяльності, який полягає у відображенні дійсності та довільному регулюванні взаємозв'язків людини з навколишнім середовищем, зокрема із суспільством. Розвиток свідомості став можливим тільки завдяки спілкуванню людей між собою, колективній праці.

Отже, свідомість – це результат не тільки функціонування вищих відділів нервової системи (кори великих півкуль), а й суспільного життя (культурне надбання та соціокультурне успадкування). Людина є єдиною живою істотою на Землі, яка здатна усвідомлювати не лише те, що її оточує, але й себе, своє ставлення до предметів та явищ зовнішнього світу. Ця категорія має назву **самосвідомість**.

Ставлення до інших людей виявляється в міжособистісних стосунках і залежить від обставин та оцінювання вчинків. За характером стосунків люди бувають щирими (або нещирими), відкритими (або замкнутими), відвертими (або потайливими), чуйними (або нечуйними), доброзичливими (недоброзичливими), довірливими (недовірливими), похмурими, ввічливими.

Ставлення людини до самої себе залежить від рівня розвитку само-свідомості, здатності оцінювати себе.

Ставлення до самого себе та до інших визначають **характер** – сукупність відносно сталих психічних особливостей, які проявляються в житті та діяльності людини.

Вирішальна роль у формуванні характеру належить навчанню, вихованню та самовихованню. Для досягнення поставленої мети важливо мати вольові якості, що розвивають такі риси характеру, як наполегливість, цілеспрямованість, рішучість, витриманість, дисциплінованість тощо.

Оцінити людину можна за ставленням до роботи. У процесі виконання роботи виявляються різноманітні риси характеру: ініціативність, наполегливість, працелюбність (або лінощі), прагнення до подолання труднощів (або страх перед труднощами), сумлінність, акуратність тощо.

✓ **Дізнайтеся більше** про функціональну асиметрію півкуль головного мозку за QR-кодом.



Отже, друга сигнальна система дає змогу позначати словом не тільки безпосередні подразники, а й складні їхні взаємозв'язки, оперувати словами під час аналізу та синтезу явищ навколишнього світу. Мова і мислення відіграють велику роль у становленні свідомості людини, розвиткові її психіки, дають змогу адаптуватись до мінливих умов життя.

Узагальнення

Друга сигнальна система людини – це спосіб опису навколишнього світу за допомогою слів і речень, які складають мову. Мовні функції людини пов'язані з функціонуванням багатьох структур головного мозку. Усна мова формується переважно за допомогою скроневої та лобової часток лівої півкулі, а писемна – тім'яних, скроневих і лобових часток. Слова, які людина вимовляє, чує чи читає, сприймає і розрізняє кора великих півкуль головного мозку. Мислення – здатність кори великих півкуль за допомогою символів (слів та образів) виражати своє ставлення до реально існуючих й уявних предметів та навколишнього світу. Інтелект – це розумова здатність зберігати, розуміти, застосовувати знання та вміння у різних видах діяльності. Свідомість – прояв вищої нервової діяльності, що проявляється у відображенні дійсності та довільному регулюванні взаємозв'язків з іншими людьми.

Поміркуйте

1. Чому діти-«мауглі» після повернення в соціум не здатні повністю опанувати мовні навички?
2. Чи можна стверджувати, що тварини, які можуть повторювати слова, мають другу сигнальну систему?
3. Чи може людину виховати робот, як у науково-фантастичних романах і фільмах?
4. Чим схожий штучний інтелект (ШІ) на інтелект людини? Чим відрізняється?

Підіб'ємо підсумки з теми

I. Досліджую природу

1. Під час планування дослідницького проекту «Дослідження впливу вправ для тренування мозку (brain fitness) на поліпшення пам'яті та уваги у школярів вибраної групи» учень сказав, що виконання вправ з певною частотою буде незалежною змінною. Учениця додала, що швидкість відтворення інформації буде залежною змінною. Визначте, хто правий у своїх судженнях.

А учень **Б** учениця **В** обоє праві **Г** обоє помиляються

2. Під час представлення науково-дослідницьких проєктів з теми «Дослідження впливу іграшок «антистрес» на емоційне розвантаження та/або поліпшення успішності» учні озвучили свої результати. Виберіть науково достовірний результат.

А улюблена іграшка «антистрес» на уроці дає можливість сконцентруватися та зосередитися на навчанні

Б іграшка «антистрес» на уроці відволікає від навчання

В іграшка «антистрес» у 75 % учнів та учениць забезпечує емоційне розвантаження, а 25 % учнів та учениць поліпшили успішність

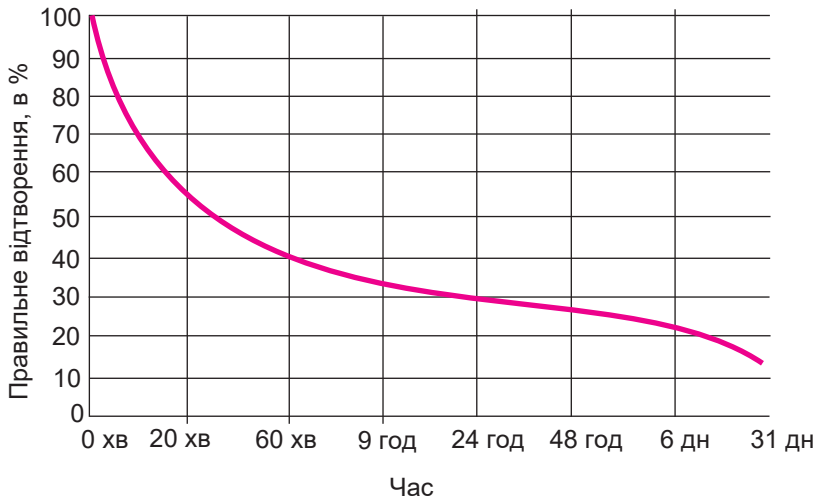
Г у 100 % учнів та учениць після використання іграшок «антистрес» навчання погіршилось

II. Опрацювую та використовую інформацію

1. Опрацюйте текст і графік. Дайте відповіді на запитання.



КРИВА ЗАБУВАННЯ ЕББІНГАУЗА



Виберіть твердження «Так» чи «Ні» на базі аналізу графіка й тексту про дослідження забування.

Через 1 годину після запам'ятовування досліджувані пам'ятали 80 % інформації	Так	Ні
Через 24 години досліджувані пам'ятали 30 % інформації	Так	Ні
Від 6-го до 30-го дня кількість слів, яку запам'ятали досліджувані, майже не змінилась	Так	Ні
Повторення матеріалу не впливає на збереження інформації	Так	Ні
Якщо слова чи картинки пов'язані між собою, вони запам'ятовуються краще	Так	Ні
Під час запам'ятовування інформації не важливо, наскільки людина уважна	Так	Ні

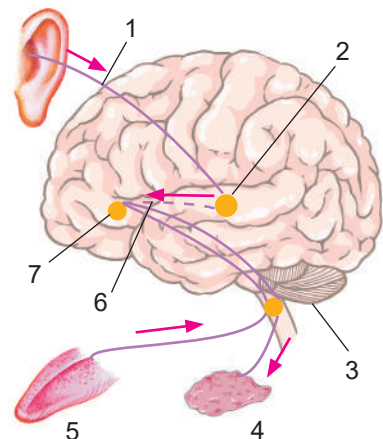
2. Розгляньте малюнок рефлекторної дуги рефлексу «Вироблення слини в дитини на пісню чи казку під час годування». Виберіть помилкове твердження.

А цифрою 1 позначено дію умовного подразника, цифрою 2 – слуховий центр у корі великих півкуль

Б цифрою 3 позначено центр слиновиділення у довгастому мозку, цифрою 5 – рецептори язика

В цифрою 6 позначено утворення безумовного рефлексу, цифрою 7 зображено центр зору

Г цифрою 4 позначено слинну залозу, цифрою 6 – утворення тимчасового нервового зв'язку у корі півкуль



III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Учень та учениця розглядали в інтернеті карикатуру про рефлеси. Учениця сказала, що це умовний рефлекс на подразнення неврологічним молоточком. Учень сказав, що цей рефлекс належить до безумовних і є в усіх людей. Хто правий?



- А** правий учень
- Б** права учениця
- В** обоє праві
- Г** обоє помиляються

2. Заповніть логікон «Типи вищої нервової діяльності», віднесіть приклади героїв мультфільму на зображеннях до відповідного типу темпераменту.

Холерик		Меланхолік	
	сильний	слабкий	
збудження переважає над гальмуванням			гальмування переважає над збудженням
	Губка Боб (2)		



3. Утворіть пари між поняттям, яке стосується вищої нервової діяльності людини (1–4), та його визначенням (А–Д).

- 1 увага
- 2 пам'ять
- 3 характер
- 4 мислення

- А** сукупність психофізіологічних особливостей людини, які проявляються в її поведінці
- Б** сукупність нервових процесів, які відбуваються у корі великих півкуль та відображають реальну дійсність
- В** здатність зберігати та відтворювати інформацію без зміни її характеру та змісту
- Г** низка розумових операцій, які пов'язані зі сприйняттям інформації, її обробленням та формулюванням висновків
- Д** фактор, що керує вибором інформації, яку може сприйняти людина

Компетентнісно орієнтоване завдання

Прочитайте фрагмент оповідання Олівера Сакса «Безтілесна жінка» (з книги «Чоловік, який сплутав дружину з капелюхом, та інші історії з лікарської практики»).



1. Укажіть, де розташовані рецептори, сигнали від яких не доходили до головного мозку в героїні оповідання. *Виберіть усі варіанти відповіді.*

- А** скелетні м'язи
- Б** суглобові сумки
- В** сухожилля
- Г** вестибулярний апарат
- Д** сітківка ока
- Є** смакові сосочки

2. Внутрішній образ тіла в людини в нормі створюється з урахуванням даних низки сенсорних систем. Розташуйте їх у порядку зменшення значущості, від найважливішої (1) до найменш включеної у процес (4).

вестибулярна дотикова зорова пропріоцептивна

3. «...прогалину, що виникла на місці її несвідомого пропріоцептивного зв'язку з тілом, дедалі більше заповнював настільки ж несвідомий зоровий зв'язок, що сягав автоматичності на рівні миттєвих рефлексів». Укажіть, формування якого елементу поведінки описано в цитаті.

4. Прочитайте міркування Крістіни: «Виходить, ця «пропріоцепція» – це наче очі для тіла – те, як тіло себе бачить. А коли відбувається те, що сталося зі мною, тіло стає ніби сліпим. Моє тіло не може себе «бачити», бо воно втратило свій зір, правильно? Тож я маю сама стати його очима. Так?» Поясніть, чому вона порівнює пропріоцепцію саме з зором. *Можна навести декілька різних міркувань.*

5. Визначте на схемі (мал. 57.2) і на малюнку (мал. 49.3), де саме має розташовуватися зона, що відповідає за внутрішній образ тіла людини, і які нові зв'язки з іншими ділянками мали утворитися в героїні оповідання, коли ця ділянка мозку перестала отримувати сигнали від периферичних нервів пропріоцепції.

6. Як називається модель відчуття тіла, його розташування в просторі, побудована на основі даних механорецепторів?

Тема 10.

Розмноження та розвиток людини



Чому в людини нащадків менше, ніж у інших тваринних організмів?

Творчий проєкт:

створення лепбука «Ембріональний розвиток людини».

Практико-орієнтований проєкт:

«Яка роль плаценти в ембріональному розвитку плоду?»; «Моє репродуктивне здоров'я».

Ігровий проєкт:

рольова гра: «Тато, мама, немовля».

Інформаційно-пошуковий проєкт:

«Постембріональний розвиток та його ключові етапи»; «Особливості перебігу триместрів вагітності»; «Гігієна вагітної жінки»; «Історія поширення венеричних захворювань у світі»; «Інфекційні захворювання, що передаються статевим шляхом (ІПСШ), їхній вплив на репродуктивне здоров'я людини»; «Гігієна підлітка»; «Методи запобігання небажаній вагітності».

§ 60. Будова та функції репродуктивної системи людини



Що таке репродукція? Де використовують цей термін?

Які функції репродуктивної системи людини. Однією з умов існування і процвітання будь-якого біологічного виду є здатність відтворювати собі подібних. Але для того, щоби певна популяція будь-якого виду або людська спільнота існували тривалий час, смертність не повинна перевищувати народжуваність. Тобто кількість особин, народжених за одиницю часу, має хоча б не поступатись кількості особин, які померли за такий само період. І лише за умови, що народжуваність переважатиме смертність, можна сподіватись, що такі негативні події, як-от епідемії або війни, дозволять певній людській спільноті існувати й далі.

Отже, продовження роду є природною потребою людини. Однак її еволюція відбувалася в соціальному середовищі, тому повноцінною умовою для продовження людського роду є створення міцної сім'ї.

Людина розмножується статевим способом. Функцію розмноження забезпечує **репродуктивна система**, до складу якої входять статеві органи. Вони складаються зі **статевих залоз**, де формуються статеві клітини; **статевих шляхів**, якими ці клітини досягають місця запліднення; **зовнішніх статевих органів**. Розрізняють чоловічу й жіночу статеві системи.

Яка будова чоловічої статевої системи. До внутрішніх чоловічих статевих органів належать сім'яники, або яєчка, придатки яєчок, передміхурова залоза (простата) (мал. 60.1). Сім'яники, або яєчка, – парні статеві залози овальної форми, що містяться поза черевною

порожниною в шкірному мішку (мошонці) й виконують подвійну функцію: утворення сперматозоїдів, які згодом виводяться з організму, та виділення гормону **тестостерону**. Саме тому сім'яники відносять до залоз змішаної секреції.

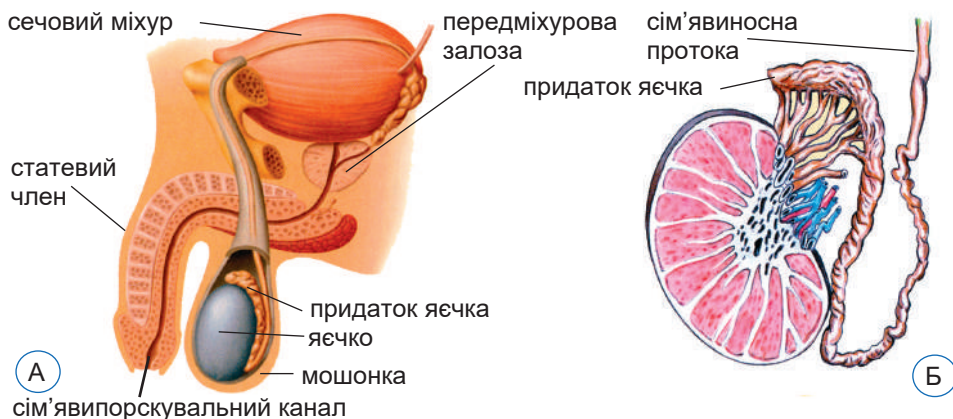
Кожен сім'яник складається приблизно з тисячі звивистих **сім'яних каналців**. Під час статевого дозрівання в сім'яних каналцях яєчок починають утворюватися чоловічі статеві клітини – сперматозоїди. З яєчок вони надходять до придатків, де дозрівають упродовж двох тижнів.

Придаток яєчка – це згорнута спіраллю трубка, що проходить по задній частині яєчка. Від кожної протоки придатка починається **сім'явиносна протока**, що з'єднується з протоками сім'яних міхурців.

Сім'яні міхурці – парні залози, секрет яких забезпечує сперматозоїди поживними речовинами, а також підтримує їхню рухливість. Протоки придатків і протоки сім'яних міхурців зростаються в одну й утворюють **сім'явипорскувальний канал**, який відкривається у сечівник.

Під сечовим міхуром верхню частину сечівника охоплює **передміхурова залоза (простата)**. Вона виділяє слиз, який забезпечує просування сперматозоїдів сім'явиносною протокою, а також процес сім'явипорскування.

До зовнішніх чоловічих статевих органів належать **мошонка**, що вміщує яєчка та їхні придатки, і **статевий член**, або **пеніс**.



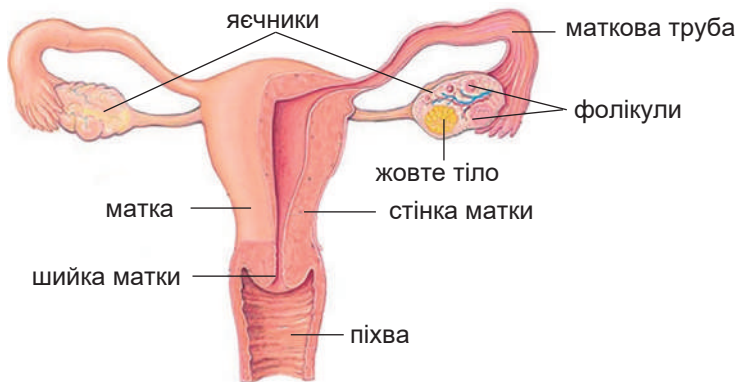
Мал. 60.1. Чоловіча статева система. А. Чоловічі статеві органи.
Б. Зріз через сім'яник (яєчко)



Пригадайте, які залози, крім статевих, виробляють статеві гормони.

Яка будова жіночих статевих органів. Органи жіночої статеві системи, так само як і чоловічої, поділяють на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх органів жіночої статеві системи зокрема належать: лобковий горб (нижня ділянка передньої черевної стінки із жировим прошарком, вкрита волоссям), великі й малі статеві губи та клітор. До внутрішніх жіночих статевих органів належать яєчники, маткові труби, матка і піхва (мал. 60.2).

Яєчники утворені із численних фолікулів і секреторних клітин, які виділяють статеві гормони – зокрема, естрадіол і прогестерон. Кожен фолікул, який є структурним компонентом яєчника, містить незрілу яйцеклітину, оточену шарами епітеліальних клітин та клітин сполучної тканини. Отже, яєчники, так само як і сім'яники, належать до залоз змішаної секреції.



Мал. 60.2. Будова внутрішніх жіночих статевих органів

До кожного яєчника підходить **маткова труба** – парний м'язовий орган завдовжки до 12 см. Частина маткової труби має розширення (лійку) з отвором, оточеним миготливими війками. Завдяки рухам цих війок яйцеклітина потрапляє до маткової труби, де зазвичай відбувається запліднення.

Матка – товстостінний грушоподібний порожнистий м'язовий орган, який виконує менструальну, секреторну функції. Під час вагітності в ній розвивається зародок і плід. У матці розрізняють опуклішу верхню частину, або **тіло матки**, до якої підходять **маткові труби**, та вужчу циліндричну нижню частину матки – **шийку**. Це вузький канал, який під час пологів розширюється, щоб ним могла пройти дитина.

Матка переходить у **піхву** – м'язову трубку, через яку сперматозоїди потрапляють у жіночий організм.

До репродуктивної системи жінок належать також **молочні залози** – парні органи, у яких утворюється молоко в період вигодовування немовлят.

✓ **Дізнайтеся більше** про гігієну органів репродукції та ІПСШ за QR-кодом.



Узагальнення

У людини розмноження забезпечує репродуктивна система, до складу якої входять статеві органи. Вони складаються зі статевих залоз, де формуються статеві клітини; статевих шляхів, якими ці клітини досягають місця запліднення, й зовнішніх статевих орга-

нів. До жіночих статевих залоз належать яєчники, в яких дозрівають яйцеклітини. До чоловічих статевих залоз належать яєчка (сім'яники), в яких дозрівають сперматозоїди. Окрім статевих клітин (гамет), у статевих залозах виробляються чоловічі (тестостерон) та жіночі (естрадіол і прогестерон) статеві гормони.

Поміркуйте

1. Чому чоловічих статевих клітин утворюється багато, а для запліднення потрібна лише одна жіноча й одна чоловіча гамети?
2. Яку функцію виконує простата у функціонуванні чоловічої статевої системи?
3. Чому чоловічі статеві органи розташовуються поза організмом, а жіночі – всередині?

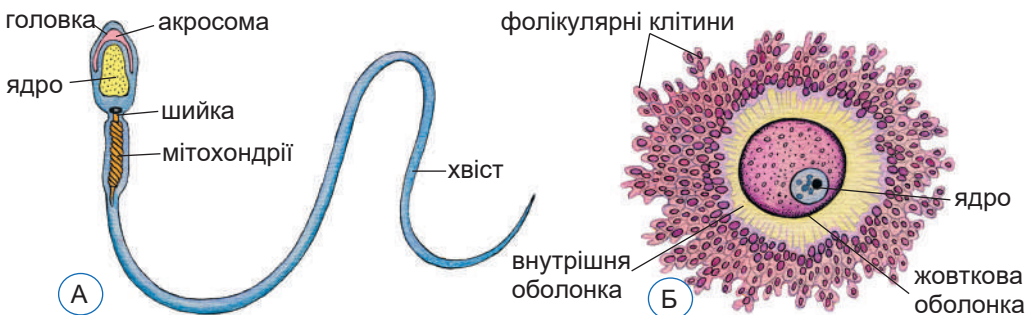
§ 61. Статеві клітини. Запліднення



Чому жіноча та чоловіча гамети відрізняються як розміром, так і будовою?

Яка будова статевих клітин (гамет) людини. Чоловічі первинні статеві клітини починають утворюватися з настанням статевої зрілості. Статеве дозрівання у хлопчиків починається у період від 11 років і завершується в середньому до 18 років. Процес формування і дозрівання сперматозоїдів триває понад два місяці. Щодня у чоловіків дозріває кілька мільйонів сперматозоїдів. На відміну від чоловіків, у жінок первинні статеві клітини утворюються вже в ембріональному періоді й перебувають у «законсервованій» стадії аж до настання статевої зрілості.

Чоловічі статеві клітини – **сперматозоїди** – дуже дрібні, рухливі гамети, що складаються з головки та хвоста (мал. 61.1, А). **Головка** містить компактне ядро, оточене тонким шаром цитоплазми. У передній частині головки розташована **акросома** (від грец. *акрос* – верхівка та *сома* – тіло), що формується за рахунок комплексу Гольджі. Під час запліднення ферменти, що є у складі акросоми, звільняються та розчиняють оболонку яйцеклітини. Завдяки цьому ядро сперматозоїда із цитоплазмою, що його оточує, проникає в яйцеклітину.



Мал. 61.1. Будова сперматозоїда (А) та яйцеклітини (Б)

За головою розташований **хвіст** – звужена та видовжена частина сперматозоїда. Хвіст за допомогою **шийки** – його передньої вузької

ділянки – сполучається з головкою. Ця частина містить мікротрубочки, між якими є мітохондрії, що забезпечують рух сперматозоїда енергією. Рухи хвоста сперматозоїда нагадують рухи джгутика.

Цікаво знати. Якщо довжина головки в сперматозоїда людини становить близько 5 мкм, то довжина хвоста – близько 50 мкм. Хвіст забезпечує рух сперматозоїда із швидкістю 3 мм/хв.

Яка будова жіночих статевих клітин. Жіночі статеві клітини – **яйцеклітини**. На відміну від сперматозоїдів, вони нерухомі, значно більші за розміром (близько 0,12 мм), кулястої форми (мал. 61.1, Б). Цитоплазма яйцеклітини містить запас поживних речовин у вигляді жовткових включень, рівномірно розподілених у клітині. Ззовні яйцеклітина оточена кількома оболонками, які виконують функції живлення та захисту. Значно більші розміри яйцеклітини порівняно зі сперматозоїдами зумовлені її основною функцією: саме із заплідненої яйцеклітини в майбутньому розвивається новий організм.

Цікаво знати. Вважають, що найбільші розміри має яйцеклітина оселедцевої акули: до 22 см у діаметрі. Великі розміри має й яйце африканського страуса – завдовжки 15–21 см.

Що таке менструальний цикл. Статеве дозрівання у дівчат відбувається від 9 до 16 років. Приблизно у віці 10–12 років починається перша **менструація**.

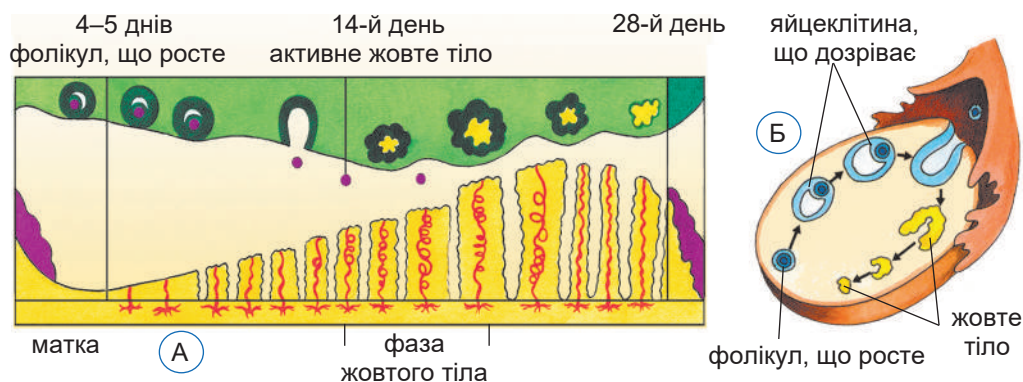
Менструальний цикл – фізіологічні процеси в організмі жінки, під час яких відбуваються закономірні циклічні зміни функцій статевої системи. Ці процеси контролюються статевими гормонами. Тривалість менструального циклу в нормі становить 21–36 днів, найчастіше – 28 днів. Його можна розділити на три фази: менструальну, овуляторну та секреторну (мал. 61.2). Тривалість кожної із цих фаз у різних людей може бути різною, вона залежить від тривалості усього менструального циклу.

У менструальну фазу (її ще називають *фолікулярною*) слизова оболонка матки відшаровується, що супроводжується розривом стінок деяких кровоносних судин. На початку цієї фази гіпофіз виділяє невелику кількість фолікулостимулювального гормону. Під його впливом починають розвиватись кілька фолікулів, але зрештою завершує розвиток лише один з них. Його розвиток триває доти, доки гіпофіз не починає секретувати інший гормон – лютеїнізуювальний. Натомість ріст інших фолікулів згодом припиняється й вони зазнають зворотних змін.

Наступна фаза – **овуляторна**, вона триває приблизно три доби. Таку назву вона дістала тому, що приблизно на 14-й день від початку менструального циклу відбувається **овуляція** (від лат. *овум* – яйце) – процес, під час якого дозріла яйцеклітина розриває оболонку фолікула й виходить з яєчника. Вона надходить у маткову трубу, де завершується її дозрівання й може статися запліднення. У цей час матка здатна до прийняття заплідненої яйцеклітини. Процес овуляції стимулює лютеїнізуювальний гормон.

Після овуляторної настає **секреторна фаза** (її ще називають *фазою жовтого тіла*). Вона триває близько 12 днів. Після розриву стінок фолікула та виходу яйцеклітини його клітини починають накопичува-

ти ліпіди та пігменти, які надають йому жовтого кольору. Тому такий видозмінений фолікул дістав назву **жовтого тіла** (мал. 61.2, 2). Жовте тіло виконує роль тимчасової залози внутрішньої секреції. Зокрема воно виробляє гормон прогестерон, що затримує дозрівання наступного фолікула і готує слизову оболонку матки до прийняття заплідненої яйцеклітини. Якщо запліднення не сталося, жовте тіло руйнується, вміст відповідних гормонів знижується, слизова оболонка матки відшаровується і починається менструація. Цикл знову повторюється.

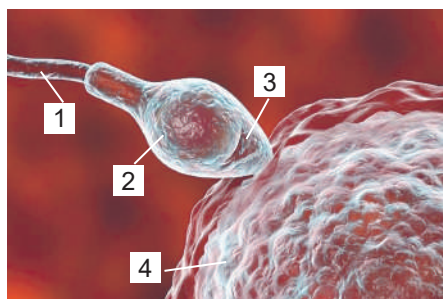


Мал. 61.2. А. Менструальний цикл. Б. Утворення жовтого тіла

У жінок яйцеклітини починають утворюватися ще під час зародкового розвитку, але розвиток фолікулів з яйцеклітинами призупиняється до настання періоду статевого дозрівання. У цей час у яєчнику жінки перебуває близько 300 тис. фолікулів. Під час кожного менструального циклу починають розвиватися групи з 5–15 фолікулів, але, як ми вже згадували, у нормі розвивається лише один з них.

Перший менструальний цикл у дівчини свідчить про те, що її організм вже здатний до розмноження. Припинення менструацій натомість свідчить про втрату здатності до розмноження. Період фізіологічної перебудови в організмі людини, пов'язаний з поступовою втратою здатності до розмноження, називають **клімактеричним періодом**, або **клімаксом**. В основі цього лежать вікові зміни в організмі. Зокрема у жінок, фолікули, які залишилися на той час в організмі, втрачають здатність реагувати на статеві гормони.

Як відбувається процес запліднення. **Запліднення** – процес злиття чоловічої та жіночої гамет: сперматозоїда та яйцеклітини (мал. 61.3). Сперматозоїди здатні сприймати біологічно активні речовини, які виділяє яйцеклітина. Це спрямовує їхній рух у напрямку до неї. Потрапивши до піхви, сперматозоїди просуваються



Мал. 61.3. Взаємодія сперматозоїда та яйцеклітини:
1 – хвіст сперматозоїда;
2 – головка сперматозоїда;
3 – акросома; 4 – зовнішня оболонка яйцеклітини

далі до шийки матки. Приблизно через 30 хв вони досягають порожнини матки, а через 1,5 год – потрапляють до маткових труб, де зустрічаються з яйцеклітиною.

У людини з однією яйцеклітиною зливається лише один сперматозоїд. Під час запліднення плазматична мембрана, яка оточує акросому, зливається з мембраною яйцеклітини. Запліднену яйцеклітину називають **зиготою**. Ядро зиготи утворюється внаслідок злиття ядер яйцеклітини та сперматозоїда. Після проникнення сперматозоїда в яйцеклітину її оболонка стає непроникною для інших чоловічих гамет.

Унаслідок запліднення майбутній організм отримує половину спадкової інформації від матері, а іншу половину – від батька. Тому ані доньки, ані сини не є за набором спадкової інформації точною копією одного з батьків.



Яке біологічне значення того, що в організмі нащадків об'єднується спадковий матеріал обох батьків?



✓ **Дізнайтеся більше** про репродуктивну медицину за QR-кодом.



Узагальнення

Чоловічі та жіночі гамети (статеві клітини) у людини відрізняються за формою та розміром. Чоловіча гамета – сперматозоїд – має видовжену форму, складається з головки та хвоста і має розмір близько 50 мкм. На голівці є акросома, ферменти якої розчиняють оболонку яйцеклітини в процесі запліднення. Яйцеклітина – велика, нерухома, оточена кількома оболонками, має розміри значно більші за сперматозоїд. Запліднення у людини відбувається в маткових трубах, куди з фолікула яєчника надходить яйцеклітина.



Поміркуйте

1. Чому в жінки щомісяця зазвичай дозріває лише одна яйцеклітина?
2. Яка органела перетворюється на акросому сперматозоїда?
3. Чому запліднення відбувається в маткових трубах, а не в матці?

§ 62. Вагітність. Ембріональний період розвитку людини



Чому зародок людини називають спочатку ембріоном, а пізніше – плодом?

Що таке вагітність. Після запліднення настає вагітність, що триває в межах дев'яти місяців. **Вагітність** – фізіологічний стан організму жінки, пов'язаний із заплідненням яйцеклітини й подальшим розвитком зародка і плоду. Під час вагітності посилюється виділення яєчниками, а потім і плацентою гормонів, збільшуються розміри матки. Основні ознаки вагітності: припинення менструацій; збільшення розмірів молочних залоз; сонливість; можлива нудота.

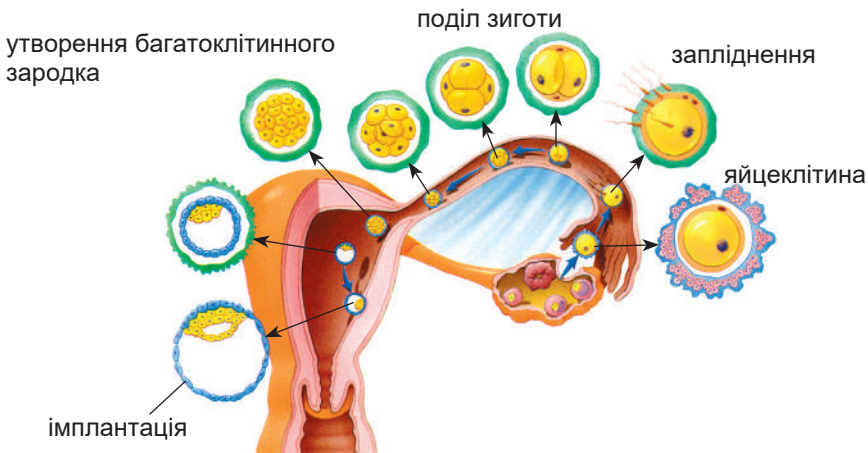
Які періоди виділяють в індивідуальному розвитку людини. Індивідуальний розвиток організму з моменту його зародження до природної

смерті має назву **онтогенез** (від грец. *онтос* – існуюче та *генезис* – походження). Виділяють два періоди онтогенезу: ембріональний (зародковий) і постембріональний (післязародковий). **Ембріональний період** охоплює перетворення зиготи на зародок і розвиток зародка та плоду до моменту народження дитини. **Постембріональний період** починається після її народження.

Які виділяють періоди ембріонального розвитку людини. Під час ембріонального розвитку людини виділяють зародковий і плодовий періоди. **Зародковий період** триває від початку другого і до завершення восьмого тижня вагітності. У цей час **зародок**, або **ембріон**, живиться переважно секретами залозистих клітин стінки матки. **Плодовий період** починається з дев'ятого тижня вагітності та завершується народженням дитини.

Як формуються зародок і плід. Під час просування заплідненої яйцеклітини матковою трубою вона ділиться, перетворюючись на багатоклітинний зародок. На 4–5-ту добу багатоклітинний зародок занурюється у слизову оболонку матки й прикріплюється до неї. Цей процес має назву **імплантація** зародка (мал. 62.1).

✓ **Дізнайтеся більше** про ранні фази ембріонального розвитку людини за QR-кодом.



Мал. 62.1. Розвиток організму людини після запліднення

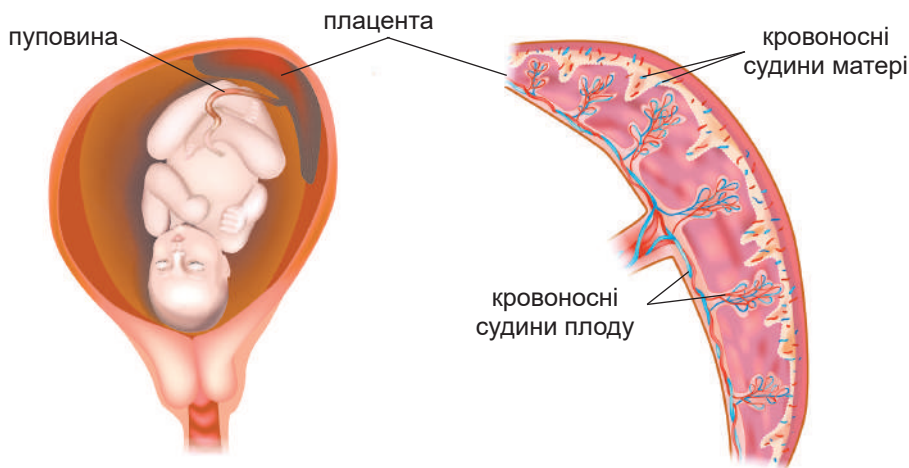
Наприкінці другого місяця внутрішньоутробного розвитку утворюється **плацента** (від лат. *плацента* – пиріг), або дитяче місце (мал. 62.2), – орган, який має вигляд диска, міцно прикріпленого до слизової оболонки матки. Плацента зв'язує зародок з організмом матері. Від утворення плаценти організм називають **плодом**.

Плід з материнським організмом через плаценту з'єднує шнуроподібний орган – **пуповина** (мал. 62.2). Плід посилено росте і живиться за допомогою плаценти, яка досягає максимального розвитку наприкінці п'ятого місяця зародкового розвитку.

Через плаценту плід отримує від материнського організму поживні речовини і кисень та виводить з власного організму кінцеві продукти

метаболізму й вуглекислий газ. Кров матері не змішується з кров'ю плоду, обмін поживними речовинами і газами у плаценті відбувається через стінки їхніх кровоносних судин. Крім того, плацента захищає плід від проникнення токсичних речовин і багатьох хвороботворних мікроорганізмів. Однак через плаценту можуть проникати деякі віруси (наприклад краснуха), бактерії (збудники сифілісу тощо), одноклітинні (токсоплазма та ін.) та багатоклітинні (певні види гельмінтів) паразитичні тварини.

Плацента також виконує роль залози внутрішньої секреції: виділяє спеціальний гормон – прогестерон, який сприяє нормальному перебігу вагітності.



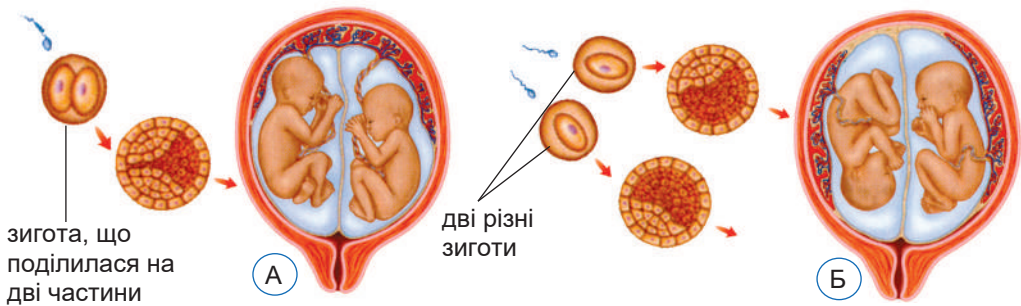
Мал. 62.2. Будова плаценти

Плід оточують плодовий міхур і навколоплідні води. **Плодовий міхур** – це особливі оболонки, що оточують плід у вигляді мішка й виконують захисну функцію. Навколоплідні води заповнюють простір між плодом і внутрішньою плодовою оболонкою та забезпечують механічний захист, рух і розвиток плоду. Плодовий період починається з початку третього місяця й триває до моменту народження дитини (пологів).

Пологи – це складний фізіологічний процес, який супроводжується народженням дитини і завершенням вагітності. Здебільшого жінка за одну вагітність народжує одну дитину. Але є випадки народження водночас двох, трьох і більше дітей (близнят). Вони можуть бути однояйцевими та різнояйцевими.

Цікаво знати. **Однояйцеві близнята** розвиваються з однієї зиготи, яка на певних етапах розвитку зародка поділилася на дві (іноді більше) частини (мал. 62.3, А). Вони тільки однієї статі й дуже схожі між собою, оскільки мають подібний набір спадкової інформації.

Різнояйцеві близнята розвиваються з двох або більшої кількості зигот, які утворюються в разі запліднення кількох яйцеклітин під час овуляції. Вони можуть бути однієї або різних статей; схожі між собою не більше, ніж брати і сестри, що народилися у різний час (мал. 62.3, Б).



Мал. 62.3. Утворення однайцевих (А) та різнояйцевих (Б) близнят



Важливою умовою розвитку плоду в організмі матері є її захист від впливу шкідливих факторів, особливо на ранніх стадіях вагітності. Особливості ембріонального розвитку згодом позначаються на всьому наступному розвитку людини. Тому під час вагітності жінці потрібно:

- правильно харчуватися, вживати калорійну й легкозасвоювану їжу, зокрема фрукти та овочі, які містять необхідні вітаміни;
- частіше перебувати на свіжому повітрі;
- дбати про чистоту тіла;
- носити зручний одяг;
- бути спокійною;
- уникати інфекційних захворювань, повністю відмовитися від шкідливих звичок.

Вживання алкоголю, наркотиків, лікарських препаратів, які не пройшли належного фармакологічного контролю, у період вагітності може призвести до народження фізично й розумово недорозвинених дітей. Тютюнокуріння особливо неприпустиме під час вагітності й годування дитини груддю.

Узагальнення

Вагітність – фізіологічний стан організму жінки, пов'язаний із заплідненням яйцеклітини й подальшим розвитком зародка і плоду. В індивідуальному розвитку (онтогенезі) людини виділяють два періоди: зародковий (ембріональний) та післязародковий (постембріональний). Ембріональний період триває від моменту запліднення до народження дитини, а постембріональний починається з моменту народження. Під час ембріонального періоду із зиготи в результаті поділу утворюється багатоклітинний зародок. З моменту утворення плаценти його називають плодом. Плід зв'язаний з плацентою пуповиною, оточений плодовим міхуром, що заповнений навколоплідними водами. Вагітність завершується пологамі – народженням дитини.



Поміркуйте

1. Яка роль плаценти в розвитку ембріона?
2. Чому не змішується кров плоду та матері?
3. Чому плід у плодовому міхурі оточений навколоплідними водами?
4. Яка особливість будови матки забезпечує її функції?

§ 63. Постембріональний розвиток людини



Який спосіб життя повинна вести людина для того, щоб її біологічний вік не перевищував хронологічний?

Постембріональний розвиток людини – це період життя, який починається після народження дитини і триває до смерті людини. За цей час організм росте, розвивається, набуває здатності до розмноження, згодом – старіє та вмирає.

Який вік людини називають хронологічним, а який – біологічним. У різні періоди життя людини інтенсивність процесів росту й розвитку неоднакова. Це зумовлює специфічні особливості будови, процесів життєдіяльності та психіки людини, які називають **віковими**.

Розрізняють хронологічний і біологічний вік людини. **Хронологічний** (від грец. *хронос* – час) **вік** – це період (у роках, місяцях, днях), прожитий від дня народження до певного моменту. Натомість **біологічний вік** характеризує реальний фізіологічний стан організму, який відповідає характеристикам певної вікової групи людей. Він залежить від індивідуальних темпів росту, розвитку, способу життя, фізіологічного стану організму.

На біологічний вік людини впливають також соціально-економічні умови.

Різниця між хронологічним і біологічним віком людини на етапі дозрівання може сягати п'яти років, а на етапі старіння – до 20 років. Наприклад, процеси старіння організму можуть спостерігатись ще до того, як людина досягне похилого або старечого віку.

Відповідно до вікових особливостей організму весь постембріональний розвиток поділяють на періоди.

Період новонародженості охоплює перші десять днів. Подальший період називають **грудним**: він триває до 1 року й супроводжується активним ростом і збільшенням маси тіла. Дитина в цей час отримує основну масу поживних речовин із материнським молоком. У грудному молоці також містяться деякі антитіла, які забезпечують імунітет дитини.

У віці шести місяців у дитини починають прорізуватися молочні зуби. Значні зміни відбуваються і в скелеті дитини. У новонароджених ще немає типових для дорослої людини вигинів хребта. Вони починають розвиватися з розвитком скелетної мускулатури. Так, у віці 2–3 місяців, коли дитина починає тримати голову, в неї формується шийний вигин (лордоз), а в 6–7 місяців – грудний (кіфоз). У віці двох років хребет дитини набуває форми дорослої людини.

Період раннього дитинства охоплює 1–3-й роки життя. У цей період темпи росту уповільнюються до близько 8 см на третьому році життя, але на другому році залишається ще високим (близько 10–11 см щороку).

У віці двох років закінчується прорізання зубів. У цей період діти інтенсивно розвиваються, особливо швидко розвивається мова, а з нею – і мислення (мал. 63.1).

У період раннього дитинства виникає прагнення ходити, інтерес до ігор.



Мал. 63.1. Період раннього дитинства

Період першого дитинства охоплює 4–7-й роки життя. У цей період діти за рік виростають на 5–7 см. У віці 5–6 років з'являються перші постійні зуби.

У цей період розвитку діти сприймають багато інформації про навколишній світ й активно розвиваються, починають навчатися грамоти, читання, математики тощо (мал. 63.2). У період першого дитинства у дітей виникає бажання вчитися, щось розглядати, імітувати окремі професії.



Мал. 63.2. Період першого дитинства

Друге дитинство, або молодший шкільний період, триває з 8-го по 12-й роки життя дитини. Для нього характерно уповільнення темпів росту. Дитина підростає за рік на 4–5 см. У процесі навчання розвиваються розумові здібності учнів.

Підлітковий період (у дівчат триває з 12-го по 15-й роки, у хлопців – з 13-го по 16-й) збігається з періодом статевого дозрівання. У цей період (з 11–12 років у дівчат і з 13–14 у хлопців) спостерігають прискорення росту (близько 7–8 см за рік); збільшення маси тіла; перебудову організму, пов'язану з початком функціонування статевих залоз як залоз внутрішньої секреції.

Статеве дозрівання у хлопців починається в період від 11 і завершується в середньому до 18 років. З'являється волосся під пахвами і на обличчі. Плечі розширюються, а таз залишається вузьким. Це надає фігурі хлопця чоловічої статури. Збільшуються і змінюються хрящі гортані, відбуваються зміни голосу, які називають *мутацією*. У цей час не рекомендують напружувати голосові зв'язки (кричати, голосно

розмовляти). Під впливом статевих гормонів посилюється секреція шкірних залоз, особливо на обличчі й спині. Якщо не дотримуватися особистої гігієни, вони можуть запалюватися, утворюючи вугри, які зазвичай зникають до 21–23 років. Під впливом статевих гормонів формуються і вторинні статеві ознаки.

Статеве дозрівання в дівчат відбувається у віці від 9 до 16 років. З'являється волосся під пахвами та на лобку. Таз розширюється, збільшуються молочні залози. У цей період з'являється перша менструація.

У підлітковий період у дівчат і хлопців закладається багато рис характеру, властивих конкретній особистості, виробляється вміння контролювати власну поведінку: здатність керувати своїми вчинками і настроєм. Під впливом авторитету дорослих і навколишнього середовища формуються моральні якості людини, її цілеспрямованість. Підлітки прагнуть самовиразитися.

Юнацький період (у хлопців він триває впродовж 17–21-го років життя, у дівчат – 16–20-го років). У цьому віці ріст і розвиток організму переважно завершуються, усі системи органів практично досягають своєї зрілості. Але триває морфофункціональний розвиток: збільшується маса тіла, об'єм грудної клітки, життєва ємність легень тощо. У цей час підсилюються процеси психологічного і культурного дозрівання.

Зрілий вік настає у 21 рік у жінок та 22 роки у чоловіків. *Перший період зрілого віку* триває до 35 років. Це найпродуктивніший період у житті людини, час, коли розвиваються її здібності, з'являються можливості їхньої реалізації в конкретній сфері професійної діяльності. Зазвичай у цей період людина створює сім'ю, народжує і виховує дітей. *Другий період зрілого віку* триває від 36 до 60 років у чоловіків і до 57 років у жінок. У цей відрізок часу життя людина намагається максимально реалізувати себе в обраній професії, сім'ї.

Похилий вік починається з 61-го року життя в чоловіків і з 58-го року в жінок і триває до 74-го року життя. Багато людей зберігають у цей період достатньо високу професійну працездатність. **Старечий вік** у чоловіків і жінок починається з 75-го року життя. У цьому віці багато людей мають ясний розум і здатні до творчої праці. **Довгожителі** – це люди, чий вік перевищує 90 років.



Старіння організму – загальнобіологічна закономірність. До чинників, які подовжують життя і сприяють пізнішому настанню старіння, належать активний спосіб життя, регулярні заняття спортом, раціональне харчування, тривале перебування на свіжому повітрі, уникання стресів, відмова від шкідливих звичок тощо.

Цікаво знати. 2015 р. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) запропонувала внести такі зміни у вікову класифікацію: 25–44 років – молодий вік; 44–60 – середній вік; 60–75 – похилий вік; 75–90 – старечий вік.

Особливу увагу стану здоров'я людини слід приділяти у **критичні періоди розвитку**. Це періоди, коли організм найбільш чутливий до дії різноманітних факторів, здатних порушувати нормальний розвиток.

Критичним періодом під час ембріонального розвитку людини є імплантація зародка в стінку матки та плацентація. Так само критичним періодом є народження дитини та завершення її прямих функцій.

нальних зв'язків з організмом матері під час перерізання пуповини: змінюється характер кровообігу, газообміну, живлення тощо.



Використовуючи різні джерела інформації, з'ясуйте, які критичні періоди виділяють під час постембріонального розвитку людини.

Середня тривалість життя є показником **здоров'я нації**. Здоров'я нації – велика цінність, від якої залежить продуктивність праці, економічний розвиток країни, соціальний добробут населення. Здоров'я нації має забезпечувати високоефективна система охорони здоров'я. Відповідно до Конституції України здоров'я українських громадян розглядається як найголовніший скарб країни. Ці принципи закріплено в Конституції України. Так, стаття 3 Конституції України говорить про те, що людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю.

✓ **Дізнайтеся більше** про науку геронтологію за QR-кодом.



Узагальнення

У процесі постембріонального розвитку людини виділяють такі періоди: новонародженості, грудний, раннього дитинства, першого дитинства, другого дитинства (молодший шкільний період), підлітковий, юнацький періоди, зрілий вік, похилий та старечий вік. Хронологічний вік людини – це вік реально прожитого часу. А біологічний вік – той, який характеризує фізіологічний стан організму, що відповідає певній віковій групі людини.

Поміркуйте

1. Чому не всі ділянки черепа немовляти з'єднані швами?
2. У якому віці в немовляти починають формуватися шийний, грудний і поперековий вигини хребта?
3. З якого періоду життя в дитини починається розвиток абстрактного мислення?
4. Чому статеве дозрівання в хлопчиків і дівчат відрізняється в часі?

Підіб'ємо підсумки з теми

1. Досліджую природу

1. Під час дослідження масо-зростових показників немовлят у пологовому будинку за поточний рік учні вирішували, які методи будуть застосовувати. Учениця запропонувала застосувати математично-статистичний метод і спостереження. Учень додав, що потрібно застосувати експериментальний метод і моніторинг. Визначте, хто з учнів правий.

А учениця

В обоє праві

Б учень

Г обоє помиляються

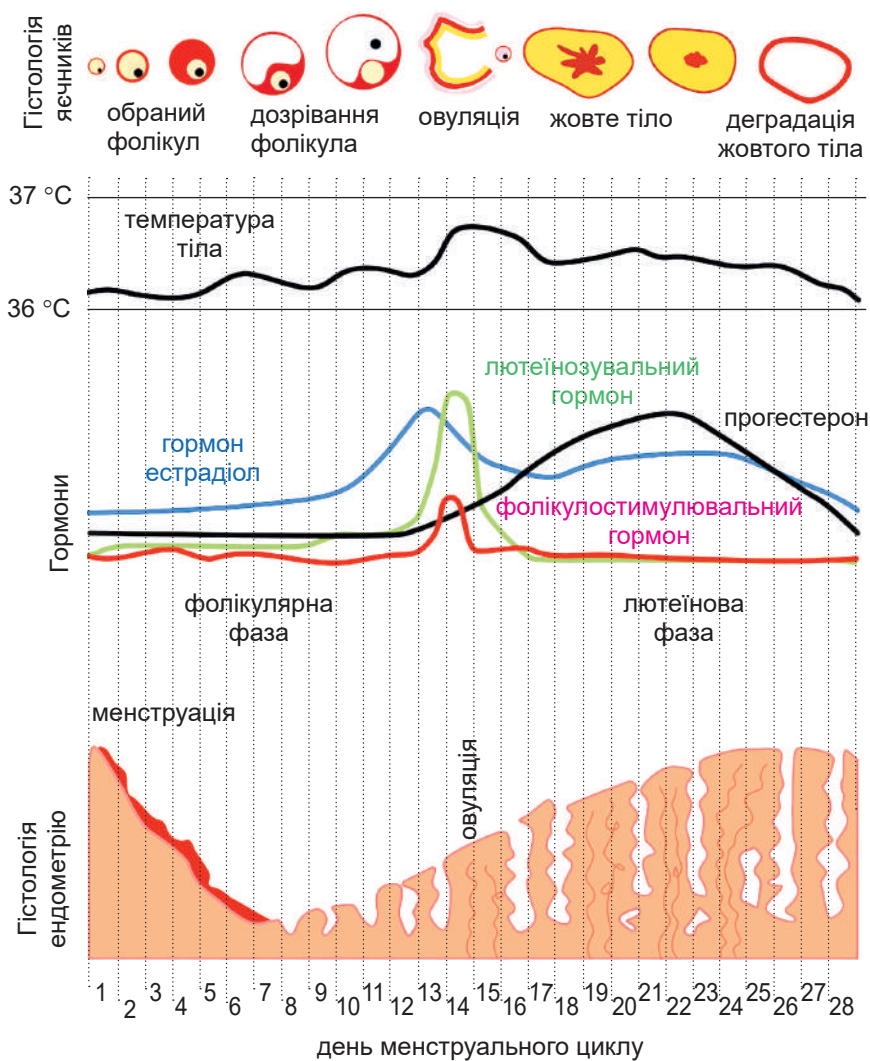
2. Вставте пропущені слова. Це фото зроблене за допомогою методу 1. Яка його мета 2?



- А** 1 – рентгенографія, 2 – аналіз живлення плоду
Б 1 – ультразвукове діагностування, 2 – визначення статі плоду
В 1 – сканувальна мікроскопія, 2 – визначення групи крові плоду
Г 1 – томографія, 2 – аналіз серцебиття плоду

II. Опрацювую та використовую інформацію

1. Розгляньте схему менструального циклу та графіки на ній (гістологія ендометрію – визначення товщини внутрішнього шару стінки матки).



1.1. Проаналізуйте твердження, обравши «Так» чи «Ні».

Менструальний цикл триває 28 днів	Так	Ні
Потовщення стінки ендометрію та його розвиток стається в перші дні менструації	Так	Ні
Овуляція стається на 7-й день циклу	Так	Ні
У момент овуляції виділяється лютеїнізуювальний гормон	Так	Ні
Під час овуляції в жінки температура тіла зростає до 37 °C	Так	Ні
Кількість гормону прогестерону падає з розвитком жовтого тіла	Так	Ні
Фолікулостимулювальний гормон виділяється під час лютеїнової фази	Так	Ні

1.2. Розгляньте графіки виділення гормонів. Укажіть, які гормони виділяються у максимальній кількості, в який період менструального циклу (на який день).

III. Усвідомлюю закономірності природи

1. Діти обговорювали роль плаценти в ембріональному розвитку. Учениця сказала, що плацента виконує бар'єрну роль і захищає плід від проникнення чужорідних тіл. Учень доповнив, що кров матері й дитини завдяки плацентарному бар'єру не змішуються. Чиє твердження правдиве?

- А учня
Б учениці
В обоє праві
Г обоє помиляються

2. Утворіть пари між залозою (1–4) та її функцією (А–Д) в репродуктивній системі людини.

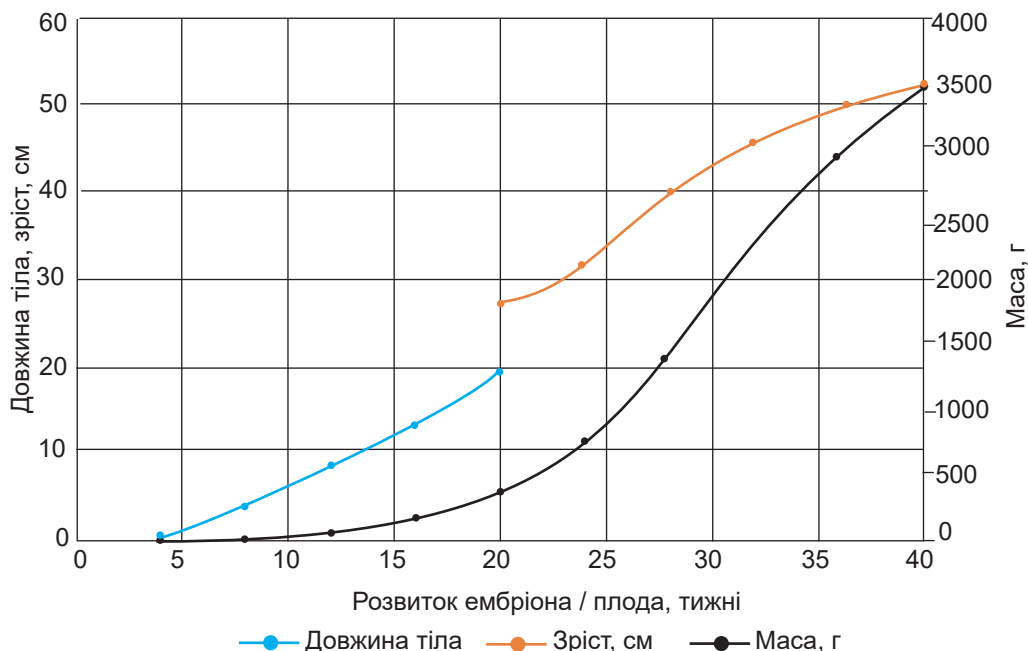
- 1 яєчка
2 яєчники
3 сім'яні міхурці
4 простата (передміхурова залоза)
- А утворюють і виділяють молоко через протоки
Б виділяють секрет, що забезпечує рухливість сперматозоїдів
В виділяє слиз для просування сперматозоїдів
Г утворюють сперматозоїди та виділяють тестостерон
Д виділяють естрадіол і прогестерон, формують яйцеклітину

Компетентнісно орієнтоване завдання

Щоб увиразнити основні події на різних етапах ембріогенезу, учні й учениці класу зробили картки для стрічки часу, на яких зібрали з енциклопедій текст про події певних тижнів розвитку ембріона і добрали до них зображення (картки відповідають тижням розвитку ембріона раз на 4 тижні: на 4-й, 8-й, 12-й і далі до 40-го тижня).



Автори/ки запропонували два варіанти гри: згорнути картки так, щоб з одного боку був текст, а з іншого – малюнок. Одна група укладає стрічку часу (прикріплює до мотузки або стрічки біндерами, скріпками чи прищепками) картки тільки за текстами, а друга – тільки за зображеннями. За знайденими даними учні й учениці побудували діаграму, на якій показали за основною та допоміжною осями, як змінюється довжина / зріст і маса тіла протягом внутрішньоутробного розвитку.



1. За карткою для гри, що відповідає 20-му тижню, і діаграмою поясніть, чим відрізняється вимірювання довжини тіла від зросту.

2. За картками для гри визначте послідовність наведених нижче змін, що відбуваються з зародком. Розташуйте їх у правильній послідовності, від тієї, що відбувається першою (1) до тієї, що відбувається останньою (7).

Формуються зачатки зубів молочних і постійних

Формуються нирки

Починає битися серце

Кістковий мозок і печінка починають виконувати кровотворну функцію

Сітківка очей здатна сприймати світло

Райдужка очей набуває кольору

Дитина може відкривати та заплющувати очі

3. Дослідження (і самоспостереження) за розвитком ембріона дають змогу визначити певні події, починаючи з тижня:

А за УЗД можна вперше визначити стать – ____;

Б на УЗД можна вперше побачити рух крові судинами – ____;

В лікар може почути стук серця ззовні, через передню стінку живота матері – ____;

Г мама відчуває рух плода – ____;

Д можна почути гикавку дитини – ____.

4. Використовуючи діаграму, вкажіть, у які тижні швидкість росту плода була найбільшою:

А за довжиною тіла – між ____ і ____ тижнями; **Б** за масою – між ____ і ____.

5. Поясніть, чому швидкість росту неоднакова в різні періоди ембріогенезу. Чому швидкість набору маси та збільшення довжини тіла відрізняються?

Показчик термінів і понять

А

Автоматія серця, 152
Аглютиніни, 142
Аглютиногени, 142
Адреналін, 63
Акомодація, 235
Акросома, 285
Алергія, 178
Анаболізм, 119
Анафілактичний шок, 178

Б

Біологічні ритми, 265

В

Вагітність, 288
Вегетативна нервова система, 47
Вестибулярний апарат, 240, 242
Вища нервова діяльність, 256
Віруси, 174
Вітаміни, 119

Г

Гемоглобін, 140
Гіпоталамо-гіпофізарна система, 66
Гіпоталамус, 43
Гіпофіз, 59
Глікокалікс, 17
Головний мозок, 39
Гомеостаз, 8
Гормони, 57
Групи крові, 141
Гуморальна регуляція, 56

Д

Далекозорість, 236
Динамічний стереотип, 262
Дихальний цикл, 190

Е

Екскреція, 203
Ендокард, 150
Ендокринні залози, 56
Ендоплазматична сітка, 20
Епідемічний поріг, 176
Епікард, 150
Епітелій, 20
Епіфіз, 61
Еритроцити, 140

З

Зсідання крові, 147

І

Імунітет, 167
Імунодефіцит, 172
Інстинкт, 51
Інтелект, 276

К

Катаболізм, 119
Когнітивний дисонанс, 55
Колективний імунітет, 177
Комплекс Гольджі, 18
Короткозорість, 236
Кров, 136
Кровообіг, 148

Л

Лейкоцити, 145
Лізосоми, 17
Лімфа, 164

М

Менструальний цикл, 286
Метаболізм, 118
Мислення, 275
Міокард, 150
Міофібрили, 86
Мітохондрії, 17
Мозочок, 42

Н

Навчання, 262
Нейроглія, 23
Нейрогормони, 57
Нейрогуморальна регуляція, 27
Нейромедіатори, 34
Нейрон, 23
Нерви, 35
Нефрон, 206
Норадреналін, 64

О

Окістя, 78
Орган, 24
Остеоцити, 74
Охрястя, 76
Очеревина, 105

Розділ 3

П

Пам'ять, 263
Перикард, 172
Плазматична мембрана, 17
Поведінка, 256

Р

Реабсорбція, 207
Резус-фактор, 143
Репродуктивна система, 282
Рефлекс, 27, 50
Рефлекторна дуга, 27
Рецептори, 225

С

Свідомість, 277
Сенсорна система, 224
Серцевий цикл, 153
Сигнальна система, 270
Синапс, 34
Соматична нервова система, 46
Соціум, 5
Стрес, 67

Т

Таламус, 43
Терморегуляція, 216
Тканина, 19

У

Увага, 272

Ф

Фактори ризику, 11
Фасція, 86
Ферменти, 105
Фізіологічна система, 25
Фільтрація, 207
Формені елементи, 139
Функціональна система, 28

Х

Хондроцити, 76

Ц

Цитоскелет, 17

Я

Ядро, 17

✓ Джерела ілюстрацій, запозичених для використання у навчальному процесі.



Дорогі восьмикласники і восьмикласниці.....	3
---	---

Розділ 3. Біологія людини

Вступ	4
§ 1. Чому людину вважають біосоціальною істотою.....	4
§ 2. Які науки вивчають людину. Яке значення знань про людину для збереження її здоров'я.....	7
§ 3. Методи дослідження організму людини	11
Тема 1. Організм людини як біологічна система.....	15
§ 4. Організм людини як саморегульована біологічна система: молекулярний та клітинний рівні	15
§ 5. Тканини організму людини	19
§ 6. Органи, системи органів організму людини	24
Тема 2. Регуляторні системи організму людини	32
§ 7. Будова нервової системи людини	32
§ 8. Спинний мозок: будова і функції	36
§ 9. Головний мозок людини: стовбурова частина, мозочок	39
§ 10. Головний мозок людини: передній мозок	42
§ 11. Соматична та вегетативна нервова система	46
§ 12. Рефлекторний принцип діяльності нервової системи. Рефлекси безумовні та умовні.....	50
§ 13. Профілактика захворювань нервової системи	53
§ 14. Гуморальна регуляція діяльності організму людини. Гормони, нейрогормони.....	56
§ 15. Ендокринна система людини: будова та функції	59
§ 16. Залози змішаної секреції. Взаємодія регуляторних систем організму.....	65
Тема 3. Опорно-руховий апарат	73
§ 17. Будова та функції опорно-рухового апарату.....	73
§ 18. Типи кісток. З'єднання кісток	77
§ 19. Будова скелета та його функції.....	80
§ 20. Будова та функції скелетних м'язів. Основні групи скелетних м'язів	86
§ 21. Робота м'язів. Втомлення м'язів та її причини	90
§ 22. Надання першої допомоги в разі ушкоджень опорно-рухового апарату.....	93
§ 23. Профілактика порушень формування та функціонування опорно-рухового апарату	96

Тема 4. Травна система. Процеси метаболізму	102
§ 24. Будова та функції травної системи	102
§ 25. Процеси механічної та біохімічної обробки їжі в ротовій порожнині	106
§ 26. Ковтання їжі. Процеси травлення в шлунку.....	110
§ 27. Процеси травлення в кишці. Виведення з організму неперетравлених решток їжі.....	114
§ 28. Процеси катаболізму та анаболізму – складники метаболізму. Вітаміни, їхня роль в обміні речовин.....	118
§ 29. Харчові та енергетичні потреби людини. Харчові продукти та їхній склад	122
§ 30. Розлади діяльності травної системи та їх профілактика.....	127
Тема 5. Внутрішнє середовище організму людини	135
§ 31. Внутрішнє середовище організму людини	135
§ 32. Органи кровотворення. Формені елементи крові: еритроцити. Групи крові. Правила переливання крові.....	139
§ 33. Будова і функції лейкоцитів і тромбоцитів. Зсідання крові.....	145
§ 34. Система кровообігу. Будова та функції серця.....	148
§ 35. Серцевий цикл. Нейрогуморальна регуляція роботи серця	153
§ 36. Будова та функції кровоносних судин. Рух крові: велике та мале кола кровообігу	156
§ 37. Кровотечі: надання першої допомоги. Серцево-судинні захворювання та їх профілактика	160
§ 38. Лімфатична та імунна системи.....	164
§ 39. Імунітет та його види. Поняття про вакцини та сироватки. Поняття про імунodefіцит, імунотерапію та імункорекцію	167
§ 40. Віруси. Інфекційні захворювання та їх профілактика	173
Тема 6. Дихальна система та газообмін.....	184
§ 41. Система органів дихання	184
§ 42. Дихальні рухи. Газообмін у легенях і тканинах. Нейрогуморальна регуляція процесів дихання.....	190
§ 43. Профілактика захворювань дихальної системи. Перша допомога в разі зупинки дихання	194
Тема 7. Процеси виділення та терморегуляції.....	203
§ 44. Будова сечовидільної системи людини	203
§ 45. Нефрон. Процеси утворення та виведення сечі.....	206
§ 46. Захворювання органів виділення та їх профілактика.....	208
§ 47. Будова шкіри та її функції	211
§ 48. Терморегуляція. Перша допомога в разі термічних ушкоджень шкіри. Захворювання шкіри та їх профілактика	216
Тема 8. Сенсорні системи	224
§ 49. Характеристика сенсорних систем (аналізаторів). Рецептори та їх типи	224

§ 50. Зорова сенсорна система. Око.....	228
§ 51. Особливості функціонування ока людини. Гігієна зору	233
§ 52. Слухова сенсорна система. Вуха. Гігієна слуху	238
§ 53. Сенсорні системи рівноваги, руху, дотику, температури, болю	242
§ 54. Сенсорні системи нюху, смаку. Рецептори внутрішніх органів	247
Тема 9. Вища нервова діяльність	256
§ 55. Вища нервова діяльність. Історія і методи вивчення нервової діяльності людини	256
§ 56. Рефлекси. Навчання і пам'ять	261
§ 57. Біоритми людини. Сон і сновидіння	265
§ 58. Перша сигнальна система. Сприйняття зовнішнього світу. Емоції. Стрес.....	270
§ 59. Друга сигнальна система. Мова. Фізіологічна основа мовлення. Мислення. Свідомість	273
Тема 10. Розмноження та розвиток людини	282
§ 60. Будова та функції репродуктивної системи людини.....	282
§ 61. Статеві клітини. Запліднення	285
§ 62. Вагітність. Ембріональний період розвитку людини	288
§ 63. Постембріональний розвиток людини	292
Показник термінів і понять	299