

**Гільберг Т. Г., Засекіна Т. М.,
Стадніченко С. М., Лашевська Г. А.**

ПРИРОДНИЧІ НАУКИ

**Навчально-методичний посібник
для 11 класу
(експериментальний)**

1 частина



2019

Відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України № 863 від 03.08.2018 року «Про проведення експерименту всеукраїнського рівня «Розроблення і впровадження навчально-методичного забезпечення інтегрованого курсу «Природничі науки» для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти» на період із серпня 2018 року по жовтень 2022 року» передбачено розроблення навчально-методичного забезпечення, що буде проходити експериментальну перевірку.

Навчально-методичний посібник «ПРИРОДНИЧІ НАУКИ» (експериментальний) для 11 класу закладів загальної середньої освіти, відповідає проекту навчальної програми, що розроблений авторським колективом під керівництвом Т. М. Засєкіної.

Зміст навчального матеріалу структуровано за модульним принципом. На початку вивченняожної теми визначено очікуванні результати, які мають бути досягнуті учнями, передбачено посилання на джерела, які містять матеріал для актуалізації раніше вивченого, а також на додаткові джерела, які сприяють засвоєнню навчального матеріалу. Стиль викладу навчального матеріалу має ознаки науково-популярного, інформаційного та проблемного, що забезпечує сприйняття його учнями відповідної вікової категорії, та враховує той факт, що зазначений курс призначено для учнів, які не планують складати зовнішнє незалежне оцінювання із природничих предметів. Завершується кожна тема практичною частиною, що дає змогу перевірити засвоєння теоретичного матеріалу, а також сприяє реалізації діяльнісного підходу для формування практичних умінь і навичок. Система завдань і питань може бути використана для організації різних форм навчальної діяльності на уроці та в позаурочний час.

Автори й видавництво готові до співпраці.

Усі зауваження та побажання надсилайте на електронну скриньку:

prirod-nauk@ukr.net

ЗМІСТ
ЛЮДИНА
1 семестр. 64 год

Д. 1. ХТО МИ? ЯКІ МИ?

Від перших приматів до Homo sapiens	6
Вид Людина розумна (Homo sapiens)	9
Трохи анатомії й фізіології	13
Будьмо на рівні	14
Органи й системи	15
Людина майбутнього	18

Д. 2. РЕЧОВИННИ НАВКОЛО Й УСЕРЕДИНІ

Із чого ми складаємось	22
Жири. Білки. Вуглеводи	26
Біологічно активні речовини	50

Д. 3. РЕЧОВИНА Й ЕНЕРГІЯ

Біоенергетика людини	60
Системи органів, що беруть участь в обміні речовини й енергії	63
Усередині клітини	67
Ідуть різними шляхами, а результат один	70
Про АТФ докладніше	73
У кожного свій шлях і своє призначення	75
Роль ферментів і вітамінів у метаболізмі	79
Як дістатися до мітохондрії?	80

Д. 4. СМАЧНОГО

Для чого ми їмо?	84
Смачного!	89
Спосіб має значення	94
Їсти й не хворіти	104

Д. 5. СЕРЦЕ І КРОВ

Що воно за штука, що день і ніч стука?	109
У наших жилах	113
Бережіть серце й судини	122
Про лімфу	130

Д. 6. САМОРЕГУЛЮВАННЯ І ЗАХИСТ

Сам себе регулює	135
Тримай баланс	145
Захистимо себе самі	155
Самовідновлення	157

Д. 7. ІНФОРМАЦІЯ І СЕНСОРИ

Живе живиться інформацією	162
Як ми бачимо? Чуємо? Відчуваємо смак, запах, біль?	168
Розширюємо можливості наших сенсорних систем	177

Д. 8. ІНФОРМАЦІЯ І ГЕНЕТИКА

Де зберігається інформація про нас	186
Як зчитується і передається генетична інформація	189
Як передається інформація під час поділу клітин	193
Спадковість і мінливість	195
Що може піти не так	200
I не лише гени	203
Персональні дані	203

Д. 9. ВІН І ВОНА

Готуємось стати батьками	208
Як зароджується нове життя	211
Дивовижні 40 тижнів	218
Хто це буде? Яким він буде?	223
Якщо не вдається завагітніти?	226
Скільки нас?	228

Д. 10. РОЗУМ ТА ЕМОЦІЇ

Електрична проводка нашого організму	234
1,2 кг суперком'ютера всередині вашого черепа	241
Логіка і емоції	249

Д. 11. ОПОРА І РУХ

Прямоходіння: переваги й недоліки	254
Утворює каркас, надає форму, забезпечує опору, рух і захист	255
Біомеханіка і біохімія рухової активності	258
Рух — це життя	265

Д. 12. У ЗДОРОВОМУ ТІЛІ...

Що таке здоров'я?	271
Від чого залежить наше здоров'я?	272
Хвороби людини	278
Здоровий спосіб життя	283
Резерви здоров'я	287

Д. 13. МЕДИЦИНА І ЛІКИ

Медицина в минулому, сьогодні й у майбутньому

Фізика & медицина

Хімія & медицина

Резерв 4 год

ЛЮДИНА



Д. 1. ХТО МИ? ЯКІ МИ?

Чи будуть наші нащадки кіборгами з механічними імплантами, відновлюваними кінцівками та камерами, вбудованими в очі?

Чи зміниться наш зріст, статура, риси обличчя й колір шкіри? Напевно ми цього, звісно, не знаємо, але щоби поміркувати на цю тему, варто пригадати, як змінилася людина в ході своєї еволюції, як функціонує наш організм

ВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати й розуміти: біологічні особливості людини порівняно з іншими ссавцями, приматами, гомінідами; біологічні й соціальні чинники антропогенезу; особливості виду Людина розумна.

Розпізнавати: типи клітин і тканин організму людини; органи та системи органів людини.

Порівнювати й зіставляти: органи й системи органів в організмі людини й інших організмах.

Пояснювати: критерії виду; докази еволюції людини; відмінності між фізіологічними й функціональними системами.

Характеризувати: онтогенез і його етапи; фізіологічні й функціональні системи організму людини.

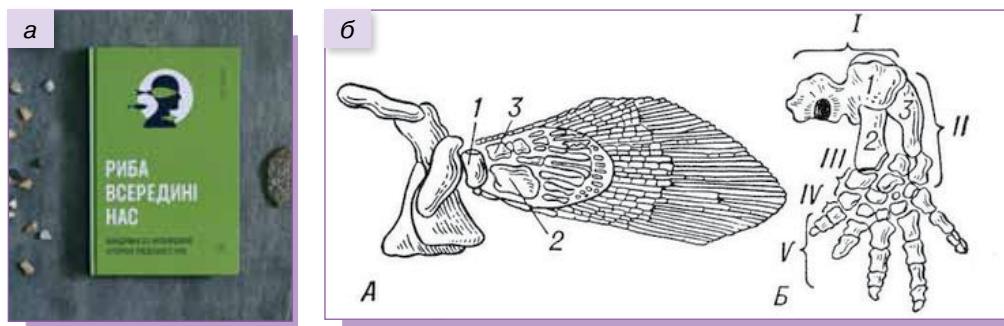
Робити висновок: про особливості еволюції людини; про місце людини в системі органічного світу.

Обґрунтовувати судження: щодо співвідношення біологічних і соціокультурних чинників у розвитку людини; про нелінійність еволюції людини; про організм людини як цілісну відкриту біологічну систему

ВІД ПЕРШИХ ПРИМАТІВ ДО HOMO SAPIENS

Як виникла людина? Це ще одне з тих запитань, остаточної відповіді на яке дотепер немає. Історія виникнення людини складна та суперечлива... Ученими здійснено значну кількість палеонтологічних, анатомічних, а в останні роки — генетичних досліджень у пошуку відповіді на це питання. Проте достеменно прослідкувати, як розвивалися й еволюціонували предки людини, не вдається. Тому є різні версії еволюції людини. І якщо саму еволюцію як природний процес сприймаємо без сумнівів, то теорії, що її описують й пояснюють, викликають дискусії. І не думайте, що ці дискусії не стосуються вас. Знання того, як розвивався людський організм, чому сьогодні він має такі параметри, форми й функції, дає змогу спрогнозувати, якою буде людина майбутнього. Отже, що відомо нам про наше минуле?

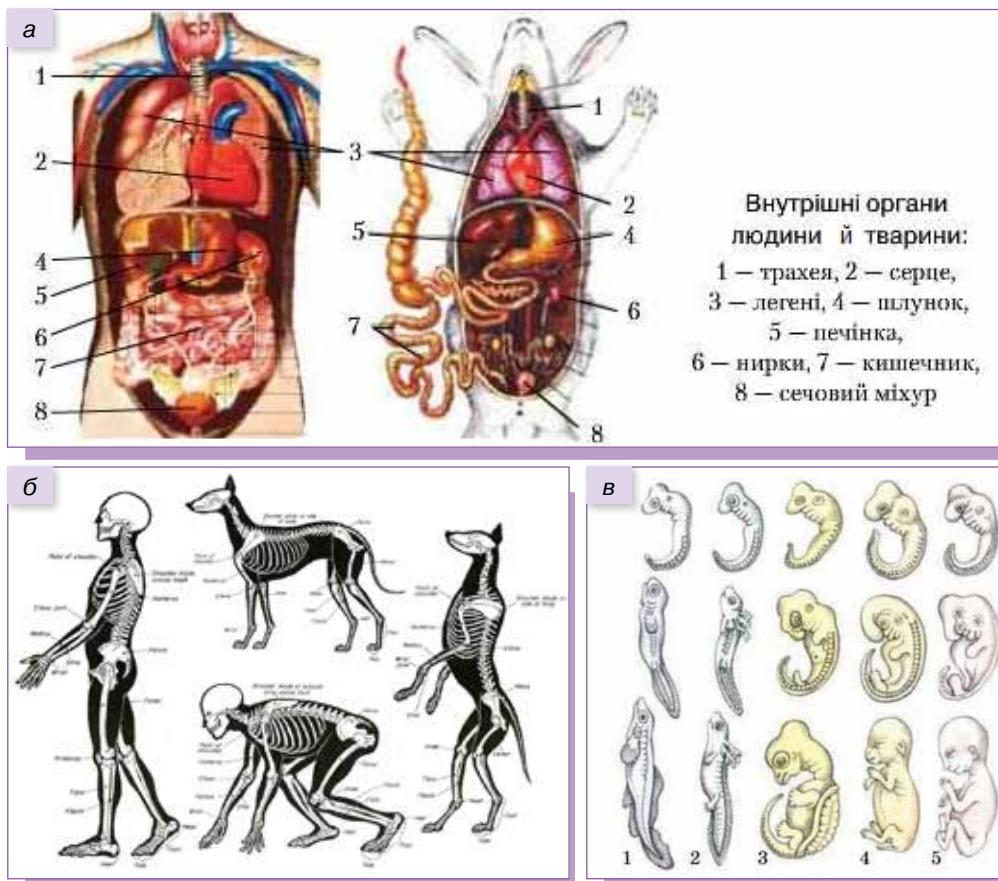
Людському тілу знадобилося сто мільйонів років, щоби стати таким, яким воно є. При цьому більшість цього часу зайняв «косметичний ремонт», адже еволюція частіше за все не створює щось нове з нуля, а передбудовує старе. Ким би та якими б ми не були зараз, усередині нашого тіла є сліди того способу життя, який вели найдавніші предки. Знайти спільні риси людини з мавпою не важко, а як щодо риб? Хибно й наївно вважати, наче в пальців людини мало спільногого з плавцем. Усередині кожного з нас живе вона, риба, яка колись, 3,5 млрд років тому, розпочала свій вихід на сушу. Найліпшу аналогію до цього процесу навів Ніл Шубін¹ у книзі «Риба всередині нас» (мал. 1.1, а). Усе життя почалось у воді, і знадобилося багато часу, щоб риби вийшли на сушу. І не менше, аби їхні плавці поступово трансформувалися й почали бодай трохи нагадувати наші руки з пальцями. Одна з трьох кісточок, з яких складається наше внутрішнє вухо — стремінце, колись була частиною щелепи доісторичної акули.



Мал. 1.1: а — книга Ніла Шубіна «Риба всередині нас»;
б — перетворення передньої кінцівки при переході до наземного способу життя:
А — кистепера риби; Б — найдавніше наземне хребетне — стегоцефал;
1 — плечова кістка; 2 — променева кістка; 3 — ліктьова кістка; I — плече;
II — передпліччя; III — зап'ясток; IV — п'ястка; V — фаланги пальців

¹ Ніл Шубін (англ. *Neil Shubin*; нар. 22 грудня 1960) — американський палеонтолог, еволюційний біолог і письменник- популяризатор науки.

Дані порівняльної анатомії й фізіології людини та тварин показали подібність людини до ссавців як узагалі, так і в багатьох деталях. Дивовижна подібність внутрішніх органів — серця, легені, органів травлення людини й тварин (мал. 1.2, а). Під час порівняння скелета й мускулатури людини та таких тварин, як собака (мал. 1.2, б), кінь, мавпа, було знайдено ті самі кістки й м'язи, що відрізнялися від людських лише розмірами й деякими особливостями. Тож якби не підписи на малюнку 1.2, в, де зображені етапи ембріонального розвитку різних організмів, то важко визначити, який з них у верхньому ряду людський.



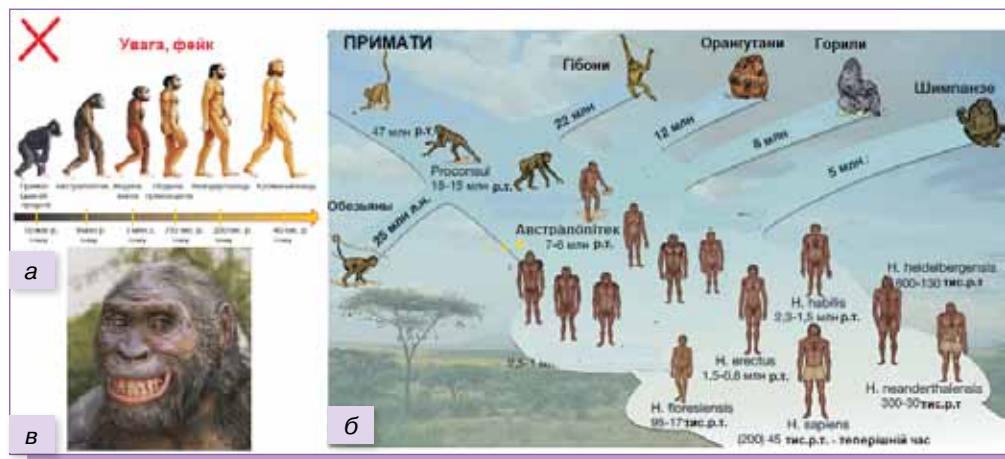
Мал. 1.2: а — внутрішні органи людини й тварини (кроля); б — подібність скелета людини й тварини (собаки); в — послідовні стадії розвитку: 1 — риби; 2 — саламандри; 3 — черепахи; 4 — пацюка; 5 — людини

Під час вивчення особливостей індивідуального розвитку (онтогенезу) різних груп тварин науковці встановили закон, який стверджує, що індивідуальний розвиток (онтогенез) будь-якого організму — це вкорочене й стисле повторення історичного розвитку (філогенезу) цього виду. Зокрема, на більш ранніх етапах онтогенезу ніби відтворюються ознаки давніших предків, на завершальніх — найближчих.

Найближчими нашими предками є примати. Раніше еволюцію людини зображали як прогресивний рух від приматів аж до царя природи — *Homo sapiens* (мал. 1.3, а). Цей філогенетичний ряд уперше представлено в бестселері професора Каліфорнійського університету в Берклі Ф. Кларка Ховелла «Старовинні люди», виданому відомим видавництвом Time-Life 1965 року. Як це не парадоксально, та про те, що ця картина хибна, стало відомо ще під час її першого опублікування. Однак протягом декількох десятиліть цю послідовність відкрито демонстрували, і завдяки своїй наочності вона закарбувалася в уяві мільярдів людей у всьому світі.

У результаті численних палеоантропологічних знахідок стало очевидно, що розвиток людини не відбувався лінійно. Колись існувало декілька типів людей (людина розумна, людина працьовита, людина вміла тощо), які належать до родини Гомінідів. Дотепер не зрозуміло, який представник приматів дав початок гомінідам, але відомо, що це була велика та розгалужена родина, еволюція якої відбувалася зовсім не лінійно й не односторонньо, а з мозаїчним розподіленням ознак і безліччю паралелізмів. Певні види внаслідок дивергенції започаткували різні лінії. Одна з них привела до появи сучасної людини, інші — до сучасних людиноподібних мавп. Були й тупикові гілки, представники яких вимерли.

Уважають, що останнім спільним предком родини Гомінідів міг бути примат *Proconsul* (мал. 1.3, б). А лінія Людини виникла в результаті еволюції Австралопітеків (*Australopithecus*) — роду людиноподібних мавп, що вимер. Їхня головна особливість, що зближує з нами — прямоходіння. А от ознак будови черепа, наблизених до людських, майже немає (мал. 1.3, в). Об'єм черепа в первісних форм не більший, ніж у шимпанзе та горили, що доводить: прямоходіння передує збільшенню головного мозку (властивість еволюції людини). Уважають, що деякі види австралопітеків певний час співіснували з людиною вмілою *Homo habilis* і людиною прямоходіною *Homo erectus*.



Мал. 1.3: а — найзnamенитіша неправильна ілюстрація;
б — еволюція приматів; в — реконструкція зовнішнього вигляду Австралопітека

У 1856 році робітники, які видобували вапняк у долині Неандерталь поблизу Дюссельдорфа, що в Німеччині, відкопали кістки якоїсь істоти. Знайдений скелет назвали Неандертальцем (*Neanderthal*). Згодом археологи віднайшли стоянки, культурні шари та залишки кісток Неандертальців по всій Європі. Як і Людина розумна, Неандертальці близько споріднені з Австралопітеками (*Australopithecus*), Людиною вмілою та Людиною працьовитою (*Homo ergaster*), однаке ступінь цієї спорідненості досі не з'ясовано. Тому одні вчені вважають, що Неандертальці є окремою гілкою від Людини розумної, а інші вважають їх підвідом Людини розумної.

30 тисяч років тому поряд із сучасними людьми мешкали принаймні три інші види людиноподібних: неандертальці в Європі й Західній Азії, Денисівська людина в Азії та Флореська людина (гобіт) — на індонезійському острові Флорес. Однак людина розумна поширилася з Африки й витіснила всіх інших людей, заселивши пізніше всю планету. *Самостійно дізнайтесь, як відбувається цей процес.*

Розшифрування геномів дало змогу встановити, що людина розумна не лише витісняла неандертальців і денисівців, а й змішувалася з ними. Дані генетичного аналізу сучасних людей показують, що в європейців та азіатів є приблизно 2,5 % неандертальських генів, а в населення островів Тихого океану є домішка денисівських генів. Тому сучасні люди несуть у собі частину генів інших вимерлих представників роду *Homo*.

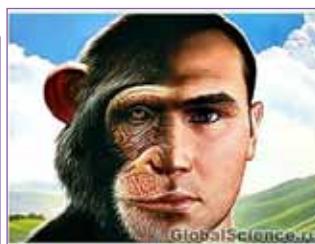
ВІД ЛЮДИНА РОЗУМНА (HOMO SAPIENS)

Як би там не було, а людину, як біологічний вид, легко класифікувати за ключовими ознаками:

- поява в процесі ембріонального розвитку хорди й нервової трубки, зябрових щілин у порожнині глотки доводить її належність до *типу Хордові*;
- хребетний стовп і скелет голови — череп, розташування серця на чревному боці, дві пари кінцівок є вагомою підставою для віднесення людини до *підтипу Хребетні*;
- теплохрещінність, молочні залози й волосся на поверхні тіла, диференціація зубів, діафрагма свідчать про її належність до *класу Ссавці*;
- розвиток дитини всередині тіла, матка й плацента доводять, що людина є представником *підкласу Плацентарні*;
- нігти, а не кігти на пальцях, кінцівки хватального типу, протиставлення великого пальця іншим, великий головний мозок з розвинутими півкулями, кольоровий бінокулярний зір є ознаками *ряду Примати*;
- низка другорядних ознак, зокрема: особливості зубної системи, редукція хвоста, значний об'єм головного мозку, особлива форма грудної клітини — є підставою вважати, що людина належить до *підряду Людиноподібні мавпи*;
- належність людини до *сімейства Гомінідів* визначають за двома основними ознаками: двоногість і редукція зубо-щелепного апарату (зменшення ікл, параболічна форма зубної дуги, укорочені щелепи);

- лінія роду Людина (*Homo*) виокремилася приблизно 6 млн років тому. Близько 2–2,5 млн років тому сформувався *рід* Людина, представники якого почали виготовляти складні знаряддя праці;
- вид Людина розумна здатний до мови, абстрактного мислення, прямоходіння, виготовлення й використання знарядь праці та культури.

Про належність людини до *сімейства* Гомінідів свідчать дані порівняльної анатомії, молекулярної біології, фізіології, патології тощо. Людина найподібніша до горили й шимпанзе. Проте ні горили, ні шимпанзе не є прямими предками людини, передусім тому, що вони — її сучасники. І в людини, і в цих мавп великий головний мозок, схожа будова внутрішніх органів, апендикс, чотири групи крові, схожі імунні властивості та процеси обміну речовин й енергії, близькі терміни вагітності, однакові паразити й хвороби (наприклад, сифіліс). Методи імунології дали змогу виявити подібність білків крові людини й людино-подібних мавп: послідовність амінокислотних залишків у гемоглобіні крові людини й шимпанзе однакові, а порівняно з гемоглобіном крові горили є відмінності, що свідчить про віддаленість у родинних зв'язках. Схожі й молекулярно-генетичні характеристики людини й мавп. У людини 46 хромосом, а в шимпанзе 48, водночас диплоїдний набір хромосом інших мавп становить 5 478. Доведено, що в людини одна з хромосом другої пари виникла внаслідок злиття двох хромосом шимпанзе. Якщо взяти ДНК людини й з'єднати її з другою половиною ДНК мавпи, то між ними комплементарно виникнуть водневі зв'язки. Найбільший родинний зв'язок має людина з карликівим шимпанзе бонобо (99 %), а найменший — з гібоном (48 %).



Мал. 1.4. «Ей, родино, родиночко, та й родичі мої...» (з української коломийки¹)

Критерії виду людина розумна.

Морфологічний. В особин виду *Людина розумна* схожа зовнішня будова. Виокремлюють так звані антропометричні показники — зріст, вагу, об'єм головного мозку й деякі інші. Людина розумна сучасного типу на зріст близько 140–190 см, її маса 50–100 кг, об'єм головного мозку — 1000–1850 см³.

Географічний. Оскільки вид *Людина розумна* — космополіт, його ареал — уся земна куля за винятком Антарктиди. Проте є деяка тенденція розселення людини, зокрема, цей вид селиться переважно в рівнинних місцях з помірним або тропічним кліматом, поблизу моря або водойми.

¹ Коломийки. Том 2 / Упорядник Володимир Гнатюк. — Львів: Наукове Товариство імені Шевченка, 1906. — 317 с.

Екологічний. Усі особини виду Людина розумна взаємопов'язані з жи-вою й неживою природою та мають схожі взаємозв'язки: трофічні (харчо-ві), топічні (від грец. τοπικός — місце проживання), житлові й інші. Проте, залежно від конкретної популяції, ці взаємозв'язки можуть істотно відрізнятися. Наприклад, раціон харчування ескімосів Гренландії й бедуїнів Африки зовсім різний. Отже, людина є високо еврибіонтним видом (тобто організмом із широким діапазоном пристосування до місця існування).

Молекулярно-генетичний. Усі особини виду мають однакову молеку-лярно-генетичну будову. А саме: диплоїдний набір хромосом становить 46, гаплойдний — 23 відповідно.

Фізіолого-біохімічні. В усіх особин схожі фізіологічні й біохімічні про-цеси в організмі. Однаково функціонують системи дихання, травлення, розмноження, виділення тощо. Проте є й деякі модифікації залежно від популяції. Наприклад, здатність перетравлювати лактозу молока є в біль-шості жителів Європи. Водночас меншість жителів південно-східної Азії здатні перетравити цей дисахарид.

Гістолого-цитологічний. У всіх особин виду однакова тканинна і клі-тинна будова. Відмінності можуть бути, наприклад, у зв'язку з особливос-тями місця існування. Наприклад, мелатоніну в шкірі негроїдів набагато більше, ніж у шкірі європеоїдів з огляду на те, що останні живуть в умовах незначної радіаційної дії Сонця.

Репродуктивний. Усім людям властивий внутрішньоутробний розви-ток, період виношування потомства становить 9 місяців. Характерними є турбота про потомство, вигодовування й виховання впродовж тривалого періоду, утворення сім'ї на період виховання дітей або довше.

Етологічний (поведінковий). Схожість у поведінці для задоволення своїх потреб. Цей критерій нині найсоціалізованиший. За ним людина іс-totно відрізняється залежно від свого статусу в суспільстві.

Історичний (еволюційний). У всіх особин виду Людина розумна схоже походження в процесі антропогенезу, усі вони походять від одного пред-ка — людини прямохідної.

Людина — біосоціальна істота. Окрім основних чинників еволюції орга-нічного світу на антропогенез суттєво впливають соціальні чинники: трудова діяльність (праця), суспільний спосіб життя, свідомість і мова (мал. 1.5).

У процесі виготовлення й використання знарядь праці рука вдоскона-лювалася функціонально й морфологічно, що вплинуло на весь організм (зокрема, розвиток мозку, органів чуття). Окрім того, праця сприяла згур-туванню древніх предків людини в колективи, тобто створенню суспіль-ства на противагу стаду, яке було властиве давнім людям. У ході спільноЯ трудової діяльності виникала життєва необхідність в обміні інформацією. У процесі еволюції в предків сучасної людини відбулися зміни голосово-го апарату та мозку, які сприяли появи мови. Трудова діяльність, колек-тивна праця й пов'язана з ним мова зробили передавання накопиченого досвіду наступним поколінням необхідною умовою життя людей. Перева-гу перед іншими отримали племена, які не тільки підтримували фізично сильних особин, а й охороняли старих членів суспільства. Адже саме вони

зберігали й передавали нашадкам інформацію про способи виживання та діяльності в різних умовах довкілля (мисливців, майстрів з вичинювання шкір, виготовлення знарядь праці, знавців лікарських рослин тощо). Якщо генетичну інформацію батьки передають дітям відповідно до закономірностей успадкування, то соціальну інформацію передають за допомогою мови, що забезпечує навчання й розвиток особини.



Мал. 1.5.

«В зоопарку батька
Запитав хлопчина:
— Чи то правда, що від мавпи
Походить людина?
— Правда, мовив батько. —
Наука доводить,
Що людина, безперечно,
Від мавпи походить.

— То чому ж ці мавпи
Сильно так відстали?
Чом людьми ще й досі
Справжніми не стали? —
Батько вуса гладить,
Весело сміється:
— Таке, синку, й людям
Не всім удається.»

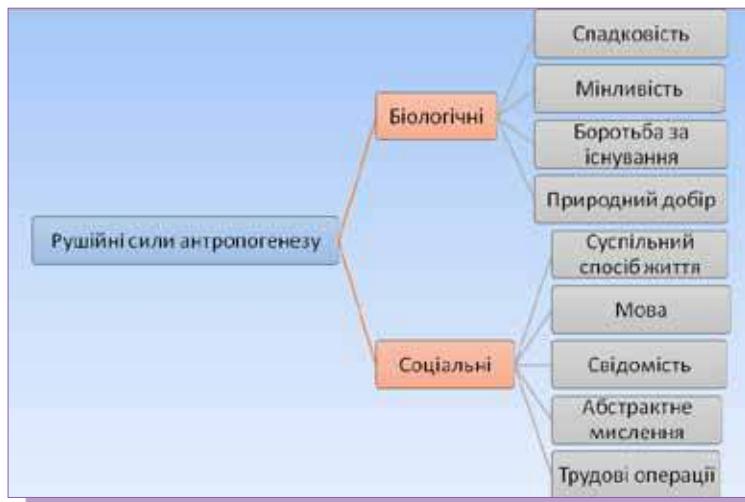
Павло Глазовий¹. Еволюція

Поясніть підпис до малюнка 1.5.

Отже, еволюція людини відбувалася не тільки під упливом біологічних, а й соціальних факторів. І якщо на ранніх етапах антропогенезу в найдавніших і давніх людей провідне значення для їхньої еволюції відіграв біологічний фактор — природний добір, то вже згодом добір відбувався не тільки за фізичними показниками (сила, витривалість тощо), а й за рівнем розумового розвитку (уміння виготовляти найпростіші знаряддя праці, використання їх, здатність до спілкування з іншими членами племені, навички колективних дій тощо). Змінювалась форма природного добору: з рушійного він перетворився на стабілізуvalний. На сьогодні дія добору спрямована на збереження теперішніх генетичних характеристик людей та елімінацію (загибель) індивідуумів з несприятливими генотипами.

Тобто основні відмінності людини від тварин пов'язані з трудовою діяльністю, прямоходінням і мовою (мал. 1.6).

¹ Павло Прокопович Глазовий (1922–2004, Київ) — український поет-гуморист і сатирик.

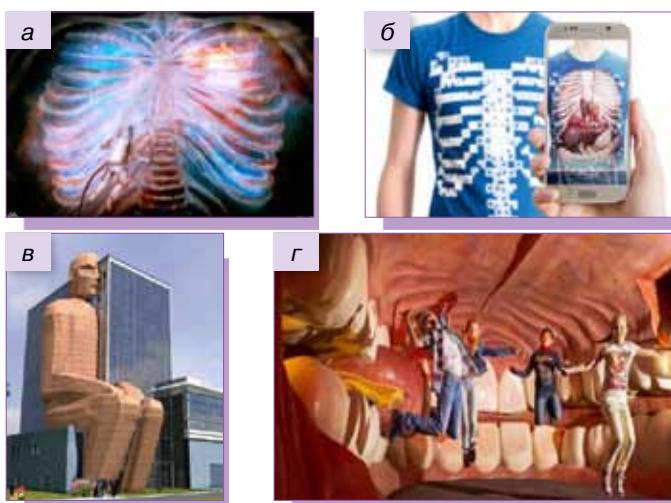


Мал. 1.6. Рушійні сили антропогенезу

ТРОХИ АНАТОМІЇ Й ФІЗІОЛОГІЇ

А наскільки ви добре обізнані зі своїм організмом? Спробуймо узагальнити наші знання, здобуті на уроках біології.

У 1987 році в США вийшов кінофільм «Внутрішній космос», герой якого зменшився до мікроскопічних розмірів і потрапив у тіло людини. І хоча фільм фантастико-пригодницький, та сцени роботи внутрішніх органів захоплювали глядачів і глядачок не менше! Наразі у світі є безліч музеїв, кунсткамер, відеофільмів, комп’ютерних програм, що показують людське тіло в різних його варіаціях (мал. 1.7).



Мал. 1.7: а, б — комп’ютерні програми з дослідження організму людини; в, г — нідерландський «Музей людського тіла» — «Corpus» — конструкція заввишки в 35 метрів убудована в семиповерхову будівлю й дає змогу побачити організм людини й робити всіх органів зсередини

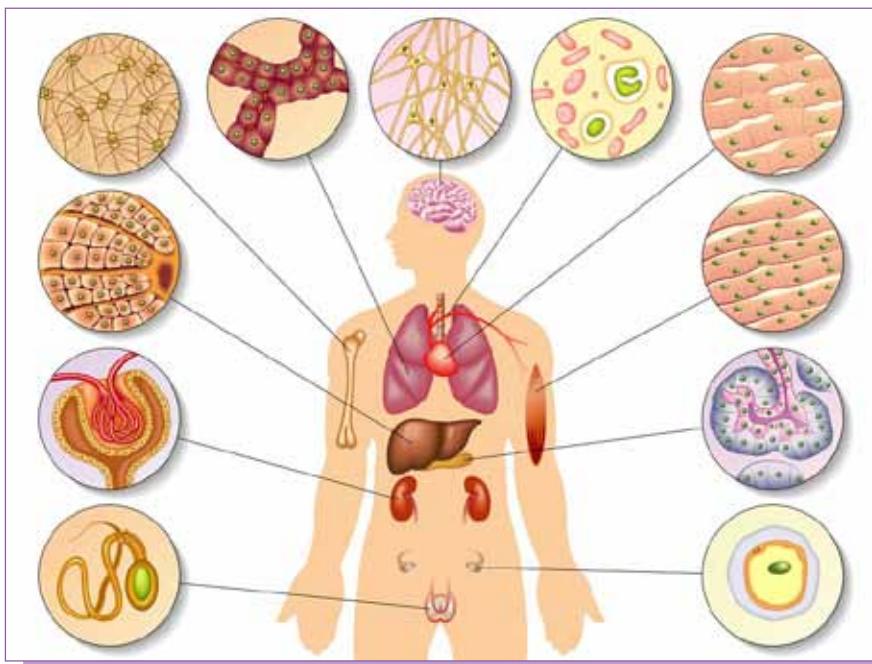
Для зручності виокремлюють кілька рівнів, на яких досліджують організми: молекулярний і атомний, клітинний, тканинний, рівні органів і систем.

БУДЬМО НА РІВНІ!

Клітинний рівень. У процесі еволюції органічного світу клітина виявилася єдиною системою, у якій можливий прояв усіх закономірностей і властивостей живої матерії: ріст і розмноження, поглинання й виділення різних речовин, дихання й подразливість, обмін речовин і спадковість.

Усі клітини побудовані за одним принципом. У них є цитоплазма з органелами та ядро. Кожна клітина ззовні вкрита мембраною складної будови й виконує важливі функції.

Залежно від особливостей форми, розмірів і виконуваних функцій виокремлюють різні види клітин (мал. 1.11).

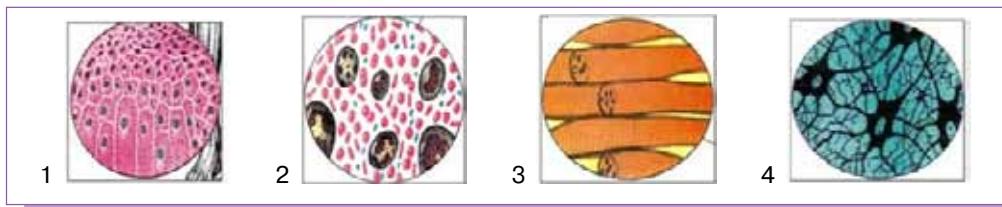


Мал. 1.11. Організм людини складається приблизно з 10^{13} клітин близько 230 різних типів (на малюнку зображено основні групи клітин).

Усі вони є нашадками однієї клітини — зиготи

У кожній клітині постійно відбуваються два взаємопов'язані процеси: розпаду (катаболізму) органічних сполук складної будови на простіші та утворення (анabolізму) нових органічних сполук.

Тканинний рівень. Схожі за будовою й функціями клітини в комплексі з міжклітинною речовиною утворюють *тканини*, кожна з яких виконує низку певних завдань. Залежно від цього в анатомії тіла людини виокремлюють чотири групи тканин. *Які саме?* Ви зможете актуалізувати свої знання, проаналізувавши малюнок 1.12 і таблицю 1.2. *Зробіть це.*



Мал. 1.12. Тканини організму людини: 1 — епітеліальна; 2 — сполучна; 3 — м'язова; 4 — Нервова

Табл. 1.3. Типи тканин організму людини, їхні функції

Тканина	Функції	Розташування
Епітеліальна		
Одношарова	Захисна	Оболонки різних внутрішніх органів
Багатошарова	Захисна	Роговий шар шкіри
Залозиста	Секреторна	Залози зовнішньої та внутрішньої секреції
Сполучна		
Опорна (кістки, хрящі)	Захисна, опорна	Скелет, органи дихання
Трофічна (кров, лімфа)	Транспортна, захисна	Серце, кровоносні судини
Жирова	Захисна, запасальна	Підшкірна клітковина, внутрішні органи
М'язова		
Посмугована	Скорочувальна	Скелетні м'язи, серцевий м'яз, мімічні м'язи, м'язи язика, гортані, верхньої частини стравоходу, діафрагми
Гладка	Скорочувальна	М'язи шлунково-кишкового тракту, кровоносних судин, внутрішніх органів
Нервова	Установлення зв'язку між різними частинами організму та навколоишнім середовищем	Головний і спинний мозок, нервові вузли, нерви

ОРГАНИ Й СИСТЕМИ

Тканини утворюють органи. Орган — це частина тіла певної форми й будови, що виконує одну або кілька специфічних функцій. В анатомії людини органи зазвичай класифікують на зовнішні й внутрішні. Зовнішні — голову, шию, спину, груди, тулуб, верхні й нижні кінцівки — можна побачити й вивчити без будь-яких спеціальних приладів або маніпуляцій. Дослідження внутрішніх органів складніше, оскільки потрібне інвазійне (від лат. *invasio* — нашестя, напад) втручання, сучасні прилади або, щонайменше, наочний дидактичний матеріал.

Попри те, що кожний орган виконує певну функцію, для нормальної життєдіяльності потрібна їхня системна робота. Органи, що відповідають

за певні ланки однієї функції, утворюють систему органів — *фізіологічні системи* (опорно-рухову, кровоносну, травну, дихальну, видільну, ендокринну, нервову, органів чуття).

Взаємоузгоджене об'єднання різних органів і фізіологічних систем, спрямоване на досягнення корисного для організму пристосувального результату, називають *функціональними системами*. Наприклад, для забезпечення рухів необхідна спільна робота нервової системи та м'язів, дихальна й кровоносна системи об'єднані в єдину функціональну систему для забезпечення організму киснем; травна й кровоносна системи забезпечують транспортування кров'ю поживних речовин до всіх клітин і тканин організму; кровоносна, лімфатична та система виділення працюють спільно для виведення з організму шкідливих речовин тощо.

Порівняти фізіологічну та функціональну системи ви зможете, проаналізувавши відомості, наведені в таблиці 1.4 (зробіть це).

Таблиця 1.4. Ознаки й властивості фізіологічної та функціональної систем

Система	
Фізіологічна	Функціональна
Об'єднання	
Постійне	Тимчасове
Органів, які анатомічно поєднані	Органів та фізіологічних систем
Забезпечує	
Здійснення специфічних фізіологічних функцій	Злагодженну роботу організму в цілому

У таблиці 1.5 узагальнено відомості про фізіологічні системи організму людини. Пригадаймо їх.

Таблиця 1.5. Що ми знаємо про фізіологічні системи організму людини

Фізіологічні системи	Органи	Тканини	Фізіологічні функції
Опорно-рухова	Череп, хребет, грудна клітка, пояси кінцівок, вільні кінцівки. Скелетні й м'язи внутрішніх органів	Сполучні (кісткова, хрящова, щільна волокниста) і м'язові (посмугована й гладка)	Опора тіла, захист, рух, кровотворення
Кровоносна	Чотирикамерне серце. Артерії, вени, капіляри	Сполучні (щільна й пухка волокниста), м'язові (посмугована й гладка), ендотелій	Транспорт речовин і тепла, захист (від інфекцій, крововтрати)
Лімфатична	Судини, лімфатичні вузли		Транспорт речовин, захист від інфекцій, кровотворення
Дихальна	Носова порожнина, носоглотка, горло, трахея, бронхи, легені	Епітеліальні (плоский і війчастий епітелій), сполучні (щільна волокниста, хрящова), гладка м'язова	Газообмін, виділення CO ₂ , терморегуляція, звукоутворення

Продовження таблиці 1.5

Фізіологічні системи	Органи	Тканини	Фізіологічні функції
Травна	Ротова порожнина, глотка, стравохід, шлунок, тонкий і товстий кишечник, печінка, підшлункова й слінні залози, залози шлунку та кишечника	Епітеліальні (залозиста, покривна), сполучні (пухка й щільна волокнисті, хрящова), гладка м'язова	Перетравлення їжі, усмоктування поживних речовин та видалення неперетравлених решток
Покривна	Епідерміс, власне шкіра, підшкірна жирова клітковина	Епітеліальні (покривний епітелій), гладка м'язова, сполучні (пухка й щільна волокнисті)	Захисна, бар'єрна, терморегуляторна, видільна, чуттєва
Сечно-видільна	Нирки, сечоводи, сечовий міхур, сечовидільний канал	Епітеліальні (покривний), сполучні (пухка й щільна волокнисті), гладка м'язова	Видільна, захисна, гормональна, кровотворна
Статева (репродуктивна)	Внутрішні й зовнішні статеві органи	Покривний епітелій. Гладка м'язова. Пухка й щільна волокнисті	Утворення гамет і гормонів
Ендокринна (система гуморальної регуляції)	Гіпофіз, епіфіз, щитоподібна, прищітоподібні, тимус, надніркові, підшлункова, статеві залози	Залозистий епітелій	Гуморальна регуляція функцій організму
Нервова	Головний і спинний мозок, нерви, нервові вузли, нервова тканина	Зв'язок із середовищем. Нервова регуляція функцій	Нервова регуляція функцій організму
Імунна	Центральні органи (вилочкова залоза, червоний кістковий мозок) та периферичні органи (лімфатичні вузли, мигдалини, селезінка, апендікс)	Сполучні (щільна й пухка волокниста), м'язові (посмугована й гладка), ендотелій	Захисна, регуляція
Сенсорна система	Органи зору, нюху, рецептори запаху, смаку, слуху, дотику	Епітелій, нервова, сполучна тканини	Сприйняття подразнень

Організм людини є *відкритою біологічною системою*, яка постійно обмінюється речовинами, енергією та інформацією з довкіллям. Прикладами обміну речовинами є дихання та живлення. Під час дихання людина здійснює газообмін з довкіллям: удишає повітря, насычене киснем, а видає повітря, що містить багато вуглекислого газу. Під час живлення людина споживає їжу, унаслідок розщеплення якої утворюються поживні речовини, а неперетравлені залишки організм виводить у довкілля. Обмін речовин відбувається одночасно з обміном енергією між організмом і

довкіллям. Під час розщеплення їжі до поживних речовин вивільняється енергія, яку організм використовує для своєї життедіяльності. В організмі людини постійно одні види енергії перетворюються на інші (наприклад, потенційна енергія — на кінетичну). *Пригадайте*, що ви знаєте про ці види енергії з уроків фізики.



У ХХ столітті вченими-електрофізіологами доведено, що тіло людини — «живе електростанція», яка в результаті безперервних хімічних реакцій виробляє електроенергію. Яка ж «енергопотужність» людини? Наприклад, під час одного вдиху людина виробляє енергію, еквівалентну одному вату, а енергією, виробленою під час неспішної ходьби, може живити лампочку потужністю 60 ват і навіть стільниковий телефон. Під час відпочинку людина також генерує енергію — близько 100 ват. А найбільше вироблення енергії відбувається під час спортивних занять — до 2000 ват (приклад — спринт).

Прикладом обміну інформацією людини з довкіллям є її можливість спілкуватися з іншими людьми членороздільною мовою або жестами, обмін спадковою інформацією. Узагальнити щойно здобуті знання ви зможете, проаналізувавши відомості, наведені в таблиці 1.6 (*зробіть це*).

Таблиця 1.6. Зв'язок властивостей організму людини як відкритої біологічної системи та його фізіологічних систем і органів

Властивості організму як відкритої біологічної системи	Фізіологічні системи
Обмін речовин з навколошнім середовищем	Дихальна, травна, видільна
Забезпечення обміну речовин на клітинному рівні	Транспортні: кровоносна, лімфатична. Регуляторні: ендокринна, нервова, імунна
Захист організму від шкідливих зовнішніх впливів	Шкіра
Освоєння навколошнього середовища	Опорно-рухова, сенсорні
Розмноження	Статева

ЛЮДИНА МАЙБУТНЬОГО

Ми увійшли в епоху четвертої промислової революції — *Industry 4.0*. Це масове прогнозоване впровадження кіберфізичних систем виробництва й обслуговування людських потреб. Штучний інтелект розвивається. Роботизовані системи різного типу замінять людей багатьох професій у найближчі 10—15 років. Це спричинить зміни в усіх сферах нашого життя. За даними *World Bank*, з мільярда молодих людей, які прийдуть на ринок праці в найближче десятиліття, лише 40 % знайдуть роботу. Решта 600 млн залишаться безробітними. Вдумайтесь в це число. Роботи масово замінюють і дедалі більше замінюють людей практично в усіх сферах, зокрема й у медицині, освіті, юриспруденції та журналістиці — там, де донедавна вважали, що замінити людину неможливо. Люди конкуруватимуть не лише між собою, а й з машинами. *Як це відбувається на нашому сьогоденні?* Поки ніяк. Більшість перебуває в ілюзії щодо сталості світу. Та прогрес не чекатиме на тих, хто спізнюються. Він їх пожиратиме

й перетравлюватиме. І соціуми тих країн, які не враховують це сьогодні, завтра опиняться за бортом. Через 10 років світ стане зовсім іншим. Зміни вже почалися (мал. 1.13).



Мал. 1.13. Quo vadis? Камо грядеш? Куди прямуєш, ЛЮДИНО?



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Схарактеризуйте місце людини розумної в сучасній системі тваринного світу.
2. Назвіть ключові ознаки, за якими можна класифікувати людину як біологічний вид.
3. Поясніть, які біологічні зміни дали змогу предкам людини використовувати знаряддя праці й вогонь.
4. Назвіть чинники, які могли вплинути на появу представників роду *Homo*.
5. Схарактеризуйте типи тканин організму людини, їхні функції.
6. Наведіть приклади фізіологічних систем в організмі людини.
7. Поясніть, що таке функціональні системи в людському організмі та схарактеризуйте їхнє значення.
8. Доведіть, що організм людини є відкритою біологічною системою.
9. Поясніть, про які види обміну людини з довкіллям ідеться в уривках літературних творів та наукової статті, наведених далі: а) «Продавщиця теж була гостра та бідова. — У меня єсть свой язик, ні к чому мене мова. — І сказав їй мудрий дід: — Цим пишатися не слід, Бо якраз така біда в моєї корови: Має, бідна, язика і не знає мови.»¹; б) «Я наївся досхочу — Тільки дихаю й мовчу, Бо уже мені до рота Не пролізе навіть шпрота...»²; в) «Питаю на доторк, на дотик. «Біологине, богине, твій код, Хромосомні твої турботи...»»³; г) «Тіло людини є джерелом енергії, яка може бути перетворена з тепла тіла, дихання, руху рук, ніг або інших частин тіла під час повсякденної діяльності. Зокрема, людське тіло є джерелом кінетичної й теплової енергії. Кінетична енергія перетворюється на електрику за допомогою електромагнітних, електростатичних та п'єзоелектричних генераторів». ⁴

1 Павло Глазовий. Кухлик.

2 Григорій Аврамович Фалькович, український поет і прозаїк єврейського походження, громадський діяч, член Українського ПЕН (нар. 1940). Не давайте мені їсти.

3 Іван Федорович Драч, поет, перекладач, кіносценарист, драматург, державний і громадський діяч, борець за незалежність України у ХХ сторічі (1936–2018, Україна). Балада про гени.

4 Александров Д. Р. Использование энергии тела человека для обеспечения функционирования имплантируемых медицинских приборов // Молодой учёный. — 2016. — № 14. — С. 107–112. — URL <https://moluch.ru/archive/118/32817/> (дата обращения: 25.07.2019).



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

10. Проаналізуйте уривок з книги «Невідворотне. 12 технологій, що формують наше майбутнє» футуролога, журналіста й першого редактора журналу про технології та інновації Wired Кевіна Келлі: «Згадайте, яким був світ якихось 10—20 років тому. А тепер подумайте, як швидко все змінюється, як стрімко рухається прогрес. Уявіть, яким буде наше майбутнє, від чого воно залежатиме». Висловте свої думки щодо порушених К. Келлі питань.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Сучасна й прадавня людина: спільні й відмінні ознаки.
- Діти-мауглі.
- Особливості культурної та технологічної еволюції порівняно з біологічною.
- Розселення людини сучасного типу Землею.
- Найцікавіші факти про нас з вами.

ЛЮДИНА



Д. 2. РЕЧОВИНИ НАВКОЛО Й УСЕРЕДИНІ

Як би там не було, а на хімічному рівні життя на диво прозаїчне: Карбон, Гідроген, Оксиген і Нітроген, трохи Кальцію, дрібка Сульфуру, ледь припорошені органічними сполуками. От і все, що потрібно. Єдина особливість речовин, з яких складається ви, — те, що з них складається саме ви, унікальна й непересічна особистість!

ВІДНОВЛЕННЯ

Знати: склад і будову органічних сполук; хімічні властивості жирів (гідрування та лужний гідроліз), глюкози (часткове окиснення, відновлення воднем, бродіння спиртове й молочнокисле), сахарози, крохмалю й целюлози (молекулярні рівняння гідролізу).

Розуміти належність речовин за їхнім складом до вуглеводнів.

Розрізняти насичені й ненасичені жири; моно-, ди-, полісахариди.

Наводити приклади органічних та неорганічних сполук, біологічно активних речовин; та пояснювати їхню роль у процесах життєдіяльності.

Описувати якісно та кількісно елементи й речовини, з яких утворено тіло людини.

Характеризувати білки, вуглеводи та жири.

Виявляти в будові й функціях органів і систем людини хімічні закономірності.

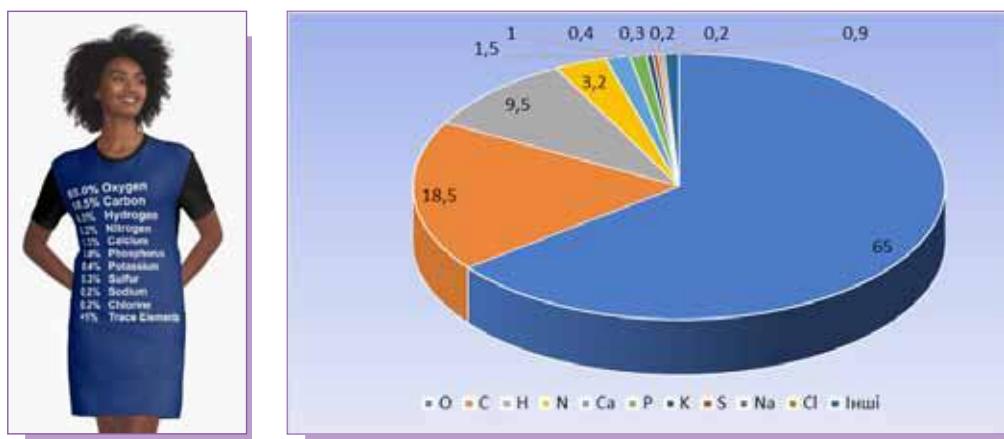
Пояснювати причини й наслідки надлишку або нестачі хімічних елементів в організмі людини.

Усвідомлювати необхідність знання властивостей речовин для встановлення їхнього впливу на власне здоров'я й довкілля.

Робити висновки щодо властивостей речовин на підставі їхньої будови й про будову речовин на підставі їхніх властивостей.

ІЗ ЧОГО МИ СКЛАДАЄМОСЯ?

Як і в більшості істот, складниками тіла людини є сполуки Оксигену, Карбону, Нітрогену, Гідрогену, Кальцію, Фосфору, Калію, Сульфуру, Натрію, Хлору та інших мікро- й макроелементів. Атоми та іони саме цих хімічних елементів поодинці й у комплексі (у формі молекул і в складі іонних кристалів) є головними складниками клітин людського тіла. То ж розгляньмо стисло «хімію людини». Зробіть це, проаналізувавши малюнок 2.1.



Мал. 2.1. Елементний склад (масові частки, %) людського організму

З 94 хімічних елементів, що трапляються в природі, 81 виявлено в організмі людини. Хімічні елементи, необхідні організму для побудови й життєдіяльності клітин та органів, називають *біогенними*. Ці хімічні елементи є *сталими складниками* організму й виконують певні *біологічні функції*.

Біогенні елементи класифікують за різними ознаками. За функцією, виконуваною в організмі, хімічні елементи поділяють на *органогени*, *елементи електролітного фону* та *мікроелементи*. Елементами-органогенами є Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Сульфур. Їхній уміст в організмі становить 97,4 %. Елементи електролітного фону — Натрій, Калій, Кальцій, Магній, Хлор. Масова частка іонів цих металічних елементів становить 99 % від загального вмісту металічних елементів в організмі. Мікроелементи — це біологічно активні атоми центрів ферментів, гормонів (перехідні металічні елементи).

За *концентрацією* елементів в організмі біогенні елементи поділяють на *макроелементи*, *мікроелементи*, *ультрамікроелементи*. Біогенні елементи, масова частка яких у тілі людини перевищує 0,01 %, належать до макроелементів. До них належать 12 елементів: органогени, іони електролітного фону й Ферум. Вони становлять 99,99 % маси організму. А 99 % живих тканин містять тільки шість елементів: Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Кальцій. Уміст в організмі людини Калію, Натрію, Магнію, Феруму, Хлору, Сульфуру коливається від 0,1 % до 1 %. Біогенні

елементи, сумарний уміст яких становить близько 0,01 %, відносять до мікроелементів (Cu, Mo, Co, Cr, F, Br, I тощо). Більшість мікроелементів міститься переважно в тканинах печінки. Елементи, уміст яких менше ніж 10 %, відносять до ультрамікроелементів (Hg, Au, Ra, Se, Co, V, As, Ni, Li, Ba, Ti тощо). Біогенні хімічні елементи виявляють спорідненість до певних тканин організму. Пересвідчиться в цьому, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Хімічні елементи в організмі людини

Мозок: Na, Mg, K, Al	Гіпофіз: Zn, Mn, Cr, Br	Волосся: Ca, V, Si, Zn, Al, As	Вічна рідина: Na	Сітківка ока: Ba, Zn
Зуби: Ca, P, F, Mg	Спинномозко-ва рідина: Na	Шлунковий сік: Cl	Печінка: Ca, Mg, K, Cu, Fe, Se, Mo, Zn, Li, Sn, Al, Ni	Статеві залози: Mg, Zn, Br
М'язи: Mg, K, Fe, Cr, Se, Li	Кістки: S, Na, Ca, Mg, K, P,	Нігти: Ca, Si, Zn, Al	Щитовидна зало-за: Mg, Zn, Br	Легені: Na, Se, Li, Sn, Al
Серце: Ca, K	Підшлункова залоза: Mg, Zn	Нирки: Se, Mo, Li, Cd, Hg, Sn	Кров: Na, Ca, K, Mg, Fe, Se, Li, Ni	Шкіра: Si, Cr, Cu

1. Проаналізуйте дані, наведені в таблиці 2.1, і визначте, якими кольорами позначені символи макро-, мікро- та ультромікроелементів. 2. Визначте, до яких періодів періодичної системи хімічних елементів належать біогенні елементи.

«Усе є отрутою, і ніщо не позбавлене отруйності; тільки доза робить отруту непомітною»¹. Біологічну активність хімічних елементів в організмах визначено їхнім розташуванням у періодичній системі. Тобто біологічна активність хімічних елементів залежить від будови їхніх атомів. Зокрема, зі збільшенням атомної маси s-елементів І та ІІ груп збільшується їхня токсичність і зменшується вміст в організмі. Багато які з хімічних елементів, особливо з-поміж важких, отруйні для організмів (табл. 2.2).

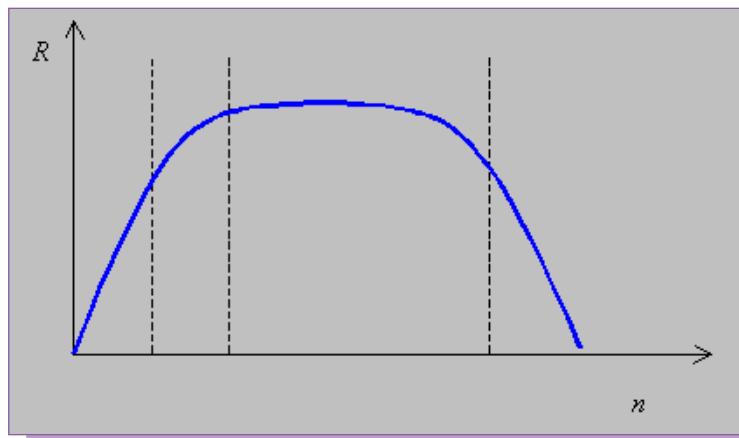
Таблиця 2.2. Розташування токсичних елементів в періодах і групах періодичної системи

Період	Група						
	VIII	I	II	III	IV	V	VI
2	—	—	Be	—	—	—	—
4	Ni	—	—	—	—	As	Se
5	Pd	Ag	Cd	—	—	Sb	Te
6	Pt	Au	Ba, Hg	Tl	Pb	Bi	

У яких дозах мікроелементи справляють на організм позитивну (біотичну) дію? За умови застосування їх у концентраціях, близьких до тих, у яких вони містяться в організмі за звичних умов зовнішнього середовища. Для Купруму, Цинку, Кадмію, Йоду й деяких інших хімічних

¹ Вислів Парацельса (лат. Paracelsus), справжнє ім'я — Філіп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгайм (нім. von Hohenheim, 1493–1541) — лікаря епохи Відродження.

елементів ця концентрація становить 0,5–100 мкг/кг маси тіла людини. Саме в таких біотичних дозах мікроелементи без збудження фізіологічних бар’єрів організму й не зустрівши протидії з їхнього боку виявляють біологічну активність. Іншу зону токсикофармакологічної дії виявлено під час застосування мікроелементів у кількостях, які значно перевищують біотичні концентрації. У цьому разі мікроелементи долають опір фізіологічних бар’єрів, пошкодивши їх. Проникнення мікроелементів в організм у великій кількості зумовлює не біотичний, а *токсичний* ефект (мал. 2.2).



Мал. 2.2. Характерною ознакою необхідного елемента є дзвоноподібний вигляд кривої доза (n) — відповідна реакція (R , ефект)

Тобто мікроелементи потрібні організму лише в оптимальних кількостях. Тож тривалий дефіцит або, навпаки, надлишок будь-якого елемента призводить до порушення обміну речовин і, як наслідок, захворювань, тому особливого значення набуває збалансованість харчування за елементним складом. Наприклад, нестача в організмі Феруму призводить до анемії, оскільки цей елемент є складником гемоглобіну крові. У дорослої людини в крові міститься Ферум масою близько 2,6 г. У процесі життєдіяльності в організмі відбуваються постійне розкладання й синтез гемоглобіну. Для поповнення Феруму, утраченого внаслідок розкладання гемоглобіну, людині необхідно добове надходження в організм з їжею цього елемента масою близько 12 мг (у середньому). Однак надлишок Феруму в організмі теж шкідливий. Симптоми його надлишку схожі з ознаками гепатиту — жовтяничне забарвлення шкіри, склер, а також піднебіння та язика, свербіж, збільшення печінки. Крім того, порушується серцевий ритм, люди виглядають блідими, худнуть. Можлива також пігментація на долонях, в області пахв, у місцях старих рубців.

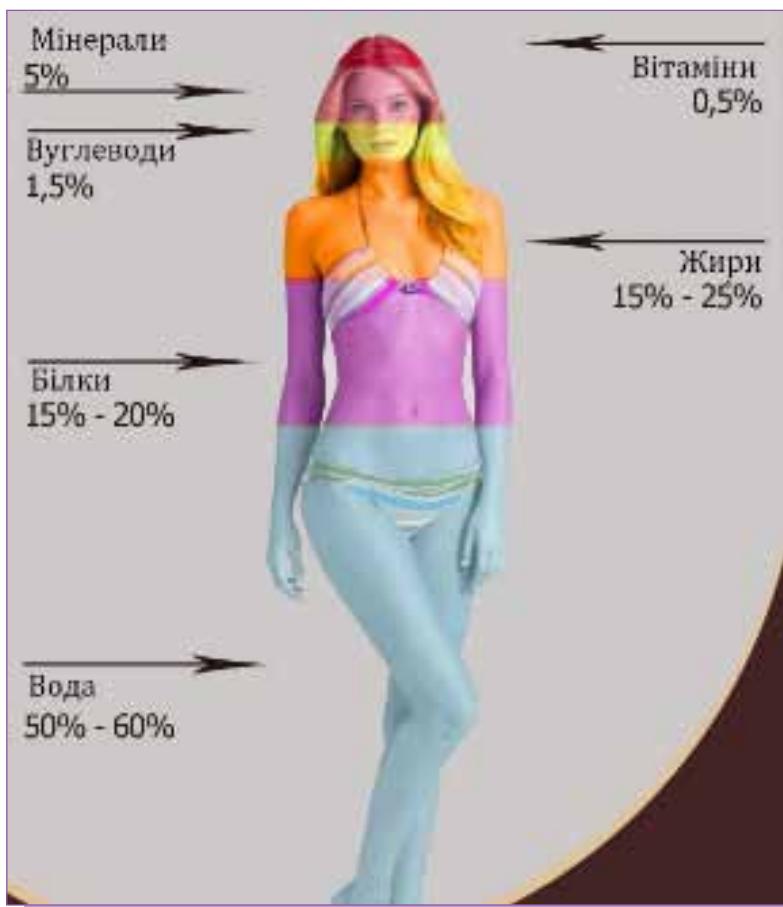
Трапляються елементи, які в порівнянно великих кількостях є отрута-ми, а в малих дозах — корисними. Наприклад, Арсен — дуже отруйний елемент, що порушує діяльність серцево-судинної системи й уражає нирки та печінку, проте в ультрамалих дозах корисний, благотворно впливає на процеси кровотворення, обмін речовин тощо.

Показово, що кисень — проста речовина Оксигену — необхідний людині для дихання, у високій концентрації (особливо під тиском) є отруйним для організму.

Від хімічних елементів — до речовин. Неорганічні речовини, утворені біогенними хімічними елементами, належать до різних класів, наприклад, до оксидів — вода H_2O й вуглекислий газ CO_2 , до основ — амоніак NH_3 (утворюється під час розпаду білків), до кислот — хлоридна кислота HCl (бере участь у травленні). Та найбільше в організмі — солей. Переважно саме розчинні солі забезпечують підтримку електролітного фону, а нерозчинні, гідроксилапатит $Ca(PO_4)(OH)$, зокрема, надають кісткам скелета й зубам міцності.

Органічні речовини в організмі людини. Це, передусім, білки, жири, вуглеводи, амінокислоти, нуклеїнові кислоти, АТФ, вітаміни, ферменти, гормони тощо.

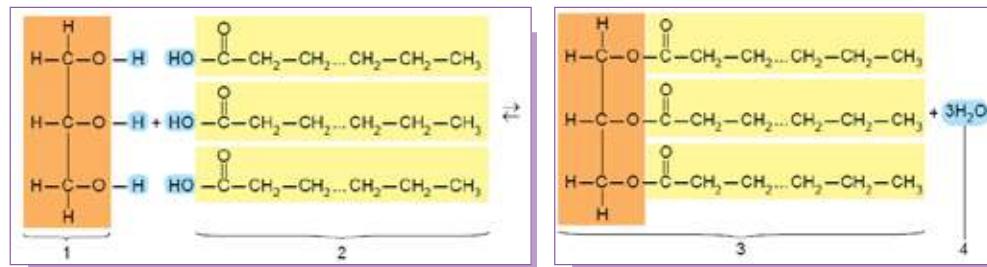
Про вміст у людському організмі важливих органічних і неорганічних речовин ви дізнаєтесь, проаналізувавши малюнок 2.3 (зробіть це).



Мал. 2.3. Уміст води, білків, жирів, вуглеводів, мінералів і вітамінів в організмі людини

ЖИРИ. БІЛКИ. ВУГЛЕВОДИ

Жири, як ви вже знаєте з курсу хімії 9 класу, є естерами. Вони — продукти реакції етерифікації, що відбувається за участі гліцеролу й вищих карбонових кислот — пальмітинової $C_{15}H_{31}COOH$, стеаринової $C_{17}H_{35}COOH$, олеїнової $C_{17}H_{33}COOH$ тощо (мал. 2.4)



Мал. 2.4: 1 — фрагмент молекули гліцерилу;
2 — фрагменти трьох молекул вищих карбонових кислот;
3 — жир; 4 — три молекули води

Складниками молекули жиру можуть водночас бути фрагменти різних карбонових кислот. Це впливає на зовнішній вигляд і властивості жирів. Ті з них, що містять залишки насищених кислот, — тверді. До них належать свинячий і баранячий жир, масло какао, пальмояdroве масло тощо (мал. 2.5).

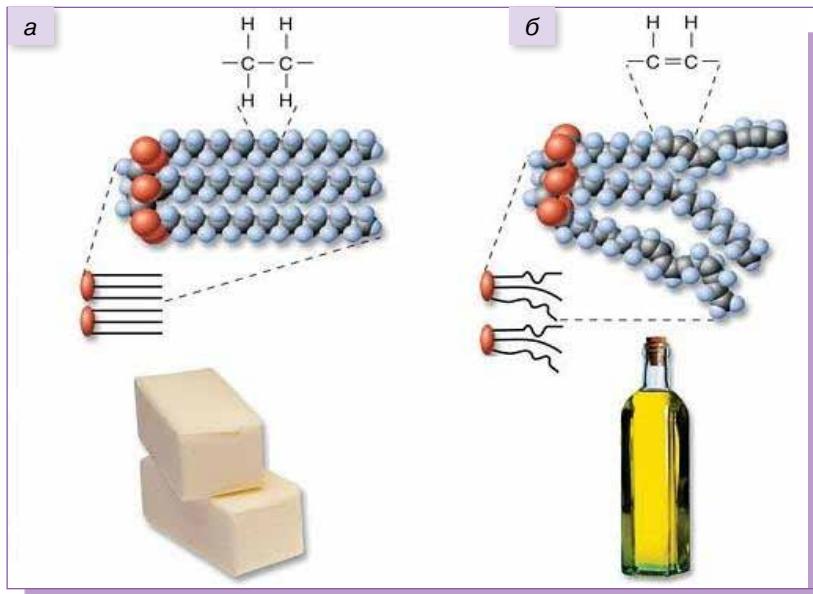


Мал. 2.5. Тверді жири: а — бачить кіт сало, та сили замало (українське прислів'я);
б — масло какао — складник шоколаду та косметичних засобів

27 серпня в Україні відзначають День сала. Музей-ресторан «Сало» — перший у світі музей славнозвісного українського продукту — відкрито 2011 року в м. Львові. У ньому експонують різноманітні фігури, виготовлені із сала. Зокрема, Львівська творча студія виготовила найбільше у світі серце із сала, яке «б'ється завжди». Воно 55 см завтовшки та 85 см заввишки. Серце потрапило в «Книгу рекордів України».

Залежно від складу, жири розм'якшуються за різних температур. Жири з коротшими карбоновими ланцюгами, а також ненасичені жири — м'якші.

Довгі гнуучкі насищені карбонові ланцюги — причина того, що під час утворення кристалів молекули жирів щільно упаковуються одна відносно одної. У разі ненасичених ланцюгів щільне упакування молекул і кристалізація утруднені. Це легко зрозуміти з малюнка 2.6.



Мал. 2.6. Моделі молекул жирів: наасиченого (*а*) і ненасиченого (*б*)

Жири рослинного походження здебільшого ненасичені, тому поміж них переважають рідини. Такі жири називають оліями (мал. 2.7).



Мал. 2.7. Олії: *а*— Оливки — від Бога, а оливкова олія — від Майстра (іспанське прислів'я); *б* — З мішка — на забаву, з пляшки — на приправу (українське прислів'я); *в* — Хто льон посіє, той пожне здоров'я (українське прислів'я)

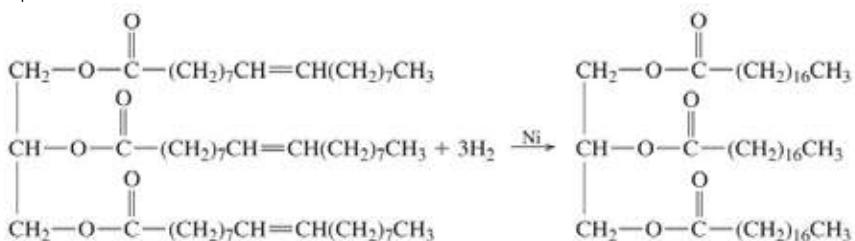
Назвіть природні джерела олій, зображеніх на малюнку 2.7.

Перший в Україні інтерактивний музей історії олії відкрили 2014 року в с. Мачухи Полтавського району Полтавської області. У ньому відвідувачі можуть не лише дізнатися про історію виготовлення олії, а й взяти участь у самому процесі. Олійництво — традиційне господарське заняття українців й українок. Одна з перших згадок про давнє виробництво олії на території сучасної України є в «Патерику» Києво-Печерського монастиря. У Львові в Музеї народної архітектури й побуту імені Климентія Шептицького щовихідних працює олійня, де вам розкажуть про виготовлення олії та продемонструють інструменти, потрібні для цього. Музеї та виставки, присвячені виробництву оливкової олії, є в Італії, у Греції, Ізраїлі.

Фізичні властивості жирів ви добре знаєте не лише з курсу хімії 9 класу, а й з повсякденного життя. Тож схарактеризувати їх зможете самостійно, пояснивши з погляду хімії прислів'я, загадки та уривки повідомлень ЗМІ, наведені далі (*зробіть це*): «Олію з водою ніколи не погодиш»; «У воді купалася, сухою зосталася. (Це —...)»; «Правда, як олія: наверх все одно спливає»; «Дуже товстий шар підшкірного жиру в гренландського тюленя надійно захищає його від холоду»; «Запропоновано використовувати рідкий пропан (*складіть його молекулярну та повну структурну формули*) як розчинник для видалення жирів із сировини рослинного, тваринного або мікробіологічного походження. У такий спосіб у харчовій промисловості можна виробляти жири й знежирені продукти».

Хімічні властивості жирів розгляньмо на прикладі двох реакцій, які тісно пов'язані з повсякденним життям. Ідеється про *гідрування* та *лужний гідроліз* жирів. Адже саме на цих перетвореннях ґрунтуються важливі для суспільного господарства виробничі процеси. *Які саме?*

Реакція гідрування пов'язана з перетворенням рідких жирів (олій) на тверді, які використовують у виробництві харчового маргарину — замінника вершкового масла. Під час гідрування олій відбувається приєднання атомів Гідрогену за місцями подвійних зв'язків у залишках карбонових кислот. Наприклад, для триолеїну гідрування відбувається за підвищеної температури, тиску й участі каталізатора, зазвичай нікелю. Рівняння цієї реакції таке:



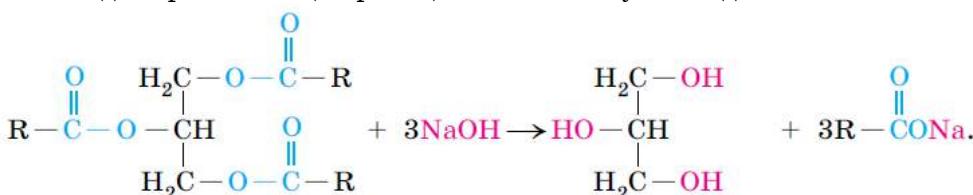
Назвіть продукт гідрування триолеїну. Як у рівнянні цієї реакції зазначити умови її перебігу?

Лужний гідроліз жирів, на якому ґрунтуються добування мила, відомий із сивої давнини й має велике практичне значення. Реакція відбувається дуже швидко й необоротно, унаслідок чого утворюються гліцерол і відповідні солі вищих карбонових кислот — мила (мал. 2.8).



Мал. 2.8. Мило сіре та мие біло (українське прислів'я)

Складімо рівняння цієї реакції в загальному вигляді:



Складіть рівняння реакції гідролізу трипальмітину, що відбувається за участі калій гідроксиду.

Через зростання чисельності міського населення й розвиток мережі підприємств харчування збільшується обсяг жировмісних відходів, що потрапляють у навколишнє середовище. Під час харчового оброблення жири зазнають термічного розкладання, гідрування, гідролізу, до них потрапляють сторонні частинки тощо. Тож у довкіллі відпрацьовані жири можуть стати причиною забруднення поверхневих водойм, ґрунтів, повітря. Велика кількість їх надходить у систему каналізації під час миття продуктів і посуду. За приблизними оцінками дослідників, заклади громадського харчування України щотижня виробляють понад 250 000 літрів використаної олії та інших жирів. Це, переважно, відпрацьовані фритюри. Сучасні підходи до розв'язування проблеми полягають, зокрема, у використанні механічних жировловлювачів. Відпрацьований жир з ресторанів використовують у кормах для тварин. Чи не найперспективніший напрямок утилізування жирових відходів — вторинна переробка відпрацьованих олій і жирів на автомобільне паливо.

Вуглеводи. Про походження назви цієї величезної групи органічних сполук ви дізналися в 9 класі з курсів хімії та біології. Пригадайте, якісний і кількісний склад більшості вуглеводів описує загальна формула $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$, де m та $n \geq 3$ (проаналізуйте її та поясніть походження назви «вуглеводи»).

Наведіть приклад речовини, яку ви вивчали раніше, що не є вуглеводом, хоча її молекулярна формула відповідає загальній формулі вуглеводів.

Значення вуглеводів можна описати одним містким твердженням: «Це речовини, без яких життя на планеті Земля не було б таким солодким». І не лише тому, що інша назва вуглеводів — цукри. Пригадайте, вуглеводи допомагають нам розв'язати безліч проблем. Вони живлять, одягають, лікують, зігрівають, забезпечують рух, зберігають сталість внутрішнього середовища організму, беруть участь у збереженні й відтворенні спадкової інформації тощо.

Солодкість сахарози прийнято за одиницю. Глюкоза менш солодка (0,7), а фруктоза солодша (1,70). Солодкість мальтози — 0,45, а лактози — 0,22.

Розгляньмо докладніше класифікацію вуглеводів. Як їх класифікують за здатністю до гідролізу, де вуглеводи трапляються в природі та звідки походять їхні назви, ви зможете пояснити самостійно, проаналізувавши схему, наведену на малюнку 2.9 (зробіть це).

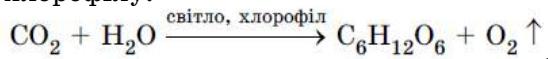


Мал. 2.9. Класифікація вуглеводів

1. Визначте, проаналізувавши схему на малюнку 2.9, формула якої з речовин не відповідає загальній формулі вуглеводів. 2. Поясніть походження назв вуглеводів, зазначених на схемі, узвівши до уваги, що лат. *fructus* — плід; *saccharum* — цукор; *lactis* — молоко; *cellula* — клітина; грец. γλυκυς — солодкий, γεννοω — породжує, створює, χιτων — одяг, шкіра, оболонка; англ. *malt* — солод; нім. *Kraftmehl* (*Kraft* — сила й *Mehl* — борошно).

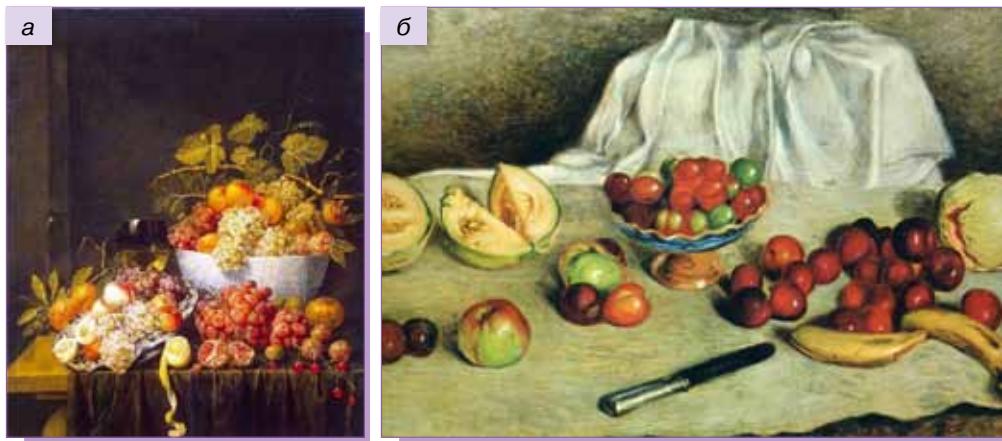
Глюкоза в природі трапляється не лише у виноградному соку, а й у соках багатьох інших фруктів і ягід і чи не в усіх рослинних органах зелено-го кольору (мал. 2.10).

Це не дивно, адже саме в рослинах відбувається фотосинтез за участі зеленого пігменту хлорофілу:



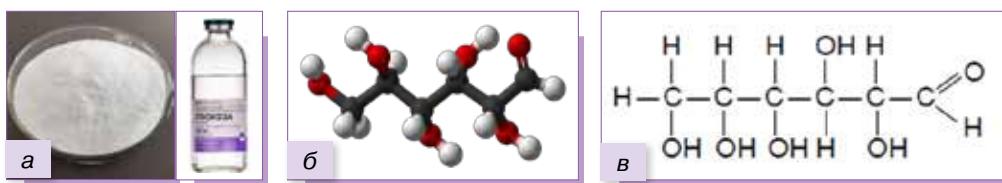
Перетворіть схему реакції фотосинтезу на хімічне рівняння.

Особливо багаті на глюкозу виноград, черешні, вишні, малина, суниці, сливи, кавуни. З овочів найбільше глюкози містить гарбуз, білокачанна капуста та морква. Бджолиний мед також містить глюкозу.



Мал. 2.10. Природні джерела глюкози на художніх полотнах:
а — Адріан ван Утрехт¹. Натюрморт з виноградом (1640);
б — Джорджо де Кіріко². Натюрморт з бананами (1932)

Глюкоза — білий солодкий кристалічний порошок без запаху, добре розчинний у воді. Це зумовлено складом і будовою молекули цього моносахариду (мал. 2.11).



Мал. 2.11: а — кристалічна глюкоза та її водний розчин;
б — кулестержнева модель молекули глюкози; в — структурна формула глюкози

Проаналізуйте склад і будову молекули глюкози й поясніть, які характеристичні групи зумовлюють солодкий смак і добру розчинність у воді цієї речовини.

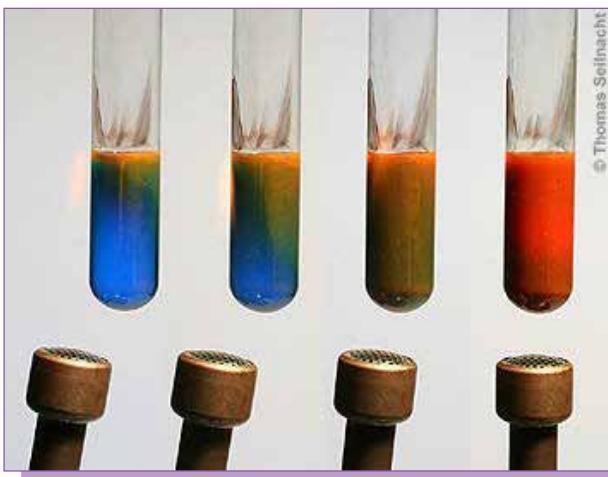
Глюкоза реагує з купрум(II) гідроксидом. Добудьмо реакцію обміну купрум(II) гідроксиду. Долиймо до купрум(II) гідроксиду (надлишок лугу!) розчин глюкози й ретельно перемішаймо вміст пробірки. Спостерігатимемо утворення прозорого яскраво-синього розчину.

Порівняйте ознаки перебігу цієї реакції з ознаками якісної реакції на гліцерол та інші багатоатомні спирти.

Обережно нагріймо добуту суміш. Спостерігатимемо утворення жовтого осаду купрум(I) гідроксиду, який за подальшого нагрівання перетвориться на цегляно-червоний купрум(I) оксид (мал. 2.12).

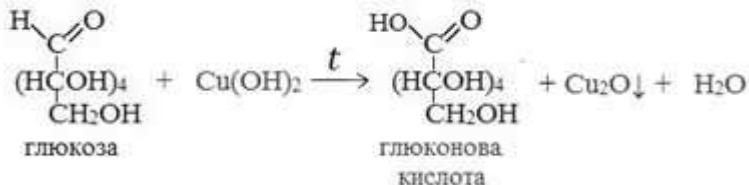
¹ 1599–1652, Голландія.

² 1888–1978, Греція, Італія



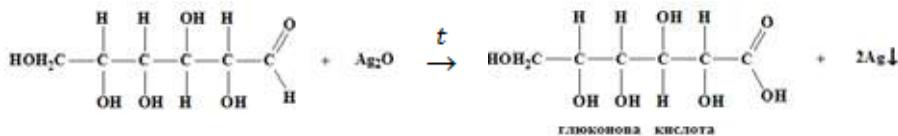
Мал. 2.12. Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом

Глюкозу окиснюють до глюконової кислоти:



Перетворіть схему реакції окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом на хімічне рівняння.

Глюкозу можна окиснити аргентум(I) оксидом. У скляну, чисто вимиту круглодонну колбу з водним розчином глюкози долемо амоніачний розчин аргентум(I) оксиду й зануримо колбу в посудину з окропом. У результаті перебігу реакції на стінках колби утвориться тонкий осад срібла (мал. 2.13):



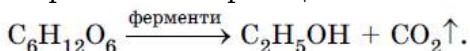
Мал. 2.13. 1. Реакція «срібного дзеркала»: блискучий результат! 2. Магія виготовлення ялинкових прикрас ґрунтуються на хімічному перетворенні

У 1946 році на Київщині відкрито Клавдіївську фабрику ялинкових прикрас. І дотепер на ній зі скляних трубок уручну видувають легкі й тонкі кулі, які вручну сріблять зсередини й упродовж доби висушують. За день майстер або майстриня сріблять близько 2 000 куль. Шар срібла на стінках куль надає їм міцності та глянсового блиску. Потім кулі фарбують ззовні в різні кольори й, нарешті, розписують.

Для глюкози характерна також реакція відновлення, зокрема воднем. Реакція відбувається за участі альдегідної групи, її продуктом є шестиатомний спирт сорбіт:

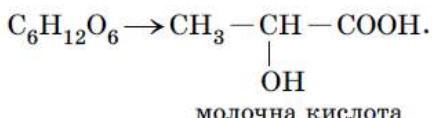


Спиртове бродіння глюкози пов'язане з ростом і розмноженням мікроскопічних дріжджових грибів. Схема реакції така:



? Перетворіть схему реакції спиртового бродіння глюкози на хімічне рівняння, назвіть продукти реакції.

Є їнші різновиди бродіння глюкози. Наприклад, *молочнокисле*. Воно відбувається за схемою:



Квашення капусти, виробництво молочнокислих продуктів, виготовлення силосу ґрунтуються на молочнокислому бродінні (мал. 2.14).

Перетворіть схему реакції молочнокислого бродіння глукози на хімічне рівняння. Якого кольору набуде універсальний індикаторний папірець у розсолі квашеної капусти? Обґрунтуйте свою відповідь теоретично й наведіть факти з власного досвіду на її підтвердження.



Мал. 2.14. Квашення є найдавнішим способом консервування овочевих продуктів для приготування сезонних запасів (здебільшого на зиму), який найчастіше використували в XIX столітті

Глюкоза — один із продуктів гідролізу *сахарози*. Тому розгляньмо цей дисахарид докладніше.

Дисахариди — вуглеводи складу $C_{12}H_{22}O_{11}$, які внаслідок кислотного гідролізу розкладаються на дві молекули моносахаридів. Дисахариди легко розчиняються у воді, добре кристалізуються, солодкі на смак. Найпоширеніші дисахариди: сахароза, лактоза, мальтоза. Дисахариди — цінні харчові й смакові речовини; деякі з них застосовують у мікробіології та фармації.

Сахароза — $C_{12}H_{22}O_{11}$ — речовина, добре відома вам у побуті як цукор.

З огляду на це та вивчене в 9 класі, ви зможете самостійно схарактеризувати фізичні властивості сахарози (*зробіть це, скориставшись малюнком 2.15*).



Мал. 2.15. 1. Розмайтій цукор... білий... коричневий
(Ідеється про чисту речовину чи суміш? Чому?).

2. Кристали сахарози під мікроскопом (Вони атомні, йонні чи молекулярні?).

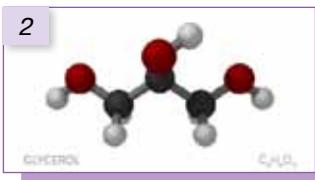
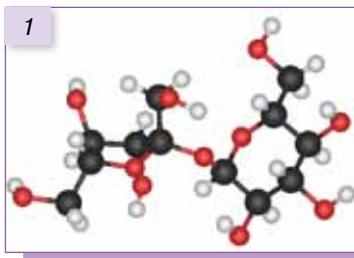
3. Цукровий сироп — дуже концентрований водний розчин сахарози

Танхуа — китайське «карамелеве» народне мистецтво, що полягає в створенні плоских фігурок з гарячого рідкого цукру (мал. 2.16)



Мал. 2.16. Істівна краса

Чим зумовлені солодкий смак сахарози та її добра розчинність у воді? Відповісти на це запитання ви зможете, визначивши, які характеристичні групи є в молекулі цієї сполуки. Для цього *проаналізуйте* склад і будову молекули сахарози (мал. 2.17.1) та *порівняйте* зі складом і будовою молекули гліцеролу (мал. 2.17.2).



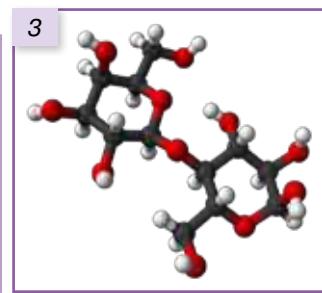
Мал. 2.17. Моделі молекул сахарози (1) та гліцеролу (2)

Спрогнозуйте, чи реагуватиме сахароза зі свіжодобутим купрум(II) гідроксидом. Які зовнішні ефекти мають супроводжувати перебіг імовірної реакції? Обґрунтуйте свою думку.

Гідроліз сахарози відбувається внаслідок кип'ятіння її розчину з кілько-ма краплями хлоридної або сульфатної кислоти (які іони катализують цю реакцію?), продукти реакції — глукоза та її ізомер — фруктоза (складіть рів-няння цієї реакції, використавши молекулярні формули вуглеводнів).

Поміркуйте й поясніть, за допомогою яких хімічних реакцій можна довести, що одним із продуктів гідролізу сахарози є глукоза. Опишіть зовнішні ефекти цих реакцій.

Лактоза — молочний цукор, що міститься в молоці й молочних про-ductах (мал. 2.18).



Мал. 2.18. 1. Мадонна Літта.¹ «Як рідної навчивсь ти мови, її красу і силу звідки взяв?

Від неньки рідної ще з молоком всмоктав...»². 2. Набіл (молочні продукти) — природне джерело лактози. 3. Модель молекули лактози

Лактоза не гігроскопічна. Вона не бере участі в спиртовому бродінні, однак під дією молочнокислих бактерій зазнає гідролізу з наступним збрoджуванням його продуктів у молочну кислоту. Лактозу широко використовують у харчовій промисловості, зокрема, для виготовлення дитячого харчування, молочних консервів, десертів, згущеного молока; у кондитер-

¹ Леонардо да Вінчі, видатний художник, архітектор, науковець, дослідник, винахідник, анатоміст й інженер, одна з найвизначніших постатей італійського Відродження (1452–1519).

² Адам Міцкевич, поет (1798–1855, Польща).

ському виробництві — для виготовлення цукерок, желе, бісквітів, джемів, гіркого шоколаду, мармеладу, печива, різної глазурі тощо. Також її застосовують у хлібопекарському виробництві та виробництві м'ясо-ковбасних виробів (збільшує стійкість забарвлення продукту); вона є складником багатьох харчових ароматизаторів і підсилювачів смаку. Лактозу застосовують у виготовленні дієтичних продуктів для спортсменів та хворих на цукровий діабет. У фармацевтичній промисловості молочний цукор є сполучною речовиною й наповнювачем таблеток, його використовують для виготовлення сиропоподібних і жувальних форм лікарських засобів, він сприяє стабілізуванню вітамінних композицій. У тваринництві лактозу застосовують у виробництві кормів для сільськогосподарських тварин.

У певної частини дорослого населення їй зрідка в дітей — у травній системі трапляється нестача ферменту, необхідного для розщеплення лактози, що стає причиною непереносимості молока. Унаслідок того, що без ферменту лактоза не розщеплюється й не всмоктується в кишечнику, виникають неприємні симптоми — здуття й біль у животі, розлад шлунка тощо.

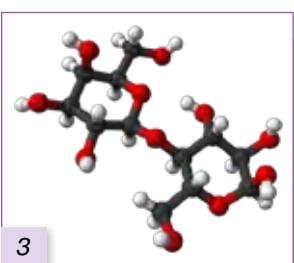
Мальтоза — солодовий цукор. Він міститься в слині, соку підшлункової залози, кишковому соку, м'язах, печінці й крові. Мальтоза є в просослих зернах ячменю, жита та інших зернових, томатах, пилку й нектарі рослин, меді, мікроорганізмах (мал. 2.19).



1



2



Мал. 2.19. 1. Пророслі зерна ячменю містять мальтозу. 2. Мальтоза — білий порошок або безбарвні кристали молекулярної будови. 3. Модель молекули мальтози

Мальтоза добре розчинна у воді, має солодкий смак (*поміркуйте чому*). Мальтозу використовують для пришвидшеного приготування квасу, домашнього пива, винокуріння, як смакову добавку в тісто під час випікання хліба. Також — для виготовлення продуктів дитячого, дієтичного та спортивного харчування, поживних середовищ у мікробіології (мал. 2.20).



Мал. 2.20. Застосування мальтози

Мальтоза є складником патоки. Вона — джерело енергії для організму. Мальтозу легко засвоює організм людини. Якщо в слизовій оболонці кишечника людини бракує ферменту мальтази, виникає важке захворювання — уроджена непереносимість мальтози, що потребує виключення з раціону мальтози, крохмалю та глікогену або добавлення до їжі ферменту мальтази.

Крохмаль, целюлоза, глікоген — полісахариди. Це — природні високомолекулярні сполуки, утворені залишками глукози. Загальна формула полісахаридів $(C_6H_{10}O_5)_n$. Багато чого про них ви вже знаєте (*поясніть звідки*). Щоб актуалізувати ці знання, проаналізуйте інформацію, наведену в таблиці 2.3, і доповніть її з огляду на знання, здобуті з хімії та з біології раніше.

Табл. 2.3. Порівняльна характеристика крохмалю й целюлози

Ознаки порівняння	Полісахарид	
	крохмаль	целюлоза
Молекулярна формула	$(C_6H_{10}O_5)_n$, n — від кількох сотень до кількох тисяч	$(C_6H_{10}O_5)_n$, n — від кількох сотень до 10–14 тисяч
Структура макромолекул	Лінійна (амілоза, уміст 10–20 %) і розгалужена (амілопектин, 80–90 %)	...
Знаходження в природі й біологічні функції	У цитоплазмі рослинних клітин у вигляді зерен запасної поживної речовини	В... рослинних клітин
Фізичні властивості	Білий аморфний без смаку й запаху порошок, не розчиняється в холодній воді, у гарячій —... й утворює колоїдний розчин —...	Біла волокниста речовина,...

Пригадайте, що таке ефект Тіндаля¹, та поясніть, як за допомогою лазерної указки можна довести, що з гарячою водою крохмаль утворює колоїдний, а не істинний розчин.

Природні джерела *крохмалю* й *целюлози*, харчові продукти, у яких вони є, ви легко зможете назвати самостійно, розглянувши зображення картин (мал. 2.21).



1



2

Мал. 2.21. 1. Катерина Білокур². Снідання (1950). 2. Гаврило Глюк³. Лісоруби (1954)

¹ Джон Тіндель, 1820–1893, Велика Британія.

² Білокур Катерина Василівна (07.12.1900–10.06.1961) — українська майстриня народного декоративного мистецтва, представниця «найвідоміших жінок давньої та сучасної України».

³ Гаврило Мартинович Глюк (19.05.1912–02.10.1983) — український маляр. Заслужений діяч мистецтв УРСР від 1963 року.

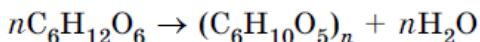
Кінцевим продуктом кислотного гідролізу як крохмалю, так і целюлози є глюкоза (*складіть, використавши молекулярні формули цих вуглеводів, рівняння відповідних реакцій; поясніть, як хімічним шляхом довести, що продуктом гідролізу є глюкоза*). Гідроліз крохмалю використовують у виробництві багатьох харчових продуктів. Можливий і частковий гідроліз крохмалю з утворенням менш складних полісахаридів — декстринів — складників клеїв для паперу, шпалер тощо. Модифіковані крохмалі добувають хімічним обробленням природного крохмалю, зокрема *естерифікацією*, а також *біосинтезом*. Унаслідок зміни складу й структури полімерні молекули набувають нових властивостей, які й зумовлюють широке застосування модифікованих крохмалів.

Кислотний гідроліз целюлози використовують у виробництві етанолу.

Як саме? Продукт гідролізу целюлози (*яка його формула?*) піддають спиртовому бродінню. *Естерифікацією* целюлози добувають ацетатне волокно, целофан, целулойд, піроксилін (бездимний порох) тощо.

Поміркуйте й поясніть, які характеристичні групи в молекулах крохмалю й целюлози беруть участь у реакціях естерифікації.

Крохмаль — кінцевий продукт фотосинтезу, саме на нього перетворюється глюкоза:



Добування целюлози біосинтезом є однією з новітніх технологій. Біосинтез інших речовин відомий досить давно. Зокрема, біосинтез поза організмами широко застосовують як спосіб (іноді єдино можливий) промислового виробництва біологічно важливих речовин — вітамінів, деяких гормонів, антибіотиків, амінокислот, білків тощо.

В Університеті штату Техас у США виведено штам ціанобактерій, які продукують целюлозу. Як джерело енергії вони використовують сонячне світло. Добуту целюлозу переробляють на етанол та інші види біопалива. Бактерії можуть бути вирощенні без використання сільськогосподарських земель, за допомогою соленої води, непридатної для споживання людьми та поливання рослин.

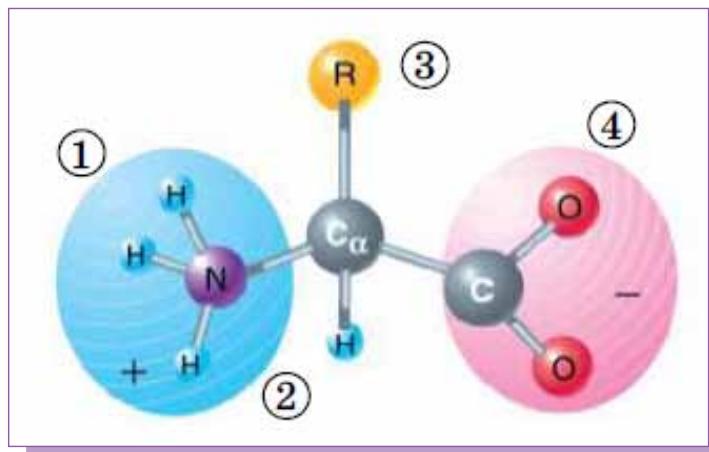
Глікоген — тваринний крохмаль, основний запасний вуглевод тварин і людини — трапляється також у деяких бактерій, дріжджів і грибів. Особливо високий його вміст у печінці (3–5 %) і м'язах (0,4–2 %). Молекула глікогену має розгалужену будову, середня довжина нерозгалуженого ланцюга — 10–14 залишків глюкози. Глікоген — білий аморфний порошок. На відміну від крохмалю не дає синього забарвлення з розчином йоду. Глікоген утворює в організмі енергетичний резерв, який може бути швидко мобілізований за необхідності компенсувати раптову нестачу глюкози.

У процесі травлення під дією амілаз відбувається гідроліз глікогену, що міститься в іжі. Процес починається в ротовій порожнині й закінчується в тонкому кишечнику (за pH 7–8) з утворенням декстринів, потім

мальтози й глюкози. У кров надходить глюкоза, надлишок якої включається в синтез глікогену, який відкладається в тканинах. Важливу роль у підтриманні постійного рівня цукру в крові відіграє печінка, де надлишок глюкози перетворюється на глікоген або навпаки, якщо рівень глюкози в крові знизився. Інші органи запасають глікоген лише для власного споживання.

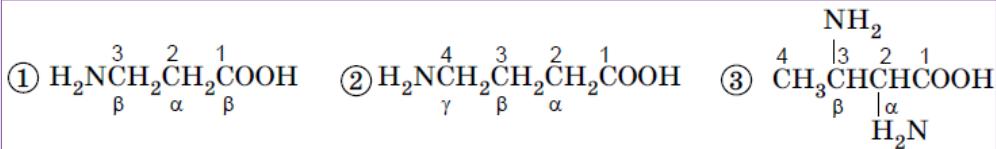
Амінокислотами називають органічні сполуки, які містять як карбоксильні групи ($-\text{COOH}$), так й аміногрупи ($-\text{NH}_2$). Саме ці характеристичні групи зумовлюють фізичні властивості та різноманітні хімічні реакції за участі амінокислот.

У молекулах амінокислот відбувається обмін катіоном Гідрогену (протоном): він відщеплюється від карбоксильної групи й утворює ковалентний зв'язок з атомом Нітрогену аміногрупи. При цьому атом Нітрогену надає в спільне користування неподілену електронну пару, а атом Гідрогену — вільну електронну орбіталь (мал. 2.22).



Мал. 2.22. Схема утворення внутрішньої солі амінокислоти: аміногрупа (1), до якої приєднався протон (2), що відщепився від карбоксильної групи (4); замісник (3). Атом Карбону головного ланцюга в α -положенні (сполучений з атомом Карбону карбоксильної групи). З фрагментів двадцяти α -амінокислот утворені білки.

Номенклатура амінокислот проста та зрозуміла. Тож ви самостійно зможете опанувати цю премудрість, проаналізувавши наведені на малюнку 2.23 приклади (зробіть це).



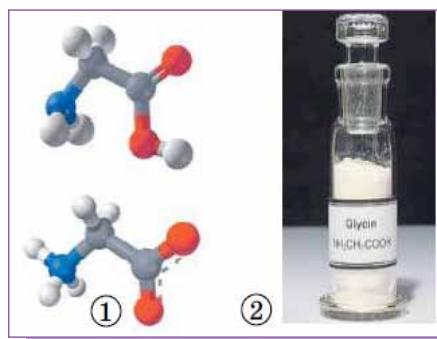
Мал. 2.23. Амінокислоти: 1 — 3-аміно пропанова кислота; 2 — 4-аміnobутанова кислота; 3 — 3-аміно-2,3-диметилбутанова кислота

Складіть структурну формулу 3-аміно-2,3-диметилбутанової кислоти.

Тривіальні назви амінокислот переважно походять від назв об'єктів, з яких їх уперше виділено. Наприклад, аспарагін (від лат. asparagus — спаржа) добуто із соку спаржі, цистеїн і цистин (від грец. κυστις — сечовий міхур) — з каменів сечового міхура, глутамін (від нім. das Gluten — клейковина) — з клейковини пшениці, серин (від лат. sericum — шовк) — з шовку, тирозин (від грец. τυρ — сир) — із сиру. Інші назви пов'язані з методами виділення. Наприклад, аргінін (від лат. argentum — срібло) уперше добуто у вигляді солі Аргентуму, триптофан виділено внаслідок розщеплення білка ферментом трипсином. Валін назвали як похідну валеріанової кислоти, треонін структурно пов'язаний з моносахаридом треозою.

Фізичні властивості амінокислот багато в чому зумовлені утворенням внутрішньої солі. Усі амінокислоти є йонними кристалічними речовинами та мають досить високі температури плавлення. Нейтральна реакція розчинів амінокислот, їхня висока розчинність у воді й низька — в органічних розчинниках — також підтверджують солеподібну природу цих сполук.

Хімічні властивості амінокислот розглянемо на прикладі гліцину — α -аміноетанової (2-аміноетанової) кислоти — найпростішої з-поміж амінокислот (мал. 2.24).



Поміркуйте й поясніть, чому 2-аміноетанова кислота має значно вищу температуру плавлення (233°C) порівняно з етановою ($16,75^{\circ}\text{C}$).

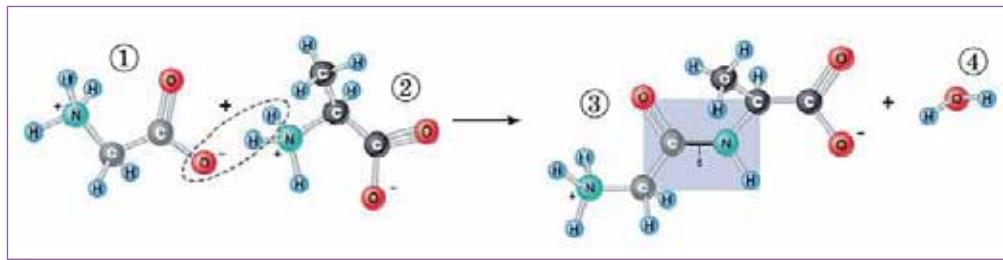
У 1820 році хімік Анрі Браконно (1780–1855, Франція) проводив кислотний гідроліз хрящів і сухожиль. Він тривалий час кип'ятив їх у водному розчині кислоти. Після завершення процесу науковець нейтралізував надлишок катіонів Гідрогену в розчині й відфільтрував його. Через брак часу Браконно лише за місяць повернувся до дослідження вмісту колби. У ній він виявив безбарвні зернисті кристали із солодким смаком. Нову речовину хімік назвав глікоолом, що означає «клейовий цукор» (грец. γλυκος — солодкий, а κολλα — клей). Пізніше Йенс Якоб Берцеліус (1779–1848, Швеція) назвав цю сполуку гліцином. 1838 року якісний склад гліцину дослідив хімік Герріт Ян Мульдер (1802–1880, Голландія). Він виявив у цій речовині Нітроген, тож її не можна було назвати вуглеводом. Шість років потому співробітник Юстуса Лібіха (1803–1873, Німеччина) Еben Norton Хорсфорд (1818–1893, США) визначив кількісний склад гліцину, тобто його молекулярну формулу.

Аміно- та карбоксильна групи за хімічною природою протилежні. Карбоксильна група — кислотна, аміногрупа — основна. Тому 2-аміноетанова кислота — *амфотерна* органічна сполука, бо виявляє властивості як карбонових кислот, так і основ. Її водний розчин не діє на індикатори (*за ма-люнком 2.24.1 поясніть чому*). Наприклад, її реакції з лугами відбуваються за участі карбоксильної групи, а з кислотами — за участі аміногрупи.

Складіть рівняння реакцій гліцину з: а) натрій гідроксидом; б) хлоридною кислотою.

Взаємодія аміно- й карбоксильної груп можлива не лише в одній молекулі, а й між функціональними групами, які належать різним молекулам. Ця реакція дуже важлива, її продукти — білки — основа життя на нашій планеті, тож розгляньмо цей процес докладніше.

Утворення пептидів схематично зображене на малюнку 2.25.



Мал. 2.25. Унаслідок реакції між 2-аміноетановою (1) та 2-амінопропановою кислотою (2) утворюється дипептид (3) і молекула води (4).

Ця реакція обворотна: унаслідок повного гідролізу пептидів утворюються амінокислоти. Пептидний зв'язок (5) між атомами Карбону Й Нітрогену пептидної групи —CO—NH—

В утвореному дипептиді, так само як у молекулах амінокислот, є аміно- й карбоксильна групи. Це означає, що можлива подальша взаємодія з молекулами амінокислот, унаслідок чого поліпептидний ланцюг ростиме. Фрагменти молекул амінокислот, що утворюють поліпептидний ланцюг, називають *амінокислотними залишками*, групу атомів —CO—NH— називають *пептидною (амідною)*, а зв'язок між атомами Карбону Й Нітрогену в ній — *пептидним (амідним)*. За допомогою пептидного зв'язку з амінокислотних залишків побудовані молекули білків. Про ці речовини докладніше буде далі.

Застосування амінокислот зумовлене комплексом їхніх властивостей.

Наприклад, 2-аміноетанова кислота потрібна для нормального функціонування центральної нервової системи. Гліцин є складником лікарських засобів, які призначають недужим, щоб зменшити психоемоційне

напруження, поліпшити настрій, зняти стрес, нормалізувати сон, захистити від токсичної дії психотропних препаратів тощо (мал. 2.26). Однак потрібно пам'ятати, що передозування гліцину спричиняє протилежний ефект. Тому доцільність його вживання, як і для будь-яких інших лікарських засобів, визначає фахівець.



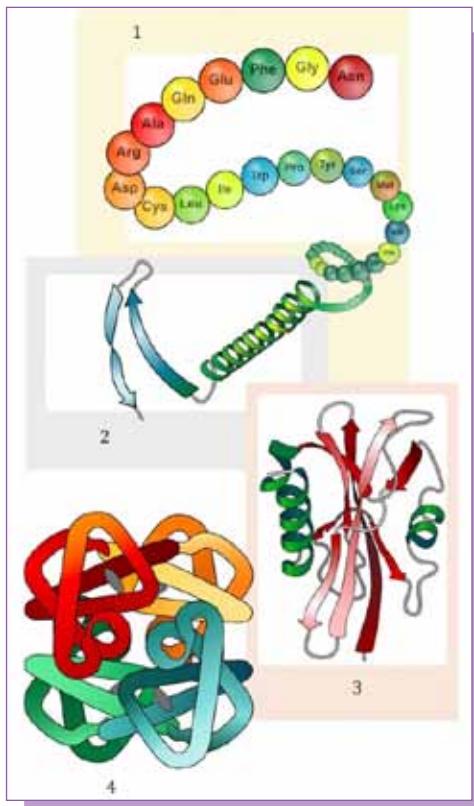
Мал. 2.26. Лікарські засоби із гліцином

Чому білки? Назва «білки» походить від відомого з давніх-давен яєчного білка (лат. *albumen*), який унаслідок нагрівання перетворюється на білу нерозчинну масу. Згідно з описами Плінія Старшого, уже в Стародавньому Римі яєчний білок застосовували як лікувальний засіб. Однак справжня історія білкових речовин розпочалася тоді, коли з'явилися перші відомості про хімічні властивості білків. Найважливіша з-поміж них — здатність до гідролізу.

Гідроліз білків — реакція, за допомогою якої з них добуто амінокислоти. Ви звичайно, пам'ятаєте, що саме в такий спосіб відкрито й найпростішу з них — аміноетанову. Унаслідок гідролізу руйнуються пептидні зв'язки між амінокислотними залишками. Тобто реакція гідролізу білків обернена до реакції їхнього утворення з амінокислот. Виявлення амінокислот у продуктах гідролізу білків мало вирішальне значення для розуміння хімічної природи білкових біополімерів.

Склад і будову білків науковці намагалися визначити чи не із XVII століття Крок за кроком просувалися вони до мети — створення теорії будови білка. Зокрема, думку про амінокислотний склад білків висловлював Іван Якович Горбачевський (1854–1942, Україна, Австрійська імперія). Він одним з перших виділив у чистому вигляді амінокислоти й показав, що вони є «будівельними цеглинками» білків. Зрештою в 1902 році Еміль Фішер (1852–1919, Німеччина) сформулював пептидну гіпотезу, згідно з якою білки побудовані з амінокислотних залишків, з'єднаних пептидними зв'язками. Він висловив припущення, що амінокислоти, які утворюються внаслідок гідролізу білків, є для них найпростішим «будівельним матеріалом». Науковець експериментально довів, що амінокислоти сполучаються між собою в результаті взаємодії карбоксильних й аміногруп з виділенням води та утворенням поліпептидів. Він започаткував синтез поліпептидів і добув білкову речовину з відносною молекулярною масою 1213 — першу синтетичну сполуку, подібну до найпростіших білків. Отже, пептидну гіпотезу повністю підтверджено аналізом білків і синтезом їх з амінокислот. Тож подальше вивчення будови білків дістало міцне теоретичне підґрунтя.

Рівні організації білкової молекули — її первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури (мал. 2.27).

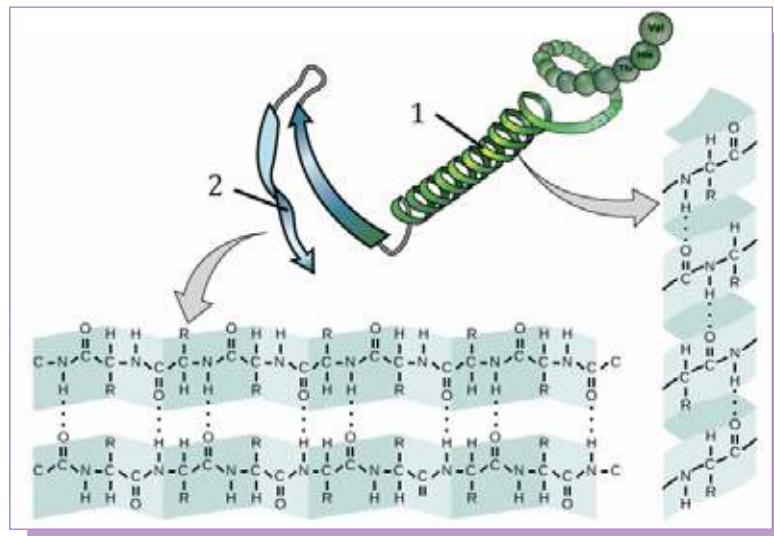


Мал. 2.27. Рівні організації білкової молекули: первинна (1), вторинна (2), третинна (3) й четвертинна (4) структури. Задля зручності амінокислотні залишки в поліпептидному ланцюзі позначають однією або трьома латинськими літерами, наприклад, залишок аміноетанової кислоти позначають G або Gly (поясніть чому)

Цю класифікацію запропонував у 1952 році біохімік Кай Ульрік Ліндерштрем-Ланг (1896–1959, Данія). Вона актуальна й дотепер, оскільки відбиває реальні стадії формування просторової будови білків. Тому розгляньмо її докладніше. В організмах амінокислотний склад білків визначено генетичним кодом. З двадцяти α -амінокислот (у їхніх молекулах карбоксильна й аміногрупа сполучені з тим самим атомом Карбону, як, наприклад, у гліцині) утворюються поліпептидні ланцюги найрізноманітнішого складу й будови. Кількість амінокислотних залишків у молекулах певних білків різна. Наприклад, в інсуліні їх 51, у міоглобіні — близько 140. Тому й відносна молекулярна маса білків коливається в дуже широких межах. Наприклад, в інсуліну вона становить близько 6500, а в білка вірусу грипу — 320 000 000.

Первинна структура — послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі. Виявлено, що певна комбінація залишків амінокислот зумовлює специфічні функції білка в організмі. Тож за первинною структурою можна передбачити функції невідомого білка. Або, навпаки, синтезувати білкову речовину з потрібними функціями. Первинна структура білка виникає внаслідок утворення пептидних зв'язків між амінокислотними залишками.

Вторинна структура — місцеве впорядкування фрагмента поліпептидного ланцюга внаслідок утворення водневих зв'язків (мал. 2.28).



Мал. 2.28. Вторинна структура білка зумовлена утворенням водневих зв'язків:

1 — α -спіраль — типовий елемент вторинної структури білків, що має форму правозакрученого спіралі, у якій кожна аміногрупа ($-\text{NH}_2$) у каркасі утворює водневий зв'язок з карбонільною групою ($-\text{C=O}$) амінокислоти, що розташована на чотири амінокислотні залишки попереду; 2 — β -лист — типовий елемент вторинної структури білків. Він складається зі сполучених трьома або більшою кількістю поперечними водневими зв'язками β -ланцюгів, що утворюють зазвичай завитий складчастий шар

Якщо полярні групи фрагментів первинної структури віддалені одна від одної, то утворюються складчасті шари з кількох зигзагуватих поліпептидних ланцюгів. Якщо ж полярні групи фрагментів первинної структури розташовані близько, утворюється так звана α -спіраль, один виток якої містить чотири амінокислотні залишки.

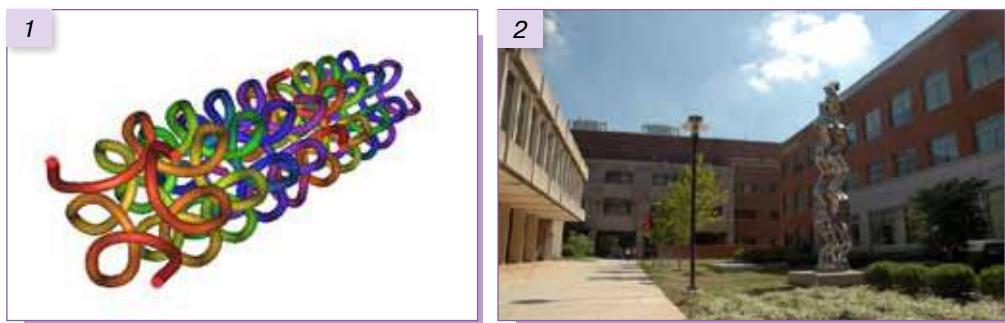
Уперше таку структуру виявив Лайнус Полінг (1901–1994, США) під час вивчення методом рентгеноструктурного аналізу головного білка волосся й вовни — α -кератину. Також можливе утворення клубка біополімеру іншої форми.

Третинна структура — просторова будова поліпептидного ланцюга, зумовлена взаємним розташуванням елементів вторинної структури. Третинна структура стабілізована насамперед ковалентними зв'язками, які виникають унаслідок взаємодії між характеристичними групами різної хімічної природи. Неабияку роль у виникненні й підтриманні третинної структури відіграють електростатичні сили притягання й відштовхування та водневі зв'язки.

Четвертинна структура зумовлена взаємним розташуванням кількох поліпептидних ланцюгів у складі єдиного білкового комплексу. Гемоглобін — перший білок, у якого виявлено четвертинну структуру. Четвертинна структура гемоглобіну складається із чотирьох макромолекул. Вони утворюють надмолекулярну структуру сферичної форми. Її функція — транспортування кисню в організмах.

Чи розчинні білки? Це залежить від їхньої будови: саме просторова структура білка визначає його властивості й біологічні функції. У молекулах *глобулярних* білків поліпептидні ланцюги згорнуті в щільні кулясті структури — глобули. До глобулярних білків належать ферменти, анти-тіла, деякі гормони тощо. Чимало глобулярних білків — водорозчинні, зокрема альбуміни — прості глобулярні білки, які містяться в яєчному білку, сироватці крові, молоці й насінинах рослин.

Білки, що входять до складу покривних тканин й утворень, — *фібрілярні* (мал. 2.29). Вони погано розчинні або нерозчинні у воді. Це білки м'язових тканин, шкірних покривів, волосся, рогових покривів, вовни й пір'я тощо.



Мал. 2.29: 1 — комп’ютерна модель молекули колагену — фібрілярного білка, який зумовлює пружність шкіри; 2 — скульптура Юліана Фосс-Андре «Синергія» у вигляді фрагмента молекули колагену на території Центру інтегративних досліджень протеоміки Ратгерського університету в штаті Нью-Джерсі, США

Осадження білків відбувається під впливом різноманітних органічних і неорганічних речовин: етанолу, солей, концентрованих кислот. Аби пересвідчитися в цьому, виконаймо досліди.

У пробірки з водним розчином альбуміну добавимо насичені водні розчини натрій хлориду й магній сульфату. Унаслідок цього зруйнується гідратна оболонка частинок білка й утворюється осад, який знову можна розчинити у воді. Важливо, що за такого осадження й розчинення властивості білків відновлюються, вони не втрачають, наприклад, ферментативної активності. У такий спосіб очищають білки, щоб добути їх у кристалічному вигляді.

Органічні розчинники, наприклад етанол, також спричиняють дегідратацію білкових макромолекул, руйнують їхні водні оболонки. Осадження білків спиртом *оборотне*, якщо процес відбувався без нагрівання й уплив реагенту був короткочасним. Тривалий контакт білка зі спиртом призводить до *необоротного* осадження — *денатурації*.

Денатурація білка пов’язана з глибокими внутрішньомолекулярними змінами його будови, руйнуванням четвертинної, третинної та вторинної структур. Це призводить до втрати білком розчинності, біологічної активності тощо (мал. 2.30).



Мал. 2.30. Необоротну денатурацію яєчного білка зображене на картині раннього періоду (1618) творчості майстра Дієго Веласкеса (1599–1660, Іспанія)
Літня жінка готує яєчню

Деякі чинники, які зумовлюють денатурацію білків, наведено в таблиці 2.4.

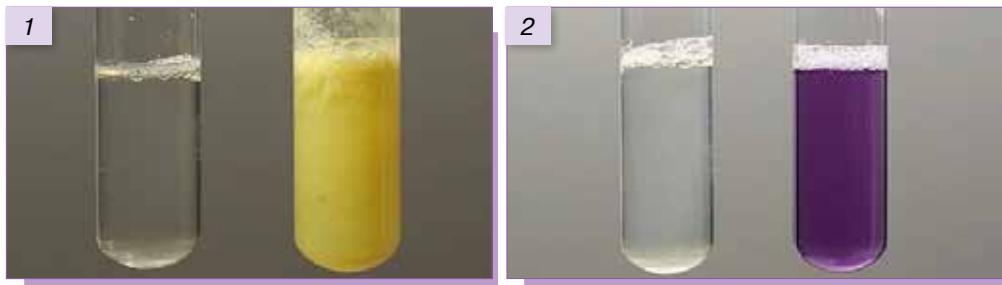
Таблиця 2.4. Чинники, що зумовлюють денатурацію білків

Чинники, які зумовлюють денатурацію білків	
Хімічні	Фізичні
Концентровані кислоти й луги. Сполуки важких металічних елементів. Органічні розчинники. Отрути рослинного й тваринного походження. Сечовина у високих концентраціях	Високі температури. Ультрафіолетове, рентгенівське й радіоактивне опромінення Механічний вплив (наприклад, вібрація)

Наприклад, денатурація білків відбувається в сильнокислому середовищі шлунка. Це сприяє ферментативному розщепленню білків під час перетравлювання їжі. Хімічні опіки шкіри й слизових оболонок також зумовлені денатурацією білків під впливом ідких речовин. Термічні опіки — приклад денатурації білків за високої температури. Денатурацію білків застосовують для лікування отруєння сполуками важких металічних елементів: Купруму, Плюмбуму тощо. Хворому дають молоко або сирі яйця. Токсичні сполуки денатурують білки молока або яєць й поглинаються їхньою поверхнею.

Чи оборотна денатурація? У пробірці (*in vitro*) денатурація, найчастіше, — необоротний процес. Якщо ж денатурований білок помістити в умови, близькі до природних, то він може відновити свої властивості, але дуже повільно (таке явище властиве не всім білкам).

Кольорові реакції білків застосовують для виявлення цих сполук поміж інших органічних речовин. Виконаймо досліди, аби пересвідчитися в цьому. У пробірку внесімо по п'ять крапель розчинів білка та нітратної кислоти. Нагріймо добутий білий осад до появи жовтого забарвлення. Це — ознака перебігу *ксантопротейнової реакції* (мал. 2.31.1). Для проведення *біуретової реакції* в пробірку внесімо п'ять крапель розчину білка, добавмо дві краплі розчину купрум(II) сульфату. Далі добавлятимемо розчин натрій гідроксиду до утворення фіолетового розчину (мал. 2.31.2).

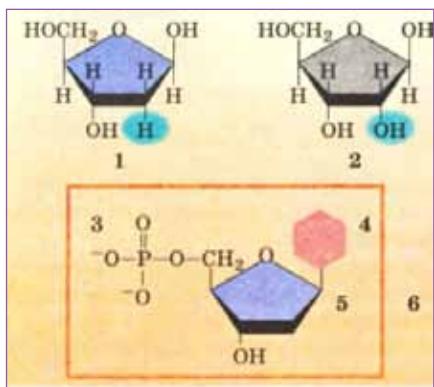


Мал. 2.31: 1 — ксантопротеїнова реакція; 2 — біуретова реакція

Біологічна роль білків дуже важлива. Білки — невідокремні складники всіх організмів. Вони беруть участь чи не в кожному внутрішньому процесі клітини. Білки — важлива частина харчування людини й тварин, оскільки їхні організми не можуть синтезувати всі необхідні амінокислоти й частина з них надходить із білковою їжею. Під час травлення ферменти руйнують спожиті білки до амінокислот, які організм використовує для біосинтезу властивих йому білків або для одержання енергії. Чимало біологічно активних сполук є речовинами білкової природи.

Чому нуклеїнові? Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) і рибонуклеїнова кислота (РНК) — речовини, які зберігають усю інформацію про певний організм та ознаки, що визначають його ріст і розвиток, а також спадкові ознаки, передавані наступному поколінню. Їхні молекули є в ядрах клітин усіх рослинних і тваринних організмів, звідси й походить назва (лат. *nucleus* — ядро). ДНК у 1869 році відкрив Йоганн Фрідріх Мішер (1844—1895, Німеччина). Спочатку він назвав нову речовину *нуклеїном*, а коли виявив у неї кислотні властивості — *нуклеїновою кислотою*. Розглянемо ці сполуки докладніше.

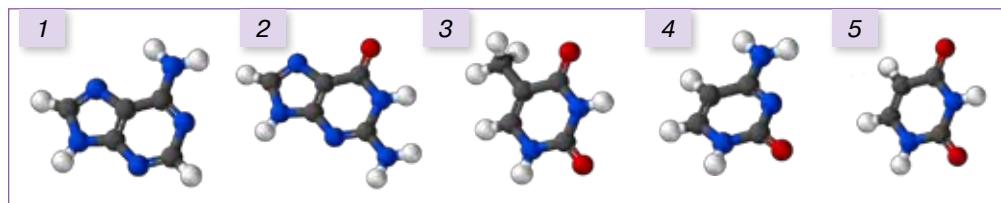
Склад і будова ДНК й РНК мають низку спільних ознак. Полімерний ланцюг нуклеїнових кислот складається з фрагментів — *нуклеотидів*. До складу нуклеотиду (мал. 2.32) входять залишки *ортофосфатної кислоти* H_3PO_4 , *моносахаридів* — *рибози* або *дезоксирибози* та *азотистих основ*. У молекулі дезоксирибози, на відміну від рибози, замість гідроксильної групи — атом Гідрогену.



Мал. 2.32. Структурні формулі дезоксирибози (1) та рибози (2). Складниками нуклеотиду (6) є залишки ортофосфатної кислоти (3), азотистої основи (4), дезоксирибози (5)

Ідея гідролізного розщеплення нуклеїнових кислот належить Івану Яковичу Горбачевському (1854—1942, Україна, Австрійська імперія). Значення його досліджень можна повною мірою оцінити лише тепер, коли ґрунтовне всеохоплююче вивчення подвійної спіралі життя впритул наблизило людство до розкриття таємниць механізму відтворення й утілення генетичної інформації на молекулярному рівні.

Полімерний ланцюг ДНК має досить складну будову. Нуклеотиди в ньому сполучені між собою ковалентними зв'язками в довгі полінуклеотидні структури. Здебільшого ДНК організмів складається з двох полінуклеотидних ланцюгів. Вони закручені один навколо одного у вигляді подвійної спіралі, стабілізованої водневими зв'язками. Ці зв'язки виникають між парами азотистих основ, які належать різним ланцюгам і наче «доповнюють» одна одну, утворюючи так звані *комплементарні пари* (від лат. *complimentum* — доповнення). У цих парах залишок аденину завжди сполучений водневим зв'язком із залишком тиміну, а залишок цитозину — із залишком гуаніну: А—Т і Г—Ц (мал. 2.33).



Мал. 2.33. Масштабні моделі азотистих основ. Залишки аденину (1), гуаніну (2), тиміну (3), цитозину (4) найчастіше трапляються в структурі ДНК. У РНК на місці залишка тиміну розташований залишок урацилу (5), у якому замість метильної групи $-\text{CH}_3$ міститься атом Гідрогену

У природі спіраль ДНК, найчастіше, закручена вправо.

Зображення спіралі ДНК відтворено в архітектурних спорудах (мал. 2.34).



Мал. 2.34. Скульптури у вигляді молекули ДНК:

1 — на головних сходах адміністративної будівлі Коледжу біологічних наук Каліфорнійського університету в Девісі; 2 — пам'ятник лабораторній миші в центрі біологічного кварталу новосибірського Академмістечка (РФ); 3 — міст Подвійної спіралі (англ. Helix Bridge) — пішохідний міст у Сінгапурі через затоку Марина-Бей.

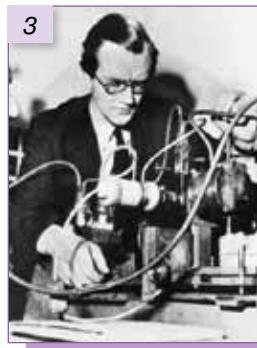
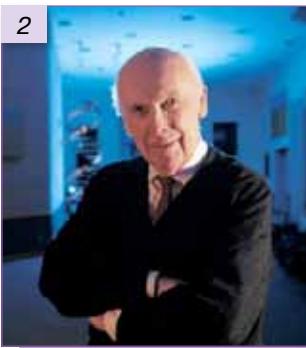
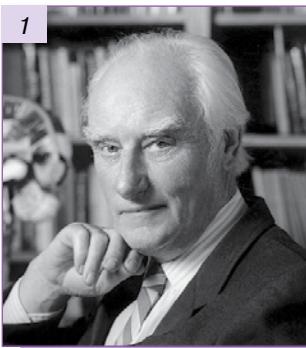
У поверхню мосту вмонтовано різномальорові світильники, підписані літерами А, Т, Г, С, які символізують нуклеотиди

Між ДНК і РНК є три основні відмінності:

- ДНК містить залишок дезоксирибози, РНК — рибози;
- ДНК містить залишок тиміну, РНК — урацилу;
- ДНК існує у формі подвійної спіралі, що складається з двох окремих молекул, а молекули РНК в середньому набагато коротші й переважно одноланцюгові.

Біологічна роль нуклеїнових кислот надзвичайно важлива. Адже одна з головних їхніх функцій — участь у синтезі білків. У процесі життєдіяльності білки постійно витрачаються й тому мають регулярно відтворюватися за участі нуклеїнових кислот. У весь синтез білкової молекули, що містить сотні амінокислотних залишків, триває в організмі близько хвилини. Основне завдання молекул ДНК — зберігати інформацію про білки й надавати її в той момент, коли починається їхній синтез. Цим зумовлена підвищена хімічна стійкість ДНК порівняно з РНК. Природа подбала про те, аби зберегти основну інформацію недоторканою.

Перші дослідження нуклеїнових кислот проведено в другій половині XIX століття, а в середині XX століття стало зрозумілим, що в ДНК зашифрована вся інформація про організм. Виявлення структури подвійної спіралі ДНК визнано найбільшим науковим досягненням минулого століття (мал. 2.35).



Мал. 2.35. Структуру подвійної спіралі ДНК запропонували Френсіс Крік (1) і Джеймс Уотсон (2) у 1953 році на основі рентгеноструктурних даних, здобутих Морісом Уілкінсом (3). Цю наукову працю відзначено Нобелівською премією з фізіології або медицини (1962)



Мал. 2.36. Розалінд Елсі Франклін (1920—1958) — британська біофізикиня й кристалографіння, зробила важливий унесок в розуміння структури ДНК, вірусів, вугілля й графіту. Відома своїми працями з отримання зображень дифракцією рентгенівських променів на ДНК. Зроблені нею рентгенограми стали підґрунттям для висновків про структуру ДНК, зроблених Джеймсом Уотсоном і Френсісом Кріком. Пізніше керувала дослідженнями віrusу тютюнової мозаїки та віrusу поліомієліту.

У середині 70-х років ХХ століття створено методики розшифровування структури нуклеїнових кислот і розроблено способи їхнього спрямованого синтезу. І дотепер ця галузь науки стрімко розвивається задля забезпечення потреб людства в новітніх матеріалах і технологіях. Клонування, генетично модифіковані організми, ідентифікація особи чи встановлення батьківства за допомогою ДНК — ці явища вже перейшли з розряду сенсаційних до буденних подій.

Нові й нові повідомлення ЗМІ свідчать про перспективність досліджень, пов'язаних з ДНК: «Нанотехнології одержали новий потужний інструмент дослідження й прототипування наноструктур — можливість за допомогою ланцюгів ДНК направити самозбирання наночастинок золота в тривимірну структуру. Відкриття буде використано у наноелектроніці, фотоніці тощо», «Науковці перетворили бактерії у нанофабрики — вони змусили їх за допомогою вірусу виробляти наноструктури з ДНК, що може привести до розвитку нового напряму в нанотехнології», «Створення ДНК-інсектицидів — новий напрямок у захисті рослин». Однак варто пам'ятати й про етичні проблеми, які виникають під час проведення таких досліджень і використання їхніх результатів, аби не набути досвіду примноження скорботи через примноження знання.

БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

Біологічно активні речовини — органічні сполуки, здатні впливати на біологічні процеси в організмі. Біологічну активність, зокрема, виявляють вітаміни, ферменти, гормони.

Вітаміни. Вітаміни (від лат. *vita* — життя) — група низькомолекулярних органічних сполук порівняно простої будови й різноманітної хімічної природи. Вони є *біорегуляторами*, які в невеликих кількостях необхідні для нормальної життедіяльності людини. Вітаміни мають надходити з їжею, оскільки організм не може задовільнити свої потреби в них за допомогою *біосинтезу*¹. Їхню роль у забезпеченні нормального функціонування організму важко переоцінити. Ці сполуки забезпечують життєво необхідні процеси в організмі, беруть активну участь в обміні речовин. Надходження достатньої кількості вітамінів до організму можливе за умови споживання різноманітної їжі (мал. 2.37). Обмін вітамінів є взаємопов'язаним, нестача одного з них упливає на засвоєння інших.

Вітамін С (аскорбінова кислота) бере участь у процесі кровотворення, сприяє засвоєнню в організмі інших вітамінів, білків, Феруму, поліпшує роботу печінки, функцію нервової та ендокринної систем.

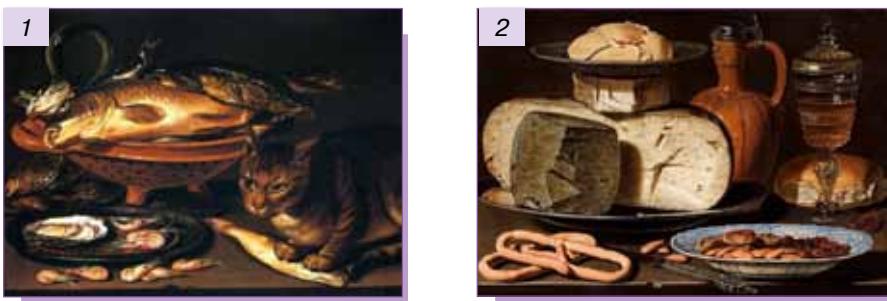
Вітамін А (ретинол) необхідний для нормального росту, функції зору, обміну речовин. Ретинол надходить до організму з продуктами тваринного походження, з рослинною їжею — у вигляді каротину, який у печінці перетворюється на вітамін.

¹ Біосинтез низки вітамінів відбувається в організмі людини, однак лише внаслідок дії зовнішніх чинників, наприклад ультрафіолетового опромінення (вітаміни групи D), або з деяких попередників (провітамінів), одержуваних з їжею (наприклад, вітамін А організм синтезує з каротинів).



Мал. 2.37. Вітамінний розмай на картинах Катерини Білокур: 1 — Богданівські яблука (1958–1959); 2 — Виноград з ожиною (друга половина 1950-х); 3 — Квіти та овочі (1959–1960); 4 — Кавун, морква, квіти (1951)

Вітаміни групи В: В₁, В₂, В₃ (тіамін, рибофлавін, піридоксин) регулюють обмін речовин, функцію багатьох органів і систем. Потреба в них підвищується за м'язових навантажень, нервово-психічних напружень. Якщо цих сполук в організмі не вистачає, порушуються функції нервової, травної, серцево-судинної систем, уповільнюються процеси росту, кровотворення, знижується опір організму до різноманітних хвороб.



Мал. 2.38. Харчові продукти, що містять вітаміни групи В, на художніх полотнах Клари Петерс (1594–1657, Фламандія): 1 — Натюрморт з рибою й кішкою (після 1620); 2 — Натюрморт із сиром, мигдалем і кренделями (бл. 1615)

Вітамін Е (токофероли) сприяє засвоєнню жирів, вітамінів А і D, бере участь в обміні білків, вуглеводів, впливає на функцію статевих та ендокринних залоз. Багаті на токофероли зернові, овочі, жирні молочні продукти, яйця, олія, горох, квасоля, гречана крупа, м'ясо, риба, шпинат, спаржа, абрикоси (мал. 2.39).



Мал. 2.39. Харчові продукти, що містять вітаміни групи Е, на художніх полотнах:

- 1 — Адольф Вільям Бугро (1825–1905) *Дівчинка, яка їсть кашу* (1874);
- 2 — Корте Адріан *Натюрморт зі спаржею й смородиною* (1696), 3 — *Натюрморт з п'ятьма абрикосами* (1704); 4 — Жорж де Латур (1593–1652, Франція) *Їдці гороху* (1620-ті); 5 — Аннібале Карраччі (1560–1609, Італія) *Їдок квасолі* (1584–1585)

Звісно, цим перелік вітамінів не обмежується. **Зверніть увагу:** надлишок вітамінів так само небезпечний, як і їх нестача. Пригадавши з курсу біології значення термінів *авітаміноз* і *гіпервітаміноз*, ви зможете самостійно пояснити, чому саме.

Фрагменти молекул деяких вітамінів є складниками речовин, які впливають на активність *ферментів*.

Ферменти¹ — високоспецифічні органічні катализатори, глобулярні білки, синтезовані живими клітинами. Процеси, що відбуваються за участі ферментів, відомі людині з глибокої давнини, адже приготування хліба, сиру, вина й оцту ґрунтуються на ферментативних процесах.

Для створення синтетичних ферментів широко використовують циклодекстрини. На основі β -циклодекстрину синтезовано гідролітичні ферменти, зокрема ферменти з хімотрипсиновою, трансамілазною й рибонуклеазною активністю.

З курсу біології ви вже знаєте, що в кожній клітині є сотні ферментів. Вони беруть участь в обміні речовин, синтезі, розпаді жирів і нуклеїнових кислот. Перетравлювання й засвоєння харчових продуктів також відбуваються за участі ферментів. Ферментні системи впливають на дихання, розмноження, м'язове скорочення, кровообіг і нервово-психічну діяльність. Без них реакції в клітині проходили б занадто повільно й не могли б підтримувати життя. Ферменти широко використовують як потужні інструменти для визначення будови біополімерів, у генно-інженерних розробках, у медицині та харчовій промисловості.

Ферменти в медичній практиці застосовують як діагностичні й терапевтичні засоби та як специфічні реактиви. Наприклад, для кількісного визначення глюкози в сечі й у крові використовують фермент *глюкозооксидазу*. А вміст у цих рідинах сечовини визначають за допомогою ферменту *уреази*.

Оскільки ферменти зберігають свої властивості й поза організмом, їх успішно використовують у різних галузях промисловості. Наприклад, протеолітичний фермент *папайн* (із соку папаї) — у пивоварінні, для зм'якшення м'яса; *пепсин* — у виробництві «готових» каш і як лікарський препарат; *трипсин* — у виробництві харчових продуктів для дітей; *ренін* (сичужний фермент зі шлунка теляти) — у сироварінні. *Каталазу* широко застосовують у харчовій і гумовій промисловості; а *целюлази* й *пектидази*, які розщеплюють полісахариди, — для освітлення фруктових соків. Пральні засоби з ензимами добре вибавляють плями органічного походження — крові, поту, жиру, рослинних барвників тощо (мал. 2.40).

З молока виділено 20 нативних ферментів. Крім них, у цій біологічній рідині є й мікробні ферменти. Принцип дії молочних ферментів має вибірковий характер, що дає змогу контролювати властивості сирого молока та їхні зміни під час технологічної переробки. Визначення активності каталази використовують для контролю молока, отриманого від хворих тварин. Проба на пероксидазу, а також на фосфатазу є критерієм оцінки режиму теплової обробки (пастеризації) молока й вершків. За кількістю редуктази судять про санітарне благополуччя й ступінь свіжості молока, за цим показником визначають загальну кількість бактерій у ньому.

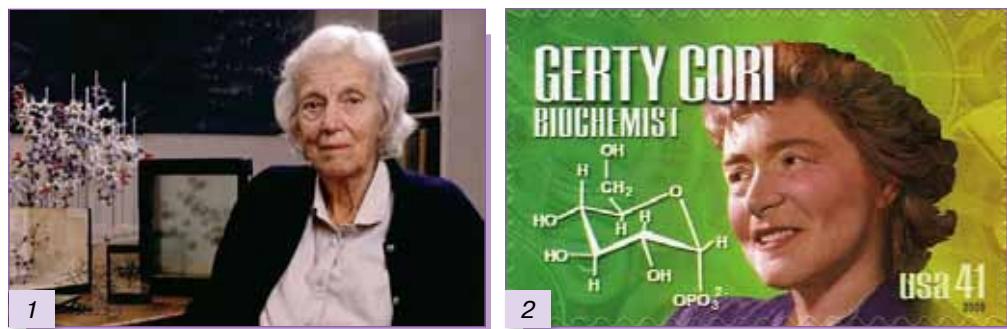
¹ Від лат. *fermentum* — закваска, ензим.



Мал. 2.40. Ензими в дії: 1 — ензими є — плям немає; 2 — ензими сприяють травленню; 3 — ферменти — елементи сироваріння

Роль хімічної наукою спільноти в дослідженні біологічно активних речовин важко переоцінити. Наприклад, Дороті Кроуфут Годжкін (мал. 2.41.1) — британська біохімікіня, відома у зв'язку з розробленням рентгеноструктурного аналізу білків, визначення структур пеніциліну та вітаміну В₁₂. У 1964 році одержала Нобелівську премію з хімії «за визначення за допомогою рентгенівських променів структур біологічно активних речовин». У 1969 році, за п'ять років після отримання Нобелівської премії, також установила структуру інсуліну.

Герті Тереза Корі (мал. 2.41.2) — американська біохімікіня, лавреатка Нобелівської премії з фізіології або медицини 1947 року (спільно із чоловіком Карлом Корі) «за відкриття каталітичного перетворення глікону». Цей список можна продовжити (*зробіть це*).



Мал. 2.41: 1 — Дороті Кроуфут Годжкін (1910—1994);
2 — поштова марка із зображенням Герті Терези Корі (1896—1957)



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

- Схарактеризуйте елементний склад людського організму.
- Наведіть приклади біогенних елементів. Поясніть, за якими ознаками класифікують біогенні елементи.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

3. Прокоментуйте вислови: а) «У кожному кругляку на бруківці є всі елементи періодичної системи» (Іда Ноддак¹, 1935); б) «В організмі не тільки є всі елементи, а й кожен з них виконує якусь функцію» (В. І. Вернадський², 1937). Висловте свою думку щодо актуальності цих тверджень сьогодні.
4. Поясніть, чому дефіцит Флуору викликає каріес зубів, а дефіцит Йоду — ендемічний зоб.
5. Наведіть приклади неорганічних й органічних речовин в організмі людини.
6. Прокоментуйте з огляду на вивчене уривок твору³ «Тирамісу з полуницями»: «Людське тіло можна вважати комплексом атомів. Ми складаємося з хімічних сполук, а ті й собі — з хімічних елементів. Середньостатистична доросла жінка, яка важить сімдесят кілограмів — це сорок три кілограми Оксигену, шістнадцять Карбону й близько двох кілограмів Нітрогену. Склад нашого організму аж ніяк не вражаючий і не надто відрізняється від хімічного складу інших тіл у космосі. Та наше тіло космічне не лише через хімічний склад. Воно космічне, бо атоми, з яких воно складається, не вмирають, а лише змінюють свій стан. Кожен атом, з якого створено наше тіло, був колись усередині зорі, а деякі утворилися навіть під час Великого Вибуху». Підтвердьте розрахунками або спростуйте кількісні дані, наведені в ньому.
7. Опишіть фізичні властивості жирів та їхнє застосування.
8. Поясніть, на яких реакціях ґрунтуються: а) перетворення олій на тверді жири; б) добування мила.
9. Пригадайте, як тварини в дикій природі пристосовуються до умов існування, і поясніть: а) роль жирів у пристосованості ведмедів, пінгвінів, лебедів; б) чим небезпечне розливтя нафти для водоплавних птахів.
10. Обґрунтуйте, якими розчинниками — полярними чи неполярними — дотримано видалення жирові плями.
11. Поясніть з погляду хімії: а) українське прислів'я: «Було сало, мілом стало»; б) чому зі стеаринової свічки можна виготовити мило, а з парафінової — ні; в) назву науково-популярної статті про жири: «Рідке золото організмів».
12. Поясніть, чому: а) Шееле назвав відкритий ним гліцерол «солодким началом жирів»; б) жир плаває на поверхні води; в) у міру проростання насіння в ньому зменшується частка жирів і зростає вміст вищих карбонових кислот; г) деякі вітаміни виробляють у капсулах у вигляді олійних розчинів. Наведіть приклади таких вітамінів.
13. На уроці хімії продемонстровано дослід: в одну пробірку налили олію, в іншу — машинне масло. До вмісту обох пробірок добавили по кілька крапель спиртової настоянки йоду й перемішали. Рідини набули коричневого кольору. Пробірки закоркували й залишили в темному місці. Наступного дня виявили, що в одній із пробірок рідина знову стала світлою. Поміркуйте й поясніть зміни, що відбулися.
14. Підготуйте презентацію із загальною назвою «Жири: користь і шкода».
15. Наведіть: а) загальну формулу вуглеводів; б) молекулярні формулі глюкози, сахарози, лактози, мальтози, крохмалю, целюлози, глікогену; в) приклади вуглеводів і їхніх тривіальних назв.

¹ Фізико-хімікіня, фахівчиня в галузі геохімії та радіохімії, 1896–1978, Німеччина.

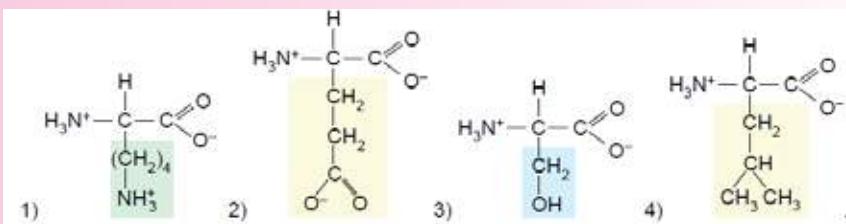
² Природознавець, засновник геохімії, біогеохімії та радіогеології, вчення про біосферу, космізм, 1863–1945, Росія, Україна.

³ Йоанна Ягелло, письменниця й журналістка, авторка творів для дітей та молоді, нар. 1974, Польща. Тирамісу з полуницями.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

- 16.** Поясніть: а) походження назви «вуглеводи»; б) за якою ознакою класифікують вуглеводи на моно-, ди-, полісахариди; в) які характеристичні групи є в молекулах глюкози, сахарози, крохмалю, целюлози; г) які речовини є продуктами часткового окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом, відновлення глюкози воднем; д) чим крохмаль подібний до целюлози і чим відрізняється від неї; е) значення реакцій фотосинтезу, бродіння глюкози, гідролізу сахарози, крохмалю, целюлози, глікогену.
- 17.** Опишіть поширення вуглеводів у природі й харчових продуктах.
- 18.** Висловте припущення, чому: а) сік стиглого яблука відновлює амоніачний розчин аргентум(I) оксиду, а сік незрілого — ні; б) сік незрілого яблука набуває синього кольору під дією йодної настоянки; в) якщо довго жуєте шматочок хліба, то відчуваєте солодкий смак; г) борошнистий смак насіння під час проростання змінюється на солодкуватий.
- 19.** У промисловості гідроліз крохмалю здійснюють нагріванням з розбавленою сульфатною кислотою. Висловте припущення, для чого після закінчення гідролізу до розчину добавляють надлишок крейди. Підтвердьте свої міркування хімічним рівнянням.
- 20.** Так званий інвертний сироп утворюється внаслідок кип'ятіння цукрового сиропу з лимонною кислотою. Він значно солодший за цукровий. Висловте припущення щодо хімічного складу інвертного сиропу й запропонуйте спосіб, у який можна хімічно відрізняти його від цукрового. Поясніть, чому інвертний сироп солодший за звичайний.
- 21.** Підготуйте презентацію «Як ми використовуємо вуглеводи».
- 22.** Наведіть приклади амінокислот.
- 23.** Поясніть: а) чому амінокислоти утворюють внутрішні солі; б) як утворення внутрішньої солі впливає на властивості амінокислот; в) як амінокислоти реагують з лугами й кислотами; г) як утворюються пептиди; д) що таке пептидна група та пептидний зв'язок; е) із чого складається поліпептидний ланцюг; ф) де і для чого застосовують амінокислоти.
- 24.** Проаналізуйте структурні формули лізину (1), глутамінової кислоти (2), серину (3), валіну (4) і поясніть, чому: а) у водному розчині 2-аміноетанової кислоти універсальний індикатор не змінює забарвлення, у водному розчині лізину набуває синього кольору, а у водному розчині глутамінової кислоти — червоного; б) серин ліпше розчиняється у воді, ніж валін.



- 25.** Складіть рівняння реакцій: а) гліцину з калій гідроксидом і хлоридною кислотою; б) добування натрій моноглутамату — підсилювача смаку Е 621 — з глутамінової кислоти й натрій гідроксиду, якщо в реакції бере участь лише карбоксильна група, сполучена з тим самим атомом Карбону, що й аміногрупа; в) хімічні рівняння утворення трипептидів, що складаються із залишків лізину, глутаміну й серину. Скільки різних трипептидів може утворитися з трьох різних амінокислот?



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

26. В одноразовий термостійкий пластиковий стакан налийте молоко об'ємом 50 мл, розбавте його вдвічі водою й добавте столовий оцет об'ємом 1 мл (замість оцту можна використати розчин лимонної кислоти або сік цитрини). Трохи нагрійте цю суміш. Опишіть спостереження.
- Запропонуйте спосіб попередньої перевірки молока на вміст речовин, які спричиняють його зсідання.
 - Поясніть, для чого недобросовісні продавці в місцях стихійної торгівлі добавляють у молоко питну соду, антибіотики.
 - Спрогнозуйте наслідки споживання порівняно дешевого молока, яке не пройшло санітарний контроль. Оцініть доцільність покупок у місцях стихійної торгівлі.
27. Приготуйте два одинакові клаптики накрохмаленої сухої марлі завбільшки з долоню, блюдце з розбавленим розчином йоду, склянку з водою, ватні палички. Добре змочіть сличою вату на одній з паличок і посередині клаптика накрохмаленої марлі напишіть літеру. Затисніть марлю між долонями й тримайте так 2–3 хв, а потім змочіть розчином йоду. Спостерігайте, як забарвлюється клаптик марлі. Повторіть ці дії, але замість сличини змочіть вату на другій паличці водою. Опишіть спостереження, порівняйте й поясніть результати дослідів.
28. Складіть сенкан «Білки».
29. Опишіть у загальному вигляді склад і будову ДНК.
30. Оцініть правильність застосування терміну «полінуклеотиди» стосовно нуклеїнових кислот. Обґрунтуйте свою думку.
31. Порівняйте склад і будову ДНК й РНК.
32. Обґрунтуйте роль нуклеїнових кислот в організмі.
33. Поясніть, яке значення мають нуклеїнові кислоти для організмів, розвитку науки й технологій.
34. Наведіть приклади етичних проблем, які виникають у зв'язку з дослідженнями нуклеїнових кислот.
35. «ДНК та РНК надихають митців». Доберіть ілюстрації на підтвердження цієї тези й створіть віртуальну виставку творів.
36. Дізнайтесься, використавши різноманітні джерела інформації, про новітні матеріали й технології, пов'язані з нуклеїновими кислотами. За результатами досліджень підготуйте презентацію.
37. Поясніть, чому вітаміни й ферменти відносяться до біологічно активних речовин.
38. Наведіть приклади найважливіших вітамінів і схарактеризуйте їхню біологічну активність.
39. Поясніть, де і для чого використовують ферменти.
40. У яблуках і бананах є антиоксиданти (поліфенололі) і фермент поліфенолоксидаза, функція якого полягає в окисненні поліфенолів. Для того щоб ці дві речовини почали взаємодіяти, потрібен кисень — саме тому неушкоджене яблуко не темніє. Щоби шматочки яблук і бананів не темніли, їх кладуть у воду або збрізкують лимонним соком. Поясніть з погляду хімії, чому ці засоби є ефективними.
41. Поясніть, чому ферменти інактивуються внаслідок нагрівання.
42. Порівняйте хімічні та біохімічні каталізатори (ферменти).
43. Ярина стверджувала, що насправді корисними є вітаміни, що надходять в організм з природною їжею. Назар заперечував: вітаміни, добуті за допомогою хімічного синтезу, нічим не відрізняються від природних. А як вважаєте ви? Аргументуйте свою думку.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

44. Проаналізуйте інформацію, оцініть її достовірність і практичне значення: «2014 року Рада медичних досліджень Великобританії повідомила про створення ферментів зі штучного генетичного матеріалу, який також було виготовлено в лабораторних умовах. Синтетичні ферменти функціонують так само, як і природні. Це дає ключ до розуміння процесів зі створення будівельних блоків життя й нові перспективи для виготовлення лікарських засобів».
45. Сплануйте та проведіть досліди, які доводять, що в слині є ферменти. Опишіть і поясніть результати вашого дослідження.
46. Доведіть, що пральні засоби з ензимами доцільно використовувати для прання за температури 30–40 °C, а не 80–90.
47. Приготуйте, використавши аптечну настоянку йоду, його водно-спиртовий розчин (він має бути кольору міцного чаю). Долийте до нього рідкий крохмальний клейстер до утворення синього забарвлення. Витисніть трохи соку з різних цитрусових, також підготуйте зразки пакетованих соків. Кожен зразок соку вдвічі розбавте дистильованою водою. До підготовленого зразка соку доливайте по краплям йодований розчин крохмального клейстера. Спостерігайте за зміною забарвлення протягом однієї хвилини. Якщо в соку багато аскорбінової кислоти, йодокрохмальний клейстер має знебарвітися. Порівняйте вміст аскорбінової кислоти в дослідженіх зразках. Зробіть висновок.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1. Виявлення органічних кислот у харчових продуктах

Завдання. Використайте універсальний індикаторний папір, природні індикатори (буряковий сік, чайну заварку, сік червонокачанної капусти тощо) для виявлення органічних кислот у харчових продуктах. Сплануйте експеримент, виконайте його, опишіть свої спостереження й зробіть висновок.

Практична робота 2. Розпізнавання органічних сполук

Завдання. Доберіть реактиви й розпізнайте: а) крохмальний клейстер та яєчний білок; б) розчини глюкози й сахарози; в) розчини глюкози й гліцеролу; г) крохмальний клейстер і гліцерол; д) яєчний білок і гліцерол.

Сплануйте експеримент, виконайте його, опишіть свої спостереження й зробіть висновок.

ЛЮДИНА



Д. 3. РЕЧОВИНА Й ЕНЕРГІЯ

Що б ми не робили — бігали, спали або читали, — ми безперервно витрачаемо енергію. Скорочення м'язів серця, робота нирок, проведення нервового імпульсу — усе це потребує безперервних енергетичних витрат. Звідки ж черпає енергію наш організм? У яких акумуляторах зберігає її? Якими провідниками передає? Які трансформатори допомагають їй перетворюватися з одного виду на інший? Як відбувається обмін речовиною й енергією між нашим організмом і зовнішнім середовищем? А в середині організму?

ВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати джерела речовин і енергії; системи й органи, що беруть участь в обміні речовини й енергії, структури клітин, які забезпечують процеси метаболізму; етапи метаболізму; фізико-хімічні процеси, що лежать в основі обміну та транспортування речовин у клітині; закони термодинаміки.

Характеризувати особливості енергетичного обміну клітин; роль АТФ у забезпеченні процесів метаболізму.

Пояснювати хімічні процеси в організмі людини; механізми транспортування речовин крізь мембрани; роль певних хімічних елементів, речовин у метаболізмі; прояв законів термодинаміки в метаболізмі.

Аналізувати хімічний та енергетичний результат етапів розщеплення органічних сполук (підготувочного, безкисневого, кисневого).

Оцінювати енергетичні потреби організму людини.

БІОЕНЕРГЕТИКА ЛЮДИНИ

Коли ви збираєтесь в подорож, то плануєте, скільки часу займуть ті або інші переміщення й подїї, скільки грошей знадобиться, скільки та яких речей доцільно взяти тощо. А прокинувшися зранку, чи замислюєтесь ви, скільки енергії витратить ваш організм і як її поповнити? На які види роботи витрачаються енергетичні запаси нашого організму? Як ощадніше використовувати ресурси свого організму, щоб їх вистачило на якомога довшу подорож — життя?

Аби відповісти на ці запитання, ще раз звернімося до найважливіших законів, які описують енергетичні перетворення. І застосуймо їх до особливостей енергообміну саме нашого організму.

Тож перше запитання: що є головним джерелом енергії для нашого організму? Це легко, скажете ви. Ми їмо, п'ємо воду, дихаємо. Поживні речовини, вода й кисень і є джерелами нашої енергії. Так то воно так. Але головним джерелом є сонячна енергія. Сонячна енергія забезпечує всі енергії, необхідні для двох типів організмів, які населяють нашу планету, — автотрофів (фотосинтезувальних) і гетеротрофів. Фотосинтезувальні автотрофи (рослини) здатні використовувати сонячну енергію для окиснення води H_2O й генерування хімічної енергії, яку вони використовують для свого життезабезпечення в денний час, і для перетворення атмосферного вуглекислого газу CO_2 на вуглеводи (глюкозу $C_6H_{12}O_6$) у нічний час, що є однією з форм зберігання енергії. А ось ми з вами (гетеротрофи) якраз і використовуємо енергію вуглеводів, споживши рослинну їжу.

Перетворення енергії, яке відбувається в процесі обміну речовинами в організмі, є предметом *біоенергетики*. Ці перетворення здійснюються у повній відповідності з першим і другим законами термодинаміки. Однак організм має низку відмінних специфічних особливостей порівняно із системами, які є об'єктами вивчення в технічній і хімічній термодинаміці. Розгляньмо ці особливості.



Закони термодинаміки мають універсальний характер і стосуються сукупності тіл, що утворюють систему, які можуть обмінюватися між собою та з іншими тілами зовнішнього середовища енергією та речовиною. У біології ці закони розглядаються на прикладі відкритих систем.

Перший закон термодинаміки установлює кількісні співвідношення між кількістю тепла, роботою й зміною внутрішньої енергії термодинамічної системи, але не визначає напрямок термодинамічних процесів.

Загальне визначення	У біології
Тепло, яке підводиться до системи Q , може витрачатися на збільшення внутрішньої енергії (інтенсивності руху молекул або атомів) системи U і виконання нею роботи.	Застосування першого закону термодинаміки до живих систем полягає в тому, що енергія, яка надходить в організми з їжею, розподіляється в процесі споживання на дві частини: <ul style="list-style-type: none">■ виділяється в середовище у вигляді тепла та енергії, що міститься в продуктах життєдіяльності;■ відкладається в клітинному матеріалі. Сума цих двох частин дорівнює внутрішній енергії їжі, що надходить до організму.



У народній мудрості своєрідним вираженням першого закону термодинаміки можуть служити прислів'я: «під лежачий камінь вода не тече», «без труда нема плода» тощо.

Другий закон термодинаміки відображає фундаментальний закон природи й вказує на найімовірніший напрямок перебігу процесів у термодинамічній системі.

Загальне визначення	У біології
В ізольованій системі енергія самостійно може переходити лише від вищого рівня до нижчого, а не навпаки.	Організм не є ізольованим від зовнішнього середовища, і взаємодіє з ним. Таку систему називають умовно ізольованою. За певних умов така система може досягати стационарного стану, в якому її структура або найважливіші структурні характеристики залишаються постійними, тоді як система здійснює із середовищем обмін речовиною, інформацією або енергією. Цей процес називають гомеостазом.

Другий закон термодинаміки підтверджується в повсякденному житті, у таких, наприклад, приказках, як «прах ти є і в прах обернешся», «усьому є край», «іржа не спить», «світ не без вад», «неможливо скласти розбиті яйце», «що може піти зле, зле і піде», «кожний осел може розбити шопу, але треба теслю, щоб її збудувати».

Людина витрачає енергію на:

- основний обмін (роботу серця і кровопостачання, легенів, нирок, ендокринних залоз; підтримання сталості температури тіла, м'язового тонусу та інших постійних функцій);
- процеси травлення й засвоєння їжі, що залежать від нутрієнтного складу харчових продуктів (найбільших витрат енергії потребують білки, менших — вуглеводи та жири);
- фізичну й розумову діяльність, які залежать від її інтенсивності.

З погляду фізики енергетичні витрати пов'язані з виконанням певної роботи. Ви, звісно, пам'ятаєте, що ці величини тісно пов'язані між собою: енергія — це фізична величина, що характеризує здатність тіла виконати роботу.

Основними видами роботи нашого організму є:

- механічна робота м'язів;
- осмотична робота з перенесенням іонів крізь мембрани клітини для підтримання внутрішньоклітинних і позаклітинних концентрацій солей та молекул органічних речовин;
- електрична робота з перенесенням електричного заряду крізь мембрани клітини;
- хімічна робота у вигляді біосинтезу макромолекул органічних речовин.

Насправді вся енергія, витрачена організмом, зрештою, перетвориться на теплоту. Частина енергії в клітинах йде на виконані ними функції, однак, зрештою, перетворюється на теплоту. Наприклад, енергія, використовувана м'язовими клітинами, витрачається на подолання в'язкості м'язу та інших тканин. В'язке переміщення спричинює тертя, що приводить до утворення тепла. Іншим прикладом є витрата енергії, переданої

крові серцем, що скорочується. Під час переміщення крові по судинах уся енергія перетворюється на тепло внаслідок тертя між шарами крові та між кров'ю і стінками судин.

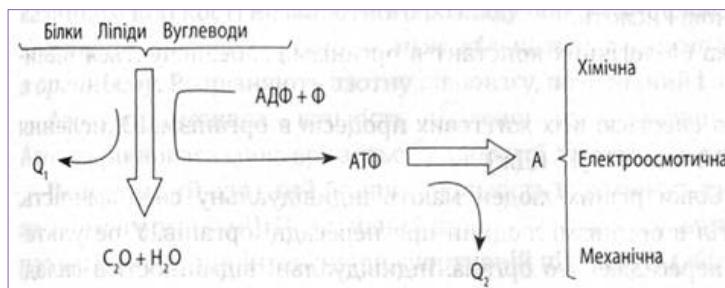
Існує лише єдиний виняток: у разі, коли м'язи виконують роботу над зовнішніми тілами.

Щоб отримати саме ту енергію, яка потрібна нашому організму, відбуваються досить складні фізико-хімічні процеси перетворення речовин й енергії. Спочатку прослідкуємо, як наш організм обмінюється речовинами й енергією (мал. 3.1).



Мал. 3.1. Обмін речовин й енергії

Ми споживаємо їжу різного походження (рослинну, тваринну) з багатоманітним хімічним складом. Молекули тисяч різних речовин їжі — білків, жирів (ліпідів), вуглеводів, нуклеїнових кислот — складаються лише з декількох десятків елементарних «будівельних блоків». Травлення дає змогу звести всю хімічну різноманітність їжі до невеликої кількості основних молекул, які організм може легко використати для отримання енергії й синтезування речовин. Білки розщеплюються на амінокислоти, ліпіди — на жирні кислоти й спирти, складні вуглеводи — на моносахариди. Ці речовини всмоктуються в кров або лімфу, які й переносять їх до клітин. У результаті процесу травлення відбувається не лише розщеплення речовин, а утворення залишків, що виводяться з організму. Ще процес розщеплення їжі супроводжуваний вивільненням невеликої кількості енергії. Вона поширяється тілом у вигляді тепла (Q_1) (мал. 3.2).



Мал. 3.2. Теплові й енергетичні витрати

Усередині клітин відбувається другий етап обміну речовин й енергії — **внутрішньоклітинний**. Під час нього також відбуваються два процеси: **роздаду** — перетворення складних органічних сполук на прості, під час яких енергія виділяється (**дисиміляція, анаболізм**), і **синтезу** — утворення органічних сполук складної будови з органічних сполук простої будови, на що витрачається енергія (**асиміляція, катаболізм**). Ці процеси ще називають **енергетичним і пластичним обмінами**. Такі процеси відбуваються одночасно й взаємопов'язано між собою. У результаті внутрішньоклітинного обміну в організмі людини утворюється найбільша кількість енергії. Частка цієї енергії, яку накопичує організм і використовує для підтримання процесів життедіяльності, а також для забезпечення фізичної активності людини, становить 55 % (A) (див. мал. 3.2). Інша частина енергії вивільняється у вигляді тепла (Q₂) (див. мал. 3.2).

Для забезпечення цих процесів потрібен кисень.

Отже, основні три етапи обміну речовин і перетворення енергії такі:

- 1) надходження речовин та енергії в організм;
- 2) внутрішньоклітинний обмін;
- 3) видалення речовин й енергії з організму.

Обмін речовин умовно можна поділити на **зовнішній обмін**, який включає надходження їжі, води та кисню в організм, виведення неперетравлених залишків їжі й виділення кінцевих продуктів обміну речовин, і **внутрішній**, який охоплює обмін речовин й енергії у клітинах організму (мал. 3.3).



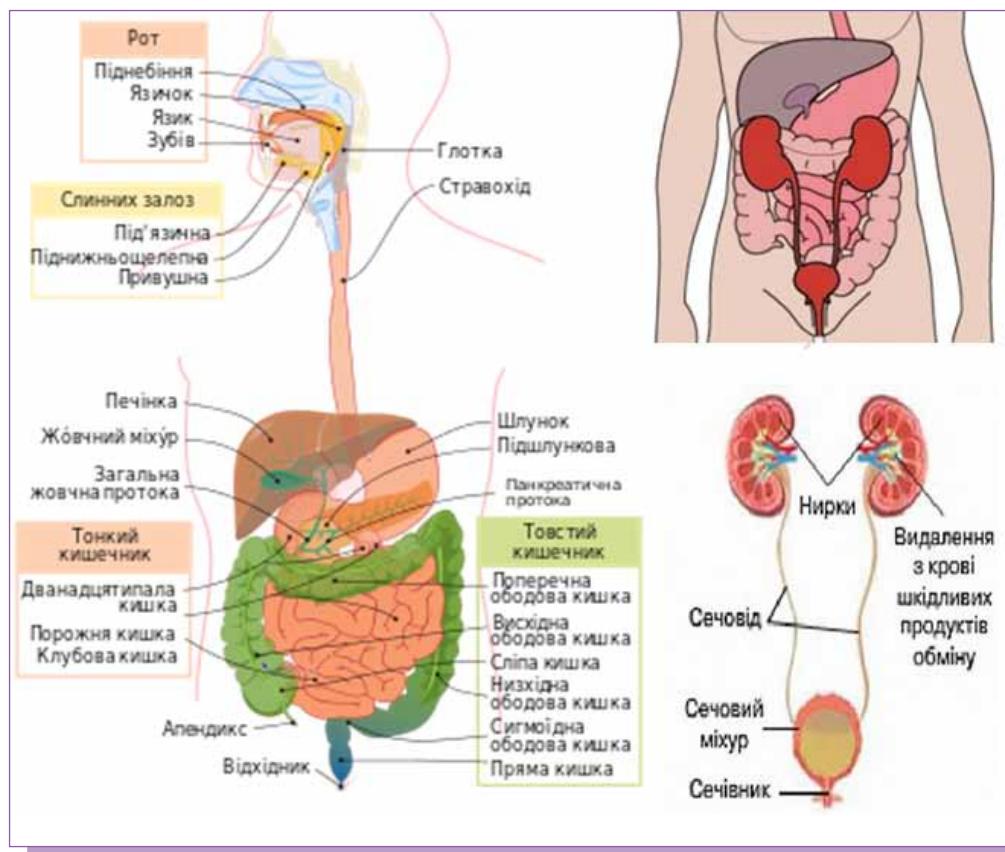
Мал. 3.3. Обмін речовин та енергії в організмі людини

СИСТЕМИ ОРГАНІВ, ЩО БЕРУТЬ УЧАСТЬ В ОБМІНІ РЕЧОВИНІЙ ЄНЕРГІЇ

Пригадаймо будову й функції основних систем, що беруть участь у процесах обміну речовин.

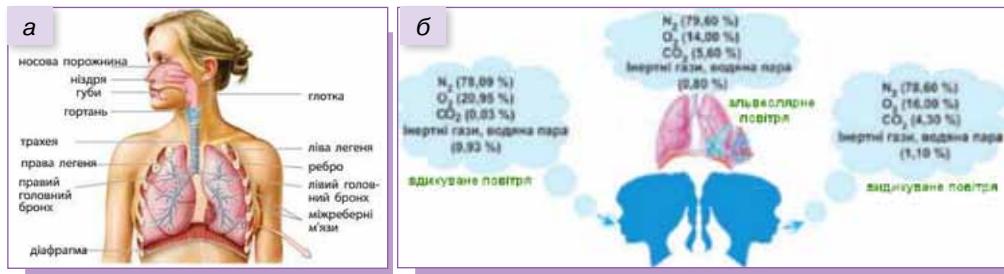
Травна система. Складно влаштована система травлення забезпечує надходження до організму води, електролітів і речовин, необхідних для пластичного й енергетичного обміну. Більшість поживних речовин мають розщеплюватися, аби втратити свою генетичну або імунну специфічність, інакше система імунітету може їх сприйняти як чужорідний об'єкт. Лише після цього продукти розщеплення можуть всмоктуватися й надходити в кровотік. Однак під час розщеплення має зберегтися якомога більше молекул простішої будови, щоб організму не довелося синтезувати всі потрібні йому речовини заново з хімічних елементів. Такими придатними для застосування організмом «цеглинками» є амінокислоти (продукти гідролізу білків), моносахариди (продукти гідролізу полісахаридів), нуклеотиди — фрагменти нуклеїнових кислот. Жири менш імунно антигенні, тому можуть надходити в кровотік майже без змін. Без розщеплення всмоктуються також вітаміни й речовини з відносно невеликими молекулами, неорганічні (мінеральні) солі та вода.

Більше дізнатися про основні складники системи травлення та сечовидільної системи, їхні функції ви зможете самостійно, розглянувши малюнок 3.4 та підписи до нього (зробіть це).



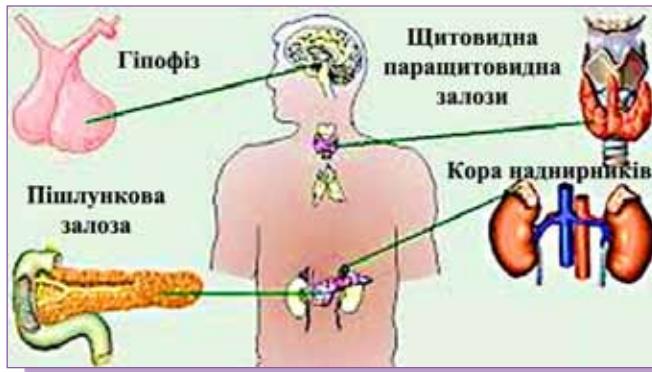
Мал. 3.4. Травна та сечовидільна системи

Дихальна система. Джерелом енергії для підтримання життєдіяльності клітин і організму загалом є окиснення та розпад хімічних сполук. Для процесу окиснення, у результаті якого утворюється вуглеклій газ, необхідне безперервне надходження кисню. Постачання клітинам кисню й виведення вуглекислого газу здійснює кров. Газообмін між повітрям і кров'ю забезпечує дихальна система (мал. 3.5).

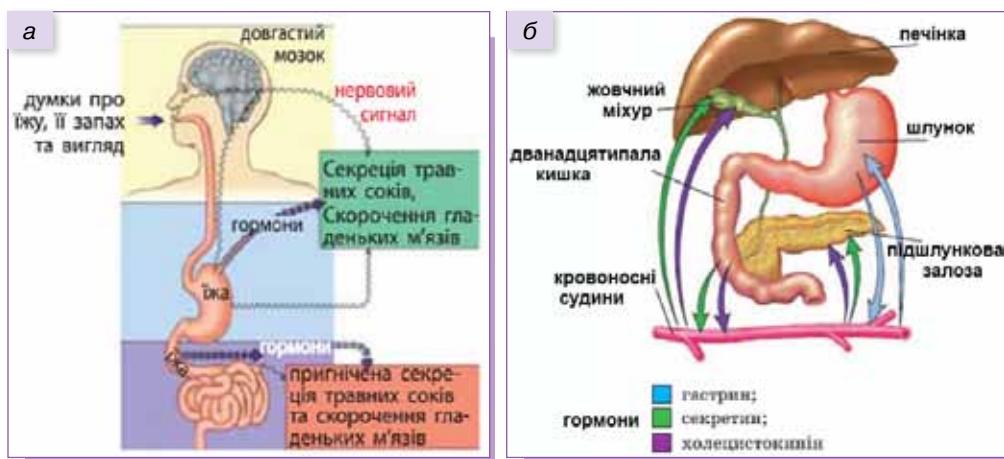


Забезпечують процеси дихання, виділення та взаємодії органів під час перетворень поживних речовин **регуляторні системи**: **нервова** — задіює нервові центри; **гуморальна** — регулює вироблення гормонів і ферментів, які беруть участь у процесах обміну. Безпосередньо в процесах обміну беруть участь такі ендокринні залози організму: гіпофіз, наднирники та власна ендокринна система шлунково-кишкового каналу (слизові оболонки шлунка, дванадцятипалої кишки та підшлункової залози). Більше про це ви дізнаєтесь, проаналізувавши малюнок 3.6 (зробіть це).

Вони безперервно «спостерігають» за потребами органів і тканин. У відповідь на кожний «запит з місця» виділяють у кров хімічні сполуки складної будови — **гормони**. Кровоносними судинами кров транспортує гормони до клітин, що «надіслали запит». Вони проникають крізь клітинні мембрани і, вступивши у взаємодію з носієм спадкової інформації ДНК, стимулюють вироблення відповідних ферментів, які забезпечують синтез необхідних речовин. Після «виконання завдання» гормони розпадаються, продукти розпаду виносять кровотік.



Ви можете пригадати процеси виділення травних соків і вплив гормонів на травлення, розглянувши малюнок 3.7 та проаналізувавши таблицю 3.1.

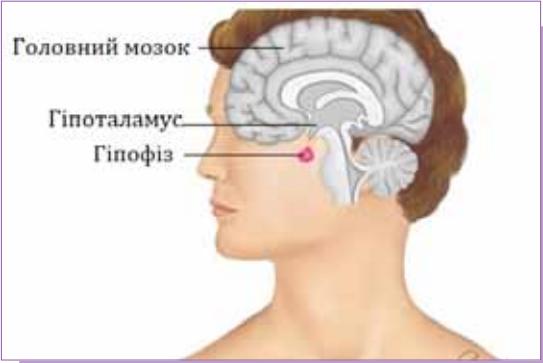


Мал. 3.7: а — регуляція виділення травних соків гормонами травного тракту;
б — виділення гормонів

Таблиця 3.1. Гормони впливу на травлення

Гормон	Подразник	Місце виділення гормону	Ефект дії
Гастрин	Хімічні подразники нервових закінчень стінки шлунка	Залозисті клітини шлунка	У шлунку збільшується виділення шлункового соку
Секретин	Надходження хімусу до дванадцятапалої кишки	Слизова оболонка дванадцятапалої кишки	Гальмування виділення шлункового соку в шлунку. Підшлункова залоза синтезує підшлунковий сік. Активація вироблення жовчі печінкою.
Холецистокінін	Находження хімусу до дванадцятапалої кишки	Слизова оболонка дванадцятапалої кишки	Примушує скорочуватися стінки підшлункової залози. Скорочення стінок жовчного міхура й викидання порції жовчі в дванадцятапалу кишку

Головним «контролером» діяльності всієї ендокринної системи є *гіпоталамус* (мал. 3.8). Будь-яка інформація про роботу ендокринних залоз, про нестачу або надлишок гормонів, що виділяються «на місцях», негайно надходить у вигляді імпульсів-повідомлень у гіпоталамус. У цій залозі у відповідь утворюються хімічні сполуки, які умовно називають рилізинг-факторами. Надійшовши з гіпоталамуса в гіпофіз, ці речовини викликають тут виділення необхідних гормонів.



Мал. 3.8. Гіпоталамус — регулятор усієї ендокринної системи

Уперше Роже Гіймену (нар. 1924, Франція) й Ендрю Віктору Шеллі (нар. 1926, Польща) вдалося на початку 1970-х виділити з тканини гіпоталамуса речовини, які регулювали функцію гіпофіза. За відкриття так званих надгормонів спільно з Розалін Сасмен Ялоу (1921—2011, США), яка розробила радіоімунологічний метод визначення пептидних гормонів, вони були удостоєні в 1977 році Нобелівської премії з фізіології або медицини.



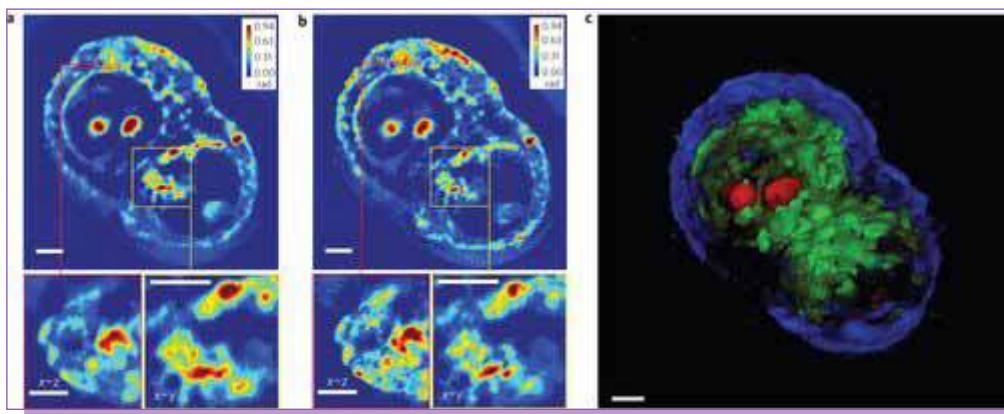
Мал. 3.9: а — Роже Гіймен; б — Ендрю Віктор Шеллі; в — Розалін Сасмен Ялоу

Імунна регуляція здійснюється за участю апендикса, лімфатичних вузликів стінок травного каналу й самих секретів сlinи, шлункового соку, жовчі, кишкового соку.

УСЕРЕДИНІ КЛІТИНИ

Питання енергозабезпечення нашого організму давно цікавили вчених. Наприкінці XVIII століття Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794, Франція) уперше висловив припущення, що організм людини поглинає кисень і «спалює» їжу, яка перетворюється на вуглекислий газ і воду. Тож у якому вигляді зберігається енергія їжі? Ця проблема залишалася не розв’язаною до 1930 року, коли Володимир Олександрович Енгельгардт (1894–1984, Росія) відкрив, що енергія, яка виділяється під час «згорання» їжі, накопичується в хімічних зв’язках молекули АТФ — аденоzinтриоортофосфатної кислоти. Щоб усвідомити значення цієї реакції, спробуймо віднайти її місце в загальній картині енергетичного обміну організму.

За часів Чарльза Дарвіна вважали, що клітина — це просто мішечок з розчином певних речовин і простих компонент, що вільно плавають у ньому. Такою її спостерігали крізь окуляри тодішніх мікроскопів (тому в перших гіпотезах еволюції припускали, що такий нескладний об'єкт міг спонтанно виникнути в «первинному бульйоні» внаслідок невеликих послідовних змін). Сьогодні клітину за складністю структури й процесів, що відбуваються в ній, можна без перебільшення порівняти з мегаполісом. А як багато чого про неї ми ще не знаємо й не розуміємо!



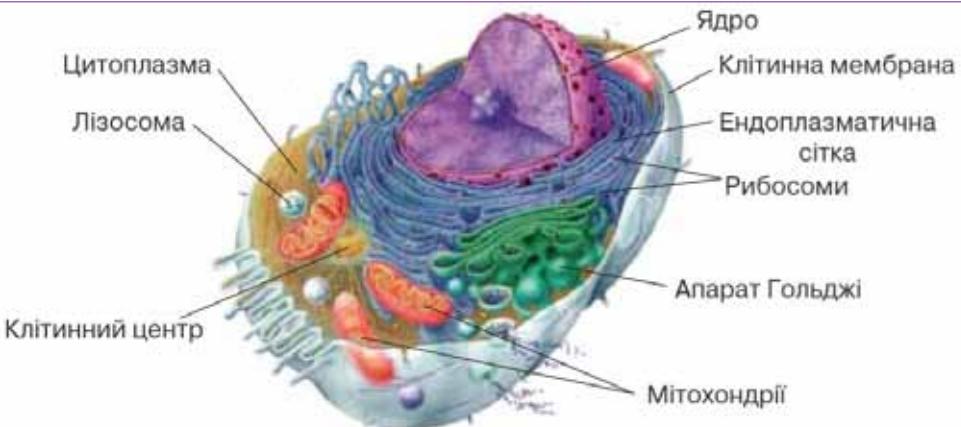
Мал. 3.10. Дифракційна томографія білого світла є новою томографічною методикою візуалізації немаркованих живих клітин. Це один з нових методів мікрозіомки, проведення якої не потребує використання флуоресцентних барвників або інших хімічних сполук. Він ґрунтуються на дифракції білого світла (White-light Diffraction Tomography, WDT). Його реалізують за допомогою звичайного мікроскопа, спеціалізованої приставки до нього та джерела білого світла

З уdosконаленням технологій (мал. 3.10) розуміння внутрішнього світу клітини зросло вибухоподібно. Цей напрочуд улаштований мікросвіт містить: досконалі системи зберігання, зчитування й копіювання (з корекцією помилок) величезних об'ємів генетичної інформації; фабрики синтезу білкових ланцюжків і надання їм правильної тривимірної форми; транспортні мережі для переміщення необхідних речовин і компонентів; справжні комунікаційні мережі для внутрішньоклітинного й міжклітинного інформаційного обміну; перетворювачі енергії; різні двигуни; транспортні канали всередину й назовні клітини (що діють як помпи); різні регуляторні механізми й безліч інших витончених наносистем...

Не можна зрозуміти, як улаштований організм людини та як він «працює», не розібравшись у тому, як відбувається обмін речовин у клітині. Тому ми докладніше розглянемо лише ті особливості й функції клітини, які пов'язані з обміном речовин й енергії. Про обмін інформацією та інші процеси на клітинному рівні поговорімо згодом.

Еукаріотична клітина (до цього виду належить і людська) складається із зовнішньої клітинної мембрани, цитоплазми з органелами та ядра з ядерцем (мал. 3.11).

Пригадайте, за якими ознаками клітини поділяють на прокаріотичні та аукаріотичні.



Мал. 3.11. Будова клітини

Ззовні клітина оточена оболонкою — *мемраною*, побудованою з ліпідів і білків, яка захищає клітину, є вибрково проникною, регулює надходження речовин й обмін із зовнішнім середовищем, підтримує певну форму клітини.

Внутрішній уміст клітини представлений *цитоплазмою*, яка складається із цитозолю (напіврідка частина цитоплазми, що забезпечує з'язок між усіма складовими клітини), цитоскелета (комплекс мікротрубочок і мікрониток), *органел*, *уключень*. Органели — обов'язкові компоненти клітин, вони мають специфічну структуру та виконують життєво необхідні функції; а включення є тимчасовими структурами, що виконують трофічну функцію (наприклад, запасні поживні речовини — крохмаль, глікоген, білки; продукти виділення).

Ендоплазматична сітка (ЕПС) пронизує цитоплазму й забезпечує сполучення між частинами клітини й транспортування речовин. Розрізняють гладку і гранулярну ЕПС. На гранулярній ЕПС розташовані *рибосоми* — це дрібні тільця, на яких відбувається синтез білка в клітині. Гладка ЕПС бере участь у захисті клітини від токсичних речовин.

Апарат Гольджі забезпечує пакування й транспортування синтезованих речовин із клітини. З його структур утворюються *лізосоми* — кулясті тільця, що містять *ферменти*, які розщеплюють поживні речовини, що надходять у клітину, і забезпечують внутрішньоклітинне перетравлювання.

Мітохондрії — це напівавтономні мембрани структури довгастої форми. Їхня кількість у клітинах є різною й збільшується в результаті поділу. У процесі дихання в них відбувається остаточне окиснення речовин киснем повітря. При цьому виділену енергію запасають *молекули АТФ*, синтез яких відбувається в цих структурах, тому їх називають енергетичними станціями клітини.

Клітинний центр бере участь у процесі поділу клітини. Він складається з двох центролей і центросфери. Під час поділу вони утворюють нитки веретена поділу й забезпечують рівномірний розподіл хромосом у клітині.

Ядро — це центр регуляції життєдіяльності клітини. *Ядерця* — темні округлі утворення, де утворюються й скупчуються рибосоми. *Молекули ДНК* в ядрі мають вигляд тонких ниток *хроматину*. Перед поділом ДНК спіралізується, утворює комплекси з білком і перетворюється на *хромосоми* (спіралізовані молекули ДНК, сполучені з білками). До основних функцій ядра належать: збереження та відтворення генетичної інформації; регуляція процесів обміну речовин у клітині для забезпечення її нормальної життєдіяльності.

Кожна жива клітина має постійно добувати *енергію*. Енергія потрібна їй, аби виробляти тепло й синтезувати (створювати) деякі життєво необхідні їй хімічні речовини, наприклад білки. Енергія потрібна клітині й щоб рухатися — скорочуватись. Це і приводить у рух наші руки, ноги, серце, кишечник. Нарешті, енергія потрібна, аби виробляти електричний струм: завдяки чому одні частини тіла «спілкуються» з іншими.

ІДУТЬ РІЗНИМИ ШЛЯХАМИ, А РЕЗУЛЬТАТ ОДИН

Саме внутрішньоклітинний обмін речовин розгляньмо докладніше. Його ще називають *метаболізмом* (від грец. μεταβολίσμο— зміна). В організмі людини безперервно відбуваються водний, сольовий, білковий, живорівий і вуглеводний обміни. Відбуваються сотні й тисячі різних хімічних реакцій, проте можна прослідкувати й описати центральні метаболічні шляхи, які, до речі, мають єдину природу для всіх істот.



Принцип «біохімічної єдності» — одна з небагатьох догм, яку визнають у наш час. Згідно із цим принципом, усі істоти на Землі подібні біохімічно.

Наприклад, у всіх них однакові «будівельні блоки» для синтезу клітини, АТФ є універсальним носієм біологічної енергії. Вони схожі універсальністю генетичного коду та плазматичної мембрани, єдністю способів перетворення цукрів, природою дихального ланцюга. Майже ідентичні в усіх істот і центральні метаболічні шляхи. Є лише декілька груп бактерій, у яких основні схеми метаболізму так чи інакше модифіковані, — переважають якісь певні шляхи, а інші є скороченими або якось зміненими. Усі варіанти обміну речовин у мікроорганізмів можна звести до загальної схеми. Метаболічні шляхи формувалися, вочевидь, у процесі еволюції, і можна вважати, що типовий для аеробних організмів біохімічний апарат виник відносно пізно, коли в повітрі з'явився кисень. У наш час важко з'ясувати, що являють собою скорочені метаболічні шляхи в деяких бактерій — примітивні особливості чи результат деградації.

Головним джерелом енергії є *вуглеводи*, оскільки процес їхнього окиснення найшвидший порівняно з іншими «паливними» молекулами. Друге місце посідають *ліпіди*, які містять значно більший запас енергії, ніж вуглеводи, однак вивільнення цієї енергії можливе лише тоді, коли в клітині активовано процеси катаболізму, зокрема й вуглеводів. Тож справедливим є таке твердження: «ліпіди згорають у полум'ї вуглеводів». Саме тому швидкість катаболізму ліпідів менша. Білки підключаються до про-

цесів продукування енергії останніми їй стають активними постачальниками енергії в разі дефіциту вуглеводів і ліпідів. Використання значної кількості білків (понад 20 %) для продукування енергії може привести до розвитку патологічних станів (про це ми згадаємо, коли розглядатимемо дієти, зокрема білкову).

Вивільнення енергії вуглеводів, ліпідів і білків відбувається під час їхнього *катаболізму* (від. грец. καταβολη — скидання, руйнування), у якому виокремлюють три етапи.

Перший етап, як ми вже зазначали, відбувається ще в травному тракті, а на клітинному рівні — у лізосомах. Цей процес відбувається за участі води й під дією травних ферментів:

- білки + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ амінокислоти + Q;
- вуглеводи + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ моносахариди + Q;
- ліпіди + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ гліцерил + жирні кислоти + Q.

Уся енергія (Q), що виділяється, розсіюється у вигляді тепла.

На *другому етапі* структурні компоненти, що утворилися (амінокислоти, моносахариди, жирні кислоти, гліцерол), поступово розщеплюються до спільногоключового метаболіту для всіх видів обміну — ацетил-КоА — активної форми етанової (оцтової) кислоти.

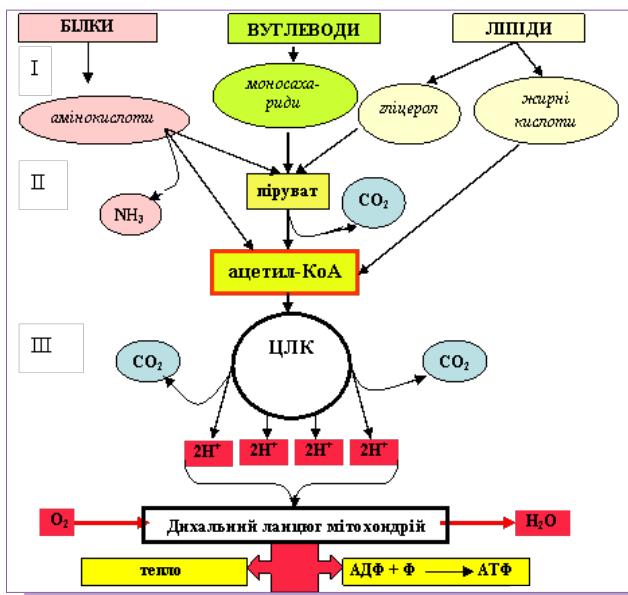
Реакції, що ведуть до утворення піровиноградної кислоти (ПВК, або піруват), відбуваються в цитозолі, а перетворення самого пірувату на ацетил-КоА — у мітохондріях. До процесів катаболізу цієї стадії належать (мал. 3.12):

- для *моносахаридів* (основним є глюкоза) — це реакції гліколізу до пірувату й далі до ацетил-КоА;
- для *амінокислот* — це реакції дезамінування, деякі з них супроводжує утворення пірувату, а потім ацетил-КоА; в інших — одразу утворюється ацетил-КоА;
- для *жирних кислот* — реакції β -окиснення, кінцевим продуктом яких є ацетил-КоА;
- для гліцеролу — реакції розщеплення з утворенням пірувату й ацетил-КоА.

Другий етап супроводжується незначним виділенням енергії.

Третій етап відбувається за участі кисню (аеробний етап). На цій стадії відбувається окиснення ацетил-КоА до кінцевих продуктів — води H_2O та вуглекислого газу CO_2 , які виводяться з організму. Для амінокислот додатковим продуктом розщеплення є сечовина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Третій етап відбувається в мітохондріях і складається з таких процесів: ЦЛК (цикл лимонної кислоти, або цикл Кребса) та функціонування електротранспортного мітохондріального ланцюга (дихальний ланцюг мітохондрій), робота якого пов'язана з окисним фосфорилюванням — основним процесом синтезу АТФ (скорочено від аденоzinтрифосфату) у клітинах. Це молекула, що складається з трьох компонентів: рибози (вуглевод, що формує основу ДНК), аденину (азотиста основа), триортофосфату (залишки ортофосфатної кислоти).



Мал. 3.12. Катаболізм

Саме аеробний етап енергетичного обміну відіграє основну роль у забезпеченні клітин енергією. Енергія, що виділяється під час цього етапу, акумулюється у вигляді макроергічних зв'язків синтезованих молекул АТФ.

Перша і друга стадії належать до специфічних шляхів катаболізму — розпад паливних молекул до ацетил-КоА відбувається власними шляхами, які для білків, вуглеводів і ліпідів не збігаються, тобто є *специфічними*. Третя стадія — загальні шляхи катаболізму, оскільки відбувається подальший розпад ацетильного залишку — загального проміжного метаболіту — до кінцевих продуктів. Тобто загальні шляхи катаболізму — це ЦЛК та окисне фосфорилювання.



Що криється за словами: «...відбувається окиснення ацетил-КоА до кінцевих продуктів H₂O та CO₂? Які фізико-хімічні процеси відбуваються під час цього? Ви можете докладніше про це дізнатися самостійно. В інтернеті достатньо відеоматеріалів з науковим поясненням.

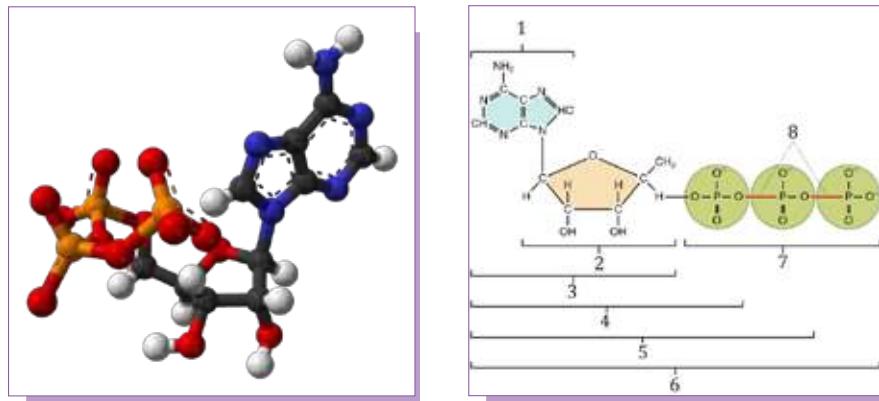
Цикл Кребса <https://www.youtube.com/watch?v=F6vQKrRjQcQ>

Якщо уважно подивитися на схему (мал. 3.12), то видно, що в результаті циклу лимонної кислоти утворюються іони Гідрогену. А це означає, що під час цього вивільнюються електрони. Звільнившись від протона за допомогою спеціального біокatalізатора — ферменту флавопротеїдів, електрон потрапляє на інший фермент — цитохром В, потім на цитохром С, на цитохром А і, нарешті, на атом Оксигену. Прийнявши два електрони, атом Оксигену набуває від'ємного заряду, приєднүє два протони й утворює молекулу води. Так відбувається акт клітинного дихання — споживання кисню, який надходить у наш організм із повітрям через легені, а кров переносить його до клітин тканин.

Центральна проблема наступного процесу — окисного фосфорилювання — це питання про те, як саме енергія, що вивільняється під час «мандрівки» електрона, накопичується в хімічних зв'язках молекули АТФ.

ПРО АТФ ДОКЛАДНІШЕ

Аденозинтрифосфатна кислота — нуклеотид, що складається з трьох частин — залишків аденину, рибози (моносахариду з п'ятьма атомами Карбону в молекулі) та трьох залишків ортофосфатної кислоти (мал. 3.13).



Мал. 3.13. Склад і будова аденоzинтриоrтофосфатної кислоти:

а — кулестержева модель молекули АТФ; б — складники: 1. Аденін.

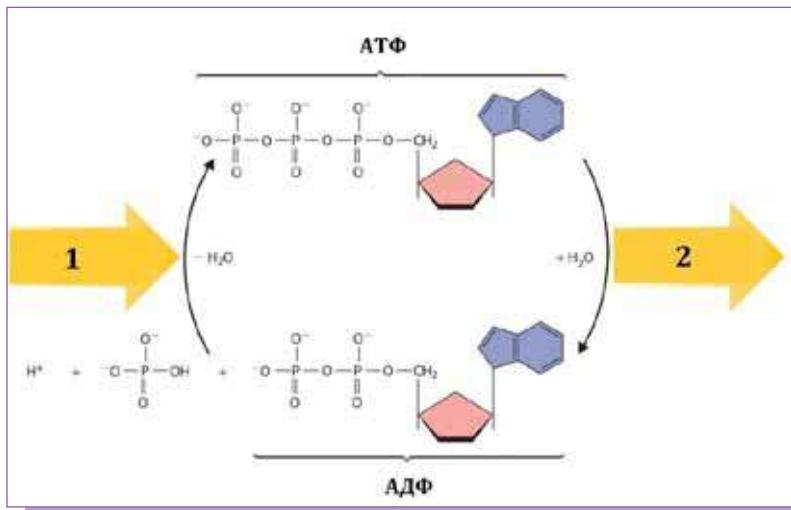
2. Рибоза. 3. Аденозин. 4. Аденозинмоrтофосфатна кислота (АМФ).

5. Аденозиндиоrтофосфатна кислота (АДФ). 6. Аденозинтриоrтофосфатна кислота (АТФ). 7. Залишки ортофосфатної кислоти. 8. Високоенергетичні зв'язки

До 1929 року, коли було виявлено АТФ, по всьому світові йшли інтенсивні пошуки невловимого внутрішньоклітинного джерела енергії. Майже одночасно Карл Ломан (1898–1978, Німеччина) і лауреат Нобелівської премії 1922 року Отто Мейергоф (1884–1951, Німеччина, США) з Інституту медичних досліджень Кайзера Вільгельма в Гейдельберзі, з одного боку, і Сайрус Фіск (1890–1978, США) разом зі своїм аспірантом Йеллапрагадой Субба Роя (1895–1948, Індія, США) з Гарвардської медичної школи — з іншого, показали, що на внутрішньоклітинні процеси, які забезпечують скорочення м'язових клітин, упливає молекула, що складається з аденоzину й трьох ортофосфатних груп. У 1935 році Катасі Макіно (1907–1990) з Даляньскої лікарні в Маньчжурії запропонував структуру молекули, правильність якої через десять років підтвердили Безил Літго (1913–2009, Велика Британія) й Александр Тодд (1907–1997, Велика Британія) з хімічної лабораторії Кембриджського університету. У 1941 році Фріц Ліпман (1899–1986, Німеччина, США) показав, що АТФ є основним переносником енергії в клітині.

Звідки в ній стільки енергії? АТФ утворюється з АДФ й неорганічного фосфату за рахунок енергії, що виділяється під час окиснення речовин, які надходять з їжею, переважно в мітохондріях, а також унаслідок інших реакцій фосфорилювання АДФ — приєднання до її молекули ортофосфатного залишку. АТФ є головною з'єднувальною ланкою між клітинними реакціями, що відбуваються з виділенням і використанням енергії.

Ортофосфатні залишки з'єднані між собою високоенергетичними зв'язками, які легко руйнуються під час гідролізу, унаслідок цього вільняється велика кількість енергії, а АТФ перетворюється на АДФ (мал. 3.14).



Мал. 3.14. Утворення й гідроліз АТФ: 1 — енергія, що виділяється під час окиснення поживних речовин; 2 — енергія, що виділяється під час гідролізу АТФ

Частина вивільненої енергії (близько 40 кДж/моль) бере участь в анаболізмі (асиміляції, пластичному обміні), частина — розсіюється у вигляді тепла для підтримання температури тіла. Під час подальшого гідролізу від АДФ відщеплюється ще одна ортофосфатна група з вивільненням енергії й утворенням АМФ, яка не зазнає гідролізу. Синтез і розпад АТФ у клітині відбувається постійно, бо ця високоенергетична молекула «живе» менше хвилини. За добу кожна молекула АТФ розпадається й синтезується знову дві-три тисячі разів. Отже, АТФ працює, як молекулярна батарея: зберігає енергію, коли вона не потрібна, і вивільняє її за потреби.

Енергія, що виділяється внаслідок гідролізу АТФ, забезпечує в організмі виконання механічної, електричної, хімічної, осмотичної роботи, активне транспортування іонів, точне передавання генетичної інформації тощо.

Основними джерелами енергії в клітині здебільшого є вуглеводи й жири. Окиснення двох молекул пірувату, що утворилися внаслідок безкисневого розщеплення глюкози до вуглекислого газу CO_2 й води H_2O (у циклі Кребса та наступного окисного фосфорилювання), супроводжується виділенням такої кількості енергії, яка забезпечує синтез 36 молекул АТФ.

«Калорійна цінність» макроергічних зв’язків АТФ дорівнює 37,8 кДж.

Використання АТФ залежить від енергетичних потреб клітин. Наприклад, у стані спокою в людини розпадається АТФ масою 28 г за хвилину, а під час фізичного навантаження затрата АТФ досягає 500 г за хвилину.

Аденозинтриофтосфатна кислота справляє анаболічний ефект, посилює мозковий і коронарний кровообіг, виявляє судинорозширювальну та нейромодулювальну активність. Її переважно застосовують у комплексній терапії м’язової дистрофії та атрофії, спазмах периферичних судин, а також за хронічної коронарної недостатності та міокардіодистрофії, паркінсонізму, центральних, периферичних і змішаних формах спадкової

пігментної дегенерації сітківки. Також АТФ використовують у спортивному харчуванні, зокрема в бодібілдингу. Іноді цю сполуку застосовують для стимулювання пологової діяльності.

У КОЖНОГО СВІЙ ШЛЯХ І СВОЄ ПРИЗНАЧЕННЯ

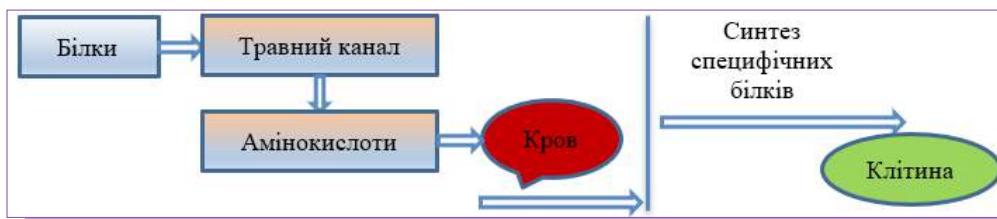
Основними поживними речовинами, що беруть участь в обміні речовин, є білки, жири й вуглеводи. Так, при розщепленні білків або вуглеводів масою 1 г виробляється близько 17,2 кДж енергії, а при переробці жирів масою 1 г кількість енергії, що надходить, подвоюється.

Неабияку роль в обміні речовин відіграє обмін води й мінеральних солей.

Обмін білків. Білки їжі організм використовує переважно як пластичний матеріал для побудови живої речовини, чим забезпечує свій ріст, а також для синтезу ферментів, гормонів та інших речовин, необхідних для його життедіяльності.

Білки, спожиті з їжею, в органах травлення розщеплюються на амінокислоти та відпрацьовані продукти (токсини), які накопичуються й виводяться з організму.

Амінокислоти всмоктуються в кров, яка розносить їх по всіх органах і тканинах, де з них під дією ферментів синтезуються нові білки, властиві людському організму (мал. 3.15).



Мал. 3.15. Перетворення білків

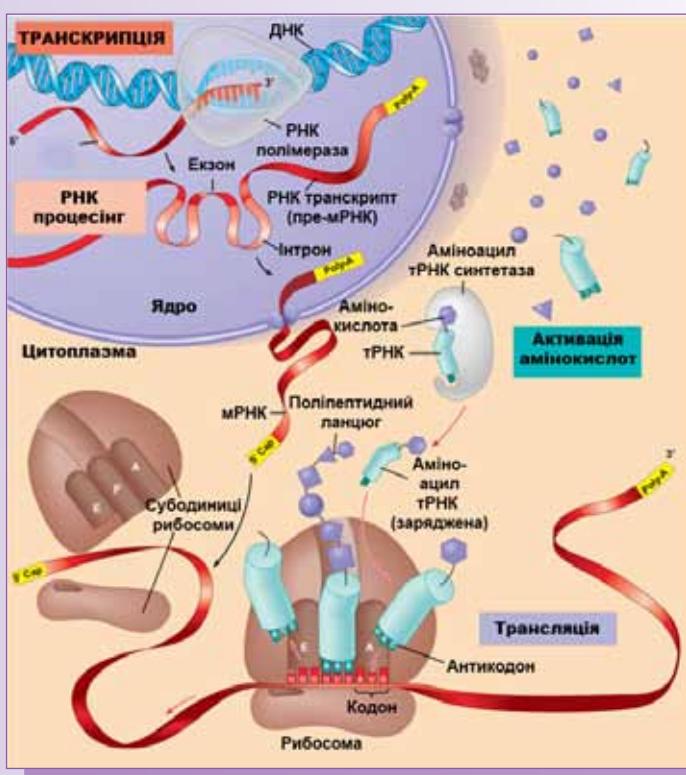
У кожному органі й тканині синтезуються специфічні білки, тобто різні в різних органах і тканинах. Особливо великий синтез білків у періоді росту — у дитячому та юнацькому віці. Під старість синтез білків зменшується.



Синтез білка — це багатоступінчастий ферментативний процес, який здійснюється в клітинах і забезпечує постійне оновлення білків органів і тканин. Біосинтез білка відбувається в чотири етапи (мал. 3.16):

I етап. Транскрипція — передавання інформації про структуру білка з молекули ДНК (дезоксирибонуклеїнової кислоти) на іРНК (інформаційної РНК). Ділянка ДНК є матрицею для відповідної іРНК. Синтезовані молекули іРНК переходят з ядра в цитоплазму, а ДНК відновлює свою структуру.

II етап. Активування амінокислот. Цей процес відбувається в цитоплазмі. Активовані молекули амінокислот з'єднуються з відповідними молекулами транспортних РНК. У молекулі тРНК є дві ділянки: акцепторна, до якої прикріплюється відповідна амінокислота, та ділянка, що містить антикодон — триплет нуклеотидів, який комплементарний кодону іРНК цієї амінокислоти. Активовані амінокислоти, сполучені з тРНК (транспортною РНК), надходять до рибосом.



Мал. 3.16. Схема біосинтезу білка

III етап. Трансляція — синтез поліпептидних ланцюгів. Вона відбувається так: молекула iРНК рухається між двома субодиницями рибосом, і до неї послідовно приєднуються молекули тРНК з амінокислотами. При цьому за принципом комплементарності кодони iРНК вступають у зв'язок з антикодонами тРНК. Процес синтезу молекули білка потребує великих витрат енергії. На сполучення кожної амінокислоти з тРНК витрачається енергія двох молекул АТФ. Okрім того, енергія ще двох молекул АТФ потрібна для пересування рибосоми по iРНК. Синтез одного білка триває від 20 до 560 секунд.

IV етап. Утворення вторинної та третинної структур білкової молекули. Цей етап здійснюється в цитоплазмі — відбувається скручування, згортання поліпептидного ланцюга. Потім до нього приєднуються молекули різних органічних речовин — вуглеводи, жирні кислоти тощо. Цей процес відбувається в ЕПС (ендоплазматична сітка) та комплексі Гольджі.

Для синтезу білка необхідні: 1) енергія (у вигляді АТФ у мітохондріях); 2) відповідні ферменти; 3) інформація про структуру білка (у ДНК, а потім в iРНК); 4) амінокислоти й відповідні їм тРНК; 5) рибосоми.

Синтез білків у клітині відбувається в інтерфазі — періоді між її поділом.

На відміну від жирів і вуглеводів білки не відкладаються в організмі про запас. Амінокислоти, не використані для синтезу білка, розпадаються зі звільненням енергії. При цьому від амінокислоти в печінці відщеплюється аміногрупа NH_2 (дезамінування), з якої утворюється амоніак NH_3 .

Він перетворюється на сечовину $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, яку організм виводить у складі сечі й поту. Безнітрогеновий залишок амінокислоти перетворюється на глюкозу.

Білки їжі не можна замінити жодними іншими поживними речовинами, бо синтез білків в організмі можливий лише з амінокислот.

Кінцевими продуктами розпаду білків є сечовина, гіпурова кислота, креатинін, холін та інші продукти. Рівень білкового обміну визначають за величиною балансу Нітрогену, тобто за кількістю Нітрогену, засвоєного організмом і виведеною з нього. Засвоєння Нітрогену визначають за його різницею в спожитій їжі й у калі, а виведення — за кількістю в сечі.

Обмін жирів. Жири харчових продуктів розщеплюються в шлунку й кишечнику на гліцерол і жирні кислоти (олеїнову, пальмітинову, стеаринову тощо).

Під час проходження крізь клітини ворсинок тонкої кишки з гліцеролу й жирних кислот знову синтезується жир, але не такий, а вже специфічний для цього організму. Він надходить у лімфу та лімфатичною грудиною протокою потрапляє в кров. Кров транспортує жир до всіх органів і тканин. Він є обов'язковим складником протоплазми, ядра й оболонки клітин (мал. 3.17).



Мал. 3.17. Перетворення жирів

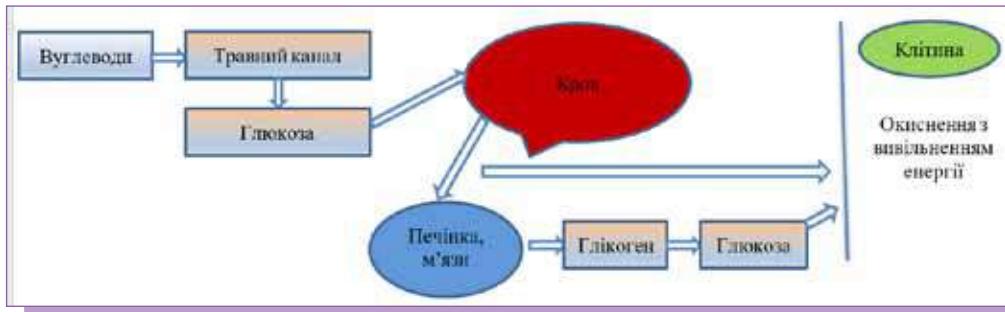
Жири потрібні також для утворення в організмі антитіл, вони постачають організм жиророзчинними вітамінами. Крім того, жири захищають травний тракт дитини від пошкодження грубою їжею й необхідні для формування калу. З калом виводиться 5—10 % не використаних організмом залишків жиру.

Залишок жиру, що надійшов в організм, після покриття всіх потреб, відкладається як жировий запас у підшкірній клітковині, сальнику, навколо нирок, а також у деяких інших органах. Запасний жир організм може відкладати під час голодування й використовувати його як джерело енергії. У цьому разі жир окиснюється до кінцевих продуктів розпаду — вуглекислого газу й води. Частина запасного жиру може надходити в кров, розщеплюватися ферментами на гліцерол і жирні кислоти й доправлятися кров'ю до печінки, де гліцерол перетворюється на глікоген. Тож очевидним є тісний зв'язок між жировим і вуглеводним обміном.

Жир в організмі може утворюватися з вуглеводів і білків. Якщо, наприклад, повністю виключити жири з раціону, він все одно утворюється й у значній кількості може відкладатися в організмі.

Обмін вуглеводів. В органах травлення під дією ферментів вуглеводи їжі розщеплюються до глюкози, яка всмоктується в кров.

У підтриманні постійної кількості цукру в крові основну роль відіграє печінка. Зайвий цукор, що надійшов в організм, затримується в печінці, і під дією ферменту підшлункової залози — інсуліну перетворюється на глікоген, який відкладається в печінці (і частково в м'язах та інших тканинах) як запас (мал. 3.18).



Мал. 3.18. Перетворення вуглеводів

Кількість цукру в крові зменшується внаслідок м'язової роботи та за недостатнього надходження його в організм. За цих умов глікоген печінки під впливом гормону надниркових залоз — адреналіну перетворюється на глюкозу, яка надходить у кров. За недостатнього надходження вуглеводів з їжею вони утворюються в організмі з жирів і білків. Тобто підтримання сталого вмісту глюкози в крові великою мірою залежить від нормальної внутрішньосекреторної діяльності підшлункової та надниркових залоз. Унаслідок гіпофункції підшлункової залози (коли зменшується виділення нею інсуліну) настає захворювання, відоме як цукрова хвороба, або діабет: печінка втрачає здатність синтезувати глікоген, уміст цукру в крові підвищується й починається посилене виділення його із сечею.

Вуглеводи, на відміну від жирів і білків, легко розщеплюються, і тому організм швидко мобілізує їх для компенсування великих затрат енергії, зумовлених м'язовою роботою, емоціями, болем, страхом, гнівом тощо. Вуглеводи є основним джерелом енергії м'язів. Глюкоза є складником цитоплазми клітин, і, отже, необхідна для утворення нових клітин, особливо в період росту. Вона необхідна для нормального функціонування нервової системи. За зменшення вмісту глюкози в крові до 0,04 % настають судоми, марення, утрата свідомості, зниження температури тіла, слабкість і стомлення м'язів тощо. Досить такому хворому ввести в кров глюкозу або дати пойсти цукру, як усі порушення зникають.

Обмін води. Наскільки важлива вода для людського організму, видно вже з того, що масова її частка в тілі дорослої людини становить близько 65 %, а в тілі дитини — до 80 % і навіть більше, залежно від віку. В організмі новонародженої дитини вміст води становить 84 %. У різних органах і тканинах концентрація води різна: у кістках дорослої людини — 22 %, у м'язах — 76 %, у сірій речовині мозку — 86 %, у плазмі крові — 92 %

тощо. Без їжі, але за умови вживання води, людина може жити до 40–50 діб, а без води помре за декілька днів.

Уміст води в крові сталій, а в тканинах збільшується або зменшується залежно від надходження води в організм і її втрат. Дитина втрачає значну кількість води із сечею, через легені. Ці втрати мають бути компенсовані щоденним уведенням в організм води.

Необхідну кількість води організм одержує з їжею й різними напоями. Крім того, частина води утворюється в самому організмі внаслідок окиснення поживних речовин (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Вода — продукт окиснення поживних речовин

Поживні речовини	Маса води (г), що утворюється внаслідок окиснення поживної речовини масою 100 г
Жири	107
Білки	41
Вуглеводи	55

Обмін мінеральних речовин. У тілі людини є різні неорганічні (мінеральні) солі Натрію, Калію, Кальцію, Магнію, Феруму, Сульфуру, Фосфору, Хлору, Йоду та інших елементів.

У мішаній їжі тваринного й рослинного походження достатня кількість неорганічних солей, окрім кухонної солі (натрій хлориду), яку додають у їжу. Інших неорганічних солей може не вистачати лише в тих випадках, коли людина споживає який-небудь одноманітний продукт.

Масова частка неорганічних речовин в організмі становить близько 4,5 % (5/6 припадає на кістки). Неорганічні солі забезпечують нормальні функції організму. Вони підтримують осмотичний тиск у крові й тканинах, сприяють збереженню цитоплазмою колоїдного стану, впливають на збудливість тканин (йони Калію й Кальцію), беруть участь у зв'язуванні газів кров'ю, необхідні для її зсідання тощо.

РОЛЬ ФЕРМЕНТІВ І ВІТАМІНІВ У МЕТАБОЛІЗМІ

Пригадаймо, ферменти (від лат. *fermentum* — закваска) — це білкові молекули, або РНК-молекули, які є біологічними катализаторами процесів обміну речовин і перетворення енергії в клітинах та організмі. Ферменти класифікують за місцем утворення, хімічним складом і типом каталітичних реакцій. За типом реакцій їх поділяють на шість класів: оксидоредуктази, трансферази, гідролази, ліази, ізомерази та лігази. За біологічним значенням ферменти поділяють на метаболічні, травні й захисні.

Метаболічні ферменти — група ферментів, що катализують анаболічні й катаболічні реакції в клітинах. Вони можуть міститися в ядрі (РНК-полімераза, ДНК-полімераза), у мітохондріях (дегідрогенази й цитохроми дихального ланцюга), на рибосомах (синтетази білків).

Травні ферменти — група ферментів, що розщеплюють органічні сполуки складної будови та їхні комплекси до простіших. У травному тракті людини є протеази (катализують розщеплення білків), ліпази (ферменти

розщеплення ліпідів), амілази (ферменти розщеплення вуглеводів), нуклеази (розщеплюють нуклеїнові кислоти до нуклеотидів).

Захисні ферменти захищають від токсичних речовин (наприклад, антиоксидантні ферменти пероксидаза, каталаза й супероксиддисмутаза), від утрат крові (наприклад, ферменти зсідання крові — тромбін, фібрин). Основним захисним ферментом є лізоцим, що міститься в лейкоцитах, шкірі, слизових оболонках і рідинах організму (слини, слізної рідини). Лізоцим розщеплює речовини, що є основою клітинної оболонки бактерій і захищає слизові оболонки ока, порожнини рота, кишечника від інфекцій.

Отже, роль ферментів полягає в забезпеченні метаболізму клітин, розкладанні речовин складної будови до простіших і забезпеченні захисту від несприятливих чинників.

Вітаміни також необхідні для нормального обміну речовин. Вони беруть участь у хімічних реакціях й активізують фізіологічні процеси (мал. 3.19).

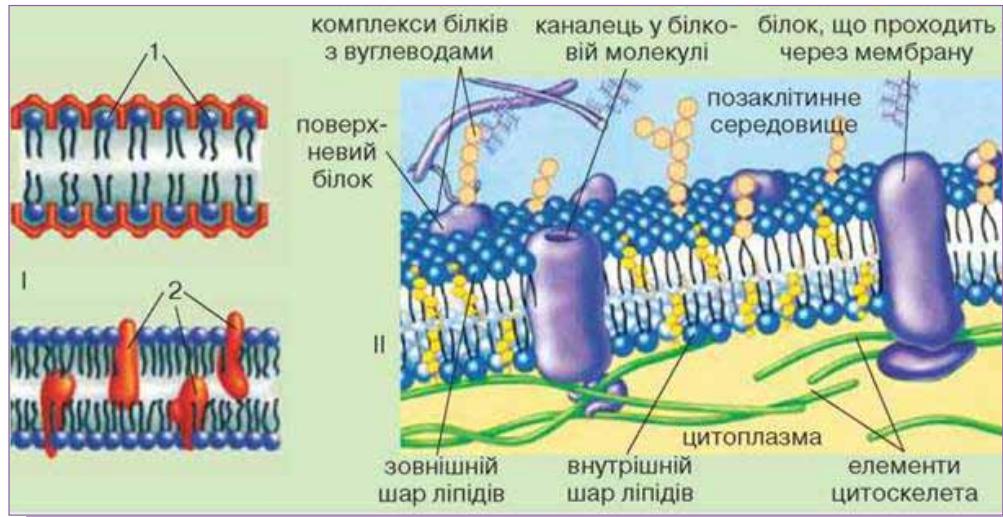


Мал. 3.19. Функції вітамінів в організмі

ЯК ДІСТАТИСЯ ДО МІТОХОНДРІЙ?

Обмін речовин здійснюється в клітині й особливе значення в цьому процесі належить мітохондріям. *Мітохондрії* — це двомембрани органелли, основне завдання яких — окиснення органічних сполук, синтез молекул АТФ з подальшим застосуванням енергії, утвореної після їхнього розпаду. Тобто мітохондрії є енергетичною базою клітин, своєрідними станціями, які виробляють необхідну для клітин енергію. У який же спосіб відбувається перенесення речовин до клітин і всередині них, щоб забезпечувався їхній обмін?

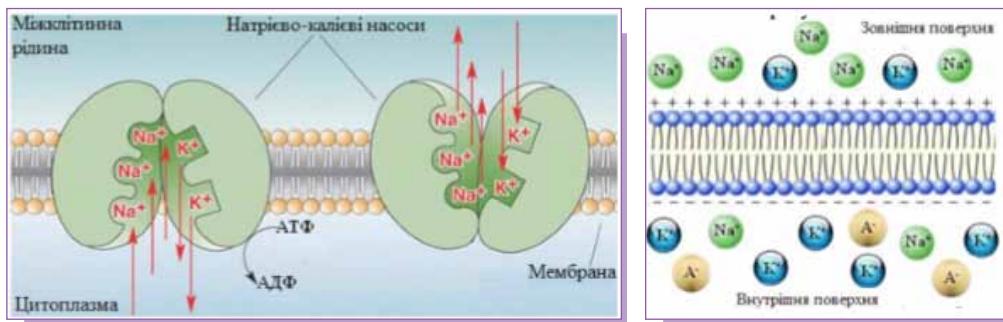
Цитоплазму оточує міцна еластична плазматична мембрана, яка визначає розміри клітин (мал. 3.20). Вона виконує різноманітні функції: захисну, забезпечення процесів обміну речовин з навколошнім середовищем, сигнальну, транспортування речовин, контактів із сусідніми клітинами тощо.



Мал. 3.20. Будова плазматичної мембрани: I — схема розташування в мембрани ліпідів (1) і білків (2); II — рідинно-мозаїчна модель

Різні сполуки, необхідні для життєдіяльності клітин, а також продукти обміну речовин перетинають плазматичну мембрану за допомогою механізмів *пасивного* та *активного транспортування*. Прикладом пасивного транспортування є *дифузія*. Проста дифузія спричинена броунівським рухом і забезпечує перехід йонів або молекул (O_2 , H_2O , CO_2) крізь мембрани із зони, де їхня концентрація вища, до зони з нижчою концентрацією до вирівнювання концентрацій з обох боків мембрани.

Активне транспортування крізь біологічні мембрани пов'язане зі значними витратами енергії (мал. 3.21).



Мал. 3.21. Натрієво-калієва помпа мембрани

Перенесення йонів із тканинної рідини в цитоплазму здійснює спеціальний фермент-переносник, який використовує енергію клітини й випомповує йони Натрію крізь мембрани назовні, одночасно він захоплює йони Калію ззовні й вивільняє їх усередині клітини. У такий спосіб підтримується висока концентрація Натрію в тканинній рідині зовні, а в цитоплазмі переважають йони Калію. Енергія, що вивільняється внаслідок гідролізу молекули АТФ, витрачається на випомповування трьох йонів Na^+ та введення двох йонів K^+ . Водночас білок-переносник йона Na^+ транспортує глукозу в клітину. Натрієво-калієва помпа забезпечує підтримування постійного об'єму клітини (шляхом регулювання осмотичного тиску), а також мембраниного потенціалу.

У клітину разом з необхідними для її життя речовинами можуть потрапляти ззовні чужорідні сполуки, або утворюватися всередині токсичні речовини (амоніак, гідроген пероксид, індол, скатол). Вони зазнають перетворень і видаляються. Знешкодження токсичних сполук у клітинах забезпечують ферменти оксидоредуктази, гідролази, пероксидази. Воно відбувається в цитоплазмі, ЕПС, мікротільцях, мітохондріях, лізосомах. Наприклад, за допомогою ферментів ЕПС відбувається детоксикація алкоголью, пероксидаза мікротілець розщеплює гідроген пероксид на воду й кисень. У клітинах печінки (гепатоцитах) отруйний амоніак знешкоджується в процесі перетворення на сечовину.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

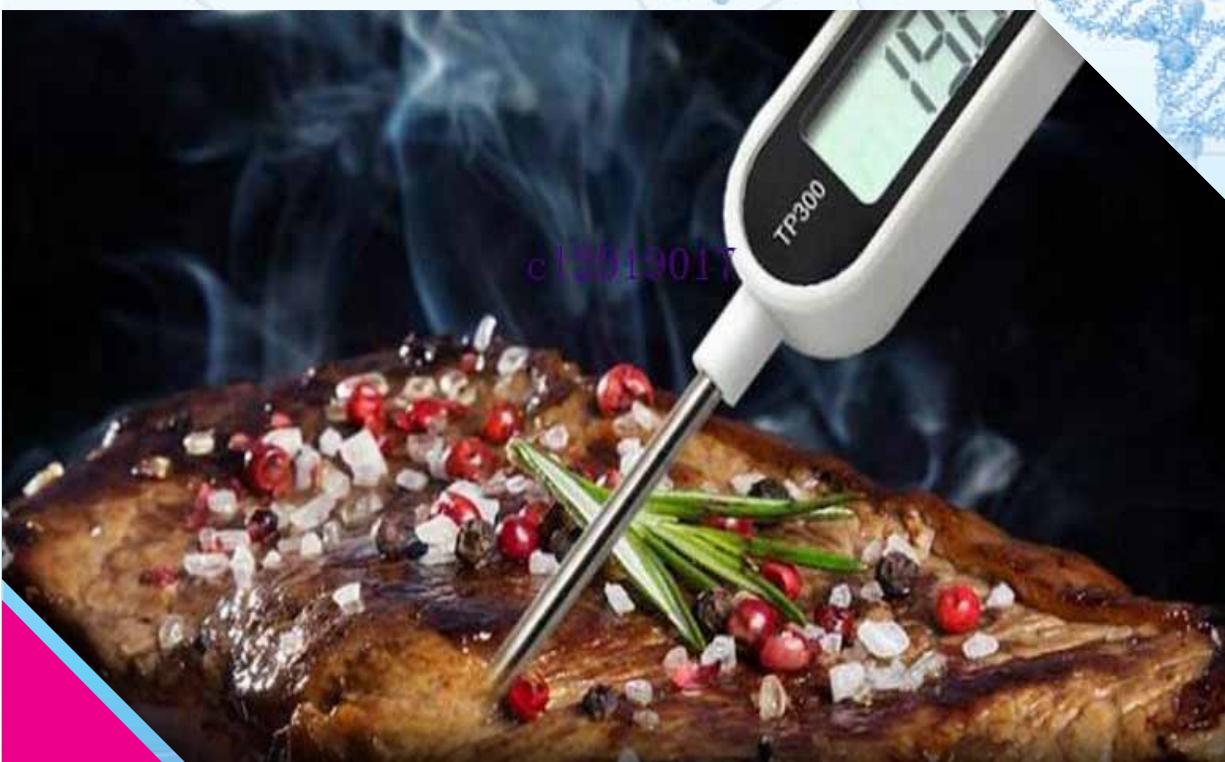
1. Назвіть зовнішні джерела речовини й енергії для організму.
2. Порівняйте обміни: а) динамічний і пластичний; б) зовнішній і внутрішній.
3. Поясніть, у чому полягає: а) принцип розгляду організму людини як відкритої термодинамічної системи; б) прояв законів термодинаміки в біологічних системах.
4. Опишіть будову еукаріотичної клітини.
5. Схарактеризуйте функції клітинних органел.
6. Схарактеризуйте склад молекули АТФ.
7. Поясніть: а) як і де в клітині утворюється АТФ; б) звідки вивільняється енергія внаслідок гідролізу АТФ; в) на що витрачається енергія, вивільнена внаслідок гідролізу АТФ; г) чому під час хвороби інтенсифікується синтез АТФ; д) чому найвищий уміст АТФ — у клітинах м'язової та нервової тканин.
8. В одну клітину ввели молекули АТФ, мічені радіоактивним Фосфором Р-32 за останнім третім залишком ортофосфатної кислоти, а в іншу — молекули АТФ, мічені Р-32 за першим найближчим до рибози залишком. Через 5 хвилин в обох клітинах вимірювали вміст вільного. У якій клітині вміст ортофосфат-іона, міченого Р-32, вищий? Чому?



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Історія відкриття та дослідження клітин.
- Чому карбон — основа життя на Землі.



Д. 4. СМАЧНОГО

Ми снідаемо, обідаемо, вечеряємо. Перехоплюємо нашвидкуруч... І часто не замислюємося, наскільки сильно впливають на нас і наше здоров'я ці звичні прийоми їжі. Адже вона — джерело енергії та будівельних матеріалів для клітин людського організму. Під час вибору продуктів на полицях супермаркетів ми звертаємо увагу на ціну, привабливу упаковку, а потім уже на те, що сковано під яскравою обгорткою. Гіппократ¹ зауважував, що «багато хвороб спричинює те, що ми споживаємо. Скажи мені, що ти їси, і я скажу, на що ти хворий.» А сьогодні, за часів стрімкого розвитку харчових технологій, як ніколи важливо знати, що і як нам пропонують їсти. Як виготовляють і зберігають продукти? Чи все те правда, про що йдеться в рекламі? Як змінився наш раціон харчуванням за останні роки та на які ще зміни нам чекати? Які наслідки таких змін? Якою має бути їжа впродовж життя, щоб у старості бути в змозі подорожувати?

ВІД НАУЧИТЕСЯ

- Знати* правила раціонального харчування.
- Порівнювати* харчову й енергетичну цінність харчових продуктів.
- Пояснювати* вплив термічного оброблення харчових продуктів.
- Порівнювати* корисні властивості й побічні ефекти використання харчових добавок, генномодифікованих продуктів.
- Наводити* приклади хвороб, пов'язаних з нестачею чи надлишком надходження певних хімічних елементів, речовин.
- Аналізувати* інформацію, зазначену на етикетках харчових продуктів і лікарських засобів; наслідки дисбалансу в раціоні харчування, зокрема ожиріння, голоду й авітамінозу.
- Уміти* розраховувати потреби в енергії для здорового щоденного раціону.
- Усвідомлювати* значення збалансованого харчування для підтримки здоров'я.
- Критично ставитися* до реклами харчових продуктів, добавок тощо.

¹ Грец. Ἡποκράτης бл. 460 до н. е. – бл. 370 до н. е.) — грецький лікар «Золотої доби» Афін (Класична Греція), якого вважають однією з найвизначніших осіб в історії медицини.

ДЛЯ ЧОГО МИ ІМО

За своє життя ми з'їдаємо різних продуктів масою близько 40 т, які перетворюються на будівельний матеріал і джерело енергії для організму. Не секрет, що спожите безпосередньо впливає на наше здоров'я, фізичний і розумовий розвиток, на психічний стан і працездатність, на тривалість і якість життя, на зовнішність і настрій. Фізіологічне старіння організму починається задовго до зовнішніх проявів — уже у віці 40–50 років поступово згасають функції органів, передусім — системи травлення (шлунка, кишечника, печінки та підшлункової залози). Нормальне, фізіологічне старіння — це старіння практично здорових людей. Патологічне, передчасне, завжди ускладнене хворобами. Тому від нашого способу життя в молодому та середньому віці залежить те, на що налаштується організм: або на раннє старіння, або на максимальне запобігання передчасним змінам організму та формування пізніх (відсторочених) процесів старіння. І здорове правильне харчування при цьому має одне з вирішальних значень.

У масштабах усього світу зростає рівень уваги до здорового харчування. За останні десятиліття проведено кілька міжнародних форумів з питань охорони здоров'я й продовольства. У багатьох країнах світу для усунення хронічної нестачі вітамінів, мікроелементів та інших необхідних сполук у харчовий раціон додають фортифікати (від лат. *fortificatio* — зміцнення) — добавки для подолання їхнього дефіциту. Розробляють технологічні прийоми біофортифікації для підвищення вмісту білків, жирів, вуглеводів у сільськогосподарських культурах. На сьогодні практично всі цивілізовані країни світу мають закони про продовольчу безпеку. Адже неконтрольоване використання сучасних технологій може мати й негативні наслідки.

Отже, здорове харчування населення є глобальною проблемою, яку розв'язують міжнародні організації всього світу. Зокрема Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) розроблено рекомендації щодо здорового харчування. Їх наведено далі.

- Їжте поживну й різноманітну їжу. Віддавайте перевагу продуктам рослинного походження.
- Їжте складні вуглеводи (зернові крупи) кілька разів на день.
- Маса фруктів й овочів, спожитих щодня, має становити щонайменше 400 г. Віддавайте перевагу свіжим, сезонним і місцевим.
- Підтримуйте індекс маси тіла $\left(\text{ІМТ} = \frac{\text{маса тіла, кг}}{\text{ріст}^2, \text{м}^2} \right)$ у межах 18,5–25 завдяки щоденній фізичній активності.
- Контролюйте вживання жирів. Жири мають становити не більше 30 % денного раціону. Замінуйте насичені жири ненасиченими.
- Замінуйте м'ясо й м'ясні продукти з високим умістом жиру на бобові, рибу, м'ясо птиці й нежирне м'ясо.
- Уживайте молоко й молочні продукти (кефір, йогурт, сири) з низьким умістом жиру.

- Вибирайте продукти з низьким умістом цукру. Обмежуйте вживання солодких напоїв і солодощів.
- Уживайте менше солі. Загальна кількість солі на день не має перевищувати чайної ложки (5 г).
- Норми вживання алкоголю не встановлено, адже ідеальним для здоров'я є взагалі не вживати його. Тож що менше — то ліпше!
- Готуйте їжу безпечно. Запікайте, проварюйте, готуйте на пару для того, щоб зменшити вміст жирів.
- У майбутньому, як станете батьками, майте на увазі, що здоров'я ваших дітей залежить від вас. Рекомендовано винятково грудне вигодовування немовлят до шести місяців, а у віці від шести місяців до двох років — із правильним додатковим харчуванням. Це зменшить ризики ожиріння й розвитку неінфекційних захворювань у дитини в майбутньому.

Ці поради видаються досить простими, та, щоб їх дотримуватися, потрібно дещо поповнити свої знання про енергетичні й поживні властивості продуктів, їхню харчову цінність.

Харчова цінність — це поняття, що відображає всю повноту корисних властивостей харчового продукту, включно зі ступенем забезпечення фізіологічних потреб людини в основних харчових речовинах, енергією й інші властивості.

Усі речовини в складі харчових продуктів та їжі поділяють на дві групи: органічні й неорганічні (мінеральні — вода, макро- і мікроелементи). Серед них є речовини, що визначають харчову, зокрема енергетичну й біологічну цінність, структури, що беруть участь у формуванні смаку, аромату й кольору харчових продуктів.

Харчову цінність визначають не лише за вмістом біологічно активних харчових речовин (нутрієнтів), але і їхнім співвідношенням, засвоюваністю та доброкісністю. Терміни «енергетична» й «біологічна» цінність є вужчими від харчової цінності поняттями.

Енергетична цінність характеризує ту частку енергії, яка може вільнитися з харчових продуктів у процесі біологічного окиснення й використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму.

Кількість енергії, що виділяється в процесі засвоєння організмом харчових продуктів, називають *калорійністю*. Дані щодо калорійності та коефіцієнта засвоюваності поживних речовин наведено в таблиці 4.1 (*пропонуємо вам дізнатися*).

Табл. 4.1. Калорійність і коефіцієнт засвоюваності поживних речовин масою 1 г

Назва поживної речовини	Калорійність, кДж (ккал)	Коефіцієнт засвоюваності
Жири	37,7 (9)	0,94
Білки	16,7 (4)	0,945
Вуглеводи	15,7 (3,75)	0,956

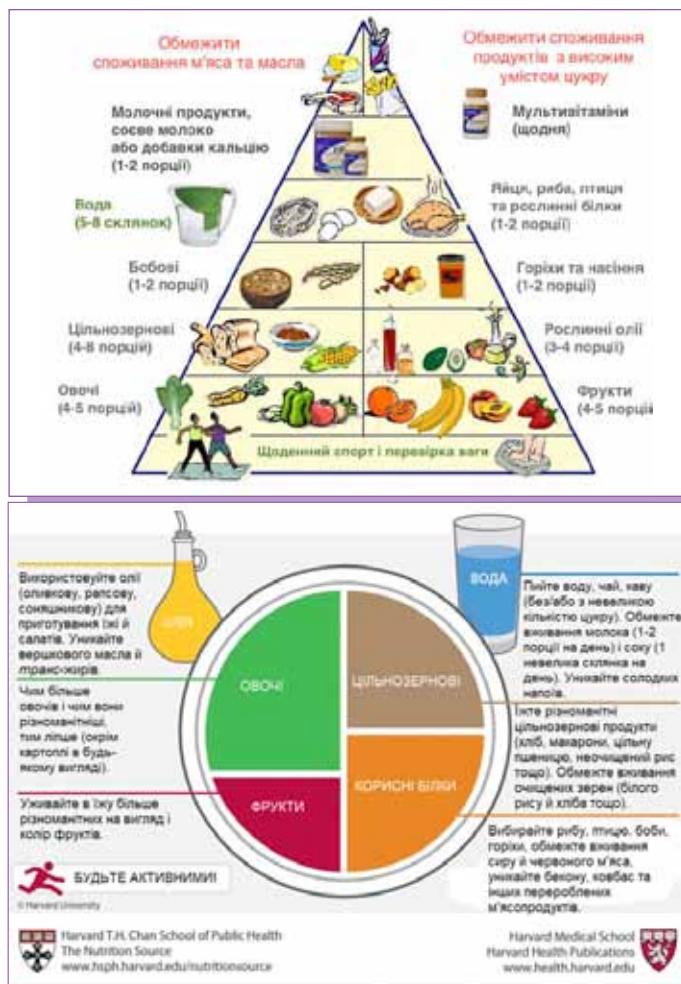
Це калорійність брутто, тобто та, яка міститься в продукті й виділяється під час його згорання, або *теоретична* енергетична цінність. Але харчові речовини організм засвоює не повністю. Тому теоретичну енергетич-

ну цінність потрібно множити на коефіцієнт засвоюваності. Коефіцієнт засвоюваності сахарози дорівнює 1, тваринних жирів — 0,85 (за винятком вершкового масла), рослинних жирів — 0,95, білків залежно від їхньої природи — 0,85...0,95. За вмістом у раціоні білків, жирів і углеводів та коефіцієнтами їхньої засвоюваності можна легко розрахувати *фактичну* енергетичну цінність.

Для організму важливо, які групи харчових речовин забезпечують калорійність живлення. Для нормальної життедіяльності людини потрібне певне співвідношення білків, жирів і углеводів, а також вітамінів і мінеральних речовин (мал. 4.1).

Білки мають становити, у середньому, 12 %, жири — 30...35 % від загальної калорійності раціону, решта — углеводи.

Нині енергетична цінність загальнодоступного раціону, людини, що відповідає середнім енергетичним витратам, становить 8380...10 500 кДж (2 000...2500 ккал).



Мал. 4.1: 1 — харчова піраміда; 2 — тарілка здорового харчування

Про які, власне, «порції» продуктів, наведені на малюнку 4.1, ідеться? Про це ви зможете дізнатися самостійно, наприклад, із сайту https://24tv.ua/health/yak_viznachiti_prahlivnyi_rozmir_portsiy_yizhi_ta_napoiviv_n1103826.

Білки виконують найважливіші функції в нашему організмі: з них складаються кістки, м'язи, шкіра, волосся, очі, мозок. Вони містяться в продуктах рослинного й тваринного походження. Нестача білків в організмі спричиняє дистрофію. Необхідні нашему організму й жири, адже вони дають енергію. Не вщухають дискусії про корисність і шкідливість жирів. Науковці досліджують, а пересічні громадяни та громадянки на інтернет-форумах жваво обговорюють доцільність споживання свинячого сала й маргарину. Засоби масової інформації час від часу повідомляють про всюдисущі й небезпечні для здоров'я транс-жири та панацею від усіх негараздів — ω-кислоти. Про що йдеться? Чи насправді ці проблеми заслуговують на те, щоб їм приділяти стільки уваги? Інформацію до роздумів ви знайдете в додаткових джерелах та на малюнку 4.2, а висновки зробіть самостійно.



Мал. 4.2. Уміст жирів у деяких харчових продуктах та значення жирів для організму

Це дасть вам змогу обґрунтувати значення жирів рослинного й тваринного походження в раціоні юнаків і юнок (*зробіть це*). А отже — розв’язати проблему власного раціонального харчування. Щоби правильно організувати його, зважте, що сумарне споживання жирів має забезпечувати не більш як 30 % від усієї енергії, що надходить. На думку фахівців ВООЗ, потрібно збільшити в раціоні частку ненасичених жирів за рахунок зменшення в ньому вмісту насычених жирів і відмови від продуктів, які містять *транс*-жири. Удосконалити вміння раціонально харчуватися ви зможете, якщо добре вивчили *вуглеводи*. Адже саме вони — найважливіший компонент їжі, бо компенсують понад половину добової енергії в організмі, тому їх потрібно вчетверо більше, ніж білків і жирів. Такі вуглеводні, як глюкоза, фруктоза, сахароза, мають переважно енергетичне значення, а крохмаль, клітковина сприяють нормальному травленню та обміну речовин. Вуглеводи містяться у фруктах, овочах, меді, молоці.

П’ять відсотків нашого тіла — це *неорганічні (мінеральні) солі* Кальцію, Фосфору, Магнію, Феруму, Йоду, які сприяють нормальному функціонуванню кісток, зубів, м’язів, крові, легень, нирок. У юному віці організм найбільше потребує Фосфору й Кальцію.

Мінеральні солі містяться в молоці, рибі, яйцях, м’ясі, печінці, яблуках, крупах, зелених овочах, продуктах моря тощо.

Надзвичайно важливі для життедіяльності організму й *вітаміни*: А, В, С, Д тощо (мал. 4.3.). Люди, які отримують з їжею достатню кількість вітамінів, значно стійкіші до захворювань, мають добру пам’ять, відрізняються бадьорістю та працездатністю. Якщо харчування одноманітне, бідне на вітаміни, може виникнути авітаміноз.

Вітаміни і добова потреба в них			
Назва	Роль в організмі	Джерела	Кількість на добу
A ретинол	Забезпечує нормальне зорове поле, діє у темряві, стимулює росток, підтримує транспорт	Фруктовий жир, молоко, яєця, морепродукти, сир, м'ясо, печінка, яблука	0,5 - 1 млрд
B₁ тіамін	Бере участь у утилізації глюкози та жирів, обміні утвореніх і метаболізмі	Жито з насіннями, ячійка (пшенична, гречка), каша, горох, перловка, ячії	1,5 - 2,5 млрд
B₂ рибофлавін	Регулює обмін вітаміну С, вітаміну Сік, вітаміну А. Забезпечує нормальний дихання	Жито, м'ясо, риба, м'ясо, яйця, морепродукти	1,5 - 3 млрд
B₆ піридоксин	Забезпечує обмін жирів та білок	М'ясо, риба, яйця, грунчана та пшенична каша	1,5 - 3 млрд
B₁₂ цианокобаламін	Бере участь у зростанні крові, сприяє вітамінізації та вітамінізації	Печінка, м'ясо, яйця, сир, м'ясо, яйця, морепродукти, пшенична пісочинка	0,03 - 0,2 млрд
C аскорбінова кислота	Бере участь в обміні речовин, підвищує крієт, утворює горіховину, відновлює пошкоджені тканини	Чорний фрукт, ягоди, ягода, плодові культури, смородина, цибуля, пастеризовані	50 - 100 млрд
D вітамін фітоферол	Забезпечує усвоєння Солей вітаміну С та в кісткаму та хондроцитам	Свіжі сир, риба і м'ясо, підсмажені м'ясо, каштани	2,5 - 4 млрд
E тіеноферол	Захищає вітамінами антиоксидантами від поганої харчованини, стимулює життєздатність, знижує високий холестерин, зберігає вітамін С	Розчинені в олії — каштанки, кукурудзяні, олівійні, сафеджинні, каштан, грушеві яблука	12 - 15 млрд
K фітоферол	Бере участь в утворенні протромбіну, необхідного для припинення кровотечі	Біологична, свіжі яблука, горіхи, томати	0,07 - 0,14 млрд

Мал. 4.3. Організму людини необхідні різні вітаміни

СМАЧНОГО!

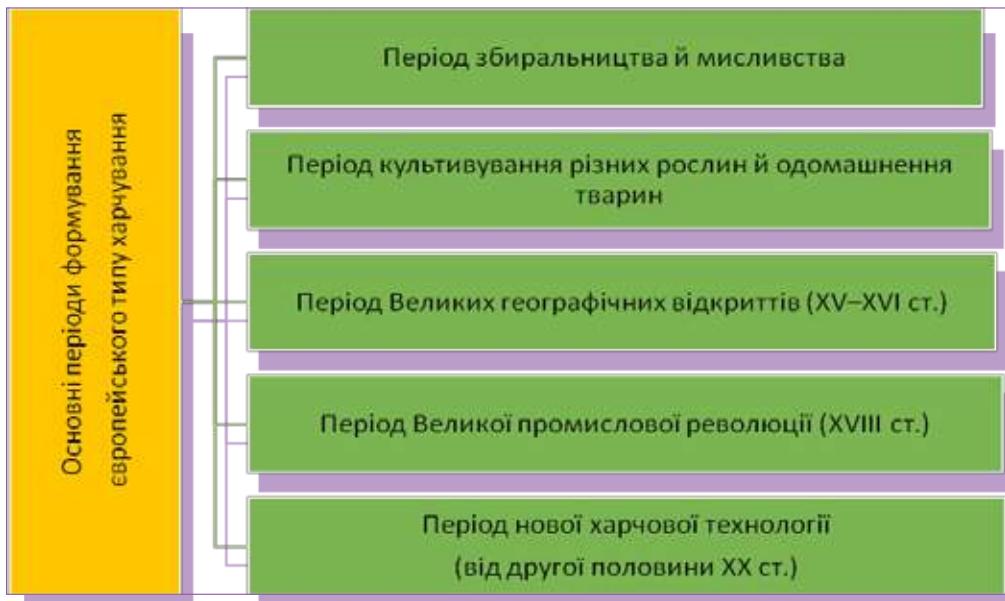
Раціон сучасної людини за бажання може бути вкрай різноманітним. У супермаркетах можна знайти продукти з усього світу. **Як змінювалося харчування людей із плином часу?** Дізнайтеся про це, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 4.2 та на малюнку 4.4.

Табл. 4.2. Еволюція раціону людини

2,5 млн р. тому — 40 тис. р. тому	На ранніх етапах розвитку людства (2,5 млн років тому) раціон людини був не надто різноманітним й обмежувався споживанням необробленої рослинної їжі (ягід, трав, горіхів, корінців різних рослин). Згодом до нього додалося ще й м'ясо. Близько 1,5 млн років тому людина навчилася добувати вогонь, що дало змогу готувати впільовану дичину, а не їсти її сирою. М'ясо, приготоване на вогні, легше засвоювалося, не містило шкідливих мікробів і стало основним джерелом білка для тодішньої людини. А приблизно 40 тис. років тому людина додала до раціону ще й прісноводну рибу
10 тис. р. тому	Важливим етапом розвитку харчування стало зародження сільського господарства близько 10 000 років тому. Людина пріручила диких тварин і почала вирощувати юстівні рослини — овочі, злаки та бобові культури. Уважають, що саме в цей період у раціоні людини з'явилися прісний хліб і пиво
7 200 тис. р. тому	Люди навчилися робити сир
3 тис. років тому	Люди навчилися варити суп
1,5 тис. р. тому	З'явився улюблений смаколик багатьох людей — шоколад
У VIII ст.	У Південно-Східній Азії вперше почали готувати суші, відомі під назвою наре-суші, які згодом поширилися в Китаї та Японії, а останнім часом стали популярні майже в усьому світі
У 1495 р.	З'явився мармелад
У XVII ст.	Уперше створено технологію виробництва поп-корну
У XVIII ст.	У Франції почали готувати вишукані солодощі — суфле, торти та інші кондитерські вироби
У XIX ст.	Винайдено порошок-розпушувач для випікання борошняних виробів, хотдоги, гамбургери, маргарин та цукерки в сучасному вигляді
У 1886 р.	Започатковано виробництво одного з найпопулярніших безалкогольних напоїв — кока-коли
У 1924 р.	Винайдено спосіб заморожувати продукти, після чого розпочалась ера напівфабрикатів. Велику частку раціону становили м'ясні та рослинні консерви, ковбаса, бутерброди й готові холодні напої
Наприкінці 1940 р.	Відкрито найвідомішу у світі мережу ресторанів швидкого харчування «МакДональдз», яка на тепер налічує понад 30 тис. закладів у 119 країнах світу
У 1990-х рр.	Винайдено генно-модифіковані продукти (ГМО). Зараз усе більше виробників надають перевагу генетично модифікованим відмінам рослин і тварин, оскільки вони стійкіші до шкідників і хвороб

Продовження таблиці 4.2

На початку 1990-х рр.	Британський фізик-ядерник Ніколас Курті запроваджує нову модну тенденцію в кулінарії — «молекулярну кухню». Для страв цієї кухні властиве незвичне поєднання компонентів і специфічні способи приготування продуктів, наприклад, оброблення рідким азотом, збагачення вуглекислим газом, змішування взаємоне-розвинних речовин тощо
У травні 2013 р.	Космічне агентство NASA виділило кошти на розроблення принтера, здатного «друкувати» їжу для учасників довготривалих космічних експедицій. Їжа зберігатиметься у формі порошку в змінних картриджах, а компоненти змішуватимуть між собою з додаванням води чи олії



Мал.4.4. Періоди формування європейського типу харчування

З розвитком індустрії масового харчування споживання та приготування їжі зазнало значних змін. Запровадження технологій заморожування продуктів, створення різноманітних консервантів і харчових добавок подовжили терміни зберігання продуктів у декілька разів. Без харчових

добавок неможливо уявити сучасні продукти: полиці супермаркетів просто спорожніли б. Модифікатори роблять їжу привабливою на вигляд, зберігають її свіжість і різноманітні властивості. Водночас суперечки про вплив добавок на організм людини не вщухають ні на хвилину. Багато хто маніакально уникає «е-шок», бо вважають їх шкідливою «хімією». Насправді все не так однозначно. Іноді неякісні натуральні добавки можуть становити більшу небезпеку, ніж синтезовані (хімічні).

Оскільки сучасна харчова промисловість широко використовує харчові добавки, потрібно мати достатні знання про них, щоб відчувати себе захищеним під час вибору їжі й напоїв для всієї родини. Досить знати їхню просту класифікацію, запам'ятати ті, вміст яких у їжі ліпше обмежити, і слідкувати за новинами із цього питання. Однозначної відповіді на питання, які добавки шкідливі, не існує. Перелік заборонених речовин постійно коригують, науковці вивчають, який вплив на здоров'я людини справляють добавки, та іноді роблять досить несподівані висновки.

Для зручності харчові добавки позначають буквою «Е» і кодом з кількох цифр. Цікавий факт: ці коди винайшли тоді, коли на упаковці вже бракувало місця для опису всіх речовин, що входять до складу того або іншого продукту. У 1953 році в Європі вигадали позначення «Е» (мал. 4.5).



Мал. 4.5. Харчові добавки: чи такий страшний чорт, як його малюють?

Про розшифровку Е-чисел ви дізнаєтесь з таблиці 4.3, проаналізувавши наведені в ній дані (зробіть це).

Табл. 4.3. Що означають Е-числа

E 100–182 — барвники

Завдяки ним ковбаса та сосиски мають рожевий колір. Такі модифікатори бувають кількох видів: натуральні (з плодів, листя, спецій тощо), синтетичні (створені в лабораторних умовах), мінеральні (з неорганічних речовин, у їжі використовують рідко)

E 110, E 122, E 102, E 124, E 104 й E 129 — барвники, визнані в Європі небезпечними для дитячого здоров'я (можуть спровокувати гіперактивність, алергію тощо). В Україні їх застосовують, тому вживати чи не вживати продукти, що містять ці речовини, — особистий вибір кожного. Ці шкідливі харчові добавки є в солодощах, газованих напоях

Продовження таблиці 4.3

Е 200–299 — консерванти	
Вони відповідають за те, аби їжа та напої тривалий час залишалися свіжими, не допускають розвитку мікроскопічних грибів, хвороботворних бактерій. Вочевидь, пригнічуючи життєдіяльність мікроорганізмів у продуктах, ці речовини впливають і на людину. Парадокс, але консерванти цілком можуть претендувати на звання «корисні харчові добавки».	Особливо варто уникати Е 240 (формальдегід, шукайте його в консервованих продуктах), небезпечних Е 241–259, нітратів і нітритів. В організмі людини вони утворюють речовини, здатні провокувати онкологічні захворювання, гіпертонію тощо
Звучить трохи дивно, але насправді шкода для здоров'я від зіпсованої їжі без консервантів може бути набагато серйознішою, ніж від добавок. З іншого боку, споживання значних обсягів продуктів, у складі яких є Е-консерванти, сприяє накопиченню цих добавок у клітинах організму. Це може привести до відхилень у роботі органів, мутацій і важких захворювань. Тому ліпше звесті вміст у їжі шкідливих добавок, до яких належать і деякі консерванти, до мінімуму, а також повністю виключити з раціону заборонені	
Е 400–599 — стабілізатори.	
Ці добавки поділяють на загусники, емульгатори та, власне, стабілізатори	Не буде зайвим контролювати споживання речовин із цієї категорії
На здоров'я вони практично не впливають, оскільки не всмоктуються в шлунку й кишечнику та виводяться з організму. Емульгатори харчові відповідають за те, щоби продукти мали приємну консистенцію, не розтікалися. Дозволені, а отже нешкідливі натуральні загусники: гуарова камедь (Е 412), агар (Е 406), гуміарабік (Е 414), пектини (Е 440), модифікований крохмаль	
Е 600–699 — підсилювачі смаку та ароматизатори	
Ми настільки звикли до них, що їжа без цих добавок здається несмачною. Із чого можна зробити висновок: вони викликають звикання й навіть харчову залежність. Найчастіше застосовуваний і відомий у цій категорії — глутамат натрію (Е 621). Примітно, що в натуральному вигляді він є складником багатьох продуктів (сир, помідори, шпинат, гриби тощо)	Суперечки про вплив на людський організм глутамату натрію тривають. Противники Е 621 твердять, що ця харчова добавка аж ніяк не безпечна, оскільки провокує ожиріння, серцево-судинні захворювання, проблеми з тиском, які виникають через переїдання. Глутамат натрію може спричинити розлади харчової поведінки. До того ж він зазвичай міститься в джанк-фуді (чіпси, інші снеки, копченіна). Тож доцільно обмежити споживання Е 620–635

E 700–900 — підсолоджуваці (цикrozамінники та інші речовини)

Є натуральні підсолоджувачі (стевія¹, амінокислоти, фруктоза) і синтезовані в лабораторіях (цикламат, сахарин, аспартам). Багато хто з дієтологів вважає, що підсолоджувачі менш шкідливі, ніж білий цукор.

Водночас небезпечним цикrozамінником називають аспартам (Е 951): він провокує переїдання, порушення роботи шлунково-кишкового тракту, головний біль, нудоту. Обмежити варто також уживання ксиліту (Е 967), сорбіту (Е 420) — їхній надлишок здатний спричинити проносну дію

Висновок напрошується один: у раціоні має бути якомога менше рафінованих продуктів — консервів, ковбас, сосисок, солодкого набілу², бульйонних кубиків, сухариків, чіпсів. Надайте перевагу натуральним інгредієнтам, що гарантують безпеку їжі. Наприклад, навчіться самі готовувати майонез (справа кількох хвилин). Якщо не уявляєте свого життя без смаколиків промислового виробництва, — уважно читайте й аналізуйте етикетки. Якщо виникають запитання, знаходьте на них відповідь. Адже нині кожний смартфон дає змогу миттєво отримати її.

Можливо, що на етикетках вам уже трапляється напис «Без ГМО». *Що він означає?* Генетично модифіковані організми (ГМО), або трансгени, — це організми, створені введенням у ДНК рослин, тварини або мікроорганізму сторонніх генів. ГМО не варто плутати із селекцією. Прищепити гілку груші до яблуні чи вивести новий сорт сливи — це не генна інженерія, а результат тривалої та кропіткої праці біологів.

У 90-х роках ХХ століття науковці інтенсивно працювали над створенням трансгенних рослин, зокрема кукурудзи, сої, ріпаку, бавовнику. Трансгенні рослини стійкі до гербіцидів, шкідників, вірусів, посухи. Це дає змогу такій рослині бути невразливою до хімікатів, які є смертельно небезпечними для інших. Унаслідок цього поле звільняється від усіх бур'янів, а культури, стійкі до гербіциду, виживають. Тож економічні переваги вирощування генетично модифікованих рослин стають незаперечними.

Важливим моментом під час поширення та комерціалізації ГМО на світовому ринку є маркування продуктів, що містять ГМО. Маркування може бути обов'язковим або добровільним. У Канаді та США маркування є добровільним, тоді як у Європі всі продукти, що містять понад 0,9 % схвалених до використання ГМО, мають бути марковані. В Україні маркуванню підлягають не тільки продукти з ГМО, а й харчові добавки, отримані за допомогою ГМО. Окрім того, Україна стала першою державою у світі, яка зобов'язала виробників та імпортерів харчових продуктів вказувати позначення «без ГМО» (мал. 4.6) у маркуванні всіх без винятку харчових продуктів, навіть тих, у яких ГМО не може бути ні теоретично, ні практично.



Мал. 4.6. Без ГМО

¹ Стевіозид.

² Молочні продукти.

Чому важливо маркувати продукцію щодо вмісту в ній ГМО? Аби людина могла свідомо вибирати: уживати її такі харчі чи ні. Адже дослідження генно модифікованих продуктів ще тривають. Найбільший ризик у тому, що наука не має чіткої відповіді щодо їхнього впливу на організм людини. Для того щоб докладно вивчити вплив ГМО на людину, має змінитися кілька поколінь. Результат ми зможемо осягнути, коли подорослішають онуки теперішнього молодого покоління.

А ще, напевно, вам траплялися рекламні написи «Органічна їжа». Про що йдееться? Про сільськогосподарську продукцію, зокрема харчові продукти та корми, отримані в результаті органічного виробництва. Законодавством України продукт дозволено маркувати як органічний лише за умови, що він не зазнав будь-якого неприродного або неконтрольованого впливу на геном сільськогосподарських рослин і тварин (зокрема птиці та комах), промислових мікроорганізмів тощо. Під час його виробництва не використано синтетичних речовин (агрохімікатів, пестицидів, антибіотиків, гормональних препаратів, стимуляторів росту, транквілізаторів тощо), методів електричної або іншої стимуляції для примушування, що завдає тваринам болю, йонізувального випромінювання, гідропонних методів, штучно виведених поліплойдних тварин і рослин. Органічне виробництво в Україні підлягає сертифікації. Органічну продукцію, яку вводять в обіг і реалізують, маркують державним логотипом. Його наносять лише на продукцію, вироблену відповідно до законодавства України у сфері органічного виробництва (мал. 4.7).



Мал. 4.7: 1 — державний логотип України для маркування органічної продукції (сировини); 2 — цей знак є обов'язковим для марковання всіх органічних продуктів, які продають на території ЄС

СПОСІБ МАЄ ЗНАЧЕННЯ!

Складниками нашого раціону переважно є продукти, оброблені кулінарно, консервовані, тривалого зберігання тощо, тобто з низьким умістом вітамінів та інших біологічно активних речовин. Як забезпечити необхідні організму нутрієнти? Тут у пригоді стануть знання з фізики й хімії. Ось кілька прикладів на підтвердження цього.

Нагрівання — операція, якій піддають більшість кулінарних творінь. У нашому розпорядженні мікрохвильова піч для нагрівання їжі, духовка з регульованою температурою, різноманітні сковорідки, герметичні каструлі для швидкого приготування, пароварки, мультиварки тощо. Тер-

мічним обробленням ви можете істотно поліпшити засвоюваність їжі, змінювати її мікроструктуру, запах і зовнішній вигляд.

Чому ж термічне оброблення поліпшує засвоюваність їжі? Річ у тім, що нагрівання приводить до зміни білків і крохмалю їжі, вони стають податливішими для подальшого розщеплення в нашему організмі. Ферментам травних соків легше проникати до «потребних» їм молекул, коли оболонки її мембрани клітин тканин зруйновано. Структура продуктів харчування з високим умістом білків (наприклад, м'яса й риби) змінюється, передусім, за рахунок денатурації білків і, крім того, гідролізу (розщеплення в результаті реакції з водою) деяких з них.

Процес варіння впливає й на запах їжі. Наприклад, фрукти під час варіння втрачають леткі речовини, тож повітря навколо наповнюється ароматом. В інших випадках нагрівання за рахунок розпаду тих або інших компонентів харчового продукту може викликати появу нових запахів. Коли в карамельному виробництві варять цукрову патоку, з'являються запахи різних кетокислот й альдегідів — продуктів розпаду цукру й крохмалю. Альдегіди утворюються також унаслідок розщеплення деяких амінокислот. Часто нагрівання веде до часткового руйнування сульфуровмісних сполук, продуктами цих реакцій є меркаптані й навіть гідрогенсульфід — складник запаху вареної капусти.

Усі продукти — м'ясо, риба, овочі, борошняні вироби набувають коричневого кольору за температури понад 154 °С. Це є одним із зовнішніх ефектів *реакції Майяра* (Луї Каміль Майяр, 1878—1936, Франція). Унаслідок взаємодії між амінокислотами й цукрами утворюються речовини, які надають продуктам характерного кольору, смаку та запаху (мал. 4.8).



Мал. 4.8. Реакція Майяра в дії:

1 — Пітер Брейгель Старший¹. Фрагмент картини «Фламандські прислів'я». Коли на рожні смажиться м'ясо, його треба крутити (тобто деякі речі, справи потребують безперервної уваги й участі; з ним не повернеш рожні — він не схильний до співпраці);

2 — Іов Адріансзон Беркхейде² «Пекар»



¹ Бл. 1525–1569, Нідерланди.

² 1630 – 1693, Голандія.

Процес гідролізу також є однією з причин зміни смаку. У деяких харчових продуктах гідроліз приводить до вивільнення амінокислот й осоколків нуклеїнової кислоти, які самі по собі смаку не мають, але підсилюють, роблять гострішим той смак, який вже є в харчового продукту.

Нагрівання змінює й зовнішній вигляд їжі, що не завжди бажано. Правильно вибравши тривалість і температуру нагрівання, можна досягти бажаного результату.

Також кулінари й кулінарки вдаються до різних професійних хитрощів, щоб їжа була смачною, поживною та приваблювала око. Наприклад, підкислюють буряковий салат або червоний борщ лимонною кислотою, аби їхній колір був яскравішим (*пригадайте, що таке природні індикатори, щоб науково обґрунтувати доцільність цього прийому*). А ще додають у суп харчову соду, щоб запобігти небажаній зміні зеленого пігменту овочів. *Як це працює?* У сиріх продуктах кислоти клітинного соку не мають доступу до хлорофілу, що міститься в протоплазмі, а внаслідок зсідання білків під час варіння стає можливою реакція хлорофілу із цими кислотами. Харчова ж сода (натрій гідрогенкарбонат) реагує з ними (*складіть рівняння цієї реакції в скороченому йонному вигляді*), тому хлорофіл не руйнується.

Ось які зміни (*насправді їх набагато більше!*) відбуваються під дією нагрівання в харчових продуктах. Та під час приготування їжі ви стикаєтесь й з іншими процесами, які належать до різних галузей науки. Як фізико-хіміки ви керуєте багатьма поверхневими явищами, особливо такими, що пов'язані з процесом *денатурації* білка. Часто на поверхні зварених супів і соусів утворюються плівка. Це результат денатурації білка, яка відбувається внаслідок абсорбції на межі повітря — рідини. Появи такої плівки можна уникнути, покривши поверхню розділу шаром розтопленого вершкового масла. З іншого боку, збиваючи яечні білки для тістечка, ви навмисно інтенсифікує поверхневу денатурацію білка, тож жири перешкоджатимуть досягненню бажаного результату. Ось чому жовтки (уміст жирів у них становить близько 30 %) доводиться ретельно відокремлювати.

Також вам доводиться підкорювати емульсії — змішувати незмішуване. Наприклад, майонез — емульсія жиру у воді з високим умістом жиру. Тож під час приготування цього соусу, аби він не перетворився на емульсію води в жирі й не порушилася його структура, у суміш додають ретельно перемішаний яечний жовток, який є хорошим *емульгатором*. Також його використовують як емульгатор для приготування іншої добре відомої емульсії жиру у воді — морозива. Аби стабілізувати емульсію під час заморожування, у неї додають молочні білки й желатин, який, зокрема, забезпечує однорідну, без зерен структуру морозива, діє як колоїдний агент, що запобігає зростанню великих крижаних кристалів.

Щодалі — більше! Якщо очищенну від шкірки картоплю не залити водою, вона починає темніти. Це пояснюють тим, що феноли в ній окиснюються під дією ферментів і перетворюються на хіони, які полімеризуються з утворенням темних пігментів. Вода запобігає доступу кисню й

окисненню фенолів картоплі. Підкислення розчину знижує активність ферментів, що сприяють окисненню, тож картопля ще ліпше збереже білий колір.

Кислоти застосовують у «кухонній хімії» і для інтенсифікування денатурації гідролізу. Наприклад, м'ясо й рибу перед приготуванням маринують із застосуванням оцту, лимонного соку, кислого вина, кефіру тощо. Під дією кислот відбувається денатурація білків: їхні щільно упаковані волокна змінюють форму, розкручуються й стають пухкішими. Паралельно денатурації в кислому середовищі незначною мірою проходить гідроліз: довгі білкові нитки коротшають, що теж полегшує і перетирання м'яса щелепами, і його перетравлювання. Однак глибокий гідроліз може занадто сильно зруйнувати нитки білка, що приведе до втрати води з м'яса під час смаження на вогні. Тож унаслідок надто тривалого маринування смажене м'ясо буде надмірно жорстким.



Фізика на кухні

Добра то річ, що є в хаті піч!¹ Основною частиною нагрівального електричного приладу (мал. 4.9) є нагрівальний елемент. Це провідник з великим питомим опором, здатний не руйнуватися за нагрівання до високої температури (1000–1200 °C). Найчастіше для виготовлення нагрівальних елементів застосовують сплав нікелю, заліза, хрому та мanganу, відомий як «ніхром». Великий опір, що його має ніхром, дає змогу виготовляти з нього дуже зручні, малі за розмірами нагрівальні елементи. У нагрівальному елементі провідник у вигляді дроту, стрічки чи спіралі намотують на каркас або прикріплюють до арматури з жаростійкого матеріалу — слюди чи кераміки. Цілком зрозуміло, що кожний, хто користується цими приладами, має знати їхню будову, правила користування та поточного ремонту.

Мікрохвильова піч також є знайомим для багатьох нагрівальним побутовим пристроям, проте, на відміну від електричних плит і духових шаф, нагрівального елемента в ній немає. Не вдаючись до детального пояснення фізичних процесів, які відбуваються, принцип дії мікрохвильової печі можна пояснити так. Нагрівання їжі відбувається завдяки дії електромагнітних хвиль на молекули води, що містяться в продуктах. Електромагнітне поле, постійно змінюючи свій напрямок, змушує з високою частотою коливатися молекули, які вишиковуються вздовж силових ліній так, що всі позитивно заряджені частини молекул «дивляться» то в один, то в інший бік. Виникає молекулярне тертя, виділяється енергія, що й нагріває їжу.



Мал. 4.9. Нагрівальні пристрії: 1 — електричний чайник; 2 — електроплити; 3 — мультиварка; 4 — пароварка; 5 — електросушарка

¹ Українське прислів'я.



На кухні дедалі частіше використовують індукційні плити (мал. 4.10), в основі роботи яких закладено явище електромагнітної індукції, відкрите фізиком Майклом Фарадеєм¹ ще в 1831 році. Він виявив, що в замкнутому контурі можливе виникнення електричного струму в разі зміни магнітного потоку, що проходить крізь цей контур. Є і зворотний процес, коли змінний струм створює змінне магнітне поле. За таким самим принципом працює й сучасна індукційна плита. Під склокерамічною нагрівальною панеллю (нейтральна до електромагнітних коливань) міститься індукційна катушка, якою тече електрострум із частотою 20–60 кГц. Цей струм створює змінне магнітне поле, яке також створює вихрові струми в тонкому шарі (скін-шарі) дна металевого посуду. Як і звичайний постійний струм, він викликає тепловий ефект. Ці струми не небезпечніші, ніж у звичайних електрических плитах. Та є певні вимоги до посуду. Він має бути сталевим або чавунним, оскільки ці матеріали мають феромагнітні² властивості.



Мал. 4.10. Індукційна варильна поверхня:
1 — «наш піддячий любить борщ гарячий»³; 2 — «Чудеса? Ні, фізика!»

1. Уявіть, що ви збираєтесь придбати індукційну варильну поверхню, і запропонуйте: а) простий спосіб визначення того, чи підходять ваші сковорідки та каструлі для нагрівання на ній; б) спосіб усе ж використовувати «непридатний» посуд для нагрівання на електроіндукційній поверхні. **2. Проаналізуйте** малюнок 4.10.2 та **поясніть**, чому шоколад плавиться на сковорідці й не плавиться на самій індукційній поверхні.

Де холодно, там не голодно! Дія побутового холодильника заснована на властивості рідин під час їхнього кипіння й випаровування поглинати тепло та віддавати його під час конденсування⁴ (мал. 4.11). Подібне явище можна спостерігати, протерши руки одеколоном. Рідина швидко випаровується, її внутрішня енергія зменшується — тож відчуватимемо прохолоду. У холодильнику є спеціальна замкнена вигнута трубка-змійовик, усередині якої за допомогою насоса (компресора) циркулює спеціальний зріджений газ (фреон), його називають **холодоагентом**. Зараз у світі синтезовано понад чотири десятки різних фреонів, що відрізняються за властивостями й хімічним складом. Основні вимоги — це від'ємна температура кипіння за атмосферного тиску, конденсація за низького тиску, висока віддача холоду та безпечність для довкілля. Частина цієї трубки-змійовика розташована всередині холодильника, а частина — зовні.

¹ 1791–1867, Велика Британія.

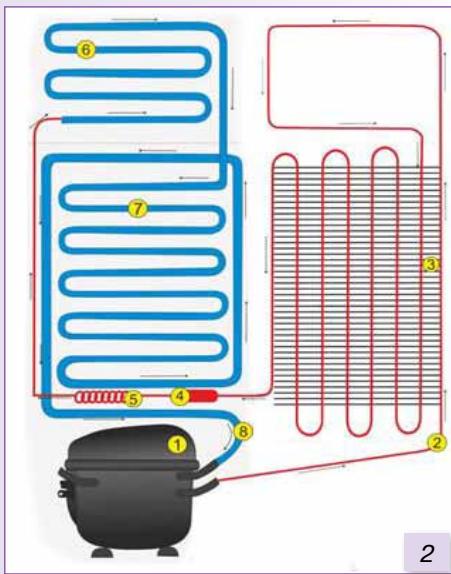
² Феромагнетики — речовини, що за температури, нижчої від певної критичної, здатні виявляти намагніченість без впливу зовнішнього магнітного поля.

³ З українського прислів'я.

⁴ Перетворення пари на рідину.



Коли компресор прокачує рідкий фреон трубкою-змійовиком усередині холодильника (випарника), то холодаоагент випаровується, перетворюється на газ і забирає тепло в стінки змійовика, тобто охолоджує їх і весь простір усередині холодильника. Коли той самий компресор подає той самий фреон у зовнішню частину трубки-змійовика (конденсатор), то холодаоагент знову перетворюється на рідину (конденсується), віддає тепло, а потім знову надходить у випарник. За допомогою циркуляції холодаоагенту в холодильнику постійно підтримується низька температура, — так працює холодильник (мал. 4.11).



Мал. 4.11. Холодильник. 1. Принцип дії. 2. Складники двокамерного холодильника: компресор (1), нагнітальна трубка (2), конденсатор (3), фільтр-осушувач (4), капілярна трубка (5), випарник морозильної камери (6), випарник холодильної камери (7), усмоктувальна трубка (8)

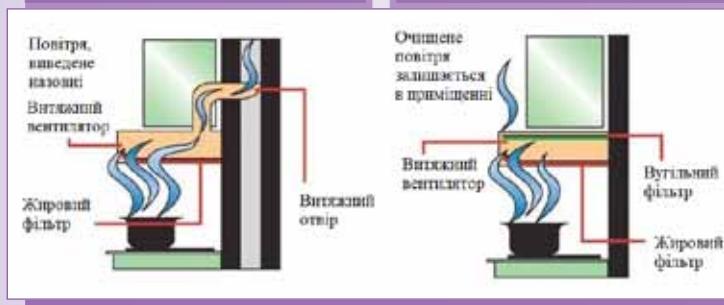
...Фільтруй! Виокремлюй! Учи! Що ми фільтруємо на кухні? Багато чого. Про це ви зможете розповісти самостійно, проаналізувавши малюнок 4.12 і, з огляду на повсякденний досвід, доповнивши візуальну інформацію, наведену на ньому, вербальною (зробіть це).



Мал. 4.12. Фільтруєте? Ну-ну... Свіжого сиру? Вівсяного киселю? Чаю? Кави?..

Та передовсім потрібно фільтрувати воду й повітря. Чому? Вашого повсякденного досвіду цілком достатньо, аби відповісти на це запитання (зробіть це, скориставшись інформацією, наведеною на малюнку 4.13).

1 Дуглас Кемпбел Коупленд, нар. 1961 — канадський письменник.



Мал. 4.13. Фільтруймо!

Ми знаємо, що харчування неабияк впливає на здоров'я, тривалість і якість життя людини, її працездатність, фізичний і розумовий розвиток, самопочуття й настрій. Та чи є повним це ѹ перелік значення харчування? Як щодо зв'язку харчування з розвитком природничих наук, техніки й технологій, з економічними й соціальними чинниками? Щойно ви проаналізували інформацію про побутові пристлади, які застосовують на кухні. Та чи уявляєте, які технології застосовують підприємства харчової промисловості? Над розробленням їх працюють науково-дослідні інститути! Для них інноваційний процес — це не просто частка щоденної роботи, а і єдина можливість подальшого розвитку. «Найбільша у світі компанія з виробництва продуктів харчування Unilever (блізько 400 торговельних марок, серед яких Calve, Lipton, Hellman's) з обігом 48 млрд долларів витрачає на наукові дослідження до 2,5 % від власного обсягу продажів.

Щодо технологічних інновацій, то до них на підприємствах харчової галузі доцільно віднести:

- розроблення та впровадження технологій зберігання сировини, що є основою для виробництва харчових продуктів;

- застосування ресурсозберігальних технологій, для яких характерні максимально корисний вихід готової продукції та мінімум відходів, на основі сучасних методів оброблення;
- удосконалення технологічних процесів для скорочення часу виробничого циклу без втрати якості готової продукції;
- розроблення та впровадження власних пакувальних ліній, що повністю відповідатимуть специфіці продуктів, які виготовляються;
- удосконалення тари, упакування та способів перевезення.

Окрім підприємств харчової промисловості, розвивається сільське господарство, тваринництво та рослинництво. Незабаром однорічні рослини можуть стати багаторічними. Ідеється про пшеницю, рис, кукурудзу, що забезпечують понад 70 % раціону людей. Якщо це вдасться, створення багаторічних зернових культур дасть змогу економити добрива, гербіциди й пальне. Зараз над виведенням багаторічних зернових працюють в Аргентині, Австралії, Китаї, Індії, Швеції та США.

Рис є основним продуктом харчування для половини населення планети. Тому щоб зробити страви з нього поживнішими, учені створили рис, збагачений білком. З нього також можна приготувати рисове молоко або борошно.

Ще одним напрямом удосконалення виробництва протеїновісніх продуктів є створення ферм комах. Саме так! Утримання ферми з худобою потребує багато землі для випасу та води, аби поїсти тварин. Зі збільшенням населення планети утримувати худобу буде дедалі дорожче, на всіх м'яса не вистачить. До того ж скотарство негативно впливає на екологію.

Табл. 1. Ресурси, потрібні для виробництва протеїну масою 1 кг

Тварина	Маса (кг) корму	Об'єм (л) води	Час на відтворення поголів'я
	20	1 500	 6 років
	6,7	600	 6 тижнів
	3,3	360	 200
	1,7	1	



Скільки живності потрібно, аби прогодувати людство протягом року (шт.)?

60 млрд	3,5 млрд	1,4 млрд	1 млрд	300 млн	5 млн	2 млн

З коровами пов'язана серйозна екологічна проблема. Ідеться про метан — парниковий газ, який виділяють жуйні тварини. У середньому корова виділяє метан масою 20 г у перерахунку на суху речовину масою кілограм у кормі. Півтора мільярди корів щорічно постачають в атмосферу кількість метану, еквівалентну вуглекисловому газу масою 3—4 Гт, або 10 % від усієї антропогенної емісії, пов'язаної зі спалюванням викопного палива.

Одне з можливих рішень — перехід від скотарства до вирощування комах. Такі ферми вже активно розвиваються в Голландії та США: на них вирощують цвіркунів, ос, сарану, гусінь, коників, мурах тощо. Не обов'язково їсти комах у їх початковому вигляді. З них виготовляють протеїнову муку, з якої роблять стейки, бургери, протеїнові батончики тощо. Інша альтернатива стейку — штучно вирощена тканина (мал. 4.14).



Мал. 4.14: 1 — фітнес-батончики із цвіркунів; 2 — м'ясо з пробірки

Опишіть за малюнком 4.14.2 виробництво штучного м'яса, використавши такі словосполучення: «стовбурові клітини», «жива худоба», «поживне середовище», «м'язова тканина», «стовбурові клітини», «стимулює ріст», «смакові добавки й ароматизатори», «виготовляють фарш», «швидко діляться», «м'ясні вироби».

Загальні тенденції у сфері розвитку харчових технологій такі:

- *біоінформатика та дизайн харчових продуктів* створюватимуть продукти, орієнтовані на індивідуальні потреби кожного споживача. Така персоналізація підвищить загальний добробут і допоможе в дотриманні персональної дієти;
- *генетика, синтетична біологія та дизайн* їжі зменшать навантаження на традиційне сільське господарство за допомогою лабораторного виробництва їжі;

- урбанізація стимулюватиме розвиток вертикальних ферм (мал. 4.15);



Мал. 4.15. Вертикаль

- розроблення джерел енергії дасть змогу ефективніше використовувати сонячну й вітрову енергію, а також можливість добувати її з водоростей та біопалива.

Тенденції показують, що передовсім розвиватиметься *функціональна їжа*. На вигляд це будуть звичні продукти, проте вони міститимуть додаткові поживні елементи. Можливо, у майбутньому технології самі визначатимуть, що нам їсти на сніданок, обід або вечерю. Вони ж замовлятимуть і транспортуватимуть їжу із супермаркета до холодильника.

Учені вже розвивають нові способи виявлення сильних і слабких сторін організму людини й учаться визначати, які елементи, мінерали та вітаміни її можуть бути необхідними, аби позбутися розвитку ймовірних хвороб.

Сучасний приклад функціональної їжі — *дитяче харчування*. Та згодом матимемо продукти з урахуванням кожного сегмента населення — оптимізовані для жінок, чоловіків і літніх людей або певної демографічної групи.

Їжу й надалі отримуватимемо з природних джерел. Однак спосіб її приготування може змінитися. Пригадайте, NASA від 2013 року розробляє для астронавтів технологію друкування їжі на 3D принтері. Така їжа, можливо, не найапетитніша, проте дуже функціональна, дає максимальне насичення й забезпечує підтримання здоров'я.

Своєчасне виявлення стійких небезпечних тенденцій і прогнозування у сфері харчування тепер є одним з найважливіших завдань науки про «правильну» їжу. Пам'ятаймо, що національна кухня, традиції харчування зумовлені тривалою адаптацією популяції до умов навколошнього середовища. Вони спираються на доступні ресурси й відповідають типу фізіологічної активності та необхідні для поповнення енергетичних затрат організму.

Укладіть список «Топ-10 українських страв» й аргументуйте свій вибір.

ЇСТИ Й НЕ ХВОРІТИ

«У мене болить живіт». Це мабуть один з найпоширеніших симптомів, які ви відчували (мал. 4.16).



Мал. 4.16. Карта болів у животі

За даними ВООЗ, здоров'я людини на 70 % залежить від того, що вона єсть. Науково доведено, що нерациональне харчування суттєво впливає на тривалість життя людини й призводить до виникнення та розвитку не-інфекційних захворювань: серцево-судинних, онкологічних, діабету, порушення обміну речовин. На жаль, сьогодні ця проблема стала головним викликом для системи охорони здоров'я в Україні. Діабет, рак, серцево-судинні захворювання, хронічні хвороби органів дихання зумовлюють понад 2/3 загальної захворюваності та близько 86 % смертей українських громадян.

Хвороби, пов'язані з недостатнім або надлишковим харчуванням, називають *аліментарними*. Можна виділити такі хвороби з аліментарним фактором ризику: атеросклероз (тваринні жири, холестерин, легкозасвоювані вуглеводи), злюкісні пухlinи (копчені продукти, тваринні жири), цукровий діабет (легкозасвоювані вуглеводи, тваринні жири), подагра (пуринові основи, нуклеїнові кислоти, сечова кислота та інші азотовмісні екстрактивні речовини).

Розлади харчування організму — це патологічні стани, обумовлені нестачею або надлишком необхідних для життєдіяльності харчових речовин, а також недостатністю або надлишковою енергетичною цінністю їжі.

Аліментарні захворювання в основному виникають внаслідок тривалих порушень харчування.

До хвороб недостатності харчування належать при білковій і білково-енергетичній недостатності — аліментарна дистрофія, при вітамінній і мінеральній недостатності — цинга (вітамін С), пелагра (вітамін PP), бері-бері (вітамін В1), анемія (вітамін В12), ендемічний зоб (J), каріес (F).

Існує ряд хворіб, безпосередньо пов'язаних із харчуванням: ожиріння, цукровий діабет, гіпертонія, атеросклероз, захворювання серця, рак.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Одинадцятикласниці й одинадцятикласники посперечалися. Одні, щоб набути стрункості, вирішили повністю вилучити зі свого раціону жири. Інші застерігали їх від цього. Яка ваша позиція із цього питання? Уявіть себе на їхньому місці й наведіть по три найвагоміші, як на вашу думку, аргументи, аби переконати опонентів й опоненток.
2. Проаналізуйте зміст етикеток харчових продуктів, косметичних і побутових засобів; з'ясуйте, чи містять вони жири. Результати дослідження оформіть як таблицю:

Об'єкт дослідження	Жири	
Тваринні	Рослинні	Транс-жири

3. Під час смаження їжі відбувається розкладання кулінарних жирів й олії фриттору. Щоб оцінити ступінь придатності фриттору для подальшого використання, його перевіряють тест-індикатором — вузькою пластиною з білого паперу, на одному кінці якої є чотири поперечні сині смужки (мал. 2.42). Індикатор занурюють у гарячий кулінарний жир і підраховують кількість смужок, які змінили колір із синього на жовтий. Індикатор точно показує момент вибракування фриттору, що дає змогу скоротити витрату жирів й отримати найвищу якість приготування їжі за рахунок оптимального використання кулінарного жиру в закладах громадського харчування. Пригадайте склад і хімічні властивості жирів та висловіте припущення, які саме речовини можуть зумовити зміну кольору індикатора.



Мал. 2.42. Тест-смужки для перевіряття якості фриттору

4. Дослідіть, чи є «приховані» жири в шоколаді, картопляних чіпсах, соняшниковому насінні, ядрах волоських горіхів.
5. Запропонуйте кілька способів, за допомогою яких можна відрізняти один від одного: а) мед, фальсифікований крохмалем, від меду, фальсифікованого крейдою; б) гліцерол і крохмальний клейстер.
6. Топінамбур (земляна груша) не містить крохмалю, хоча страви з нього зовні й за смаком нагадують картопляні. Запропонуйте, як хімічним шляхом розрізнати варену бульбу й топінамбур.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

7. Поясніть, чому під час змагань із тріатлону та проходження марафону на дистанції обов'язково організують низку пунктів харчування для спортсменів і спортсменок.
8. Виявлено, що під час варіння кисілю з кислих ягід у ньому збільшується вміст глукози. Поясніть це явище з погляду хімії.
9. Поясніть з погляду хімії та життєвого досвіду, чому: а) що більший уміст глукози у свіжій капусті, то довше зберігається й смачніша приготовлена з неї квашена капуста; б) для квашення вибирають середньо- та пізньостиглі сорти капусти.
10. Пригадайте, які іони зумовлюють тимчасову твердість води, та: а) поясніть, чому відварені у твердій воді зелені овочі не втрачають кольору; б) з огляду на те, що клітинний сік зелених овочів містить аскорбінову кислоту, оцініть доцільність використання цього «лайфхаку» в повсякденному харчуванні.
11. Спортсмени й спортсменки, які прагнуть збільшити м'язи, уживають напої, що містять амінокислоти. Чому цей спосіб є ефективним? Оцініть його переваги та ризики.
12. Поясніть, чому вегетаріанцям важливо вживати харчові добавки, які містять амінокислоти.
13. Дізнайтесь, скориставшись різноманітними джерелами інформації: а) для чого застосовують харчові добавки Е 640 та Е 951, чи дозволено їх використовувати в Україні; б) чи виявлено гліцин за межами Землі та яке це має значення. За результатами досліджень підготуйте презентації.
14. З огляду на вивчене поясніть: а) згубну дію алкоголю та радіоактивного опромінення на здоров'я; б) чому інколи молоко під час кип'ятіння зсідається й звідки в молоці з'являються речовини, які спричиняють це явище; в) яку властивість білків використовують у кулінарії, коли маринують м'ясо за допомогою харчових кислот — молочної, оцтової, лимонної, винної — або обробляють ферментами, що є в ананасі, папаї тощо; г) чому досвідчені господині для приготування смачного бульйону м'ясо кладуть у холодну воду, а для приготування смачного м'яса — в окріп. Експериментально перевірте свої міркування, описані методику проведення експерименту й спостереження. Чи підтвердилися ваші гіпотези щодо причин такого підходу до приготування страв?
15. Під керівництвом учителя або вчительки дослідіть, чи відбувається біуретова реакція: а) з натуральним м'ясним бульйоном; б) бульйонами з бульйонних кубиків різних виробників; в) овочевим відваром. Зробіть висновок про вміст білка в досліджуваних об'єктах. За результатами досліджень підготуйте презентацію.
16. Поясніть, чому гідроген пероксид швидко розкладається внаслідок контакту із сирим м'ясом або картоплею і не розкладається, якщо ці продукти зварити.
17. Бромелайн — протеолітичний фермент, що є в рослин сімейства бромелієвих, зокрема в ананасі. Поясніть з погляду хімії, для чого перед смаженням м'ясо маринують в ананасному соку.
18. Поясніть, чому до страв з моркви — джерела β-каротину — рекомендовано добавляти олію, вершки тощо.
19. Прокоментуйте з огляду на вивчене кулінарні поради: а) «Фрукти у варенні не варто варити понад 20 хвилин»; б) «Ягоди та фрукти перед заморожуванням треба помити, можливо, перемолоти блендером і прогріти до 60–90 градусів упродовж 1 хвилини»; в) «У заготівлі всіх овочів важливо їх попередньо швидко бланширувати або запекти».



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

20. Крохмаль розщеплюється в ротовій порожнині людини ферментом амілазою, інші ферменти шлунково-кишкового тракту його не розщеплюють. **Поясніть**, чому швидке недбале пережовування крохмалевмісних виробів може привести до зуття живота й навіть кандидозу.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1. Дослідження складу харчових продуктів за інформацією етикетки товару

Завдання. Проаналізуйте інформацію щодо складу харчових продуктів, наведену на етикетці. Визначте, чи є в їхньому складі жири, білки, вуглеводи, вітаміни, ферменти тощо та які харчові добавки містять ці продукти. Скористайтесь додатковими джерелами інформації, аби дійти висновку, для чого ці добавки введено в продукт і наскільки вони безпечні для людини.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

1. Шкода і користь дієт, голодування.
2. Для чого потрібен риб'ячий жир?
3. Життя без цукру: знак запитання.
4. Національні особливості харчування та їх зв'язок із тривалістю життя.
5. Сніданок моїх однолітків у країнах світу.
6. Традиційні кухні світу.
7. Українська кухня: що скаже фізик, хімік і біолог.
8. Молекулярна кухня.
9. Космічне харчування.
10. Якість продуктів харчування з погляду енергетичної цінності, умісту корисних і шкідливих речовин.
11. Дієти й особливості їхнього застосування.
12. Соціологічне дослідження поживних звичок залежно від статі, віку, соціального оточення.
13. Розроблення збалансованого меню для різних вікових груп населення.
14. Дослідження енергетичного потенціалу різних продуктів, співвіднесення інформації з написами на товарі.
15. Дослідження вмісту вітамінів у харчових продуктах.
16. Дослідження вмісту нітратів у харчових продуктах.
17. Від імені уряду створіть і запишіть для телебачення рекламний відеоролик, який пропагує здорове харчування.
18. Оцінка співвідношення собівартості харчової продукції з витратами на її логістику та дистрибуцію.
19. Світова проблема голоду.

ЛЮДИНА



Д. 5. СЕРЦЕ І КРОВ

29 вересня у світі відзначають Всесвітній день серця. В Україні кількість людей, які страждають від серцевих захворювань, досить висока: за офіційними даними, для 67 % українців хвороби серця закінчуються летально. Для порівняння: у США це близько 48 %, у Польщі — 27 %, у Німеччині — 20 %. Що ж потрібно знати й робити, аби вберегти своє серце?

ПРИГАДАЙТЕ

Про кровоносну й лімфатичну системи

ВІДНОВЛЕННЯ

Знати й **розуміти** роботу серця як насоса, тривалість серцевого циклу та його фаз.

Пояснювати основні властивості серцевого м'яза (збудливість, провідність, скоротливість, автоматія/автоматизм); особливості й значення крово- та лімфообігу, наслідки порушенні їх.

Характеризувати велике й мале кола кровообігу; рух крові судинами (кров'яний тиск, швидкість руху крові); роботу серця; фази серцевого циклу; складники й функції крові та лімфи; фізіологічну суть і значення зсідання крові; ознаки найпоширеніших серцево-судинних захворювань, способи їхньої профілактики й усунення.

Виявляти в будові й функціях серцево-судинної системи людини фізичні та хімічні закономірності.

Дотримуватися правил вимірювання артеріального тиску, пульсу. **Усвідомлювати** взаємозв'язок між будовою, властивостями та функціями органів серцево-судинної системи, причини й наслідки порушень у роботі органів серцево-судинної системи.

Обґрунтовувати заходи профілактики серцево-судинних захворювань.

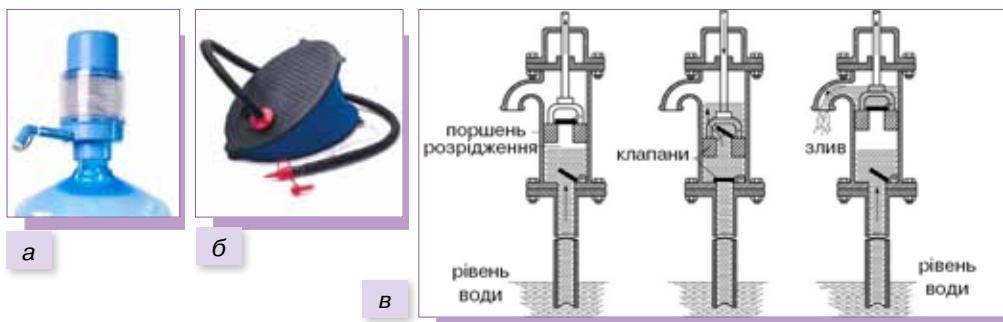
Аргументувати вибір оптимальних чинників здорового способу життя

ЩО ВОНО ЗА ШТУКА, ЩО ДЕНЬ І НІЧ СТУКА

Із чим порівнюють серце? Зазвичай серце порівнюють з мотором (двигуном) або насосом (помпою). З'ясуймо, чому саме із цими технічними засобами. А ще серце порівнюють з кулаком, годинником, камнем, душою, любов'ю... (*самостійно поясніть чому*).

Що ми знаємо про насос, помпу, мотор, двигун? Насос (помпа) — механізм для накачування або викачування рідин, газів. За принципом роботи помпи поділяють на динамічні та об'ємні. Робота серця за принципом дії відповідає об'ємному насосу — це насос, у якому рідина переміщається за рахунок періодичної зміни об'єму робочої камери, що поперемінно сполучається з вхідним і вихідним патрубками насоса.

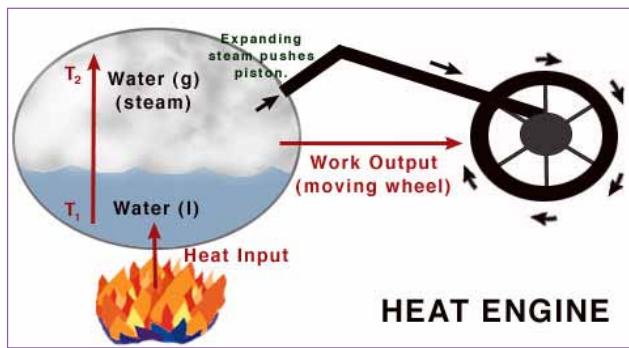
Зміна об'єму робочої камери зумовлює зміну тиску рідини, що також забезпечує її рух: усмоктування в робочу камеру за збільшення її об'єму, а потім — виштовхування за зменшення. Зміну об'єму камери можна регулювати поршнем, гнучкою мембрanoю тощо (мал. 5.1).



Мал. 5.1. Помпа для перекачування води (а); повітряний насос (б); поршневий водяний насос (в)

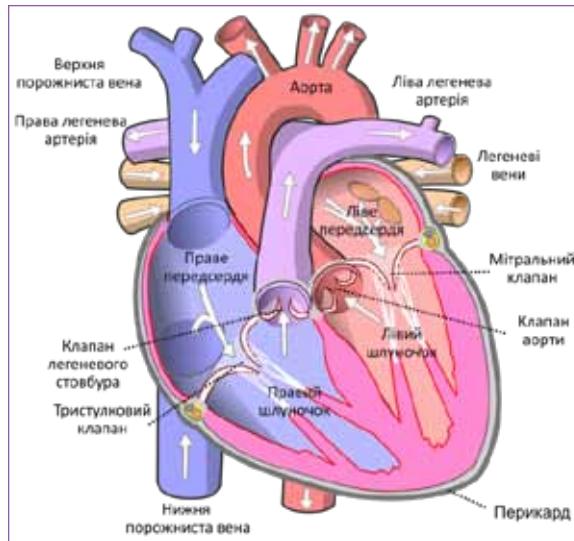
Принцип дії поршневого водяного насоса ґрунтуються на двох функціях: усмоктування в резервуар насоса та витискування назовні. Розгляньте малюнок 5.1, в і поясніть принцип дії такого насоса.

Двигун (мотор) — обидва слова мають однакове значення — силова установка, яка перетворює будь-який вид енергії в механічну роботу (за схематичним малюнком 5.2 поясніть принцип дії двигуна).



Мал. 5.2. Як працює цей двигун?

Серце обґрунтовано порівнюють з насосом і двигуном. Пригадаймо його будову (мал. 5.3).



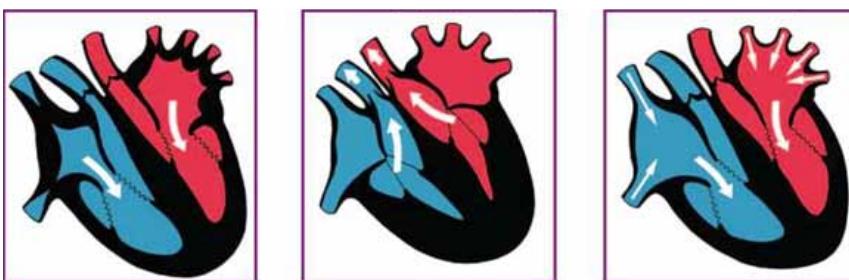
Серце — порожнистий м'язовий орган конусоподібної форми. У людини воно чотирикамерне. Дві верхні камери називають передсердями, дві нижні — шлуночками, права й ліва половини серця розділені товстою м'язовою стінкою, аби венозна й артеріальна кров не змішувалися. Зовнішню поверхню серця, утворену сполучною тканиною, називають навколосерцевою сумкою (перикардом). Простір між перикардом і епікардом заповнений рідиною, що знижує тертя під час скорочення міокарда.

Будова стінки серця

1. Епікард — сполучна тканина, укрита епітелієм.
2. Міокард — шар посмугованого м'яза.
3. Ендокард — шар ендотеліальних клітин.

Мал. 5.3. Будова серця

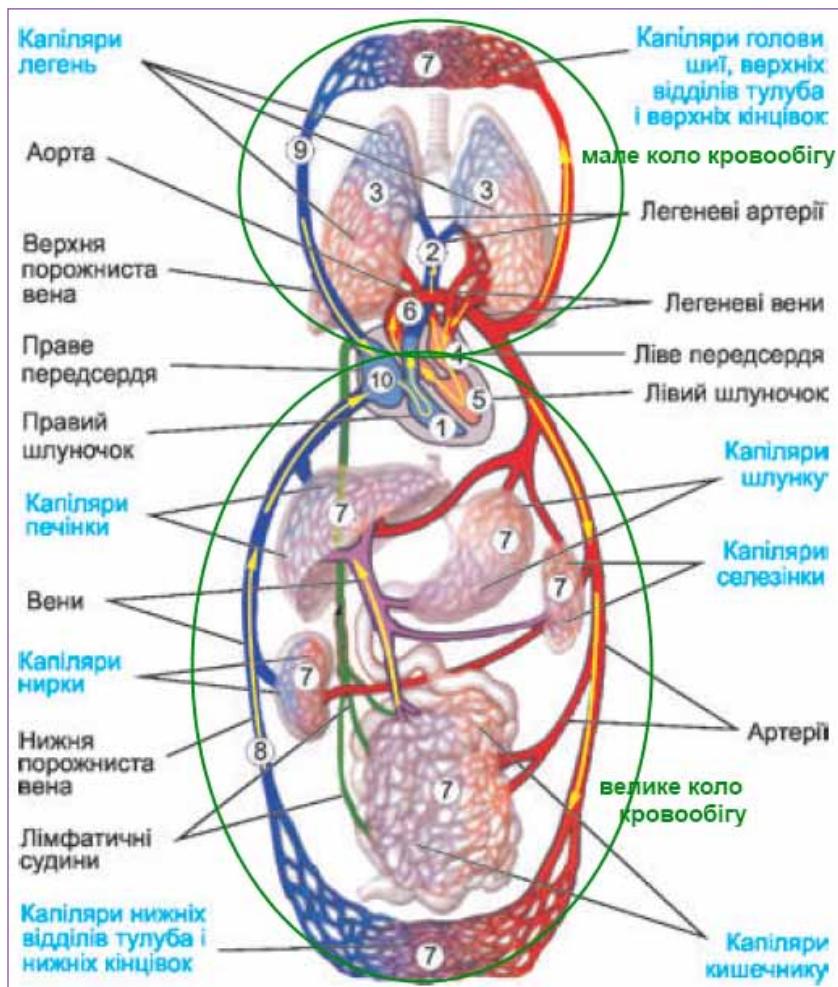
Серце перекачує кров, як насос, і перетворює енергію, як двигун. Робота серця є безперервним чергуванням періодів скорочення (систола) й розслаблення (діастола), що складають серцевий цикл (мал. 5.4). Скорочення (систола) передсердь триває близько 0,1 секунди. Шлуночки розслаблені, стулкові клапани відкриті, півмісяцеві — закриті. Кров з передсердь надходить у шлуночки (мал. 5.4.1). Скорочення (систола) шлуночків триває близько 0,3 секунди. Передсердя розслаблені, стулкові клапани закриті, півмісяцеві клапани відкриті. Кров зі шлуночків надходить у легеневу артерію й аорту (мал. 5.4.2). Пауза — розслаблення передсердь і шлуночків (діастола) — триває близько 0,4 секунди. Стукові клапани відкриті, півмісяцеві — закриті. Кров з вен потрапляє в передсердя й частково стікає в шлуночки (мал. 5.4.3). оптимальний режим роботи серця — передсердя працюють 0,1 секунди й відпочивають 0,7 секунди, а шлуночки працюють 0,3 секунди й відпочивають 0,5 секунди.



Мал. 5.4. Серцевий цикл

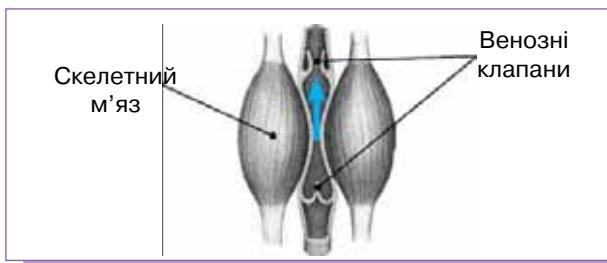
Серцево-судинна система людини є замкнutoю, тому для забезпечення плину крові в ній серце виконує роль насоса, який діє періодично. На відміну від звичайного поршневого насоса зі сталою площею поршня, під час роботи серця його робоча поверхня (внутрішня поверхня шлуночків) змінюється в різні фази їхнього скорочення. До двигуна серце подібне тим, що скорочення серцевого м'яза (механічна дія) відбувається за рахунок перетворення енергії переважно молекул аденоzinтриортофосфату й креатинортофосфату.

За малюнком 5.5. опишіть рух крові малим і великим колами кровообігу.



Мал. 5.5. Кровоносна система: 1 — правий шлуночок; 2 — легенева артерія; 3 — сітка капілярів у легенях; 4 — ліве передсердя; 5 — лівий шлуночок; 6 — аорта; 7 — капіляри; 8 — нижня порожниста вена; 9 — порожниста вена; 10 — праве передсердя

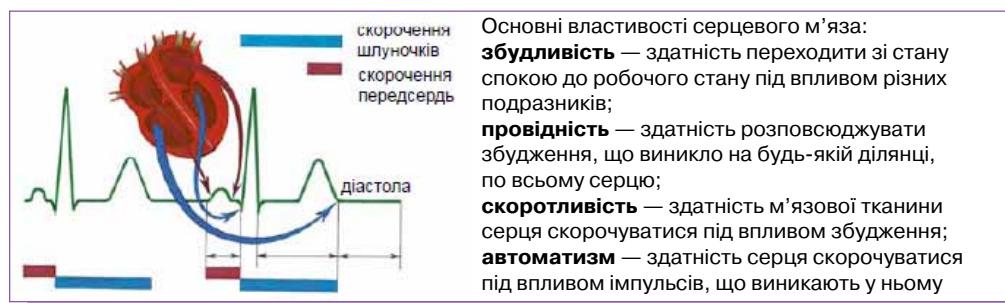
Головний насос — це серце. Але в кровоносній системі є й допоміжні насоси, що працюють за рахунок зовнішнього тиску. Це, наприклад, великі вени ніг людини (мал. 5.6). У цих вен відносно тонкі стінки, а самі вони мають клапани, які перешкоджають зворотному потоку крові. Коли м'язи ніг скорочуються, вони стискають вени й створюють необхідний тиск, а клапани примушують кров рухатися в напрямку до серця. Без цієї системи кров під дією сили тяжіння застоювалася б у судинах. Тому стінки судин, особливо вен, неодмінно мають бути еластичними. В артерій стінки товщі, ніж у вен, і менш стискаються.



Мал. 5.6. Особливості будови вен нижніх кінцівок

Серце, що забезпечує кров'ю весь організм людини, теж потребує постійного надходження кисню та поживних речовин. Обмін речовин у міокарді відбувається в 10–20 разів інтенсивніше, ніж у будь-якому іншому органі людини. На живлення серця організм витрачає 20 % своїх енергетичних ресурсів. Джерелом енергії, витраченої під час скорочення серцевого м'яза, як ми вже зазначали, є аденоцитріофосфат і креатинортрофосфат. Кров надходить до серця коронарними, або вінцевими, артеріями. За добу коронарними артеріями протікає кров, об'єм якої в середньому становить 350 л.

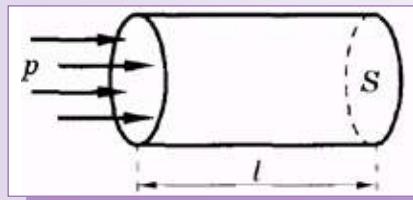
Серце створює слабкі біоелектричні сигнали, які проходять по всьому тілу. У 1903 році голландський фізіолог Віллем Ейтговен (1860–1927, Голандія) створив спеціальний пристрій для запису електричних сигналів у серці — *електрокардіограф*. Якщо зафіксувати ці сигнали від шкіри рук і ніг, а також від поверхні грудної клітки, то дістанемо електрокардіограму (мал. 5.7). Електрокардіограма відображає стан серцевого м'яза й служить важливим показником його діяльності.



Мал. 5.7. Електрокардіограма — важливий показник діяльності серця



Розрахуємо механічну роботу серця за одне скорочення. Робота серця дорівнює сумі робіт, виконаних шлуночками. Лівий шлуночок серця виконує більшу частину роботи, бо виштовхує кров у велике коло кровообігу. Робота правого шлуночка $A_{\text{п.ш.}}$ становить $0,2 A_{\text{л.ш.}}$, тому $A_{\text{серця}} = A_{\text{п.ш.}} + A_{\text{л.ш.}} = 1,2 A_{\text{л.ш.}}$.



Мал. 5.8. Робота лівого шлуночка серця під час виштовхування систолічного (або ударного) об'єму крові V в аорту спрямована на подолання сил тиску крові

$$\text{та надання їй кінетичної енергії: } A_{\text{л.ш.}} = Fl + E_{\text{k}} = pSl + E_{\text{k}} = pV + \frac{mv^2}{2}.$$

Роботу серця за одне скорочення визначають за формулою:

$$A_{\text{серця}} = 1,2 \left(pV + \frac{\rho V v^2}{2} \right).$$

Вона становить приблизно 1 Дж.

З огляду на тривалість систоли середню потужність серця в спокої обчислюємо за формулою $N = \frac{A}{t_{\text{сист}}} = \frac{1}{0,3} \approx 3,3 \text{ Вт}$.

За кожної систоли серце виштовхує в аорту кров об'ємом близько 60–70 мл. Це — систолічний (ударний) об'єм крові. Під час фізичної роботи та емоцій систолічний об'єм крові збільшується у 2–3 рази. Підраховано, що за 1 хв серце викидає в судини кров об'ємом до 5 л, а під час навантаження цей об'єм збільшується до 35–40 л (3–4 відра).

Робота серця за добу становить 86 400 Дж. Таку роботу треба виконати, аби підняти вантаж масою 1 т на висоту приблизно 9 м.

Серце — найпрацездатніший двигун: за 70 років життя воно перекачує кров об'ємом 230–250 млн л.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) серця становить 14–25 %, що свідчить про значні втрати енергії. Під час фізичної роботи й тренувань ККД серця може збільшуватися. Унаслідок підвищення артеріального тиску навантаження на серце зростає, а ККД — зменшується. Для полегшення роботи серця бажано, аби кров'яний тиск був порівняно низьким, а серцевий викид — великим.

У НАШИХ ЖИЛАХ

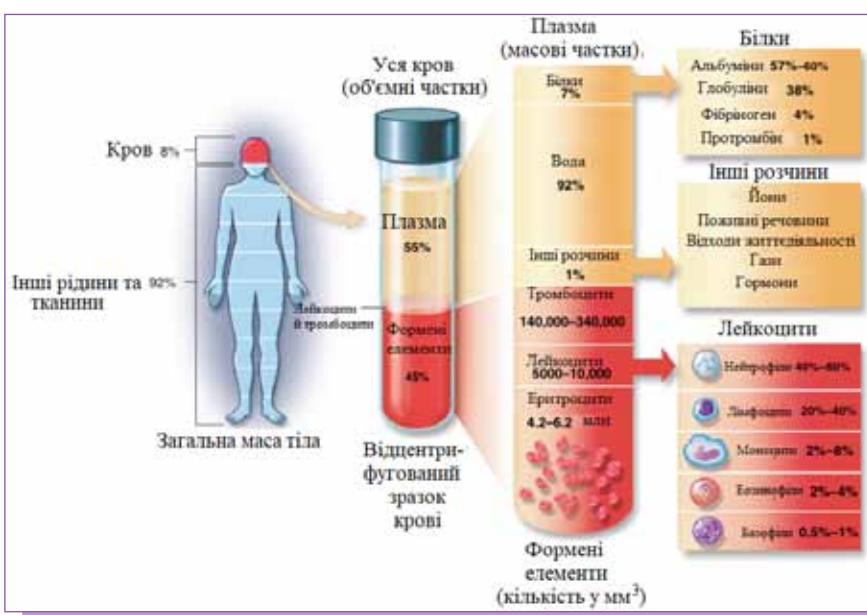
Кров завжди символізувала життя та його мінливість. Наші предки присвоювали їй надприродні властивості та вважали, що саме в крові міститься частина божественної енергії. Що нам відомо про кров?

Кров — це рідка тканина, що є різновидом сполучної тканини. Складається з рідкої міжклітинної речовини — плазми — та формених елементів крові — еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів (мал. 5.9).

Склад крові: плазма, вода, білки, жири, вуглеводи, іони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , OH^- , мінеральні речовини.

Функції крові:

- транспортна — перенесення поживних речовин, транспортування продуктів розпаду до органів виділення;
- дихальна — участь у газообміні, транспортування кисню та вуглекислого газу;
- захисна — лейкоцити крові здатні до фагоцитозу (від грец. φαγος «пожирач» і китоς «оболонка, умістить, клітина» — активне захоплення й поглинання мікроскопічних сторонніх об'єктів) і вироблення антитіл;
- терморегуляторна — кров має велику теплопровідність і теплоємність, бере участь у підтримуванні температури тіла на сталому рівні;
- гомеостатична — підтримування гомеостазу (від грец. ομοιος «однаковий, подібний» і στασις «стан; нерухомість» — стан рівноваги) організму;
- регуляторна — транспортування чинників гуморальної регуляції.



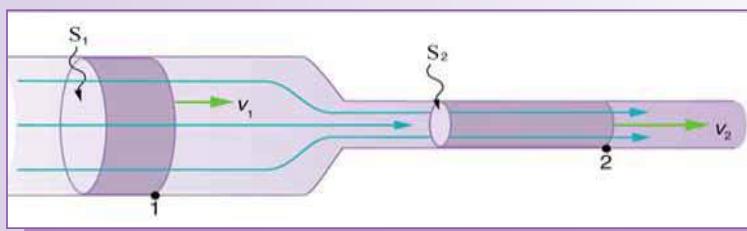
Мал. 5.9. Кров не водиця

Ось така наша кров з погляду біології. А що нам розкажуть про неї фізика й хімія?



Кров є неньютонівською рідиною. Ця категорія включає суспензії, емульсії та розчини макромолекул (наприклад, білків). Довгі ланцюжки макромолекул у розчинах можуть сплутуватися один з одним, і це переплетіння перешкоджає їхній здатності реагувати на зміни швидкості течії розчинника. Кров є щільнішою та в'язкішою за воду. Але за такої швидкості течії, яка підтримується в судинах кровоносної системи, рух крові можна описувати рівняннями гідродинаміки, які застосовують для ідеальних рідин. Зокрема справджується умова неперервності: добуток швидкості плину на площину поперечного перерізу трубки (мал. 5.10) є величиною

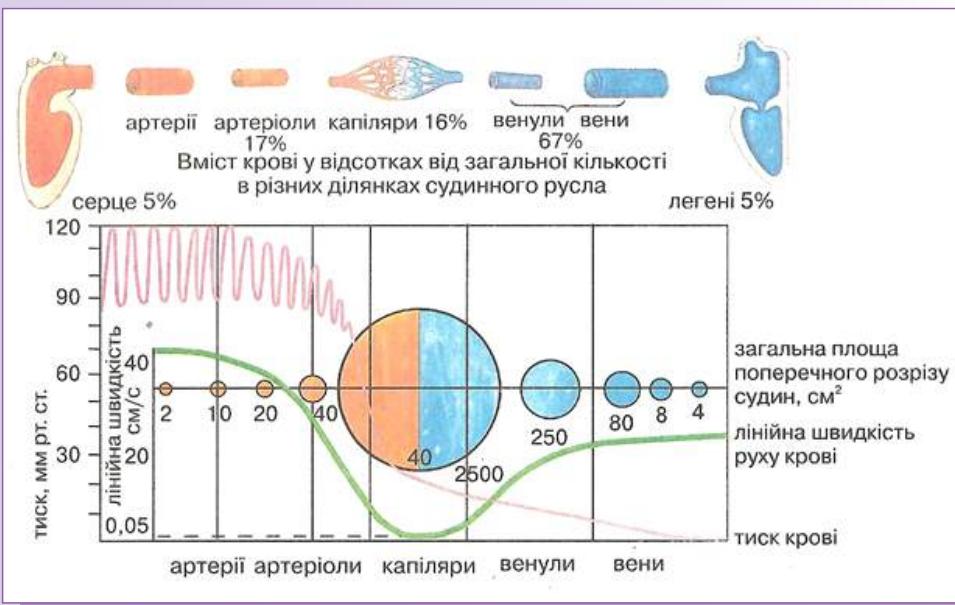
сталою для будь-якого перерізу: $Sv = \text{const}$, тобто $S_1v_1 = S_2v_2$ або $\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}$.



Мал. 5.10. До умови неперервності

Іншими словами: швидкість плину рідини більша в тих точках, де площа поперечного перерізу менша, і навпаки.

Як показують розрахунки, загальна площа перерізу капілярів у 600–800 разів більша за площу перерізу аорти, тому швидкість руху крові, згідно з рівнянням нерозривності струмини в капілярах є найменшою. Якщо в аорті швидкість становить 0,5 м/с, то в капілярах вона досягає 0,05–0,1 см/с. У венах, де поперечний переріз зменшується, швидкість руху крові знову зростає (мал. 5.11).



Мал. 5.11. Розподіл лінійної швидкості кровотоку в різних ділянках судинного русла

Об'ємна швидкість кровопліну однакова в поперечному перерізі будь-якої ділянки серцево-судинної системи й дорівнює кількості крові, яку викидає серце за одиницю часу. Наприклад, хвилинний об'єм крові — 5 л/хв. Така сама кількість крові потрапляє до серця венами за хвилину. Об'ємна швидкість кровопліну залежить від різниці тисків на початку й у кінці ділянки судинної системи та її загального опору плину крові.

Плин крові в судинах залежить як від властивостей крові, так і від властивостей кровоносних судин.



Хімія крові

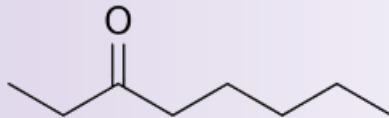
Гемоглобін (від грец. ἀίμα «кров» і лат. Globus «куля») — ферумоовмісний білок складної будови (мал. 5.12). Міститься в крові тварин, у яких є кровообіг, здатний оборотно зв'язуватися з киснем і забезпечувати його перенесення в тканини. Молекула гемоглобіну може нести до чотирьох молекул кисню.



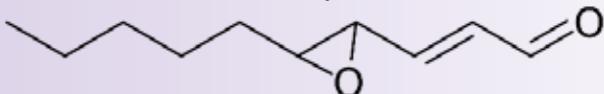
Мал. 5.12. Скульптура Юліана Фосс-Андре (нар. 1970, Німеччина, США)
«Серце зі сталі» у формі молекули гемоглобіну

Геми — складники гемоглобіну — містять катіони Феруму(II). Унаслідок кровотечі гемоглобін окиснюється до метгемоглобіну, тому кров буріє. Токсична дія карбон(II) оксиду (чадного газу) зумовлена утворенням карбоксигемоглобіну — значно міцнішої сполуки порівняно з комплексом гемоглобіну з киснем (оксигемоглобіном). Тож отруєння чадним газом призводить до блокування процесів транспортування кисню й клітинного дихання.

Чому в крові «металевий» присмак? Унаслідок взаємодії іонів Феруму(II), що містяться в гемоглобіні, і молекул жиру утворюється низка речовин, зокрема окт-1-ен-3-он:



Чим пахне кров? У неї легкий «металевий» запах. Саме його вловлюють хижаки й безпомилково знаходять поранену жертву. Характерний запах крові надає сполука, що за структурою подібна до окт-1-ен-3-ону:



Якого кольору кров? Від чого це залежить? Відповісти на це запитання ви зможете самостійно, скориставшись додатковими джерелами інформації, щоб доповнити наведену далі інфографіку (зробіть це).



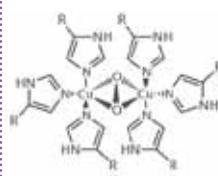
???



Гемоглобін



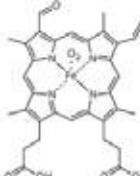
???



Гемоціанін



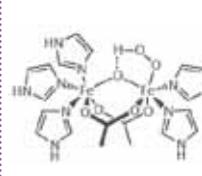
???



Хлорокруорін



???



Гемеритрин

«Кривавий» детектив. «То була висока кімната, де на полицях блищали незлічені пляшечки. Усюди стояли низькі, широкі столи, загромаджені ретортами, пробірками й бунзенівськими пальниками, над якими тріпотіло блакитне полум'я. У кімнаті був лише один заглиблений у працю чоловік, який схилився над столом у кутку. Почувши наші кроки, він озорнувся й підхопився з радісним вигуком.

— Знайшов! Знайшов! — кинувся він до нас з пробіркою в руках. — Я винайшов реактив, що осаджується лише гемоглобіном і нічим іншим.

— З погляду хімії це, звичайно, цікаво, — відповів я, — але практично...

— Боже милий, та практично це ж найважливіше відкриття в судовій медицині за останні роки. Хіба ви не бачите, що це дає змогу без помилок визначити криваві плями? Ходить-но сюди! — Він нетерпляче схопив мене за рукав і підвів до столу, за яким працював. — Беремо трохи свіжої крові, — сказав Холмс і, укововши довгою голкою собі палець, витяг піпеткою краплинку крові. — А тепер розчиняємо цю краплину в літрі води. Вода, як бачите, здається чистісінькою. Співвідношення крові до води — не більше, ніж один до мільйона. І все-таки немає сумніву, що ми матимемо характерну реакцію. — Промовивши це, він кинув у склянку кілька білих кристаликів і додав трохи прозорої рідини. Вода в склянці миттю стала каламутно-багряною, а на дні з'явився бурій осад.

— Це, мабуть, дуже сильний реактив, — зауважив я.

— Чудовий! Чудовий! Давніший спосіб із ґуяковою смолою був дуже громіздкий і непевний. Так само, як і огляд кров'яних тілець під мікроскопом. Це взагалі марно, якщо кров пролито кілька годин тому. А цей реактив діє однаково добре — чи свіжа то кров, чи ні. Якби його відкрили раніше, то сотні людей, що гуляють зараз на волі, давно вже дістали б кару за свої злочини.

— Он як! — пробурмотів я.

— Розкриття злочинів часто стикається із цією загадкою. Людину починають підрозрювати в убивстві за кілька місяців після його сконення. Оглядають білизну чи одяг і знаходять бурі плями. Що то — кров, глина, іржа, сік чи щось інше? Ось питання, що спантеличувало багатьох фахівців, і чому? Тому, що не було надійного реактиву.

Артур Конан Дойл¹. «Етюд у багряних тонах»

¹ 1859–1930, Велика Британія.



Цей літературний вимисел геніального майстра детективного жанру має наукове підґрунтя й водночас є досить наївним. У середині 1820-х французькі судові експерти почали ідентифікувати сліди крові за допомогою хімічних реакцій. На той час медики вже згадувалися, що кров — складна багатокомпонентна суміш. Тож використати один реактив, який дасть змогу впевнено стверджувати, що пляма на одязі підозрюваного — це кров, досить проблематично.

Хімік і лікар Жозеф Орфіла (1787–1853, Іспанія, Франція), першопроходець у галузі судової токсикології й засновник токсикології як науки, започаткував хімічні тести з виявлення крові. Під час досліджень науковець наносив кров на тканину й замочував її у воді. На добутий розчин він діяв хлоридною кислотою, калій карбонатом, рослинними складниками. Під дією цих реагентів або розчин змінював забарвлення, або утворювався характерний осад, тож можна було дійти висновку, чи є в розчині кров.

Також Орфіла використовував одну особливість крові, що відрізняє її від інших рідин, — згортання. Дослідник поміщав тестований розчин на скло й спостерігав, як упродовж декількох хвилин починали утворюватися згустки. Так він навчився відрізняти плями крові від іржі або плям від соку червоного винограду.

У 1853 році Людвіг Тейхманн-Ставларський (працював у Кракові, Польща) уперше розробив доказовий метод визначення крові за допомогою хімічної реакції. За його методикою з поверхні досліджуваної плями потрібно зіскоблити на предметне скло кілька крупинок досліджуваної субстанції та подрібнити їх. Потім добавити 1–2 крупинки кухонної солі й 2–3 краплі концентрованої оцтової кислоти. Усе накрити покривним склом й обережно (не до кипіння) нагріти. Якщо пляма містить кров, утворюються мікрокристали буро-жовтого кольору у вигляді ромбічних табличок. Вони дістали назву (*спробуйте пояснити її походження*) гем-кристалів.

У 1861 році ван Дін (Голандія) розробив інший метод визначення крові в давно засохлих, не схожих на кров плямах. Він використав здатність гемоглобіну зв'язувати кисень і вивільняти його. Науковець виявив у дослідах зі спиртовими витяжками західноіндійської рослини гваяк, що ці витяжки набувають синього кольору, якщо їх змішати з насыченим киснем скипидаром і кров'ю. Гемоглобін крові вивільняє зі скипидару кисень і переносив його на гваяк. Так вдавалося виявити навіть мікроскопічні сліди крові багаторічної давності.

Два роки потому Крістіан Фрідріх Шенбейн (1799–1868, Швейцарія, Німеччина) звернув увагу на те, що під дією гемоглобіну гідроген пероксид бурхливо розкладався з утворенням білої піни. Це давало змогу ідентифікувати навіть застарілі плями крові.

І дотепер як попередній тест на виявлення слідів крові на місці злочину використовують лужний розчин люмінолу з добавленням гідроген пероксиду. Катіони Феруму, що містяться в гемоглобіні крові, каталізують окиснення люмінолу гідроген пероксидом. Під час реакції спостерігають блакитне світіння, яке особливо добре видно в темряві або в ультрафіолетовому світлі (мал. 5.13).



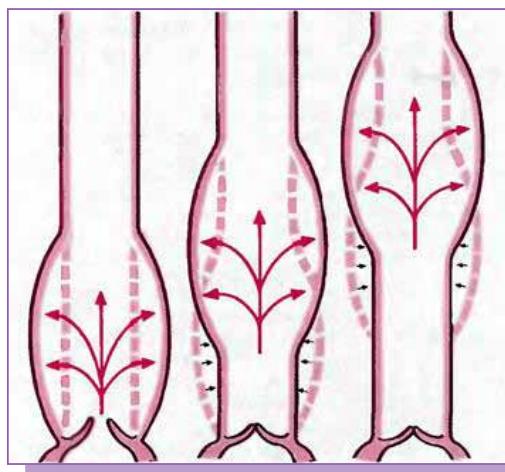
Мал. 5.13. Люмінол — помічник криміналістів

Серце, виштовхуючи кров у кровоносні судини для її просування кровоносною системою, створює кров'яний тиск, який, так само як і атмосферний, вимірюють у міліметрах ртутного стовпчика (мм рт. ст.). Рух крові забезпечено різницею тисків на початкових ділянках (де вінвищий) і в кінцевих (де він нижчий) малого та великого кіл кровообігу. В аорті тиск найвищий — 110–130 мм рт. ст. З рухом крові артеріями тиск поступово знижується до 100–120 мм рт. ст. Значне зниження тиску (до 20 мм рт. ст.) відбувається в найдрібніших артеріях і капілярах. У венах кров'яний тиск продовжує поступово знижуватися, і в порожнистих венах він практично сягає нуля.

Залежно від фаз серцевого циклу, тиск має два показники: максимальний — у момент скорочення серця (систоли) і мінімальний — у момент розслаблення серця (діастоли).

У здорової людини кровоносні судини в нормі перебувають у тонусі (від грец. τόνος — напруження), а величина тиску підтримується на відносно постійному рівні. Що важче крові проходити судинами, то вищим є артеріальний тиск.

Через те, що кров не витікає із серця неперервним струменем, а видається окремими порціями, плин крові в аорті, артеріях, деякою мірою в артеріолах, є пульсуvalьним (мал. 5.14). Під час скорочення серцевого м'яза (систоли) серце викидає кров в аорту й артерії, що відходять від неї. Якщо б стінки цих судин були жорсткими, то тиск, який виникає в крові на виході із серця, передавався б до периферичної системи зі швидкістю звуку. Пружність стінок судин приводить до того, що під час систоли кров, яку виштовхує серце, розтягає аорту, артерії й артеріоли. За час систоли великі судини приймають більше крові, ніж витікає її з них до периферичних. Під час розслаблення серця (діастоли) розтягнуті кровоносні судини звужуються й проштовхують кров до периферичних ділянок, а тиск в аорті спадає. Потенціальна енергія деформації стінок судин переходить у кінетичну енергію руху крові. У результаті плин крові є неперервним.



Мал. 5.14. Пульсова хвиля

Швидкість поширення пульсової хвилі (5–10 м/с) значно переважає швидкість руху потоку крові (0,3–0,5 м/с). За час викиду крові зі шлуночків (тривалість систоли $t_c = 0,3$ с) пульсова хвиля може подолати відстань до 3 м, тобто охопити всі великі судини — аорту й артерії, і досягти кінцівок значно швидше, ніж починається зниження тиску в аорті. Амплітуда коливання пульсової хвилі згасає від місця виникнення до периферії.

Коливання стінки артерії, пов'язані зі зміною кровонаповнення й тиску в ній протягом серцевого циклу, називають *пульсом*.

Розрізняють центральний артеріальний пульс (на підключичних і сонніх артеріях) і периферичний (на артеріях рук і ніг).

За пульсом можна визначити частоту, ритмічність і силу серцевих скочочень (напруженість, висоту, наповнення), що вказує на функціональний стан як серцево-судинної системи, так і всього організму.

Пульс можна відчути в місцях, де великі артерії підходять близько до поверхні тіла (на внутрішньому боці зап'ястка, на скронях, по боках шиї тощо (мал. 5.15)).



Мал. 5.15. Вимірювання пульсу

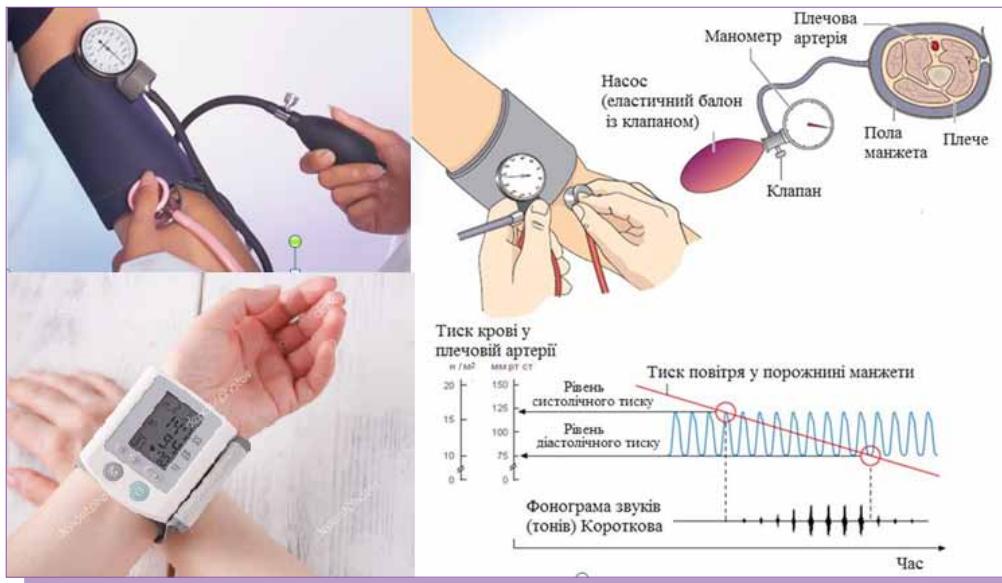
Показники пульсу є величиною змінною й залежать від:

- зросту людини (що вища людина, то нижчі показники пульсу);
- віку (пульс новонародженої дитини становить 120–140 уд./хв, у 16–18 років досягає норми);
- статі (у чоловіків пульс дещо нижчий, ніж у жінок);
- тренованості організму (пульс дорослої нетренованої людини в стані спокою — 60–80 уд./хв, у тренованих людей пульс може становити 50 уд./хв).

Уміння вимірювати пульс є артеріальний тиск важливі під час надання першої допомоги.

Виміряти величину артеріального тиску можна за допомогою прямих і непрямих методів. Прямий метод полягає в безпосередньому введенні в кров'яне русло порожнистої голки, з'єдданої з манометром. Непрямий метод ґрунтуються на реєстрації зміни кровонаповнення судин в умовах дозованої компресії й декомпресії, створюваних манжетою, з'єдданою з манометром.

Артеріальний тиск у людини вимірюють на плечовій артерії спеціальним приладом — тонометром (мал. 5.16).



Мал. 5.16. Вимірювання артеріального тиску

Між плечем і лікtem накладають компресійну манжету, у яку накачують повітря, доки тиск у ній не стане вищим, ніж тиск крові в артерії. При цьому в фонендоскопі не чутно жодних тонів і шумів, оскільки повністю стиснено артерію, тож кров в ній не проходить. Потім повільно повітря випускають за допомогою вентиля, зменшуючи тиск у манжеті й, відповідно, на м'які тканини руки. Просвіт судини збільшується, коли зовнішній і систолічний тиск стають однаковими, виникають характерні звуки (тони Короткова), які можна почути за допомогою фонендоскопа. У цей момент за манометром фіксують систолічний тиск. За подальшого зниження тиску в манжеті тони доповнюються шумами за рахунок турбулентного пливу крові. У міру зниження тиску поступово відновлюється ламінарний плин крові й зникають шуми. Покази манометра в цей момент приймають за діастолічний тиск.

Систолічний тиск, визначений за методом Короткова, у здорової людини віком 15–50 років становить 100–120 мм рт. ст., а діастолічний — 60–80 мм рт. ст. В осіб старшого віку тиск, зазвичай, підвищений. У новонароджених максимальний тиск становить 40 мм рт. ст., а вже через кілька днів — 70 мм рт. ст.

Артеріальний тиск вимірюють є електронними приладами. Цей метод полягає в реєстрації пульсацій тиску повітря, які виникають у приладі в разі проходження крові через зменшений просвіт артерії.

Артеріальний тиск залежить від:

- 1) *роботи серця як насоса й кількості крові, що циркулює.* Унаслідок збільшення частоти серцевих скорочень збільшується хвилинний об'єм крові, тому тиск зростає. Що більший об'єм крові в системі кровообігу, то більший артеріальний тиск, і навпаки: за великої крововтрати, нестачі рідини в організмі тиск крові знижується;

2) величини просвіту судин, їхньої довжини й в'язкості крові. Що більша в'язкість крові або довші судини, то більший артеріальний тиск. За зменшення радіуса судин збільшується їхній опір кровоплині й, відповідно, артеріальний тиск.

Зміна тонусу стінок судин є ефективним механізмом регуляції величини артеріального тиску за зміни зовнішнього артеріального (атмосферного) тиску.

Інтенсивність кровообігу залежить і від фізичних навантажень, температури тіла тощо. Органи, що працюють, потребують поліпшеного кровопостачання, бо з кров'ю вони отримують додаткові поживні речовини та кисень. Кровообіг регулюють нервова та гуморальна системи.

Нервова регуляція руху крові має особливості: до непосмугованіх м'язових волокон стінок переважної більшості судин підходять лише ті нерви, імпульси від яких звужують просвіт судин і, відповідно, підвищують тиск крові. Загальну регуляцію руху крові забезпечує судинно-руховий центр відділу головного мозку, що регулює скорочення судин, частоту, силу серцевих скорочень й артеріальний тиск. Парасимпатична система зменшує частоту й силу серцевих скорочень. Симпатична система робить частішими серцеві скорочення та збільшує їхню силу.

Гуморальна регуляція руху крові полягає в тому, що деякі гормони (наприклад, адреналін) звужують діаметр кровоносних судин, підвищуючи тиск крові в них, а інші біологічно активні сполуки розширяють просвіт кровоносних судин. Катіони Кальцію сприяють збільшенню частоти скорочень, підвищенню провідності й збудливості серця; катіони Калію діють навпаки.

Серце здійснює її саморегуляцію, тобто йому властивий автоматизм — здатність скорочуватися під впливом імпульсів, що виникають у самому серці. Автоматизм забезпечують внутрішньосерцевими механізмами, наприклад, зміна кількості крові в порожнині серця змінює силу скорочень.

БЕРЕЖІТЬ СЕРЦЕ Й СУДИНИ

Серцево-судинні захворювання є найпоширенішими серед хвороб у всіх країнах світу. Їх поділяють на хвороби:

- серця (інфаркт міокарда, аритмія, вади серця, міокардити);
- артерій (дистонія, атеросклероз, інсульт, гіпотензія);
- вен (варикозне розширення вен, тромбофлебіт).

Інфаркт міокарда — часткове змертвіння серцевого м'яза внаслідок порушення його кровопостачання.

Основними причинами виникнення є: утворення згустків крові в судинах та їхня закупорка; звуження просвіту в судинах, за якого навіть невелике навантаження призводить до порушення кровообігу — зменшення припливу крові до органа; значне фізичне навантаження або емоційне напруження, що може спричинити невідповідність між потребою міокарда в кисні й можливістю припливу крові.

Під час інфаркту міокарда виникає сильний біль у ділянці серця. Розвивається різка слабкість, задишка, виступає холодний піт, з'являється страх смерті, знижується артеріальний тиск. Якщо є підозра інфаркту, хворому забезпечують строгий постільний режим, викликають лікаря, через кожні 15 хв дають нітрогліцерин.

Вади серця — це порушення функціонування його клапанів. Вади серця можуть бути вродженими, тобто ті, які утворилися під час внутрішньоутробного розвитку, і набутими, які людина набуває з різних причин протягом життя. Зазвичай вроджені вади серцевих клапанів проявляються в тому, що клапани можуть мати неправильну форму або кріпитися не так, як належить. Набуті вади серця виникають під дією різних негативних чинників, наприклад, під впливом інфекційних захворювань, таких як ревматизм.

Розрізняють *стеноз і недостатність клапана*. Стеноз клапана виникає, якщо зменшується просвіт клапана, через зрошення або ущільнення його стулок. Через цю воду істотно збільшується навантаження на серце, оскільки виштовхування крові відбувається з утрудненням. Характерна особливість недостатності клапана полягає в тому, що клапан не може повністю закриватися, тому частина крові витікає назад.

Симптоматика для більшості вад клапанів серця однакова, єдина відмінність — в інтенсивності прояву симптомів серед них такі: відчуття нестачі повітря або задишка. Запаморочення, слабкість або напівнепритомний стан. Цей стан може виникати раптово, навіть під час звичних щоденних навантажень. Відчуття дискомфорту в грудях. Цей симптом переважно проявляється внаслідок різкої зміни температур, наприклад, після виходу на холод із приміщення. Порушення серцебиття — ще один неприємний і небезпечний симптом захворювання. Серце може битися пришвидшено, збиватися, пропускати удари тощо. Про серцево-судинні захворювання можуть свідчити набряклість живота, щиколоток, стоп, стрімке збільшення маси тіла.

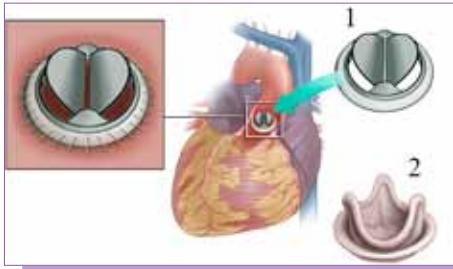
Лікування вад клапанів серця повністю залежить від ступеня тяжкості. Основні завдання, які ставить перед собою лікар під час лікування вад серця, — це захист клапана від подальшого пошкодження й зменшення ступеня прояву симптоматики. За необхідності клапан замінюють.

Це можна зробити за допомогою:

- 1) операції на відкритому серці;
- 2) проведення транскатетерної операції (TAVR), тобто заміни аортально-го клапана за допомогою катетера.

Під час проведення операції на відкритому серці роблять великий розріз у грудній клітці хворого. Під час виконання TAVR всі необхідні маніпуляції виконують крізь невеликий отвір в області грудини. Тож другий варіант заміни аортального клапана простіший, ефективніший і безпечніший порівняно з операцією на відкритому серці.

Існує два основні типи штучного серцевого клапана (мал. 5.17) — механічні й тканинні.



Мал. 5.17. Штучні клапани серця — механічний (1) і тканинний (2)

Використання механічних клапанів підвищує ризик утворення тромбів. Тому всі хворі, яким імплантовано механічні клапани, протягом усього подальшого життя мають приймати антикоагулянти (препаратори для розрідження крові), наприклад варфарин, що зумовлює схильність до кровотеч.

Тканинні серцеві клапани зазвичай виготовляють із тканини тваринного серцевого клапана або тканини перикарда тварин. Відібраний матеріал спеціально обробляють для запобігання відторгненню.

Серце має власну внутрішню електричну систему, яка контролює швидкість і ритм серцебиття. З кожним ударом електричний сигнал поширюється від верхньої частини органа до основи. Він змушує серце стискатися й перекачувати кров. Порушення в роботі будь-якої частини електричної системи органа викликає аритмію. Більшість із них не несе серйозної шкоди, але деякі порушення серцевого ритму є небезпечними.

Якщо у хворого виникли такі симптоми, як слабкість, задишка, запаморочення, навіть непритомність, — тоді йому пропонують установити електрокардіостимулятор (мал. 5.18). Основним завданням кардіостимулятора (водія ритму) є підтримка або нав'язування частоти серцевих скорочень.

У разі порушення серцевого ритму (аритмії) хворому пропонують дефібрилятор серця — мінікопію відомого пристрою, який використовують під час зупинки серця (мал. 5.18). Його кріплять під шкірою на грудях під ключицею. При цьому один або кілька його електродів вводять у серце. Якщо прилад фіксує аритмію, він посилає низькоенергетичні електричні розряди, щоб усунути порушення. А якщо в людини виникає аритмія, від якої вона може померти, дифібрилятор великим розрядом електричного струму повертає нормальний серцевий ритм. Якщо ритм відновлюється, пристрій не використовує високоенергетичні імпульси, які іноді бувають болісними.



Мал. 5.18. Електрокардіостимулятри та дефібрилятори серця

Під час операцій на серці, які потребують тимчасового відключення його від системи кровообігу, використовують спеціальні апарати штучного кровообігу (мал. 5.19). Цей апарат є поєднанням штучного серця (насосна система) зі штучними легенями (оксигенатор — система, що забезпечує насичення крові киснем).



Мал. 5.19. Апарат штучного кровообігу

Інсульт мозку — гостре порушення кровообігу мозку. Переважно інсульти є ускладненнями артеріальної гіпертензії й атеросклерозу. Рідше вони зумовлені хворобами клапанів серця, інфарктом міокарда.

Артеріальна гіпертензія — хронічне захворювання, головною діагностичною ознакою якого є стійке підвищення тиску в артеріальних судинах великого кола кровообігу. Підвищення артеріального тиску примушує серце працювати з більшим навантаженням. Нормальний кров'яний тиск у стані спокою перебуває в межах 100–139 мм рт. ст. для систолічного тиску (верхнє значення) і 60–89 мм рт. ст. для діастолічного тиску (нижнє значення). Кров'яний тиск є високим, якщо він постійно перебуває на рівні 140/90 мм рт. ст. або вище.

Артеріальна гіпертензія є одним з основних факторів ризику інсульту, інфаркту міокарда (серцевих нападів), серцевої недостатності, аневризми артерій, захворювань периферичних артерій, нирок, сітківки ока тощо. Зміни режиму харчування та способу життя можуть поліпшити артеріальний тиск і знизити ризик ускладнень для здоров'я.

Артеріальна гіпотензія — захворювання, головною діагностичною ознакою якого є зниження артеріального тиску від показників норми. Гостра артеріальна гіпотензія, як правило, виникає внаслідок порушень діяльності серця, великої крововтрати й призводить до гіпоксії мозку та внутрішніх органів. При цьому гіпотензії відчувають постійну слабкість, головні болі, зниження активності та інші симптоми.

У медицині пропонують такі заходи для первинної профілактики гіпертензії:

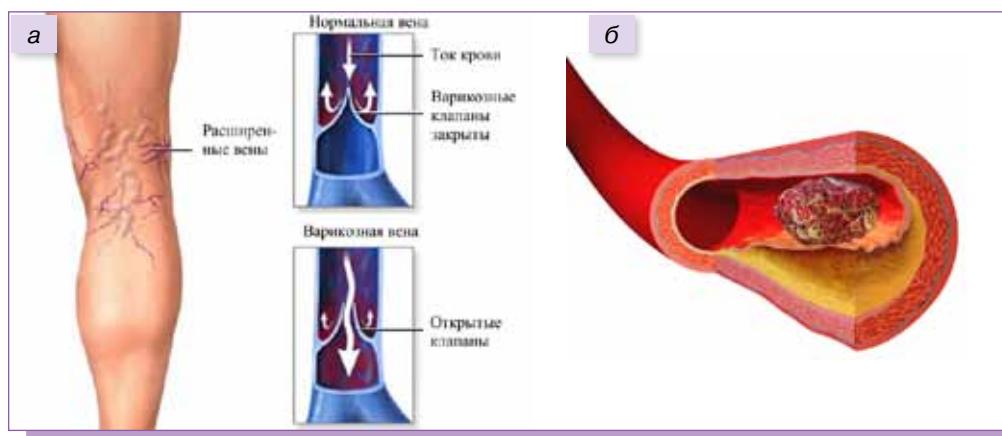
- підтримання нормальної маси тіла (індекс маси тіла має бути в діапазоні 18,6–25 кг/м²);
- зменшення вживання солі з їжею (менше 6 г на день);

- регулярні фізичні навантаження, такі як швидка ходьба (більше 30 хвилин на день, більшість днів на тиждень);
- складання раціону харчування, насиченого фруктами й овочами (при наймні п'ять порцій на день).

Розгляньмо захворювання кровоносних судин, пов'язаних зі збільшенням товщини стінок судини за рахунок утворення на внутрішній стороні кров'яних згустків або дифузним розширенням просвіту внаслідок патології стінок.

Варикоз (варикозне розширення вен, або варикозна хвороба) — захворювання, яке проявляється нерівномірним розширенням вен, збільшенням їхньої довжини, зміною їхньої форми — звуженням венозної стінки й утворенням у ній патологічних вузлів (мал. 5.20). Найчастіше хвороба вражає вени в легкостискуваних, рухливих тканинах: нижніх кінцівках, прямій кишці (геморой), сім'яному канатику (варикоцеле) та підслизовому шарі стравоходу. Візуально симптоматику варикоза на ногах виявити легко — для нього характерні розширені й звивисті вени стоп, гомілок і стеген.

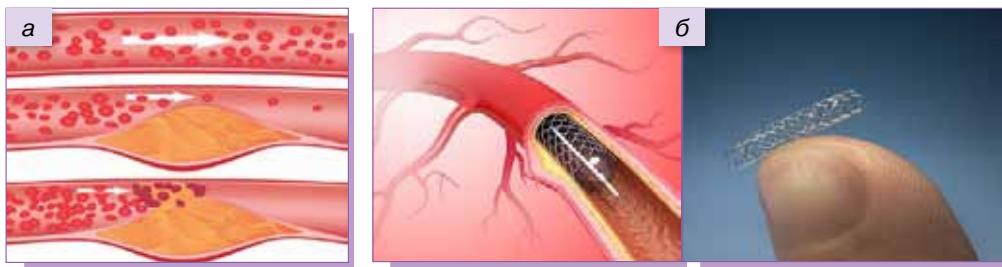
Небезпечним наслідком варикозу є *тромбофлебіт* (тромбоз). Утворення ущільнених мас крові в кровоносній системі спричиняє зменшення площин перерізу судин. Унаслідок тромбозу згустки крові (тромби) можуть утворюватися у венах ніг (тромбоз вен), пересуватися судинною системою, потрапляти у праві відділи серця й легені (тромбоемболія легеневої артерії).



Мал. 5.20. Варикозне розширення вен (а); тромбоз (б)

Атеросклероз зумовлений тим, що ущільнюються стінки артерій через відкладення жирової речовини (атеросклеротичних бляшок) на їхній внутрішній поверхні. Унаслідок підвищеного рівня холестеролу в крові бляшки ростуть (мал. 5.21, а), звужується просвіт судини, порушується кровообіг, трапляється кисневе голодування в різних органах і тканинах. Наприклад, якщо атеросклерозом уражені артерії серця, то формується хронічна ішемічна хвороба серця (її клінічний прояв — біль у грудній клітці, аритмія, серцева недостатність). Коли бляшки розташовані в судинах головного мозку, то виникає мозкове порушення (головний біль, залипнення, зниження пам'яті).

На пізніх стадіях атеросклерозу бляшки розриваються й у просвіт судини виходять активні речовини, які сприяють склеюванню тромбоцитів, формуванню й росту тромбу. Якщо тромбу вдається повністю перекрити просвіт судини, розвивається гостре кисневе голодування, виникає ішемія органа. Гостра ішемія серцевого м'яза провокує появу інфаркту міокарда, наслідком гострої ішемії головного мозку є інсульт. Атеросклероз артерій нижніх кінцівок може привести до змертвіння кінцівки — ішемічної гангрени.



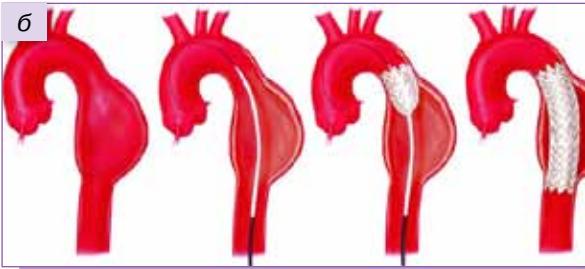
Мал. 5.21. Звуження перерізу кровоносної судини внаслідок атеросклерозу (а); схематичне зображення стентування і стент (б)

Одним з методів лікування звуження артерій є стентування — механічне усунення перешкоди (тромбу й атеросклеротичної бляшки) у судині за допомогою каркаса (стента) для відновлення плину крові в судині (мал. 5.21, б).

Наприклад, на стегні або руці роблять невеликий прокол судини, через який спеціальні катетери (довгі тонкі трубки) проводять до судин серця (катетеризація серця). Потім через катетери в просвіт судини вводять контрастну речовину. За допомогою спеціального рентгенівського апарату (ангіографа) знімають цей процес на відео під різними кутами, а лікар отримує достовірну інформацію про прохідність артерій і встановлює стент.

Серед останніх інновацій — біологічні (саморозсмоктувані, біорозчинні) стенти. Вони не викликають таких ускладнень, як постійні. Адже в деяких пацієнтів може виникати запальна реакція, артерія звужується повторно, всередині її на поверхні стента можуть збиратися згустки крові, судина всередині ущільнюється й втрачає еластичність тощо. Розсмоктувані стенти розширяють судини, але артерії залишаються еластичними.

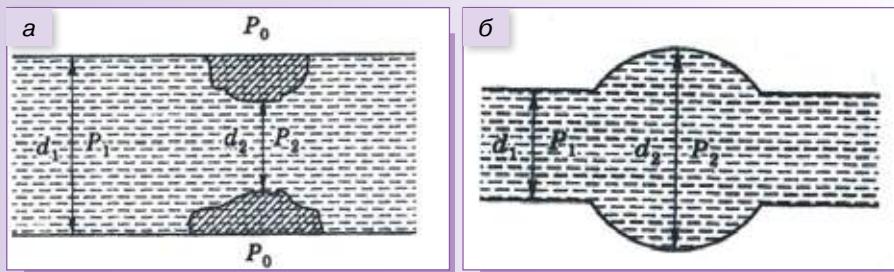
Наступна хвороба судин — аневризма — випинання судини, зумовлене слабкістю її стінки (мал. 5.22). У разі розширення судини її діаметр збільшується, швидкість плину крові зменшується. Статичний тиск крові у цьому місці буде більшим за тиск на ділянках судини нормального перерізу, тому навантаження на стінки розширеної частини судини збільшуватиметься. Цей надлишковий тиск спричинює розширення аневризми. Вона із часом збільшується в розмірі, а згодом може розірватися, що призведе до серйозного крововиливу. Лікування аневризм аорти полягає в імплантації всередину судини ендопротеза, який перекриває слабку ділянку судини. Ендопротез — це металеве плетиво циліндричної форми з великими отворами, яке зверху вкрито щільним матеріалом.



Мал. 5.22. Розширення перерізу кровоносної судини внаслідок аневризми (а); схематичне зображення ендопротезування аневризми аорти (б)



У місцях утворення бляшок (мал. 5.23, а) діаметр просвіту d_2 зменшується, швидкість кровоплину збільшується, а статичний тиск p_2 зменшується згідно з рівнянням Бернуллі. Плин крові в артерії відбуватиметься до умови, поки цей статичний тиск p_2 буде більшим за тиск на судину ззовні p_0 , який зазвичай дорівнює атмосферному тиску. Якщо діаметр просвіту судини стане ще меншим, то зовнішній тиск «перекриє» просвіт судини в місці розташування атеросклеротичної бляшки. У результаті роботи серця тиск p_1 почне зростати і кров буде протискуватися крізь звуження. При цьому серце буде працювати з підвищеним навантаженням.



Мал. 5.23. Пояснення на основі рівнянь нерозривності струмини й Бернуллі зміни тиску крові в судині в разі тромбозу (а) та аневризми (б)

У разі розширення судини за аневризми (мал. 5.23, б) її діаметр d_2 збільшується внаслідок патоморфологічних змін стінок, швидкість течії v зменшується (рівняння нерозривності струмини). Згідно з рівнянням Бернуллі статичний тиск p_2 в місці аневризми буде більший за тиск p_1 на ділянках судини нормального перерізу, тому навантаження на стінки розширеної частини судини збільшуватиметься. Цей надлишковий тиск намагатиметься розширити аневризму. Вона із часом збільшуватиметься в розмірі, а згодом може розірватися, що призведе до серйозного крововиливу.

Синеці (мал. 5.24) знайомі кожному, і зазвичай їхню появу провокує та або інша травма. На жаль, не кожний синець проходить безслідно, до того ж подібні «відмітини» на шкірі можуть свідчити про серйозні судинні й гематологічні захворювання.

Синець — це наслідок розриву дрібних капілярів, а ось його медичний статус — гематома. Раптовий удар призводить до пошкодження судин, і кров з них, розтікаючись, викликає припухлість — легкий набряк м'яких тканин. Гематоми часто виникають у немолодих людей. З роками посилюється процес стоншування сполучної тканини, до того ж судини втрача-

ють свою еластичність. Тому навіть зовсім невеликого удару буває досить для появи синця. Але якщо синець виник сам по собі, варто прислухатися до свого здоров'я. Не утворюються синці просто так, причиною можуть бути слабкі стінки капілярів. Брак в організмі людини потрібних вітамінів, таких як С і Р, призводить до порушення процесу формування колагену — білка, який захищає стінки капілярів від розриву й розтріскування. За нестачі колагену судини стають слабкими й крихкими. Такий стан може привести до крововиливу в тканини й утворення синців.



Мал. 5.24. Синці — знайомі кожному

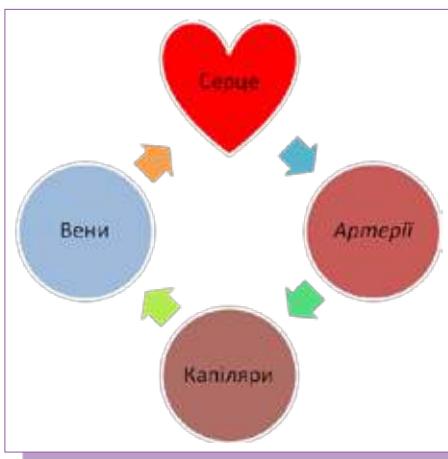
Під час пошкодження кровоносних судин кров виливається й назовні. Але в організмі людини є механізм *зсідання крові*. Це — захисна реакція, унаслідок якої припиняється крововилив, що запобігає крововтраті. Зсідання крові забезпечують тромбоцити, які беруть участь в утворенні тромбу (згустку), що перешкоджає витіканню крові. Тромб поступово потовщується й закриває собою місце пошкодження судини, кровотеча зупиняється. Процес зсідання крові розпочинається відразу після пошкодження кровоносної судини. Пошкоджена судина або прилегла тканина виділяють білок тромбопластин, що активує утворення тромбіну (необхідна наявність іонів Ca^{2+}). Під дією тромбіну молекули білка фібриногену, що є в плазмі крові, з'єднуються й утворюють волокна фібрину, який і є основою згустку крові, або тромбу. Швидкість зсідання крові людини становить 5–10 хвилин. У разі деяких хвороб процес зсідання крові може сповільнюватися. Прикладом є гемофілія. Посилене зсідання крові може привести до виникнення тромбозів.

Основні причини серцево-судинних захворювань такі:

- гіподинамія (явище зниження рухової активності й зменшення витрат енергії);
- шкідливі звички (куріння, уживання алкоголю, наркотиків);
- емоційні стреси (стан напруження, який виникає під впливом сильних подразників і є неспецифічною реакцією організму на їхню дію);
- нерациональне харчування (сучасна людина вживає їжі набагато більше, ніж того потребують енергетичні втрати, що призводить до утворення жирової тканини);
- забруднення довкілля (пестициди, препарати побутової хімії, лікарські засоби тощо).

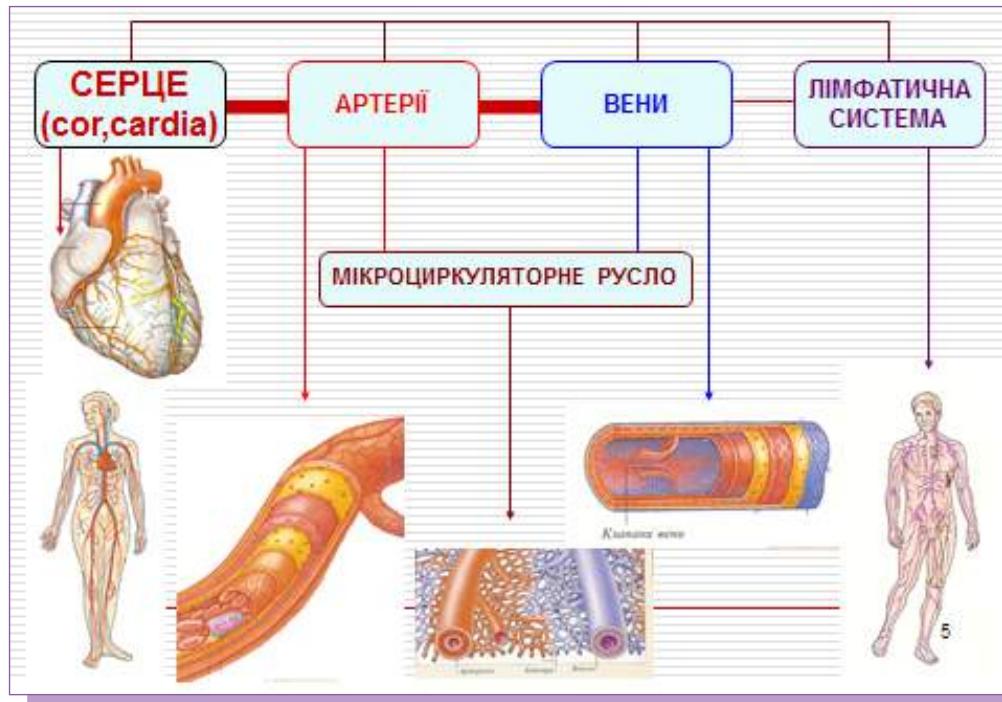
ПРО ЛІМФУ

Кровоносна (кров'яна) система є замкненою (мал. 5.25).



Мал. 5.25. Кров. Рух колом

Кровоносна система забезпечує безперервний рух крові (рідкої сполучної тканини) до тканин і клітин організму, де відбувається обмін речовин. З кров'яною системою (мал. 5.26) нерозривно пов'язана лімфатична система. Це — мережа капілярів, судин, вузлів, протоків, якими циркулює тканинна рідина — лімфа. Головний лімфатичний колектор — грудна протока, яка впадає у венозну систему. Лімфатична система захищає організм від чужорідних речовин.



Мал. 5.26. Серцево-судинна система

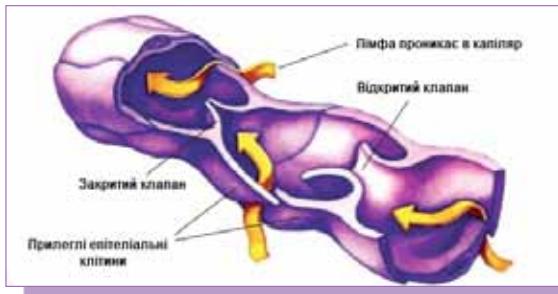
Лімфа — це прозора рідина, яка подібна до плазми крові. Лімфа містить воду, лімфоцити, відмерлі клітини, мікроорганізми, білки, гормони ендокринних залоз тощо. Об'єм лімфи в організмі людини становить 1–2 л.

Лімфатичні капіляри є першою ланкою лімфатичної системи. Вони утворені одношаровим епітелієм, що полегшує всмоктування шкідливих речовин і частинок. Лімфатичні капіляри є в усіх органах, крім головного та спинного мозку, плаценти, очного яблука, хрящів і внутрішнього вуха.

Лімфатичні судини є продовженням лімфатичних капілярів. Стінки судин багатошарові, мають клапани.

Лімфа — прозора рідина, за хімічним складом подібна до плазми крові. Містить воду, лімфоцити, відмерлі клітини, мікроорганізми, білки, гормони ендокринних залоз тощо. Утворюється з тканинної рідини в лімфатичних капілярах. Об'єм лімфи в організмі людини становить 1–2 л.

Лімфообіг відбувається за рахунок скорочення скелетних м'язів і м'язів внутрішніх органів, а також коливань тиску в грудній порожнині внаслідок дихальних рухів. На внутрішніх стінках лімфатичних судин є клапани, що перешкоджають зворотному руху лімфи (мал. 5.27).



Мал. 5.27. Механізм забезпечення руху лімфи

У місцях з'єднання лімфатичних судин формуються лімфатичні вузли — утворення з ретикулярної тканини, що є продовженням судин. В організмі людини розрізняють шийні, пахові та інші лімфатичні вузли. Рухаючись від органів і тканин, лімфа фільтрується в лімфатичних вузлах, де лімфоцити руйнують мікроорганізми, сторонні білки тощо. Коли людина хворіє, лімфатичні вузли набрякають і стають болісними внаслідок їхньої активної діяльності зі знешкодження небезпечних мікроорганізмів і речовин (бактерій, вірусів тощо). Лімфа забезпечує повернення в кров води й корисних речовин, які проникли в міжклітинний простір з капілярів.

Запальні захворювання суглобів свідчать про хворобу лімфатичної системи. Якщо в організмі є шкідливі мікроорганізми, такі як стрептоок, хламідія, кандида, то лімфовузол біля колінного суглоба — затромбований, рідина не відтікає й накопичується в суглобі.

Коли бактерії або віруси з лімфи потрапляють у лімфатичні вузли, мигдалини або селезінку, там виникає у відповідь інтенсивна реакція лімфоцитів; у результаті ці органи збільшуються, у них відбувається запальний процес. Такий запальний стан називають лімфаденітом. Лімфоцити можуть ставати злоякісними, при цьому значно зростає їхня кількість у крові.

Лімфоми — пухлини лімфатичних вузлів — також призводять до їхнього збільшення.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Опишіть загальну будову та функції серцево-судинної системи. Складіть відповідну опорну схему (ментальну карту, узагальнювальну таблицю, лепбук тощо).
2. Поясніть: а) чому роботу серця порівнюють з роботою насоса (двигуна); б) у чому полягають особливості та значення крово- та лімфообігу, наслідки порушення іх; в) механізм забезпечення руху крові судинами; г) як змінюється тиск і швидкість кровоплину залежно від типу кровоносних судин; д) як впливають фізичні навантаження на систолічний об'єм крові; е) чим зумовлене підвищення артеріального тиску в осіб старшого віку.
3. Опишіть: а) роботу серця як насоса, тривалість серцевого циклу та його фаз; б) основні властивості серцевого м'яза (збудливість, провідність, скотротливість, автоматія/автоматизм).
4. Визначте масу крові у своєму організмі, якщо відомо, що її масова частка становить 7 %.
5. Схарактеризуйте з погляду біомеханіки роботу судинної системи людини.
6. Обґрунтуйте спосіб обчислення роботи серця за одноразового скорочення серцевого м'язу.
7. Наведіть: а) приклади приладів для вимірювання артеріального тиску; б) значення артеріального тиску в здоровій людині.
8. Опишіть метод вимірювання артеріального тиску за Коротковим.
9. Стінки артерій при систолі розтягаються, акумулюючи при цьому енергію. Поясніть, на що організм використовує цю енергію.
10. На основі рівнянь нерозривності струмини й Бернуллі поясніть зміну тиску крові в судині за аневризми.
11. Унаслідок атеросклерозу переріз кровоносних судин зменшується внаслідок осідання на стінках холестеролу й подальшого кальцинування. Спрогнозуйте зміни в характері плину крові, що можуть настати через це.
12. Унаслідок атеросклерозу радіус судини зменшується. Поясніть, як у таких умовах забезпечується нормальнє кровопостачання й чому це небезпечно для здоров'я людини.
13. Схарактеризуйте артеріальну гіпертензію й гіпотензію.
14. Поясніть, чому: а) для вибавлення плям крові недоцільно використовувати гарячу воду; б) реагент на основі люмінолу для виявлення слідів крові дає характерну реакцію (блакитне світіння) не лише з кров'ю, а й із солями деяких металічних елементів, сечею, деякими овочевими й фруктовими соками.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1. Опис індивідуального серцевого ритму за показниками пульсу під час спокою та фізичного навантаження

За допомогою тонометра виміряйте свій артеріальний тиск. Обчисліть пульсний тиск (ПТ) як різницю між верхнім і нижнім тиском.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Обчисліть систолічний об'єм крові за формулою:

$$CO = [(101 + 0,5 PT) - (0,6DT)] - 0,6A,$$

де CO — систолічний об'єм, мл; PT — пульсовий тиск, мм рт. ст.; DT — діастолічний тиск, мм рт. ст.; A — вік людини, роки.

За допомогою секундоміра визначте кількість скорочень серця за хвилину.

Обчисліть хвилинний об'єм крові за формулою:

$$XOK = CO \cdot KCC,$$

де XOK — хвилинний об'єм крові, мл; KCC — кількість скорочень серця за хвилину.

Перевірте вплив фізичного навантаження на кров'яний тиск і пульс.

Зробіть висновок.

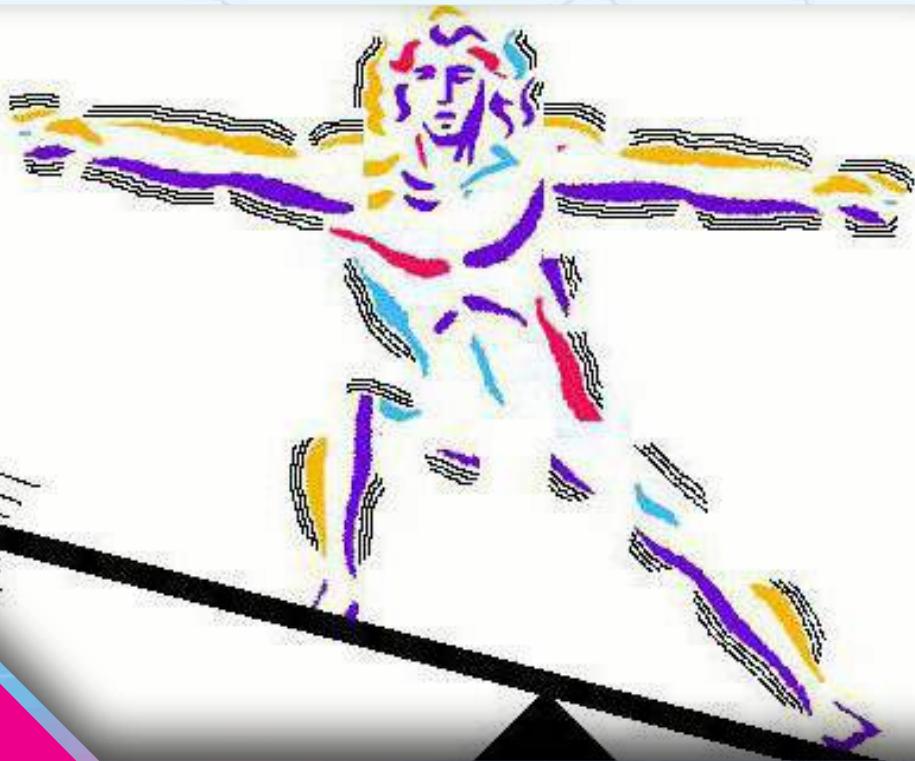
Розв'язімо задачі

1. Обчисліть роботу серця в спокої за добу, якщо густина крові становить $1050 \text{ кг}/\text{м}^3$, її швидкість — $0,5 \text{ м}/\text{с}$, систолічний об'єм — 60 мл , середній тиск крові в аорти — $13,3 \text{ кПа}$.
2. Визначте швидкість крові в аорти діаметром 2 см , якщо систолічний об'єм крові становить 60 мл , а тривалість систоли — $0,3 \text{ с}$.
3. Швидкість потоку крові в деякому перерізі судини — $4 \text{ см}/\text{с}$. Визначте швидкість кровоплину в тій частині судини, яка має вдвічі менший діаметр.
4. Визначте загальну площину капілярів у тілі людини за умови, що швидкість руху крові в них становить $0,5 \text{ мм}/\text{с}$, а в аорті радіусом $1,6 \text{ см}$ — $20 \text{ см}/\text{с}$. Еластичністю судин знехтуйте. Порівняйте загальну площину капілярів у тілі людини з площею поперечного перерізу аорти.
5. Атеросклеротична бляшка призвела до такого звуження просвіту судини, що діаметр зменшився від 1 см до 2 мм . Визначте тиск на звуженій ділянці, якщо безпосередньо перед бляшкою тиск становить 100 мм рт. ст. ($13\ 300 \text{ Па}$), швидкість крові — $0,12 \text{ м}/\text{с}$, густина крові — $1050 \text{ кг}/\text{м}^3$.
6. Аневризма призвела до збільшення діаметра артерії з $2,5 \text{ см}$ до 5 см . Використавши рівняння Бернуллі, визначте збільшення тиску в ушкоджений ділянці, якщо швидкість кровоплину в її здоровій частині дорівнює $30 \text{ см}/\text{с}$.
7. Виміряйте артеріальний тиск у когось із вашого оточення, переглянувши відео про правила вимірювання артеріального тиску, та обчисліть пульсовий і середній артеріальний тиски крові.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Цікаві факти про кров і серце людини.
- Цікаві факти про кровоносну систему тварин.
- Група крові: що треба знати кожному.
- Перша допомога в разі кровотечі: що треба знати кожному.
- Фізичні навантаження й робота серця.
- Унікальні операції на серці.
- Портативна реанімація.
- Як забезпечити доставку дефібрилятора серця в потрібний момент у потрібному місці.

ЛЮДИНА



Д. 6. САМОРЕГУЛЮВАННЯ І ЗАХИСТ

Із чим ви асоціюєте умову існування, свободи й незалежності життя? Переконані, що ви назвали безліч умов. А чи хтось із вас згадав про гомеостаз?

«Сталість внутрішнього середовища — умова вільного життя» (Клод Бернар¹).

З'ясуймо, чому саме так вважав засновник ендокринології

¹ 1813–1878, Франція

ПРИГАДАЙТЕ

Будову та функції ендокринної, нервової та імунної систем

ВІДНОВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати: склад внутрішнього середовища; загальну будову й основні функції ендокринної, нервової та імунної систем; механізм саморегуляції, показники гомеостазу, що підтримуються на сталому рівні; причини й наслідки порушення гомеостазу; захисні реакції організму; процеси регенерації.

Пояснювати: відмінності між нервовою й гуморальною регуляцією фізіологічних функцій організму; роль температури в процесах життєдіяльності; значення водно-сольового балансу, забезпечення киснем організму.

Порівнювати значення біохімічного аналізу крові з нормальними показниками.

Характеризувати: узгодження функцій організму з внутрішніми змінами й змінами довкілля; біофізичні та біохімічні процеси в організмі для забезпечення гомеостазу.

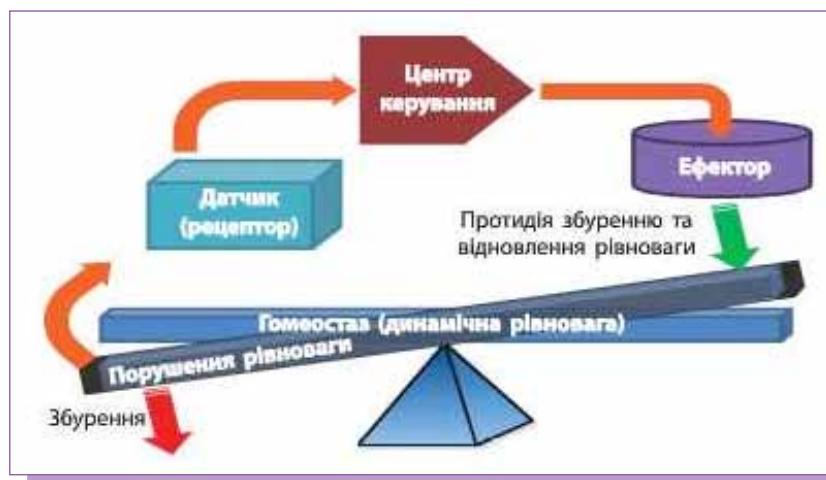
Висловлювати судження про значення сталості внутрішнього середовища організму людини (гомеостаз); про нервово-гуморальну регуляцію як основу цілісності організму.

Усвідомлювати складність проблеми здоров'я людини й відповідальність людини за своє здоров'я як особисте та суспільнозначуще

САМ СЕБЕ РЕГУЛЮЄ

Вільне існування організму людини в умовах зовнішнього середовища, параметри якого мінливі, можливе лише в умовах сталості його внутрішнього середовища. Внутрішнє середовище організму людини — це кров, лімфа, тканинна рідина. Клітина може існувати й функціонувати лише тоді, коли в навколоишньому середовищі є певна концентрація солей, температура, осмотичний тиск та низка інших фізико-хімічних показників. Сталість хімічного складу й фізико-хімічних властивостей внутрішнього середовища організму називають *гомеостазом* (від грец. ὅμοιος — однаковий, σταθμός — стан). Наголосимо, що гомеостаз — це підтримання сталого рівня кожного параметра в певних межах його норми, а не статичного, фіксованого рівня.

Сталість багатьох властивостей організму забезпечено *саморегулюванням*. Саморегулювання — універсальна властивість організму, яку він вмикає тоді, коли виникає відхилення від певного сталого рівня будь-якого життєво важливого чинника зовнішнього або внутрішнього середовища. Одна з умов саморегулювання — зворотний зв'язок між процесом, регульованим системою, і системою, яка його регулює (мал. 6.1).



Мал. 6.1. Датчик (в організмі цю роль виконують рецептори) надсилає інформацію в центр керування, і якщо рівновагу порушене, то центр керування активує певний ефектор (ним можуть бути різні тканини й органи), який її відновлює



Саморегулювальні системи є й у техніці. Прикладом таких систем є електро-нний генератор незгасальних коливань, маятниковий годинник, парова машина тощо. У кожній автоколивальній системі є стало (не коливальне) джерело енергії: (батарея акумуляторів електронного генератора, пружина або гиря годинника та ін.). Втрати енергії в автоколивальній системі компенсують лише надходження енергії від джерела. Важливим є те, що автоколивальна система сама регулює надходження енергії від джерела й підтримує установлений режим коливань.

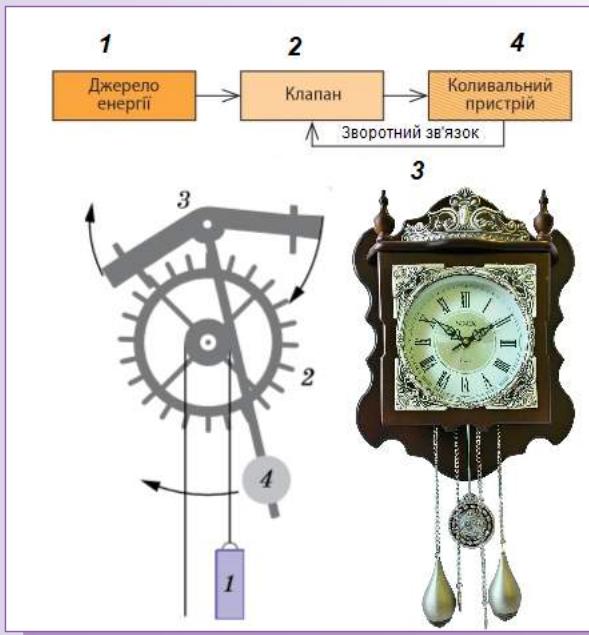


Щоб коливання були незгасними та періодичними, необхідно виконати дві умови:

- енергія, яка надходить від джерела, має компенсувати втрати в коливальному пристрій за період коливань;
- порції енергії мають вчасно надходити до коливального пристрію.

Ці умови виконувані завдяки колу позитивного зворотного зв'язку, яке керує клапаном живлення коливального пристрію та рівня порцій енергії, необхідного для підтримування незгасних коливань. Якщо амплітуда коливань є меншою за усталене значення, енергія, що надходить до коливального пристрію, перевищує втрати за період, унаслідок чого амплітуда зростає. Такий характер позитивного зворотного зв'язку забезпечує самозбудження автоколивальної системи, тобто наростання коливань у ній за будь-яких малих значень. У разі перевищення поточного амплітудою усталеного значення енергія зменшується, й амплітуда наближається до усталеного значення, тобто автоколивання є стійкими.

Деякі автоколивальні системи для збудження коливань потребують початкового поштовху (механічного — у годиннику, електронного — в електронному генераторі).



Мал. 6.2. Маятниковий годинник — саморегулювальна коливальна система

Розгляньмо маятниковий годинник (мал. 6.2). Джерелом енергії такої системи є гиря (1), передавальним пристроєм — храпове колесо (2) та анкер (3), коливальною системою — маятник (4).

Піднята над землею гиря вільно, рівно пришвидшено опускається й обертає храпове колесо. Рівномірне обертання храпового колеса забезпечує маятник, який з'єднано з храповим колесом через анкер. За одну секунду маятник здійснює одне повне коливання. Призначення анкера полягає в тому, щоб храпове колесо, до якого прикріплено стрілки, могло під час цього повернутися лише на один зубець.

Розгляньте й поясніть схему, зображену на малюнку 6.3. Чим, на вашу думку, відрізняється негативний зв'язок від позитивного?



Позитивний зворотний зв'язок

Суб'єкт
господарювання,
керування (фірма,
підприємство,
заклад)

Повідомлення

Служба
ЗЗГ

Засоби
масової
інформації

Розповсюд-
ження
повідомлень

Негативний зворотний зв'язок

Мал. 6.3. Спробуйте пояснити, що таке ЗЗГ

Розгляньмо спрощену схему процесів саморегулювання організму. Інформацію про стан навколошнього світу й про внутрішнє середовище організм отримує за допомогою датчиків-рецепторів — органів чуття, що здатні до модальної (вибіркової) чутливості до певних впливів (зорових, слухових, температурних, гравітаційних). Уся інформація про стан зовнішнього середовища та її зміни надходить у центральну нервову систему, яка виконує кілька функцій одночасно. Туди ж надходить інформація від внутрішніх рецепторів, розташованих усередині нашого тіла, — «датчиків» тиску, вмісту вуглекислого газу й кисню, кислотності різних біологічних рідин, напруження м'язів та ін.

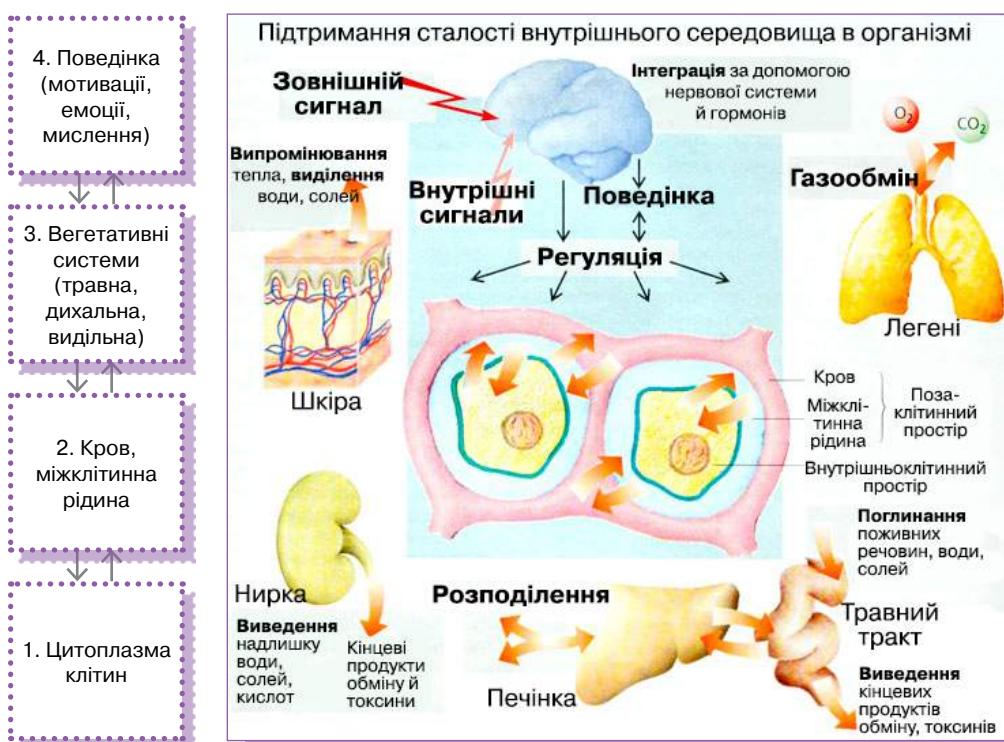
Коли ситуація з якихось причин змінилася й потребує відповідних реакцій на системному рівні, організм виконує дію, спрямовану на стабілізацію системи. Наприклад, почуття голоду зумовлено зниженням рівня глюкози в крові, інформація про який досягла клітин головного мозку й послужила підставою для посилення активності травного тракту (посилується секреція шлункового соку й перистальтика кишечника). При цьому органи зору й пов'язані з ними відділи центральної нервової системи фіксують продукти харчування, а зіставлення їхніх образів зі збереженими в базі пам'яті моделями вказує, що вони дають змогу вгамувати голод. У цьому разі центральна нервова система «віддає розпорядження» виконавчим (ефекторним) органам виконати необхідні дії, що приводять до насичення й відновлення рівня глюкози в крові. Тобто мети саморегулюваної системи — усунення причини змін гомеостазу (зниження в крові рівня глюкози, необхідної всім клітинам як джерело енергії) — досягнуто.

У наведеному спрощеному випадку її досягнути легко — достатньо взяти й з'їсти продукт, що перебуває в полі зору. Складніші сценарії дій, засновані на таких спонукальних мотивах, як любов і прагнення до продовження виду, сімейні цінності, дружба, потреба в безпеці, самостверджені, тяга до нового й прагнення до краси, мають у своїй основі подібну структуру. Вростаючи в психологічні та соціальні механізми існування людини, вони створюють основу розвитку людської цивілізації, залишаючись незмінними з давньої історії до наших днів.

Можна виокремити основні структурно-функціональні блоки організму як саморегульованої системи:

- чутливі закінчення — рецептори, що несуть інформацію про стан зовнішнього і внутрішнього середовища;
- центральний «процесор» — відділи центральної нервової системи, що відповідають за оброблення та зберігання інформації;
- нервова й гуморальна регуляція — центральні механізми управління системою;
- ефекторні (виконавчі) органи;
- «енергетичний блок» — забезпечення структур системи енергією, необхідною для здійснення процесів, що відбуваються;
- «гомеостатичний блок» — контроль за сталістю внутрішнього середовища;
- оболонка, що відділяє й захищає організм, а також забезпечує обмін енергією та інформацією із середовищем.

Системи саморегуляції діють на всіх рівнях організації організму.



Передусім постійний склад має бути в цитоплазмі клітини — гомеостаз 1-го ступеня (мал. 6.4.). В основі реакцій, здійснюваних у клітині на ультраструктурному рівні, лежать *генетичні механізми гомеостазу*. У клітині безперервно змінюються й відновлюються органелі. Установлення

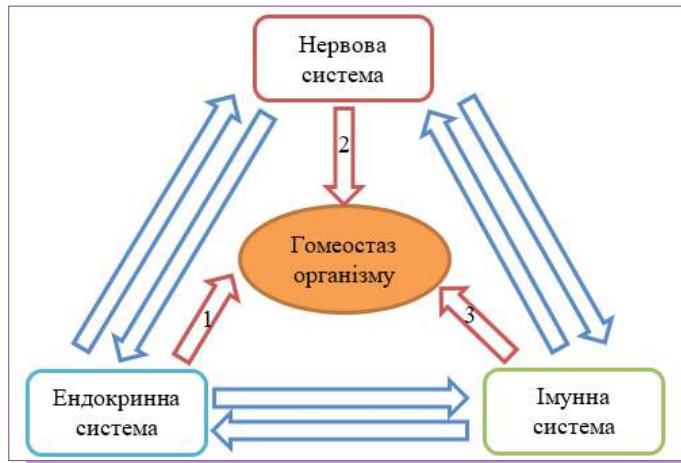
гомеостазу клітинного середовища забезпечені мембраними системами, з якими пов'язані біоенергетичні процеси й регулювання транспортування речовин у клітину та з неї. Це забезпечують механізми гомеостазу 2-го ступеня — рідини, що циркулюють в організмі, та його внутрішнє середовище. Їхній гомеостаз пов'язаний з вегетативними системами стабілізації складу речовин, що надходять, рідин і газів, та виділенням кінцевих продуктів обміну речовин — ступінь 3. Зокрема, на відносно сталому рівні підтримується температура, вміст води й концентрації електролітів, кисню та вуглекислого газу, кількості поживних речовин і продуктів обміну, що виділяються.

Четвертий ступінь підтримки гомеостазу — поведінка. Окрім доцільних реакцій, вона включає емоції, мотивації, пам'ять, мислення. Четвертий ступінь активно взаємодіє з попереднім, ґрунтуючись на ньому й впливає на нього.

Виокремлюють також різні види гомеостазу (генетичний, структурний, системи крові, газовий тощо).

У чому біологічне значення гомеостазу? У результаті тривалого пристосування до умов середовища різні види, зокрема й людина, набули нових ознак. Така адаптація дала змогу заселити всі кліматичні зони земної кулі. Це свідчить про те, що істоти здатні адаптуватися до найтяжчих умов існування, які поступово стають для них нормальними. Тож гомеостаз проявляється й на рівні екосистем: підтримання чисельності виду в певних умовах. Для популяцій характерним є генетичний гомеостаз — підтримання сталої генотипічної структури в змінних умовах середовища.

Взаємодія різних видів і рівнів гомеостазу відбуває системний характер організації живих форм.



Мал. 6.5. Системи підтримки гомеостазу: 1 — гормони; 2 — нервові імпульси; 3 — антитіла, фагоцити

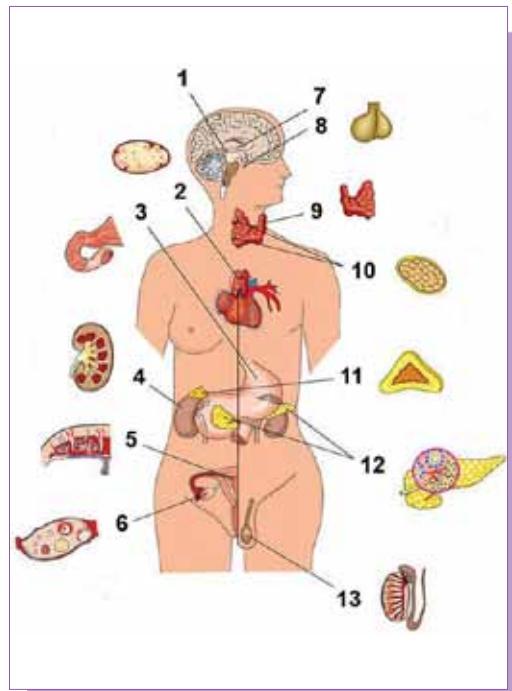
Забезпечення гомеостазу — це, по суті, зміни в біофізичних і біохімічних процесах в організмі: зміни в обміні речовин, особливо білків, жирів і неорганічних (мінеральних) речовин, зміна активності ферментів і гормонів.

Саморегуляція забезпеченa діяльністю нервової, ендокринної та імунної регуляторних систем, що діють взаємозв'язано та взаємоузгоджено (мал. 6.5). Кілька контурів регуляції сталості внутрішнього середовища дають змогу, по-перше, залежно від життєвих умов обмежити пристосувальні зміни якою-небудь однією системою або ж здійснити спільну відповідь. По-друге, у цьому разі виникає можливість не тільки досягти стану рівноваги з навколоишнім середовищем (за рахунок гомеостатичних механізмів перших двох рівнів), а й активно переборювати несприятливі умови — уникати або усувати їх. Властивість імунного захисту виникла в процесі еволюції як функція живої системи, що забезпечує збереження біологічної індивідуальності, збереження гомеостазу.



Пригадати особливості нервової, ендокринної та імунної регуляторних систем ви зможете самостійно за наведеним далі текстом, а також використавши додаткові джерела інформації (зробіть це).

Основу ендокринної системи становлять залози, які продукують відповідні гормони (мал. 6.6.). В організмі людини розрізняють залози зовнішньої, внутрішньої та змішаної секреції. До залоз зовнішньої секреції належать потові, слізні, сальні й травні залози, до залоз внутрішньої секреції — гіпоталамус, гіпофіз, епіфіз, щитоподібна залоза, парашитоподібні залози, надниркові залози, вилочкова залоза (тимус), до змішаної — підшлункова та статеві залози.



Мал. 6.6. Залози ендокринної системи та гормони, які вони секретують:
1 — епіфіз (мелатонін); 2 — тимус (тимозини, тимопоетини);
3 — шлунково-кишковий тракт (глюкагон, панкреозімін, ентерогастрин, холецистокінін);
4 — нирки (еритропоетин, ренін);
5 — плацента (прогестерон, релаксин, хоріонічний гонадотропін); 6 — яєчник (естрогени, андрогени, прогестини, релаксин); 7 — гіпоталамус (ліберін, статин); 8 — гіпофіз (вазопресин, окситоцин, пролактин, ліпотропін, АКТГ, МСГ, СТГ, ФСГ, ЛГ);
9 — щитоподібна залоза (тироксин, трийодтиронін, кальцитонін);
10 — парашитоподібні залози (паратиреоїдний гормон);
11 — наднирник (кортикостероїди, андрогени, адреналін, норадреналін);
12 — підшлункова залоза (соматостатин, глюкагон, інсулін);
13 — сім'янник (андрогени, естрогени)

Ендокринні залози безперервно «спостерігають» за потребами органів і тканин. У відповідь на кожний «запит з місця» залози виділяють у кров гормони — специфічні високоактивні хімічні сполуки. Кровоносними судинами кров транспортує гормони до клітин, що надіслали запит. Вони проникають крізь клітинні мембрани і, вступивши у взаємодію з носієм спадкової інформації ДНК, стимулюють вироблення відповідних ферментів, які забезпечують синтез необхідних речовин. Після «виконання завдання» гормони розпадаються, продукти розпаду відносить кровотік. Функції ендокринних залоз наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

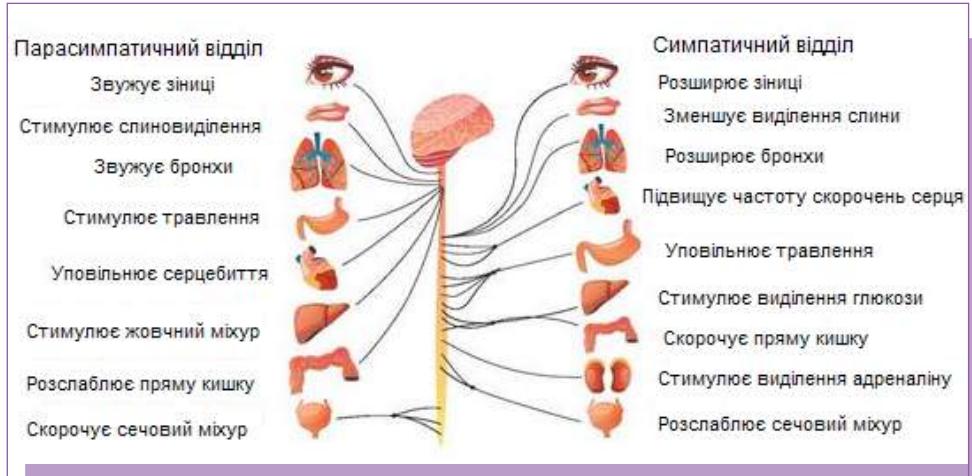
Залоза	Функції
Щитоподібна залоза	Щитоподібна залоза виробляє гормони, що посилюють обмін речовин в організмі. Вони впливають також на діяльність центральної й вегетативної нервових систем, беруть участь у формуванні зростаючого організму
Паращитоподібні залози	Паращитоподібні залози продукують паратгормон, який регулює вміст в організмі надзвичайно необхідного хімічного елемента — Кальцію. Ви вже знаєте, що від його балансу в організмі залежить міцність опорних кісткових тканин, що є основою скелета, і нормальній перебіг багатьох біохімічних реакцій
Підшлункова залоза	За углеводний обмін організму відповідає підшлункова залоза, що виробляє гормони інсулін і глюкоген. Водночас підшлункова залоза функціонує і як залоза зовнішньої секреції — постачає травні соки в дванадцятипалу кишку
Наднирники	Наднирники дуже складні за будовою. Вони складаються з мозкової речовини й кори, що вкриває їхню зовнішню поверхню. Обидві ці тканини, які зовсім різні за будовою, виробляють надзвичайно важливі гормони. Мозкова речовина постачає організм адреналіном. Цей гормон здатен впливати на діяльність серця й кровоносних судин, сприяє пришвидшенню серцебиття та підвищенню артеріального тиску в певних ситуаціях. Окрім того, він стимулює наполегливість, здатність прийняти оперативне рішення в небезпечній ситуації. Кора надниркових залоз виробляє кортизол, альдостерон, кортикостерон та низку інших гормонів (їх відомо понад чотири десятки). І всі вони відіграють значну роль як у фізичному, так і в психічному житті людини: регулюють мінеральним і водним обміном організму, з виділенням їх у кров пов'язані наші пристосувальні реакції до різних екстремальних станів
Статеві залози	Статеві залози — сім'янки в чоловіків і яєчники в жінок — також продукують гормони. Сім'янки виробляють андрогени, а яєчники — жіночі гормони естрогени. Ці речовини контролюють статевий розвиток

Продовження таблиці 6.1

Залоза	Функції
Гіпофіз	<p>Гіпофіз за розмірами не перевищує квасолину середньої величини, його маса в середньому становить не більше 0,5 грама. Однак він складається з трьох частин, кожна з яких «живе» власним життям і виробляє власні гормони.</p> <p>Передня частина гіпофіза продукує, зокрема, гормон росту, під впливом якого в організмі відбувається синтез білків, сполук Фосфору, Кальцію та інших «будівельних матеріалів», необхідних для формування тканин. Там само виробляється група гормонів, що коректують діяльність інших ендокринних залоз — щитоподібної, статевих, надниркових. Тобто від передньої частини гіпофіза залежить якість функціонування майже всієї ендокринної системи.</p> <p>Задня частина гіпофіза постачає організму такі важливі гормони, як вазопресин, що викликає скорочення судин, й окситоцин, який упливає на скорочення матки. Менш з'ясованою є роль середньої частини гіпофізу та гормонів, які вона виділяє</p>
Гіпоталамус	<p>Проте головним «контролером» діяльності всієї ендокринної системи є гіпоталамус. Будь-яка інформація про роботу ендокринних залоз, про нестачу або надлишок гормонів, що виділяються «на місцях», негайно надходить у вигляді імпульсів-донесень у гіпоталамус. У цій залозі у відповідь утворюються хімічні сполуки, які умовно називають рилізинг-факторами. Надійшовши з гіпоталамуса в гіпофіз, ці речовини викликають тут виділення такої самої кількості гіпофізарних гормонів. Кожний з них й собі стимулює діяльність відповідної залози внутрішньої секреції й упливає певним чином на клітини організму</p>

Будову й функції нервової системи зображенено на малюнку 6.7.





Мал. 6.7. Схема нервової системи

Функції нервової системи:

- 1) об'єднує організм в одне ціле;
- 2) регулює роботу органів і систем;
- 3) підтримує сталість внутрішнього середовища організму;
- 4) здійснює зв'язок організму із навколоишнім середовищем і забезпечує адаптацію в мінливих умовах;
- 5) визначає психічну діяльність індивіда.

Нервова й ендокринна системи здійснюють разом нейрогуморальну регуляцію функцій організму, розподіливши між собою функції (табл. 6.1).

Таблиця 6.1.

Нейрогуморальна регуляція функцій організму

Процес	Гуморальна регуляція	Нервова регуляція
Травлення	Гастрин активізує рухову активність шлунка й кишечника. Секретин, адреналін, норадреналін гальмують рухову активність шлунка й кишечника, підвищують секрецію травних соків	Харчовий центр — у довгастому мозку. Центр голоду й насичення — у гіпоталамусі. Симпатична нервова система (НС) зменшує виділення травних соків шлунка й кишечника, гальмує їхню рухову активність. Парасимпатична НС збільшує виділення травних соків, стимулює рухову активність шлунка й кишечника
Дихання	Зростання концентрації вуглекислого газу в крові активує нервові закінчення судин і нейрони дихального центру, що приводить до почастішання дихання	Дихальний центр у довгастому мозку координує роботу дихальних м'язів. Симпатична НС розширяє бронхи, легені, збільшує частоту дихальних рухів. Парасимпатична НС звужує бронхи, легені, зменшує частоту дихальних рухів

Продовження таблиці 6.1

Процес	Гуморальна регуляція	Нервова регуляція
Кровообіг	Адреналін, норадреналін, тироксин, іони Ca^{2+} посилюють скорочення й тонус сердечного м'яза, звужують судини внутрішніх органів, розширяють судини серця й мозку. Ацетилхолін, іони K^+ зменшують частоту й силу сердечних скорочень, розширяють судини скелетних м'язів і серця	Судиноруховий центр — у довгастому мозку. Симпатична НС підвищує частоту й силу сердечних скорочень, звужує стінки більшості артерій, розширяє судини серця й мозку. Парасимпатична НС уповільнює роботу серця, розширяє судини слинних і підшлункової залоз, язика, статевих органів
Виділення	Антидіуретичний гормон (вазопресин) підвищує всмоктування води в нирках, зберігаючи воду в організмі. Кортикостероїди регулюють виведення нирками іонів K^+ і Na^+	Центр спраги в гіпоталамусі контролює вміст солей у внутрішньому середовищі. Симпатична НС гальмує фільтрацію первинної сечі. Парасимпатична НС збільшує всмоктування глюкози
Терморегуляція	Гормони гіпофіза стимулюють процеси енергетичного обміну й теплоутворення. Меланотропін зумовлює потемніння шкіри під дією світла, мелатонін (гормон епіфізу) — її освітлення	Центр терморегуляції — у гіпоталамусі. Рухові нейрони спинного мозку викликають трептіння м'язів і збільшують теплоутворення. Симпатична НС посилює потовиділення, викликає виникнення «гусячої шкіри»
Опора й рух	Соматотропін стимулює синтез білків, ріст хрящів і кісток. Кальцитонін (гормон щитовидної залози) сприяє засвоєнню Кальцію кістками. Паратіреоїдний гормон знижує рівень Кальцію в кістках	Соматична НС керує рефлекторними рухами. Мозочок координує рухи й регулює рівновагу. Рухова зона кори великого мозку зумовлює довільні рухи. Симпатична НС підвищує працездатність м'язів, впливаючи на обмін речовин й енергії в них
Розмноження	Статеві гормони стимулюють статеве дозрівання, розвиток вторинних статевих ознак, утворення гамет; забезпечують формування статової поведінки, запліднення, розвиток зародка, перебіг вагітності. Окситоцин стимулює пологи. Мелатонін гальмує статеве дозрівання	НС регулює діяльність статевих залоз і статевих органів. У гіпоталамусі розташований центр задоволення. Кора великих півкуль контролює центри статевих функцій, що містяться в спинному мозку. Підкіркові структури головного мозку управлюють статевою поведінкою

При цьому для кожної характерні певні особливості (табл. 6.2).

Таблиця 6.2.

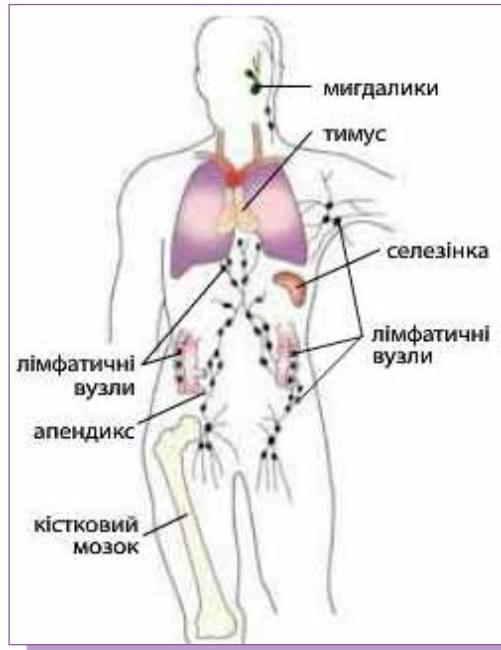
Порівняльна характеристика гуморального та нервового типів регуляції

Ознака	Тип регуляції	
	Гуморальна	Нервова
Швидкість реагування	Низька	Висока
Механізм дії	За допомогою хімічних речовин через кровоносне русло	У вигляді електричних імпульсів, що проходять нервовими волокнами
Швидкість одержання відповіді	Відповідь розвивається повільно (зростання, дозрівання статевих клітин)	Відповідь миттєва (скорочення м'язового волокна)
Час і локалізація дії	Відповідь пролонгована й генералізована	Відповідь короткочасна й чітко локалізована

Імунна система людини (мал. 6.8.) є однією з найважливіших і виконує регуляторну роль разом з нервовою та ендокринною системами. Імунна система має складну будову й чітку ієархію. Стратегія її дій проста: розпізнати ворога, мобілізувати сили й знищити його.

До центральних ланок імунної системи належать червоний кістковий мозок і тимус (вишочкова залоза). 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 також утворюються певні типи лейкоцитів.



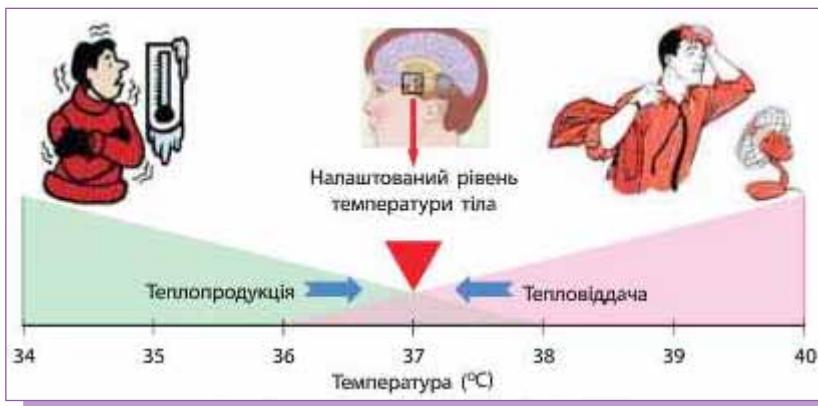
Мал. 6.8. Імунна система людини

За механізмом дії розрізняють клітинний і гуморальний імунітет. Клітинний імунітет зумовлений здатністю різних лейкоцитів до знищення збудників і заражених клітин. Гуморальний — забезпечують особливі білки.

ТРИМАЙ БАЛАНС

До показників, що організм намагається підтримати на сталому рівні, належать: температура, рівень pH, осмотичний та артеріальний тиск крові, рівень глюкози, водно-сольовий баланс.

Контроль температури тіла в людини є хорошим прикладом гомеостазу в біологічній системі. Коли людина здорована, температура її тіла коливається в межах 36,6–36,8 °C, однак різні чинники можуть вплинути на це значення, зокрема гормони, швидкість обміну речовин і різні захворювання, що ведуть до підвищення температури. В організмі «термостат» розташований у головному мозку, а саме — у гіпоталамусі. Через кровотік до мозку надходять сигнали про температурні показники, а також про частоту дихання, рівень цукру в крові й метаболізм.



Мал. 6.9. Баланс температури тіла

Терморегуляція відбувається за принципом зворотного зв'язку (мал. 6.9). Підвищення температури навколошнього середовища спричиняє рефлекторне зниження обміну речовин та зменшення теплотворення, і навпаки — зниження температури рефлекторно підвищує інтенсивність метаболічних процесів з посиленням теплотворення. Тепловіддача в навколошнє середовищездійснюється за рахунок випромінювання теплоти й випаровування води (потовиділення).



Температура тіла людина близька до тієї, за якої питома теплоємність води найменша. Вперше температуру тіла людини виміряли ртутним термометром у Німеччині в 1891 році.

Організм людини масою 70 кг за 24 год виробляє 2 400 кілокалорій, що достатньо для того, щоб підвищити температуру тіла від 0 до 40 °С.

Внаслідок підвищення температури навколошнього середовища на 10 °С температура тіла людини зростає лише приблизно на 0,2 °С. Споживання кисню організмом людини під час підвищення температури тіла на кожний градус збільшується приблизно на 7 %. Унаслідок підвищення температури на 10 °С швидкість біохімічних реакцій в організмі зростає вдвічі. Отже, температура середовища та тіла визначає інтенсивність хімічних процесів в організмі. Як саме температура зумовлює біохімічні зміни в організмі, достеменно не з'ясовано. Імовірно, що важливу роль у цьому відіграють гормони. Про температуру різних ділянок тіла людини ви дізнаєтесь з таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Температура різних ділянок тіла людини

Ділянка тіла	Температура, °С	Ділянка тіла	Температура, °С
Вушна раковина	23...28,3	Зовнішній бік руки	31,5...32,5
Верхня губа	32...33,6	Долоні	33,4...34,6
Щока	33,9...34,5	Спина, живіт	34,2...34,6
Шия	34...35,0	Ротова порожнина	37,2...37,6
Підборіддя	35,4	Пряма кишка	36,6...37,9
Підошви	30...32	Колінна ямка	35,0
Кінчик носа	22,2	Середина стегна	34,4



Протягом доби температура тіла в людини коливається, що є відображенням добових ритмів: різниця між температурою тіла рано вранці й увечері досягає 0,5–1,0 °С. Максимальною вважають температуру 42 °С, за якої відбувається порушення обміну речовин у тканинах мозку. Температура тіла вище 42,2 °С призводить до втрати свідомості. Мінімальна критична температура — 25 °С. Уже за 27 °С настає кома, відбувається порушення серцевої діяльності й дихання. Організм людини ліпше пристосований до холоду. Наприклад, зниження температури тіла до 32 °С спричиняє лихоманку, але не становить небезпеки для життя.

Для людини небезпечною є підвищена температура (гіпертермія). *Гіпертермія* — підвищення температури тіла вище від 37 °С через інтенсивне фізичне навантаження, перегрівання на сонці, певні захворювання. Під час захворювань гіпертермія зумовлена дією *пірогенів*, які змінюють «заданий рівень» температури гіпоталамуса з відповідними наслідками. Гіпертермія при цьому має й позитивне значення, бо запобігає розмноженню бактерій і вірусів, стимулює власні захисні реакції. Однак під час підвищення температури понад 41 °С порушуються процеси терморегуляції, інактивуються ферменти, змінюється проникність мембрани, що може привести до летального наслідку.

Оптимальна температура для легко одягнутої людини становить 18–20 °С. Стан комфорту залежить від комбінації температури, вологості, конвекції. Тривале перебування людини в тій або іншій кліматичній зоні супроводжується її адаптацією (акліматизацією). Зокрема, у північних жителів обмін зростає (холодова адаптація), на екваторі — зменшується (теплова адаптація) унаслідок змін рівня концентрації гормонів. Змінюються й процеси теплорегуляції. Наприклад, під час тривалого підвищення температури довкілля не тільки зростає кількість видленого поту, а й зменшується видлення солей. Унаслідок тривалих впливів холоду або тепла виникає толерантна адаптація: наприклад, поріг розвитку тремтіння зсувається в бік нижчих або вищих температур відповідно.

Процеси регулювання теплової енергії в організмі людини здійснюються переважно такими способами: 1) біохімічним; 2) зміною інтенсивності кровообігу; 3) зміною інтенсивності виділення вологи.

Біохімічна терморегуляція полягає в зміні інтенсивності окисно-відновних реакцій, які відбуваються в організмі людини. Наприклад, м'язове тремтіння від холоду, що виникає внаслідок сильного охолодження організму, підвищує виділення теплоти до 125–200 Дж/с.

Хімічна терморегуляція забезпечує здатність організму змінювати інтенсивність обмінних процесів під час обміну речовин і надходження теплоти ззовні. На стабільність температури організму суттєво впливають ліпіди іжі. Відомо, що підвищений вміст холестеролу в іх збільшує термоустійливість.

Фізична терморегуляція забезпечує теплообмін між людиною й навколишнім середовищем через тепlopровідність, конвекцію, випаровування та випромінювання (поглинання) енергії тілом людини. Тепло чи холод людина сприймає нервовими закінченнями — терморецепторами, що розташовані в шкірі, які подають сигнали в центр терморегуляції, що спричиняє збільшення або зменшення теплоутворення й тепловитрат організмом.

Конвекція забезпечує 15–20 % теплообміну людини. Випаровування відбувається з поверхні легень і шкіри (22–30 %). На випромінювання з відкритих частин тіла та одягу припадає найбільше теплових втрат (50–60 %). За високих температур повітря організм віддає теплоту за рахунок потовиділення, а за низьких тепловіддачу забезпечують конвекція та випромінювання.

Регулювання інтенсивності надходження крові як теплоносія від внутрішніх органів до поверхні тіла людини відбувається внаслідок звуження чи розширення крононосних судин. Перенесення теплоти з потоком крові має велике значення через низький коефіцієнт тепlopровідності тканин організму людини.



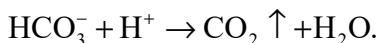
За високих температур навколошнього середовища кровоносні судини шкіри розширяються й до неї від внутрішніх органів притікає більша кількість крові, отже, шкіра віддає більше теплоти в довкілля. За низьких температур кровоносні судини шкіри звужуються, тому приплив крові до шкірного покриву зменшується, тож зменшується й кількість теплоти, яку організм віддає в навколошнє середовище.

Отже, теплове самопочуття людини (стан теплового балансу «людина – навколошнє середовище») залежить від температури довкілля, рухливості, відносної вологості повітря, атмосферного тиску, температури та кольору навколошніх предметів, інтенсивності фізичного навантаження організму.

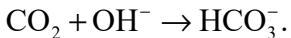
Підтримання сталого рівня pH крові. У нормі pH крові коливається в межах 7,36–7,4. Однак у процесах життєдіяльності в кров увесь час надходять продукти або кислого, або основного характеру, що можуть зсунути це значення. Сталість pH підтримують буферні системи крові й органи виділення — легені та нирки. Буферні системи згладжують різкі коливання pH за раптового збільшення вмісту кислих або лужних продуктів у крові. Органи виділення виводять ці продукти з організму.

Буферні системи — це хімічні системи, pH яких не змінюється навіть після добавлення певної кількості кислот або основ. У тканинній рідині й крові головною буферною системою є гідрогенкарбонатна система ($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$), а у внутрішньоклітинній рідині — ортофосфатна ($\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$). Як вони працюють?

У плазмі крові та еритроцитах міститься вуглекислий газ та карбонат-іон, у плазмі та в еритроцитах — гідрогенкарбонат-іон, концентрація якого приблизно у 20 разів вища за концентрацію вуглекислого газу. Якщо в кров надходять катіони Гідрогену, частина гідрогенкарбонат-іонов реагує з ними:

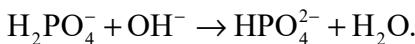
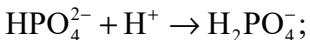


Підвищена концентрація вуглекислого газу подразнює дихальний центр головного мозку, який підсилює вентиляцію легенів, що виводять надмірну кількість вуглекислого газу, тому pH крові не змінюється. Якщо в крові збільшиться вміст гідроксид-аніонів, відбуватиметься така реакція:



Нирки виводять надлишок гідрогенкарбонат-іонів.

Аналогічно діє ортофосфатна буферна система, яка зв'язує надлишки катіонів Гідрогену й гідроксид-іонів:



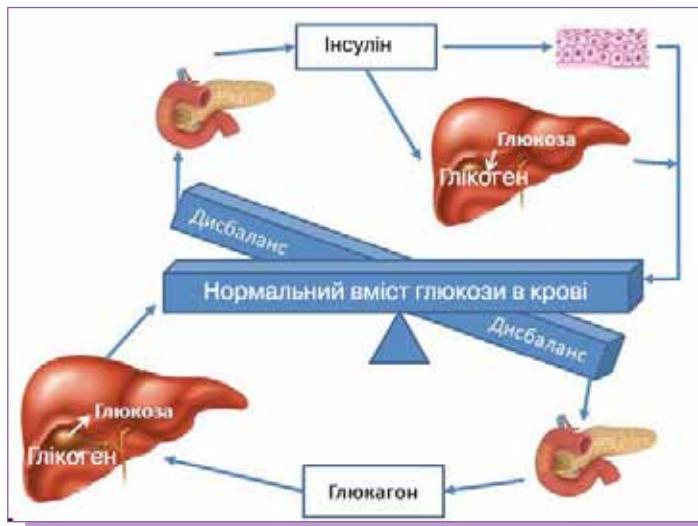
Тиск під контролем. Підтримання здорового кров'яного тиску також є прикладом гомеостазу. Серце може відчувати зміни кров'яного тиску й посилати сигнали в мозок для обробки. Далі мозок відправляє назад сигнал до серця з «інструкцією», як правильно реагувати. Якщо кров'яний тиск дуже високий, то його потрібно знизити.

Як людський організм регулює всі системи та органи й компенсує зміни, що відбуваються в навколошньому середовищі? Це відбувається завдяки безлічі природних датчиків, що контролюють температуру, сольовий склад крові, артеріальний тиск та інші параметри. Ці детектори посилають сигнали в мозок, головний центр керування, якщо деякі показники відхилилися від норми. Після цього організм розпочинає компенсаторні заходи для відновлення нормального стану.

Регулювання рівня глюкози в крові. Для того щоб людина залишалася здорововою, у її тілі має бути належний рівень глюкози (мал. 6.10). Коли рівень глюкози стає зависоким, підшлункова залоза виробляє гормон інсулін. Якщо рівень глюкози в крові опускається дуже низько, печінка перетворює глікоген у крові й тим самим підвищує рівень цукру. Коли хвороботворні бактерії або віруси потрапляють в організм, він починає боротися з інфекцією, перш ніж патогенні елементи зможуть привести до яких-небудь проблем зі здоров'ям.

Інсулін — це єдиний гормон, дія якого спрямована на зниження рівня глюкози в крові. Він стимулює перехід глюкози з плазми крові в клітини — переважно м'язів і жирової тканини. Крім того, інсулін стимулює процеси синтезу глікогену й ліпідів з глюкози, а також процеси гліколізу, в яких глюкоза витрачається.

Інші гормони збільшують вміст глюкози в крові. Глюкагон посилює розпад глікогену в печінці й стимулює синтез глюкози — глюконеогенез. Адреналін стимулює розпад глікогену.



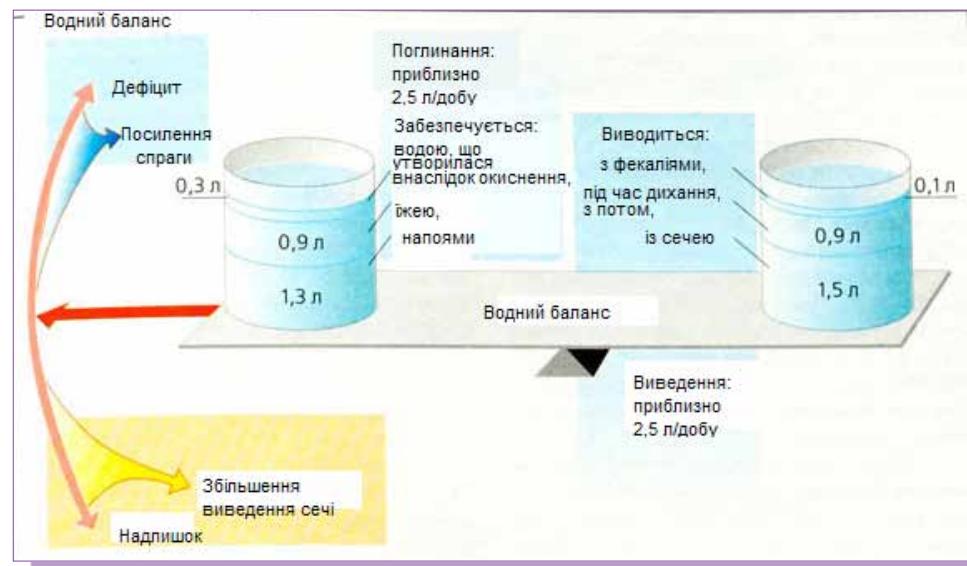
Мал. 6.10. Баланс глюкози

Порушення балансу цієї системи та наслідки неналежного рівня цукру в крові й становлять клінічну картину цукрового діабету. Цукровий діабет — керований стан. Для здійснення цього керування потрібно вчасно харчуватися, правильно й ретельно лікуватися, постійно контролювати цукор у крові. Для поліпшення самопочуття й рівня глюкози крові необ-

хідно знайти баланс між їжею, фізичним навантаженням і прийманням ліків. Чи можна прожити повноцінне життя із цукровим діабетом? Безумовно, якщо ставитися до хвороби відповідально.

Водно-сольовий баланс. Незалежно від того, скільки води випиває людина, організм не роздується, як повітряна куля, також тіло не зморщиться, як родзинки, якщо людина питиме дуже мало. Напевно, хтось колись про це хоч раз замислювався. Так чи інакше, організм знає, яку кількість рідини потрібно зберегти для підтримки потрібного рівня (мал. 6.11).

Добова потреба у воді для дорослої людини становить 40 г/кг маси тіла. 85 % води, що міститься в організмі, надходить із продуктами харчування (екзогенна вода), а 10–15 % утворюється в організмі (ендогенна вода). Ендогенна вода утворюється під час окиснення білків (41,3 г на 100 г), вуглеводів (55,6 г на 100 г), ліпідів (101,7 г на 100 г). З кожної порції продуктів масою 100 г утворюється вода масою 12 г, тобто із спожитих продуктів з енергетичною цінністю, що становить 1 450 кДж на добу, утворюється вода масою 350–400 г.



Мал. 6.11. Водний баланс

Водно-сольовий гомеостаз — це регуляція обміну води й концентрації солей (електролітів) у рідинах організму. Головним чинником, що визначає кількість води в організмі та який підтримує необхідну рівновагу між позаклітинним і внутрішньоклітинним об'ємами рідини, є осмотичний тиск крові, що відіграє винятково важливу роль у забезпеченні метаболічного гомеостазу й рівня артеріального тиску. Близько 72 % води організму міститься в клітинах, а 28 % — у позаклітинному просторі. Позаклітинна вода (блізько 8–10 %) перебуває у вільному стані (кров, лімфа, ліквор); вона мобільна й виконує функцію розчинника. Деяка кількість води (блізько 4 %) зв'язана — вона є складником гідратних оболонок біополімерів (структуронана вода). Основним компонентом, що підтримує

осмотичний тиск у позаклітинній рідині, є катіони Натрію Na^+ . Їхній баланс тісно пов'язаний з обміном іонів Калію K^+ , а також деяких інших іонів. У позаклітинній рідині переважають катіони Na^+ , у внутрішньоклітинній — катіони K^+ , тому процеси осморегуляції та регуляції співвідношення іонів Na^+ і K^+ взаємозалежні.

У нормальному стані внутрішньо-й позаклітинна рідини перебувають в осмотичній рівновазі. Будь-яке збільшення осмотичного тиску позаклітинної рідини приводить до відтоку рідини з клітин (стиснення клітин). Падіння позаклітинного осмотичного тиску під час поглинання або введення великих обсягів води або внаслідок втрати катіонів Na^+ (наприклад, за дефіциту альдостерону) приводить до того, що вода спрямовується в клітину (набухання клітин). І те й інше є ризиком для нормального функціонування клітини, але клітина має механізми захисту.

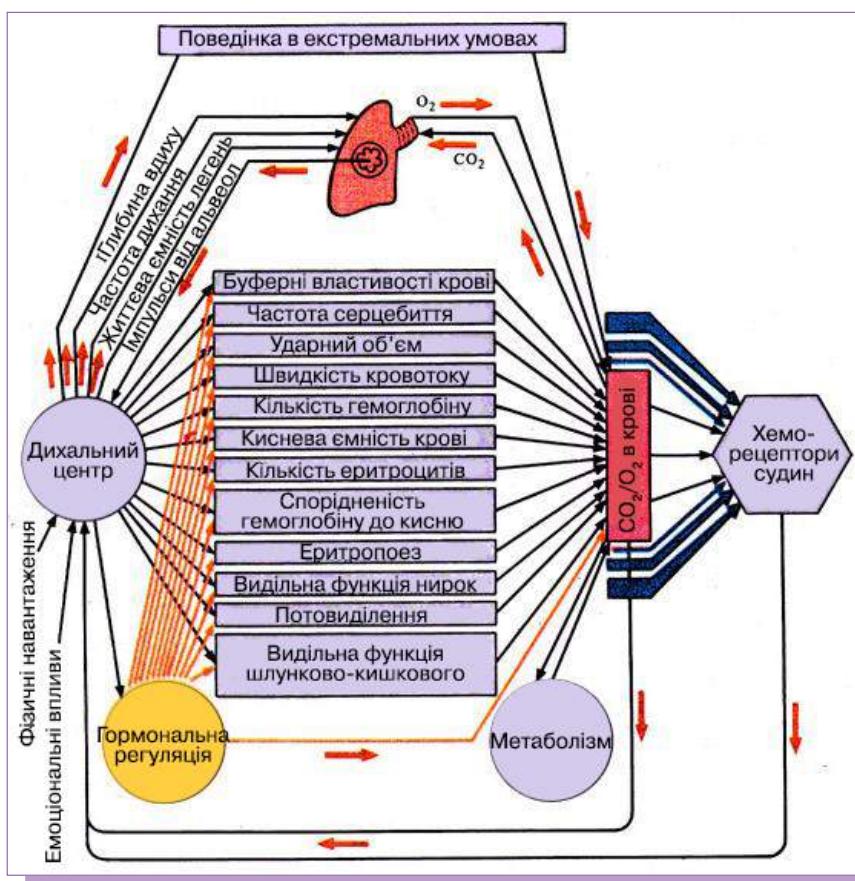
Плазматична мембрана клітини містить механорецептори, які беруть участь у регуляції балансу потоків іонів і води, наприклад, вихід іонів K^+ і Cl^- за збільшення об'єму клітини та вхід іонів Na^+ , K^+ і Cl^- за її стиснення.

Важливу роль в організмі відіграють також мінеральні елементи, які засвоюються з продуктів харчування. Серед неорганічних сполук близько 20 є необхідними для людини. Їхня частка має становити до 4 % добовоого раціону. Залежно від добової потреби організму хімічні поділяють на макро- (потреба становить >100 мг/добу) та мікроелементи (добра потреба — декілька міліграмів або мікrogramів). До макроелементів належать Натрій, Калій, Кальцій, Хлор та Магній. Основна маса мікроелементів в організмі міститься у формі іонів і мінеральних солей. До мікроелементів відносять Ферум, Цинк, Купрум, Манган, Молібден, Йод, Флуор, Селен, Кобальт, Хром. Мікроелементи в тканинах здебільшого є складниками комплексних сполук з білками чи іншими органічними молекулами. У дорослої людини неорганічні (мінеральні) речовини становлять до 5 % маси тіла й беруть участь у багатьох процесах життєдіяльності: проведенні збуджень, утворенні кислоти шлунку, у перенесенні газів кров'ю, для підтримки лужності крові, для процесів окостеніння кісток, для роботи багатьох залоз.

Діти особливо потребують солей Кальцію та Фосфору у зв'язку з ростом кісток. Наприклад, у молодших школярів потреба в Кальції за добу становить до 2,4 г; у Фосфорі — до 2,0 г. Оптимальне співвідношення між концентрацією солей Кальцію та Фосфору для дітей дошкільного віку становить 1:1; у віці 8–10 років — 1:1,5; у старших школярів — 1:2. Лише за таких умов скелет розвивається нормально. Найліпше джерело Кальцію та Фосфору для дітей — це молоко.

Потреба у Ферумі для дітей також підвищена у зв'язку з інтенсивними процесами кровотворення й досягає 1,2 мг (для дорослих — 0,9 мг) на 1 кг маси тіла або загалом до 20 мг за добу. Маса Натрію, який діти мають отримувати за добу, становить до 40 мг (дорослі — до 60 мг), Калію — до 30 мг, Хлору — до 15 мг, Кальцію — до 10 мг. Okрім розглянутих, в організмі людини наявні всі інші хімічні елементи, що є в природі, причому кожний з них виконує певну фізіологічну роль. Ці елементи не є взаємо-

замінними. Наприклад, Натрій забезпечує сталість осмотичного тиску, бере участь у виникненні й проведенні імпульсів збуджень, регулює кислотно-лужну рівновагу. Калій бере участь у виникненні потенціалів збуджень у нервовій і м'язовій системах, у багатьох обмінних процесах, стимулює утворення медіаторів нейронних синапсів. Кальцій входить до складу різних тканин організму (кісток, зубів, м'язів), бере участь у процесах згортання крові. Магній є складником багатьох ферментів, регулює обмінні процеси. Фосфор міститься в кістковій тканині, є компонентом енергоносіїв (АТФ), входить до складу мембрани багатьох клітин, зокрема й нейронів мозку, бере участь у синтезі ДНК. Хлор міститься в хлоридній кислоті шлунка, забезпечує створення біопотенціалів клітин. Ферум є складником еритроцитів крові. Кобальт, Купрум беруть участь у процесах кровотворення та клітинного дихання. Йод входить до складу гормонів щитоподібної залози, регулює обмін речовин в організмі. Аргентум регулює окисно-відновні процеси, має антисептичні властивості. Ванадій сприяє обмінним процесам у м'язах і паренхіматозних органах. Цирконій стимулює ріст і розвиток тканин організму. Бром бере участь в утворенні гормонів гіпофізу.



Мал. 6.12. Регуляція кисню в організмі

Стан водно-сольового обміну значною мірою залежить від рівня вживання мінеральних солей і рідини. Усі розлади сольового обміну нерозривно пов'язані з обміном загальної, позаклітинної та внутрішньоклітинної води. Порушення водно-сольового обміну виявляють за багатьох захворювань і патологічних станів (недостатність кровообігу, артеріальна гіpertenzія, гіофункція кори надниркової залози, гіофункція задньої частини гіпофіза, кишкові інфекції, інтоксикації, перегрівання тощо).

Для підтримання нормального рівня концентрації кисню в крові одного зовнішнього дихання недостатньо. Є механізми, що забезпечують з'язування кисню, його транспортування, рівень окисно-відновних процесів, а також низку поведінкових проявів, спрямованих на збереження кисневого постачання (мал. 6.12). Природно, що показником, від якого залежать дії цих механізмів, є рівень кисню в крові, який контролюють хеморецептори.



Кожному з нас хоч раз у житті доводилося здавати кров з пальця для аналізу, але, погодьтеся, мало хто здатен розібратися в численних незрозумілих позначках і цифрах на аркушику з його результатами.

Позначення, скорочення, одиниці вимірювання	Нормальні величини — загальний аналіз крові								
	Діти віком				Дорослі				
	1 день	1 міс.	6 міс.	12 міс.	1–6 років	7–12 років	13–15 років	Чоловіки	Жінки
Гемоглобін Hb, г/л	180–240	115–175	110–140	110–135	110–140	110–145	115–150	130–160	120–140
Еритроцити RBC, 10 ¹² /л	4,3–7,6	3,8–5,6	3,5–4,8	3,6–4,9	3,5–4,5	3,5–4,7	3,6–5,1	4,0–5,1	3,7–4,7
Показник кольору MCHC, %	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15	0,85–1,15
Ретикулоцити RTS, %	3,5–5,4	1,01–2,4	1,6–2,7	0,99–1,8	0,8–1,5	0,98–1,9	0,9–1,5	0,9–1,4	0,9–1,4
Тромбоцити PLT, тис/мкл	180–490	180–400	180–400	180–400	160–390	160–380	160–360	180–320	120–140
ШОЕ ESR, мм/год	2–4	4–8	4–10	4–12	4–12	4–12	4–15	1–10	2–15
Лейкоцити WBS, %	8,5–24,5	6,5–13,8	5,5–12,5	6–12	5–12	4,5–10	4,3–9,5	4–9	4–9
Паличкоядерні, %	1–17	0,5–4	0,5–4	0,5–4	0,5–5	0,5–5	0,5–6	1–6	1–6
Сегментоядерні, %	45–80	15–45	15–45	15–45	25–60	35–65	40–65	47–72	47–72
Еозинофіли EOS, %	0,5–6	0,5–7	0,5–7	0,5–7	0,5–7	0,5–7	0,5–6	0–5	0–5
Базофіли BAS, %	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1
Лімфоцити LYM, %	12–36	40–76	42–74	38–72	26–60	24–54	25–50	18–40	18–40
Моноцити MON, %	2–12	2–12	2–12	2–12	2–10	2–10	2–10	2–9	2–9



Що є що?

Гемоглобін Нв (Hemoglobin). Кров'яний пігмент еритроцитів, що переносить кисень з легень до органів і тканин організму, а вуглекислий газ, навпаки, до легень. Підвищення рівня гемоглобіну свідчить про: поліцитемію (збільшення кількості еритроцитів), перебування на великий висоті над рівнем моря, надмірне фізичне навантаження, зневоднення організму, згущення крові; зниження цього показника вказує на анемію. Якісні зміни також характерні для низки відносно рідкісних захворювань, частіше вроджених.

Еритроцити. Червоні кров'яні тільця. Утворюються в червоному кістковому мозку. Містять гемоглобін. Переносять кисень. Норма — 4–5 млн/мл (у жінок менше, у чоловіків більше). Підвищення вмісту — поліцитемія (хвороба кісткового мозку), зневоднення (згущення крові); зниження — анемія.

Показник кольору. Відображає відносний уміст гемоглобіну в еритроцитах. Використовують для диференціальної діагностики анемій: нормохромна (нормальнa кількість гемоглобіну в еритроциті), гіперхромна (підвищена), гіпохромна (знижена). Підвищення — сфeroцитоз; зниження — ферумодефіцитна анемія.

Ретикулоцити. Молоді форми еритроцитів, незрілі. У нормі перебувають у кістковому мозку. Надмірне потрапляння їх у кров свідчить про підвищення швидкості утворення еритроцитів (через їхнє руйнування або збільшення потреби). Підвищення вмісту — посилене утворення еритроцитів унаслідок анемії (крововтрати, залізодефіцитна, гемолітична); зниження — апластична анемія, хвороби нирок, порушення дозрівання еритроцитів (брак В12 — фолієводефіцитна анемія).

Тромбоцити. Кров'яні пластинки, що утворюються з гіантських клітин кісткового мозку. Відповідають за згортання крові. Нормальний вміст у крові — 180–360 тис/мл. Підвищення — поліцитемія, мієлолейкоз, запальний процес, стан після видалення селезінки, хірургічних операцій; зниження — тромбоцитопенічна пурпуря, системні автоімунні захворювання (системний червоний вовчак), апластична анемія, гемолітична анемія, гемолітична хвороба, ізоімунізація за групами крові, резус-фактором.

ШОЕ. Швидкість осідання еритроцитів у вигляді стовпчика внаслідок віdstоювання крові. Залежить від кількості еритроцитів, їхньої «ваги», форми та відластивостей плазми — кількості білків (переважно фібриногену), в'язкості тощо. Норма становить 3–15 мм/год. Підвищення ШОЕ може свідчити про інфекції, запальні процеси, злюкісні пухlinи, анемію, вагітність. Уповільнення — про еритремію та реактивний еритроцитоз, недостатність кровообігу, епілепсію, серповидно-клітинну анемію тощо.

Лейкоцити. Білі кров'яні тільця, що утворюються в червоному кістковому мозку. Їхня функція — захист організму від чужорідних речовин і мікробів (імунітет). Норма лейкоцитів у крові становить 4–10 тис/мл. Є різні види лейкоцитів зі специфічними функціями, тому діагностичне значення має зміна кількості видів, а не всіх лейкоцитів загалом — лейкоцитарної формули. Підвищення вмісту лейкоцитів може свідчити про лейкоз, інфекції, запалення, стан після гострої кровотечі, гемоліз, алергію. Натомість зниження їхньої концентрації є ознаками деяких інфекцій (грипу, кору, краснухи тощо), патології кісткового мозку (апластична анемія), підвищеної функції селезінки, генетичної аномалії імунітету.

Нейтрофіли. Це клітини, що відповідають за запалення, боротьбу з інфекцією (окрім вірусної), неспецифічний захист (імунітет), видалення власних загиблих клітин. У зрілих нейтрофілів є сегментоване ядро, молоді клітини — паличкоподібні. Діагностичне значення під час запалення має відносне підвищення кількості паличкоподібних нейтрофілів. Норма — 60–75 % від загальної кількості лейкоцитів, паличкоподібних — до 6 %.



Підвищення вмісту свідчить про можливі інфекції (бактеріальні, грибкові, паразитарні), запальний процес (ревматизм, пошкодження тканин, куріння, панкреатит тощо), інтоксикації (ниркова, печінкова недостатність), психоемоційне збурення, злюкісні пухлини; зниження — про можливість деяких інфекцій (вірусних, хронічних, важких, особливо в літніх людей), апластичну анемію, патологію кісткового мозку, генетичні порушення імунітету.

Еозинофіли. Вони беруть участь у боротьбі з паразитарними інвазіями, алергією. Норма — 1–5 % від загальної кількості лейкоцитів. Підвищення вмісту сигналізує про можливі алергічні стани, паразитарні інвазії, злюкісні пухлини, мієлолейкоз; зниження — про гнійні інфекції, пологи, оперативне втручання, шок.

Базофіли. Ці лейкоцити, потрапивши в тканини перетворюються на гладкі клітини, які відповідають за виділення гістаміну — реакцію гіперчутливості до їжі, ліків тощо. Норма — 0–1 % від загальної кількості лейкоцитів. Підвищення вмісту базофілів може свідчити про реакції гіперчутливості, вітряну віспу, гіпотиреоз, хронічні синусити; зниження — про гіпертиреоз, вагітність, овуляцію, стрес, гострі інфекції.

Лімфоцити. Це основні клітини імунної системи, які борються з вірусними інфекціями. Знищують чужорідні клітини й змінені власні (розпізнають чужорідні білки — антигени — і вибірково руйнують клітини, що їх містять (специфічний імунітет), виділяють у кров антитіла (імуноглобуліни) — речовини, що блокують молекули антигенів і виводять їх з організму. Норма — 18–25 % від загальної кількості лейкоцитів. Підвищення може бути зумовлено вірусними інфекціями, лімфолейкозом; зниження — гострими інфекціями (невірусними) і хворобами (апластична анемія, системний червоний вовчак), імунодефіцитними станами, втратою лімфи.

Моноцити. Найбільші лейкоцити, більшу частину свого існування проводять у тканинах — тканинні макрофаги. Остаточно знищують чужорідні клітини й білки, вогнища запалення, зруйновані тканини. Найважливіші клітини імунної системи, які першими приєднують антиген і транспортують його до лімфоцитів для розвитку повноцінної імунної відповіді. Норма — 6–8 % від загальної кількості лейкоцитів. Перевищення норми може бути зумовлене інфекціями (вірусними, грибковими, протозойними), туберкульозом, саркоїдозом, сифілісом, лейкозами, системними захворюваннями сполучної тканини (ревматоїдний артрит, системний червоний вовчак, вузликовий періартеріїт); зниження — апластичною анемією, волосатоклітинним лейкозом.

Проте не варто самостійно інтерпретувати аналізи за цим міні-довідником! Це може зробити тільки лікар! Важливі не лише результати окремого аналізу, а й співвідношення різних результатів. Тому не можна ставити собі діагноз і займатися самолікуванням. Ця інформація призначена насамперед для того, щоб орієнтуватися в результатах загального аналізу крові та не ставити собі неправдивих діагнозів, трактуючи аналіз як «надто поганий», коли певні показники виходять за межі норм.

ЗАХИСТИМО СЕБЕ САМІ

Система імунітету регулює сталість внутрішнього середовища організму через розпізнавання й видалення чужорідних речовин біологічного походження з організму — передусім збудників різних захворювань. До них належать хвороботворні бактерії, грибки, інші патогенні мікроорганізми.

Деякі клітини крові здатні до знищенння чужорідного агента без переднього стимулювання, без «навчання» тому, що саме є для організму чужим. Це *нейтрофіли та макрофаги* — клітини крові, які першими зустрічають збудника в організмі й протистоять йому. Функція нейтрофіла обмежена простим знищеннем патогенного мікроорганізму, натомість макрофаги, вступивши в контакт із «чужинцем» і знищивши його, вистав-

ляють на своїй мембрані «фрагменти» клітинної оболонки противника, які служать стимуляторами до дії інших важливих клітин імунної системи — лімфоцитів. Розрізняють два основні види лімфоцитів, які забезпечують будь-які форми імунного захисту: Т- та В-лімфоцити. Т-лімфоцити руйнують чужорідні клітини пухлин, протистоять бактеріям і вірусам. Ці клітини мають пам'ять: досить однократного контакту з патогеном, щоб усе життя людини чинити йому опір. В-лімфоцити відповідальні за вироблення антитіл, вони належать до гуморальної ланки імунної системи. Антитіла, або імуноглобуліни, — це особливі білки організму, які в кровоносному руслі «склеють» хвороботворні мікроорганізми й виводять їх із внутрішнього простору. Процес гуморального захисту організму проходить безпосередньо в крові у вигляді хімічної реакції. Антитіла, які утворилися в результаті такого імунного стимулювання, можуть зберігатися все життя, роблячи людину стійкою до повторних контактів, наприклад, до вітряної віспи, краснухи або певного виду грипу. На цьому базується вся програма вакцинації населення.

Т-лімфоцити як головні складники імунітету захищають організм за двома напрямами: з одного боку, допомагають В-лімфоцитам упізнати чужорідний фактор (антіген) і стимулюють їх до вироблення імуноглобулінів, а з іншого — після антигенної активації здатні самі знищувати чужорідні клітини безпосередньо. Це — клітини-убивці, потужні захисники нашого здоров'я, бо руйнують чужорідну клітину за безпосереднього контакту.

До додаткових захисних чинників організму належить *інтерферон* — противірусний білок, який виробляє заражена клітина. Поширюючись міжклітинною рідиною й осідаючи на мембранах здорових клітин, інтерферон захищає здорову клітину від проникнення в неї вірусних частинок.

Тобто імунітет — це складна багаторівнева система захисту сталості внутрішнього середовища організму (гомеостазу). Відомо, що імунітет може бути знижений унаслідок впливу низки несприятливих чинників. Унаслідок опіку, переохолодження, крововтрати, голодування, травм порушується цілісність шкірних покривів, зменшується кількість антитіл, що циркулюють у крові, механізми виведення токсинів й інших зневаджувальних чинників. У цьому разі організм стає більш чутливим до інфекцій, механізми регенерації порушуються, сповільнюються процеси загоєння ран. Ситуація імунологічної неспроможності особливо загострюється в сезон підвищеної активності бактеріальних і вірусних інфекцій — наприклад, під час сезонної активності вірусу грипу.

Порушення гомеостазу можливе внаслідок порушень у самих системах регулювання: ендокринній, імунній (табл. 6.4).

Таблиця 6.4.

Порушення функцій ендокринних залоз

Залоза внутрішньої секреції	Гіперфункція	Гіпофункція
Гіпофіз	Надмірне виділення ростових гормонів призводить до розвитку гігантизму або акромегалії (надмірного розростання окремих частин тіла)	Недостатнє виділення ростових гормонів призводить до розвитку карликовості й затримки статевого розвитку

Залоза внутрішньої секреції	Гіперфункція	Гіпофункція
Щитоподібна залоза	Призводить до розвитку базедової хвороби. Виражається в загальному підвищенні інтенсивності обміну речовин, при цьому дуже часто залоза розростається (утворюється зоб). Спостерігають розвиток витрішкуватості, тремтіння пальців, пришвидшення серцебиття й схуднення	Призводить до розвитку гіпотиреозу. Виражається в загальному зниженні інтенсивності обміну речовин, набряках шкіри, випаданні волосся, швидкій стомлюваності, зниженні температури тіла й артеріального тиску. Часто відбувається розростання тканин щитоподібної залози (утворюється зоб)
Паращитоподібні залози	У кістках скелета утворюються порожнини, збільшується ламкість кісток, часто утворюються камені в нирках	Знижується вміст Кальцію в крові, спостерігаються судомні скорочення м'язів
Підшлункова залоза	Гіперфункція трапляється досить рідко. Поява подібної хвороби пов'язана з порушеннями функціональної діяльності нервової системи, гіпоглікемії (стан організму, при якому рівень глюкози знижується до мінімального)	Недостатнє виділення інсуліну призводить до розвитку цукрового діабету
Кора надніиркових залоз	Спостерігаються розвиток надмірного відкладення жиру на тулубі, зміна форми обличчя, підвищення артеріального тиску, ламкість кісток	Розвивається Аддісонова хвороба. Спостерігають схуднення, розвиток бронзового забарвлення шкіри, зниження артеріального тиску, порушення водно-солевого обміну

У клініці відомі захворювання, пов'язані з вродженими дефектами імунної системи. Наприклад, якщо тимус недорозвинений, то Т-лімфоцитів немає, порушений трансплантаційний і протипухлинний імунітет. За недорозвинених В-лімфоцитів у крові організм не виробляє антитіл. Є низка захворювань, які розглядають як наслідок порушення імунної реакції — так звані *автоімунні хвороби*, наприклад, множинний склероз — дуже небезпечне захворювання, за якого розвиваються автоімунні реакції, спрямовані проти тканин центральної нервової системи.

САМОВІДНОВЛЕННЯ

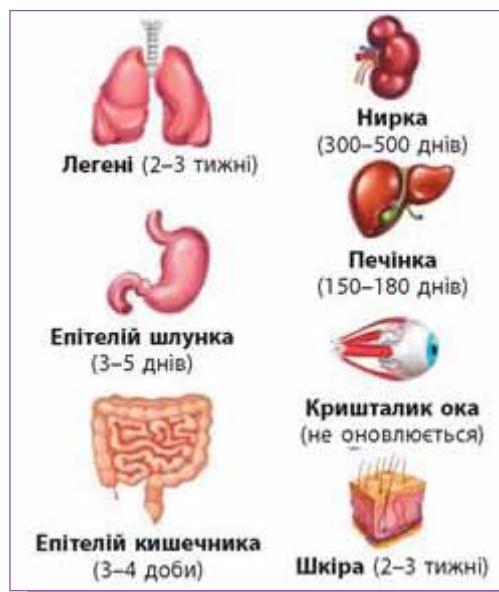
У забезпечені гомеостазу на різних рівнях структурної організації живої матерії відіграє роль і такий процес, як *регенерація*. У біологічному аспекті регенерація (від лат. *regeneratio* — відродження, відновлення) є пристосувальним процесом, сформованим у ході еволюції, який притаманний усьому живому й спрямований на відновлення структури та функції тканини. Хоча термін можна застосувати практично до будь-якого процесу загоєння ран, зазвичай у природі він означає значно складніший

процес, за якого, найчастіше в рослин і безхребетних тварин, відновлюються втрачені органи або частини тіла, роз'єднані нервові зв'язки тощо. На рівень регенераційних властивостей впливає те, що людина є високо-розвиненим видом зі складною поведінкою. А в процесі еволюції регенераційні властивості таких видів зменшувалися. Це пов'язано з тим, що добре розвинена нервова система значно знижувала ризик отримання пошкоджень, для ліквідації яких і була потрібна регенерація.

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

Залежно від завдань, які вирішує в організмі людини процес регенерації, розрізняють *фізіологічну* та *репаративну* регенерацію.

Фізіологічна регенерація призначена для відновлення структур організму, які зазнають пошкоджень під час перебігу нормальних фізіологічних процесів. Цей тип регенерації триває протягом усього життя людини (мал. 6.13). Наприклад, за рахунок фізіологічної регенерації відбувається постійна зміна епітелію кишкового тракту та покривного епітелію; цей самий процес є основою оновлення еритроцитів крові, час існування яких досить обмежений через відсутність ядра в клітині.



Мал. 6.13. Періодичність оновлення структур організму людини за рахунок фізіологічної регенерації

Однак є тканини, в яких оновлення клітинним поділом неможливе, наприклад, нейрони. У цих випадках регенерація відбувається внаслідок поступової заміни органел (є внутрішньоклітинною).

Репаративна регенерація розпочинається в разі пошкодження або загибелі структур організму, які не є наслідком нормальних фізіологічних процесів. Такі пошкодження виникають у результаті захворювань або травм. За цих умов звичайна фізіологічна регенерація суттєво підсилюється й стає репаративною.

Репаративна регенерація може бути повною й неповною. За повної регенерації пошкоджена тканина повністю замінюється новою, і пошкодження зникає безслідно. У разі неповної регенерації відновлення функцій відбувається за рахунок навколоишніх тканин, а саме: місце пошкодження заповнюється сполучною тканиною, яка формує рубець.

Четвертий рівень контролю. На початку цього розділу ми зазначили (мал. 6.14), що четвертим рівнем гомеостазу організму людини є поведінковий. Це здатність людини керувати собою на основі усвідомлення психічних процесів і своєї поведінки, а також регулювати свою активність і діяльність. Завдяки самоконтролю людина формує та розвиває волю. Але й самоконтроль може активізуватися внаслідок вольової регуляції, особливо в стресових ситуаціях. У повсякденному житті самоконтроль також важливий. Історія людства багата прикладами саморегуляції, що допомагала людині реалізувати своє життєве кредо. Докладніше про це поговоримо в розділі 9.



Мал. 6.14. Налаштовуємося на позитив



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Поясніть: а) що таке гомеостаз та в чому полягає його значення; б) яке значення для існування організму людини має саморегуляція.
2. Доведіть, що організм — саморегулювальна система.
3. Назвіть показники, що характеризують гомеостаз внутрішнього середовища організму.
4. Опишіть відомі вам регуляторні системи.
5. Висловіть свою думку щодо потреби людини в різних механізмах регуляції функцій.
6. Поясніть, у чому полягає сутність нервової регуляції фізіологічних функцій організму.
7. Схарактеризуйте гуморальну регуляцію та її переваги, порівняно з нервовою.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

8. Доведіть, що гомеостаз — головна умова нормального функціонування клітин організму.
9. Поясніть, чому роздратованій людині не сидиться на місці — у неї виникає бажання рухатися, їсти, говорити тощо? Про що це свідчить?
10. Опишіть наслідки для організму, до яких може привести порушення тепло-віддачі.
11. Поясніть: а) чому потрібно регулювати вміст солей в організмі; б) для чого необхідно підтримувати сталій рівень pH крові; в) як відбувається неповна репартивна регенерація; г) чому татуювання нанести відносно легко, а видалити надзвичайно важко; д) що означає саморегуляція особисто для вас.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота. Моделювання механізмів підтримання гомеостазу

Ви розглянули декілька прикладів схем гомеостазу. Складіть схему водно-сольового гомеостазу (за принципом негативного зворотного зв'язку). Зазначте процеси, що відбуваються.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Резерви організму.
- Пристосування організму до умов середовища.
- Саморегулювання в технічних системах і суспільних відносинах.
- Що треба знати про цукровий діабет.

ЛЮДИНА



Д. 7. ІНФОРМАЦІЯ І СЕНСОРИ

«Хто володіє інформацією — той володіє світом». Автором цього відомого висловлювання є Натан Ротшильд¹ — англійський банкір, бізнесмен і фінансист єврейського походження, а сказане воно було понад два століття тому. Ці слова є актуальними дотепер, і мільйони представників різноманітних професій використовують їх у своїй діяльності як гасло.

Ви коли-небудь запитували в себе: яку кількість інформації отримуєте щодня?

ВІДНОВЛЕННЯ

Знати й розуміти: процеси обміну інформацією в живих системах; процеси зберігання та передавання інформації; будову й функції органів чуття.

Пояснювати: способи обміну інформацією на різних рівнях організації живого; взаємозв'язок гомеостазу й обміну інформацією; передумови розвитку сенсорних систем; значення й функції сенсорних систем та причини порушень у них.

Класифікувати типи рецепторів.

Порівнювати сенсорні системи людини й тварин. **Висловлювати судження** щодо використання технічних засобів, що розширяють можливості природних органів чуття.

Усвідомлювати значення процесів зберігання та передавання інформації для функціонування цивілізації

¹ 1777–1836, Велика Британія.

ЖИВЕ ЖИВИТЬСЯ ІНФОРМАЦІЄЮ

Біологи образно кажуть, що «живе живиться інформацією», створюючи, накопичуючи й активно використовуючи її.

Що таке інформація? Здавалось би, просте запитання, але знову потрапляємо в ситуацію, коли не існує загальноприйнятого визначення, і цей термін має певне значення залежно від контексту. Саме слово «інформація» походить від латинського слова «*informatio*» і складається з префікса «*in-*» («в-, на-, при-») і діеслова «*form*» («надаю форму, створюю»), що може означати:

- роз'яснення; викладення фактів, подій; витлумачення;
- уявлення, поняття;
- ознайомлення, просвіта.

Як ви поставитеся до такого визначення? *Інформація – це сукупність відомостей (даних), які сприймають з навколошнього середовища (вихідна інформація), видають у навколошнє середовище (вихідна інформація) або зберігають усередині певної системи.* У цьому визначенні не вистачає уточнення: сукупність даних має бути доступною для того хто її отримує. Якщо ми тримаємо в руках китайський рукопис — це інформація? Так. Але її «роз'яснення, уявлення, витлумачення» неможливе, якщо не знаєш китайської мови. Цей приклад свідчить і про те, що з інформацією тісно пов'язаний процес кодування (шифрування) і зворотний — декодування (розшифрування). *А які ще процеси?* Створення, зберігання й передавання інформації.

Ми вже неодноразово згадували, що сутнісною ознакою живого є обмін з навколошнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Ось і настав час докладніше дослідити питання обміну інформацією в живих системах, зокрема на прикладі організму людини.

Процес обміну інформацією може здійснюватися на всіх рівнях організації живого: молекулярному, клітинному, тканинному, організменому, популяційному, біосферному.

На молекулярному рівні найбільше значення має процес передавання й отримання генетичної інформації, що забезпечує механізми спадковості.

Клітини функціонують завдяки скоординованій дії генів.

Ще на клітинному рівні обмін інформацією здійснюється завдяки сигнальним молекулам — білкам, що розміщені на плазматичних мембраних клітини, — рецепторах. Рецептори «інформують» молекулу й ініціюють відповідь, наприклад, змінюють транспортні властивості мембрани. Унаслідок цього може змінюватися полярність мембрани, генеруватися нервовий імпульс або змінюватися обмін речовин. А також на цьому рівні відбувається *фагоцитоз* — явище захоплення й перетравлення чужорідних частинок. Цей процес також пов'язаний з обміном інформацією, зокрема перевіркою й ідентифікацією, і здійснюється в людському організмі лейкоцитами крові.

На тканинному рівні інформаційний обмін пов'язаний з таким відомим явищем, як несумісність тканин під час операцій з пересадки орга-

нів. Тому на сучасному етапі дедалі більше вдаються до вирощування органів для пересадки з власних стовбурових клітин хворого.

На рівні організму здійснюється обмін інформацією з навколошнім світом за допомогою органів чуття та нервової системи. Основою такого обміну є рефлекторна діяльність.

На популяційно-видовому рівні здійснюється механізм адаптації в умовах середовища. Спадкова інформація, закодована в генотипі, реалізується певними фенотипними проявами. (*Що таке генотип і фенотип — уточнимо в наступному розділі.*)

І звісно ж — обмін різноманітною інформацією між людьми. Розрізняють інформаційну діяльність, яка є частиною розумової праці та інформаційне обслуговування (сервіс) — процеси створення, оформлення, збирання, аналітико-синтетичного перероблення, пошуку, поширення, зберігання й організації використання інформації.

Обмін інформацією не менш важливий і на глобальних — біосферному й ноосферному — рівнях, де існує складний взаємопов'язаний і взаємозалежний потік інформації між усіма учасниками живого світу, що перебуває в нерозривному зв'язку з неживою природою.

Нормальне функціонування організмів неможливе без отримання й використання інформації про навколошнє середовище. Інформаційні сигнали можуть мати різну фізичну або хімічну природу, бути вираженими в різних формах. Це пози, дотик, звук, світло, запах тощо.

Живі системи в процесі розвитку здатні підвищувати складність своєї структури. Це пов'язують також зі збільшенням інформації.

Однією з основних функцій живих систем є розмноження, забезпечене наявністю в кожній клітині організму генетичної інформації, яка передається у спадок (*про генетичну інформацію ми докладніше поговоримо в наступному розділі.*)

Приблизно 40 тисяч років тому в процесі еволюції живої природи з'явилася Людина розумна. Людина існує в «морі» інформації, вона постійно отримує інформацію з навколошнього світу за допомогою органів чуття, зберігає її у своїй пам'яті, аналізує за допомогою мислення й обмінюється нею з іншими людьми.

Поведінка людини, так само як і тварин, будується на основі аналізу інформаційних сигналів, які вона отримує за допомогою органів чуття. Чутливі нервові закінчення органів чуття — рецептори — сприймають відповідний вплив і передають його по нервовій системі в мозок.

Людина може використовувати п'ять різних способів сприйняття інформації за допомогою п'яти органів чуття:

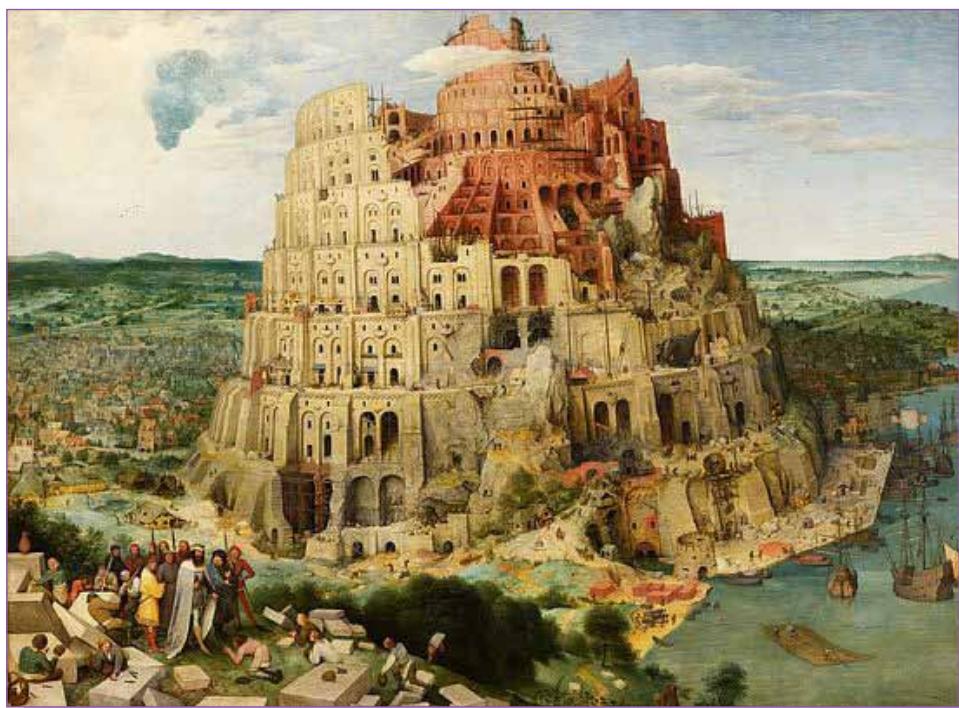
- зору — за допомогою очей сприймає інформацію у формі зорових образів;
- слуху — за допомогою вух й органів слуху сприймає звуки (мову, музичну, шум тощо);
- нюху — за допомогою спеціальних рецепторів носа сприймає запахи;
- смаку — рецептори язика дають змогу розрізнати солодке, солоне, кисле й гірке;

- дотику — рецептори шкіри (особливо кінчиків пальців) дають змогу отримати інформацію про температуру об'єктів і тип їхньої поверхні (гладка, шорстка тощо).

Найбільшу кількість інформації (блізько 90 %) людина отримує за допомогою зору, близько 9 % — за допомогою слуху та лише 1 % — за допомогою інших органів чуття (нюху, дотику й смаку).

Отриману інформацію у формі зорових, слухових та інших образів людина зберігає в пам'яті, обробляє за допомогою мислення й використовує для керування своєю поведінкою й досягнення поставлених цілей.

Людина живе в суспільстві. У процесі спілкування з іншими людьми вона передає й отримує інформацію у формі повідомлень. На світанку історії для передавання інформації люди використовували мову жестів, потім виникла усна мова. Для того щоб інформація була зрозумілою, мова має бути відома всім людям, які беруть участь у спілкуванні (мал. 7.1). Що більше мов ви знаєте, то ширше коло вашого спілкування.



Мал. 7.1. Зведення Вавилонської вежі¹. В основу картини покладено сюжет з Першої книги Мойсея про будівництво Вавилонської вежі, яка мала, за задумом людей, досягти вершиною неба: «Побудуємо собі місто й вежу висотою до небес». Щоби приборкати їхню гордінню, Бог змішав мови будівельників, так що вони більше не могли розуміти один одного, і розсіяв їх по всій землі; тож реалізація задуманого грандіозного плану не була завершена. Звідси пішов фразеологізм — вавилонське стовпотворіння, який вживають на означення справи, що не буде завершена;

також є символом сум'яття, безладдя, галасу, метушні, відсутності єдиної підпорядкованості у великому скученні народу, де люди не розуміють одне одного

¹ Пітер Брейгель старший (1525–1569, Голландія).

Із самого початку людської історії виникла потреба накопичення інформації для її передавання в часі з покоління в покоління й у просторі на великі відстані. Процес накопичення інформації почався з винаходу в IV тисячолітті до нашої ери писемності й перших носіїв інформації (шумерських глиняних табличок і давньоєгипетських папірусів).

Для того щоб людина могла правильно орієнтуватися в навколошньому світі, інформація має бути повною й точною. Завдання отримання повної й точної інформації про природу, суспільство й техніку стоїть перед наукою. Процес систематичного наукового пізнання навколошнього світу, у якому інформацію розглядають як знання, почався із середини XV століття після винаходу друкарства.

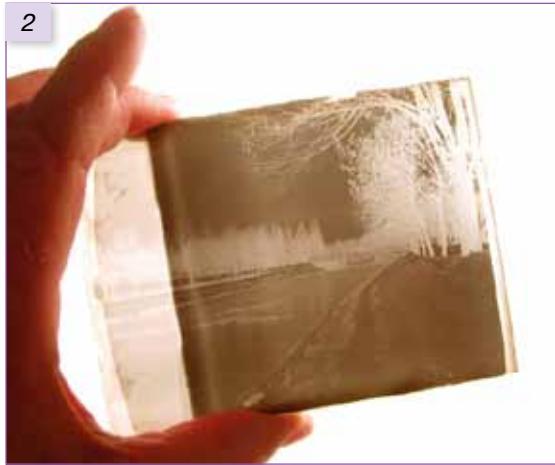
Для довготривалого зберігання знань (передавання з покоління в покоління) і поширення їх у суспільстві (тиражування) необхідні носії інформації. Матеріальна природа носіїв інформації може бути різною (мал. 7.2).



Мал. 7.2. Еволюція носіїв інформації. 1. Кам'яна Могила¹ — єдине місце у світі, де зосереджені малюнки, датовані настільки широким історичним діапазоном: від епохи пізнього палеоліту до середньовіччя (XXIV–ХХ тис. до н. е. — XI–XIII ст. н. е.). 2. Давня шумерська глиняна табличка — торговельна угода, бл. 2 600 р. до н. е. 3. Папірус Едвіна Сміта — рукопис Стародавнього Єгипту, датований XVI ст. до н. е. з текстами медичного характеру, зокрема з хірургії. 4. Рукопис на пергаменті епохи Меровінгів, VII ст. н. е. 5. Стародавній санскрит на папері на основі конопель. Конопляне волокно зазвичай використовували у виробництві паперу від 200 р. до н. е. до кінця 1800-х рр. 6. Т. Г. Шевченко. «Портрет Агати Омелянівни Ускової з доношкою Наташою». Папір, сепія

Дотепер як основний носій інформації використовують папір. Від по-заминулого століття для зберігання графічної інформації люди почали використовувати фотоматеріали та кіноплівку (мал. 7.3).

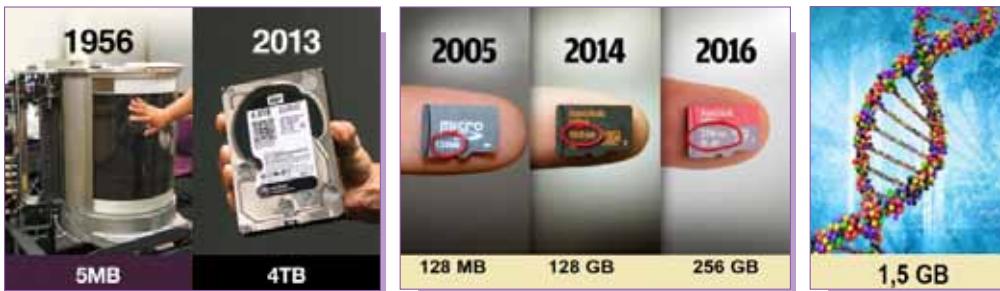
¹ Археологічна пам'ятка поблизу селища Мирне Мелітопольського району Запорізької області, Україна.



Мал. 7.3. 1. Вільям Тальбот (1800–1877, Велика Британія) у 1835 році створив перший негатив, використавши як носій зображення папір, просочений розчинами аргентум(I) нітрату та натрій хлориду. «Горація Фейлдінг, зведена сестра Талбота, грає на арфі». 2. У 1847 р. Абель Ньєпс де Сен Віктор (1805–1870, Франція) створив фотоплатівку

Складіть рівняння реакції: а) між аргентум(I) нітратом і натрій хлоридом у розчині, запишіть його в повній і скороченій йонній формі; б) розкладання аргентум(I) хлориду під дією світла й проаналізуйте його з погляду окиснення-відновлення.

Нешодавно для зберігання інформації широко використовували також магнітні носії (аудіо- й відеоплівки, гнучкі й жорсткі диски) та оптичні носії — CD- й DVD-диски. Зараз для зберігання інформації широко використовують flash-носії, «хмари» інтернету (мал. 7.4).



Мал. 7.4. До чого дійшов прогрес!
Об'єм має значення!

Поки ми зберігаємо інформацію на флешках, науковці записують сонети Шекспіра й відеокліпи групи OK Go на ДНК. Цей метод зберігання інформації дорогий, але перспективний. Якщо закодувати всі досягнення, історію, праці людства й усю інформацію про нього, то ДНК із цими даними займе невелику кімнату. Адже ДНК масою 1 г вміщує інформацію об'ємом 215 млн Гб.

Організм людини складається з безлічі клітин (блізько 40 трильйонів). Кожна із цих клітин містить 1,5 гігабайта нашого генетичного коду. Тобто людина зберігає близько 60 сектібайтів (1 сектібайт = 10^{24} ексабайтів = = 1 180 591 620 717 411 303 424 байти) інформації. Це неймовірно великий обсяг даних. Тепер можна зрозуміти, як багато інформації записано в людині. Але є одне «але»! Адже 99,9 % своєї генетичної інформації ми ділимо з іншими людьми на Землі — тобто це інформація про організм людини як такий. Те, що робить нас унікальними, набагато менше від сектібайта.

Широко відомий термін «засоби масової інформації» (газети, радіо, телебачення, інтернет), які доводять інформацію до кожного члена суспільства (мал. 7.5). Така інформація має бути достовірною, актуальною та корисною. Недостовірна інформація вводить членів суспільства в оману й може бути причиною виникнення соціальних потрясінь. Неактуальна інформація не має застосування в даний момент часу, і тому ніхто, окрім істориків, не читає торішніх газет. Не корисна інформація створює інформаційний шум, який ускладнює сприйняття корисної інформації.



Мал. 7.5. У «морі інформації»: як не потрапити під її негативний вплив?

ЯК МИ БАЧИМО? ЧУЄМО? ВІДЧУВАЄМО СМАК, ЗАПАХ, БІЛЬ?

Ми живемо у світі, межі якого визначені можливостями наших органів чуття. Адже людині дано чути не всі звуки, що є в природі, недоступні для нашого сприйняття й деякі запахи та світлові промені. Сенсорні системи людини сформувалися в процесі *філогенезу*.

У ході еволюції органи чуття істот поступово диференціювалися, тобто відокремлювалися від інших тканин тіла й формували особливі області. Наприклад, у тварини, у яких рецепторами світла є клітини, що здатні розрізняти лише світло й темряву. Ці клітини можуть бути розпорашені по всій шкірі або групуватися, що, можливо, у процесі еволюції послугувало утворенню справжнього ока, що створює зображення.

Усюди у тваринному світі в основі сприйняття світла лежить той самий процес: у рецепторах за допомогою хімічної реакції енергія світла трансформується в електричну. Ефективність роботи досягається за допомогою різних допоміжних пристроїв: кришталіка, райдужки, зіниці, м'язів. Центральний процес — сприйняття світла — здійснюється високоспеціалізованими клітинами — фоторецепторами.

У ході еволюції утворилися дистанційні рецептори, які сприймають подразники на відстані (нюховий, слуховий, зоровий). Організми з дистанційними рецепторами легше пристосовуються до змін навколошнього середовища.

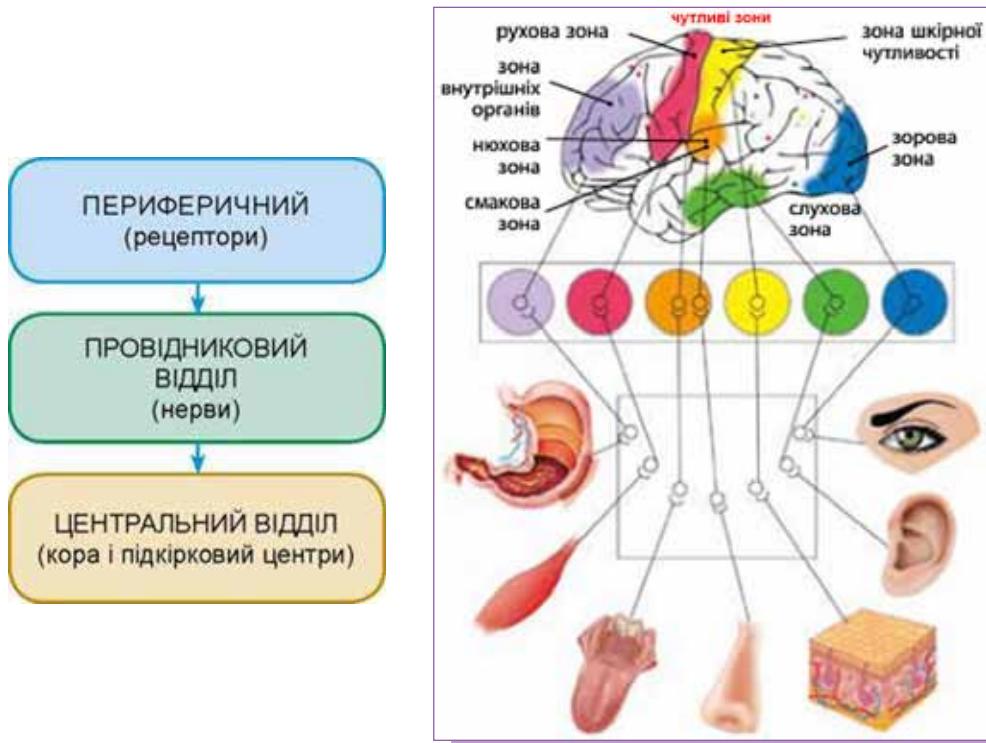
Подальший розвиток рецепторних ділянок аналізаторів пов'язаний з появою допоміжних структур, що підсилюють дію відповідного подразника й обмежують дію інших. Наприклад, слухові клітини внутрішнього вуха сприймають звуки. Допоміжні структури: вушна раковина, барабанна перетинка, слухові кісточки — підсилюють звукові коливання й забезпечують сприйняття тільки звукових подразників.

Смаковий і нюховий аналізатори належать до хімічних рецепторів. Імовірно, вони утворилися раніше від інших органів чуття, оскільки важливі для пошуку їжі, партнера, спілкування між особинами. Ці органи досягли великої досконалості у своєму розвитку: вони здатні сприймати навіть незначні подразнення. Наприклад, нюхові рецептори збуджуються під дією однієї молекули пахучої речовини.

Нюх у житті людини відіграє набагато меншу роль, ніж у тварин. Однак у парфумерів, дегустаторів і людей, які втратили зір і слух, нюх розвивається й стає дуже гострим.

Системи організму, що забезпечують сприйняття й перероблення інформації про зміни довкілля та стан внутрішнього середовища організму, називають *сенсорними*. У сенсорній системі розрізняють три відділи: периферичний, провідниковий і центральний (мал. 7.6).

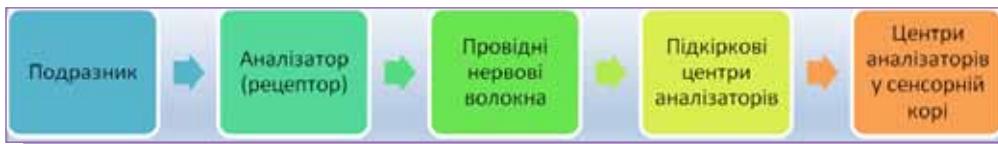
Периферичний відділ складається з рецепторів, які сприймають певний вид подразнення. Ці рецептори є складниками відповідного органа чуття або розташовані в тканинах. Провідниковий відділ утворюють чутливі нерви, які відходять від рецепторів, і ядра стовбура мозку. Ними нервові імпульси передаються до центрального відділу сенсорної системи.



Мал. 7.6. Будова сенсорної системи

Центральний відділ — це певні ділянки центральної нервової системи (кори та підкіркових центрів головного мозку), де аналізуються подразнення й формуються відчуття. У цьому відділі також формується відповідь на подразнення, які надходять від рецепторів.

Загальний принцип дії сенсорних систем схематично зображенено на малюнку 7.7.



Мал. 7.7. Загальний принцип дії сенсорних систем

Рецептори бувають зовнішні та внутрішні:

- 1) зовнішні рецептори, або екстерорецепції, — сприймають інформацію з навколошнього середовища. Це такі види рецепторів, як слуховий, зоровий, смаковий, дотиковий;
- 2) внутрішні рецептори, або інтерорецептори, — сприймають інформацію від внутрішніх органів. Це рецептори внутрішніх органів і опорно-рухового апарату.

Рецептори спеціалізуються на сприйнятті певного виду подразнень і формуванні специфічних відчуттів. За дією розрізняють такі рецептори:

- хеморецептори — клітини, здатні розпізнавати певні хімічні речовини або їхні концентрації. Це смакові й нюхові рецептори, рецептори гіпоталамуса й судин, що реагують на pH, концентрацію глюкози в плазмі крові тощо;
- механорецептори — сприймають механічний тиск. Розташовані в шкірі, ротовій порожнині, судинах і порожнистих органах, м'язах і суглобах. Рецепторні клітини органу слуху також є механорецепторами;
- фоторецептори — сприймають світло певної інтенсивності й довжини хвиль (кольору). Це — рецептори сітківки ока;
- терморецептори — клітини, що реагують на температуру. Містяться в шкірі (теплові та холодові), гіпоталамусі, деяких судинах кровоносної системи.

Для всіх типів рецепторів характерне явище *адаптації*, тобто пристосування до тривалої дії подразника.

Рецептори (окрім болювого) під дією тривалих вправ здатні підвищувати свої можливості, тобто здатні тренуватися.

Для сенсорних систем характерна взаємодія. Блокування однієї із сенсорних систем впливає на функцію інших. Наприклад, у сліпих поліпшується слух і дотикова чутливість.

Сенсорні системи підрозділяють на зовнішні й внутрішні. Зовнішні сенсорні системи забезпечені екстерорецепторами, внутрішні сенсорні системи — інтерорецепторами. У звичайних умовах організм зазнає постійного комплексного впливу, і сенсорні системи працюють у постійній взаємодії.

У людини п'ять основних сенсорних систем: зорова, слухова, смакова, нюхова та дотикова (тактильна), за допомогою яких вона переважно сприймає довкілля. Також людина відчуває температуру, гравітацію, зміну положення тіла в просторі, біль, спрагу, голод і низку змішаних відчуттів.

Інші сенсорні системи: болювова, вестибулярна, м'язова, вісцеральна, мовно-слухова, мовно-рухова.

Пригадаймо, що нам відомо про будову й функції сенсорних систем.

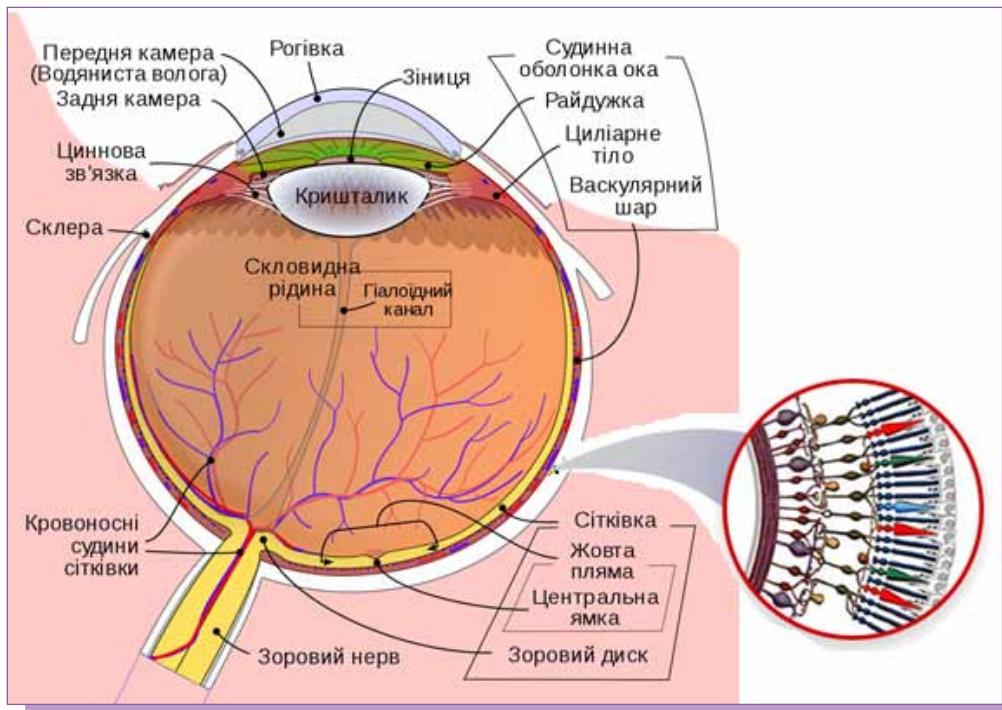
Зорова система (мал. 7.8).

У зорової сенсорної системи три складові: 1) периферична, яка складається з власне рецепторного апарату (палички й колбочки сітківки ока); 2) провідникова, що складається із чутливого зорового нерва, зорового тракту, що міститься в головному мозку, — таламуса; 3) центральна, яка розташована в потиличних ділянках кори головного мозку.

Зорова сенсорна система складається з трьох функціональних частин:

- 1) світлопровідної й заломлювальної частини ока;
- 2) рухового апарату ока;
- 3) власної сенсорної частини, складниками якої є рецепторний, провідниковий і корковий відділи, що забезпечують сприйняття й аналіз світлових сигналів.

Подразником для зорової системи є світло. Око людини сприймає світлові промені частотою від $4 \cdot 10^{14}$ до $7 \cdot 10^{14}$ Гц; довжина хвиль, відповідно, становить від 400 до 700 нм (1 нм = 10^{-9} м).



Мал. 7.8. Зорова система

Очне яблуко розташоване в заглибині черепа — очній ямці. Воно вкрите трьома оболонками.

Зовнішня оболонка — білкова — складається переважно з колагенових волокон й оберігає око від механічних ушкоджень. Спереду вона переходить у прозору рогівку. Під білковою розташована судинна оболонка, пронизана густою сіткою кровоносних судин. Спереду судинна оболонка переходить у райдужку, пігменти якої визначають колір очей. У центрі райдужки є отвір — зіниця. Діаметр зіниці змінюється рефлекторно залежно від яскравості освітлення. За зіницею розташований кришталик — прозора двоопукла лінза діаметром близько 9 мм. Внутрішня оболонка — сітківка — вистеляє дно очного яблука. Сітківка містить фоторецепторні клітини, які сприймають світло, і нейрони, які переводять світловий сигнал в електричні імпульси та формують зоровий нерв. Місце виходу із сітківки зорового нерва називають сліпою плямою, оскільки ця ділянка не містить фоторецепторних клітин. На відстані 4 мм від неї є жовта пляма — місце найліпшого зору. Порожнина ока заповнена желеподібною масою — склистим тілом.

Рецептори сітківки — палички й колбочки — відрізняються як за будовою, так і за функціями. З колбочками пов’язаний денний зір, а з паличками — сутінковий. У паличках міститься речовина червоного кольору — *родопсин*. На світлі, у результаті фотохімічної реакції, він розпадається, а в темряві відновлюється протягом 30 хвилин із продуктів власного розщеплення. Ось чому людина, увійшовши в темну кімнату, спочатку нічо-

го не бачить, а через деякий час починає розрізняти предмети. У колбочках міститься інша світлочутлива речовина — *іодопсін*. Він розпадається в темряві й відновлюється на свіtlі протягом 3–5 хвилин. Розщеплення іодопсіну на свіtlі забезпечує сприйняття кольорів.

З двох рецепторів сітківки до кольору чутливі тільки колбочки, яких у сітківці три види: одні сприймають червоний колір, інші — зелений, треті — синій. Залежно від ступеня збудження колбочек і поєдання подразнень людина сприймає кольори та їхні відтінки.

Слізний апарат, окорухові м'язи, повіки та вії — допоміжний апарат ока. Функції зорової сенсорної системи:

- розрізnenня свіtла й темряви;
- визначення кольору предметів і явищ навколошнього світу;
- oцінювання інтенсивності свіtла й кольору;
- oцінювання віддаленості видимих предметів;
- oцінювання об'ємності й глибини розташування предметів;
- oцінювання місця розташування джерела свіtла;
- формування відчуттів, уявлень, образів.

- У жінок бічний (периферичний) зір ліпший, ніж у чоловіків.
- Око людини може розрізняти до 500 відтінків сірого кольору.
- У кожної людини райдужка ока індивідуальна, а тому її можна використовувати разом з відбитками пальців для ідентифікації.
- Повіки під час чхання автоматично закриваються, ця рефлекторна властивість допомагає уникнути розриву очних капілярів.
- Повну пересадку ока зробити неможливо, оскільки відновити зоровий нерв і за-кінчення, пов'язані з мозком, лікарям наразі не під силу.
- Частка людей на планеті, у яких колір райдужки правого й лівого ока різні, становить 1 %.
- На верхній і нижній повіках людини — 150 вії.
- За 12 годин загальний час кліпання повіками становить 25 хвилин.
- Рідше трапляються люди із зеленим кольором очей, частка таких становить лише 2 % населення Землі.

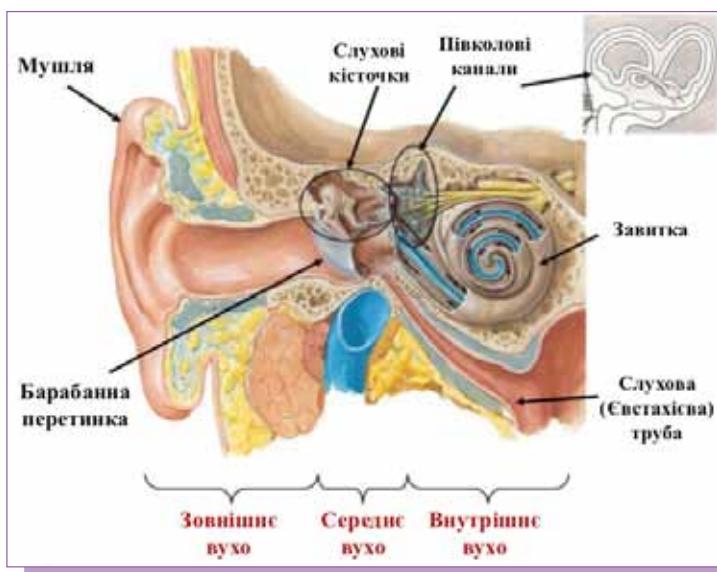
Слухова система (мал. 7.9).

Вухо здатне сприймати звуки в діапазоні від 16 Гц до 20 000 Гц (коливання, частота яких менша від 16 Гц, називають *інфразвуком*, а коливання із частотами, більшими за 20 000 Гц, — *ультразвуком*).

У периферичній частині слухової системи виокремлюють зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо. Зовнішнє вухо збирає звук, який потім потрапляє в слуховий прохід до барабанної перетинки. Середнє вухо — це повітроносні порожнини, які з'єднуються з носоглоткою. Внутрішнє вухо — розташоване в скроневій кістці і є складною системою кісткових каналів. Механорецепторами, що сприймають звук у внутрішньому вусі, є волоскові клітини.

Людина здатна сприймати частоту, гучність і напрямок надходження звукової хвилі; кожну із цих характеристик оцінює головний мозок на основі різних механізмів. Поріг чутності має дві ділянки на частотах

4000 Гц і 16 000 Гц, де людське вухо чутливіше (до речі, саме на частоті 16 000 Гц пищить комар.)



Мал. 7.9. Слухова система

Функція слухової системи полягає у формуванні слухових відчуттів людини у відповідь на дію звукових хвиль, тобто коливань молекул газів повітря (пружного середовища).

- Євстахієва труба оберігає барабанну перетинку від руйнування внаслідок різкого падіння або підвищення зовнішнього тиску, наприклад, у горах, літаку, під час пірнання.
- Вуха ростуть протягом усього життя людини.
- Коли людині потрібно почути іншого через сторонній шум, наприклад музику, вона зазвичай повертається до співрозмовника правим вухом.
- У борців і регбістів вухо часто нагадує цвітну капусту, оскільки його хрящ постійно пошкоджується, і в нього немає кісток для відновлення.
- Вуха — самоочисний орган. Пори виробляють усередині вушну сірку, а дрібні війки виштовхують її з вуха.
- Музичний слух краще розвинений у тих народів, у яких мова більш мелодійна.
- Найчутливіший слух — у дитячому віці. Під час народження людина може чути від 20 Гц до 20 000 Гц, з віком верхній поріг зменшується до 15 000 Гц.

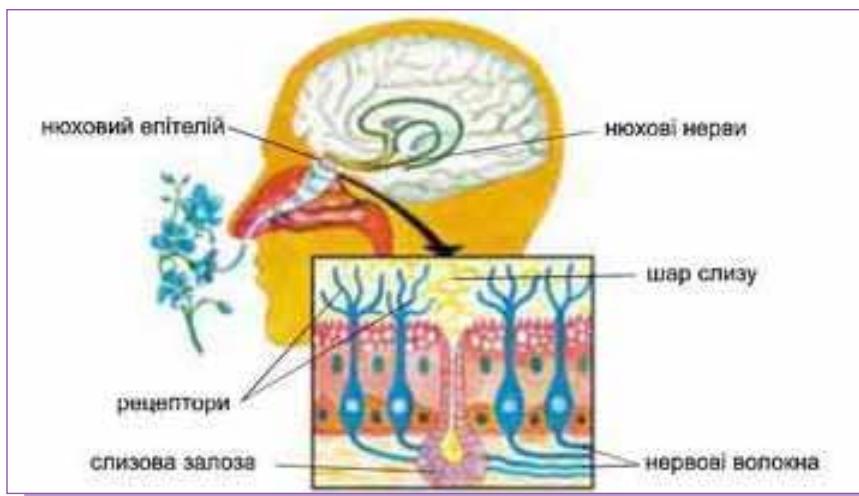
Нюхова система (мал. 7.10).

Ніс — важливий елемент тіла людини, бо відповідає відразу за дві основні функції — нюх і дихання.

Ніс має кілька складників:

- 1) зовнішній ніс — складається з хрящів, кісток і шкіри, що їх укриває;
- 2) порожнина носа. Її стінки вистелені маленькими віямі, які не дають дрібному сміттю й пилу проникнути в носовий прохід. У верхній частині порожнини носа міститься нюховий центр;

- 3) придаткові пазухи містять повітроносні порожнини. Є чотири пари навколоносових пазух.



Мал. 7.10. Нюхова система

Основні функції носа:

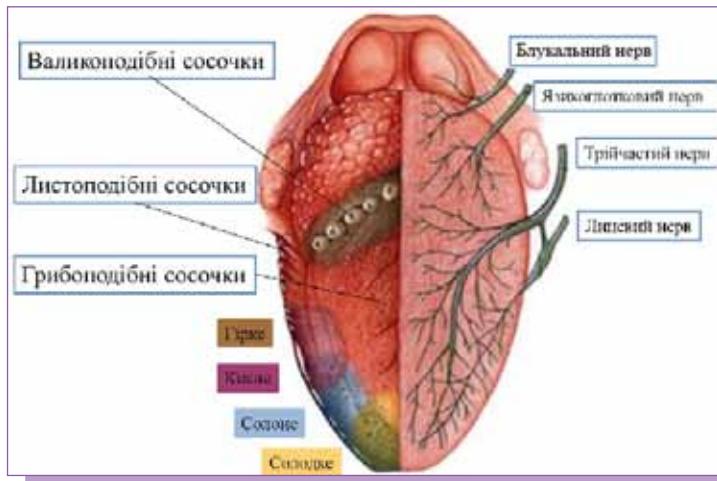
- дихання;
- очищення вдихуваного повітря від пилу та сміття;
- зволоження й зігрівання вдихуваного повітря;
- захисна функція, здійснювана дрібними віямі на слизовій носа;
- нюх і відчуття запахів;
- формування висоти й тембріу голосу;
- придаткові пазухи сприяють зволоженню слизової оболонки носа, поліпшують дихальну функцію носа, виконують резонаторну функцію.

- Ніс росте протягом усього життя, так само, як вуха.
- З рефлексом чхання людина народжується й стиль його схожий на батьківський.
- Відомо близько 14 форм носа, найпоширеніший з яких — м'ясистий.
- Однією з ознак старіння є звисання кінчика носа донизу за рахунок розпаду колагену й постійної дії сили тяжіння.
- Найлюбленіші запахи людини — це аромат свіжоспеченої хліба, кави й свіжоскошеної трави. Часто в магазинах повітря спеціально одорують — якщо воно пахне кавою та свіжим хлібом, люди купують товари більш спонтанно й охоче.
- Відомо, що пам'ять загострюється внаслідок переживання сильних емоцій. Запахи тісно пов'язані з подіями, що викликають ці емоції.
- У людей близько 12 мільйонів нюхових рецепторів, їхня кількість із віком зменшується, і літні люди гірше розрізняють запахи.

Смакова система (мал. 7.11).

Важко уявити життя без смакових рецепторів, адже навколо стільки смакоти! Смак — це відчуття, що виникає в результаті впливу якої-небудь речовини на рецептори, розташовані на поверхні язика й у слизовій оболонці ротової порожнини. Біологічне значення смакової сенсорної сис-

теми полягає в апробації смакових якостей їжі, після чого формуються смакові відчуття, відбувається розпізнавання харчових речовин та їхнє диференціювання на єстівні й неєстівні.



Мал. 7.11. Смакова система

Язык можна разделить на три частины — тіло, корінь і верхівку. У весь язык укритий епітелієм і сосочками. Слинні залози розташовані на верхівці язика та по його краях. Відчуття смаку здатні проводити нерви.

Функції:

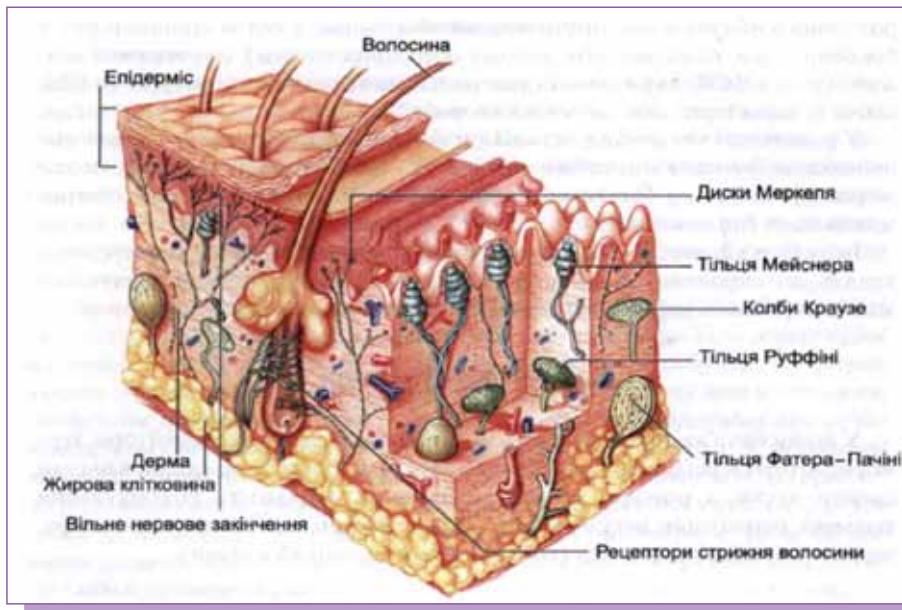
- чутлива — сприяє сприйняттю смаку, болю й тепла;
- захисна — слизова оболонка язика перешкоджає проникності вірусів і бактерій;
- усмоктувальна — забезпечує введення препаратів для швидкого засвоєння через ротову порожнину;
- пластична — дає змогу епітелію швидко оновитися, якщо тканини пошкоджені.

- На языку расположены гибкоподобные сосочки, каждый из которых содержит от 50 до 100 вкусовых рецепторов.
- Вид 15 % до 25 % людей на Земле имеют «суперсмак». У них вкусовых рецепторов на сосочках больше, чем в других.
- Вкус еды зависит не только от вкуса, но и от чего от нюховой системы организма.
- В Западной Африке растет необычная рослина — магический фрукт (*Synsepalum dulcificum*). Люди, которые едят плоды этой рослины, кислые продукты через несколько часов становятся сладкими, а сладкие — становятся безвкусными. «Обманывать» вкусовые рецепторы человека этой рослиной помогает белок miraculin.
- Во время полета на самолете чувствительность к сладким и кислым продуктам снижается из-за высокого уровня шума, поэтому еда кажется хрустящей.
- Вкусовые сосочки живут около 7–10 дней, после чего меняются новыми, поэтому вкус, который вы чувствуете сегодня, может отличаться от того, который был двумя неделями ранее.

- Гострі спеції, додані вами в страви, стимулюють не смакові рецептори, а бальові, які з'єднуються з нервами.
- Язык людини здатний відчувати цукор у воді в пропорції 1:200.

Тактильна система (мал. 7.12).

Дотик — складне відчуття, яке виникає під час подразнення рецепторів шкіри, зовнішніх поверхонь слизових оболонок та м'язово-суглобового апарату. Зовнішні механічні, температурні, хімічні та інші подразники сприймає передусім шкірний аналізатор.



Мал. 7.12. Тактильна система

Шкіра складається з трьох основних шарів. Епідерміс — зовнішній шар шкіри різної товщини. Клітини епідермісу постійно оновлюються, а на шкірі залишається його ороговілий шар, який перешкоджає проникненню пилу та шкідливих речовин у шкірний покрив. Між клітинами епідермісу розташовані кераміди, жирні кислоти й холестерол, нестача яких призводить до лущення шкіри. В епідерміс є клітини, що відповідають за пігментацію, лімфоцити та клітини імунної системи.

Дерма — складається з волокон еластину й колагену, які впливають на пружність шкіри та її зовнішній вигляд. Колагенові волокна вбирають вологу, що надходить із кров'ю. Дерма живить епідерміс корисними речовинами, оскільки він позбавлений кровопостачання. У дермі розташовані потові й сальні залози, корені волосся, нервові закінчення та судини.

Під дермою лежить підшкірно-жирова клітковина (гіподерма), яка складається з жирових клітин і сполучної тканини. Вона виконує функцію терморегуляції, накопичення енергії, захищає внутрішні органи від ударів. У чоловіків і жінок кількість підшкірно-жирової клітковини не

однакова. Якщо поживних речовин бракує, організм починає розщеплювати жирові клітини.

Придатками шкіри вважають волосся, нігті та шкірні залози. Завдяки великій кількості нервових закінчень шкіри людина здатна сприймати за допомогою тактильних дотиків.

Рецептори шкіри, які є складниками нервових волокон епідермісу й дерми, забезпечують зв'язок людини із зовнішнім середовищем.

Функції:

- рецепторна (дотик) — допомагає людині розрізняти предмети, їх температуру й форму завдяки нервовим закінченням;
- терморегуляторна — випромінювання тепла та виділення поту;
- захисна — захищає організм від потрапляння хімічних і механічних речовин, випромінювання й мікробів;
- видільна — виводить з потом продукти обміну й солі;
- бере участь у водно-сольовому обміні;
- сприяє поглинанню кисню й виділенням вуглекислого газу.

- Перше відчуття новонародженої дитини — дотик.
- Якщо сліпі від народження люди почнуть бачити, вони не зможуть відразу візнати предмети, яких торкалися раніше, лише поглядом, без дотику.
- Рецептори, що відповідають за дотик, розташовані не лише в шкірі, а й у м'язах, слизових оболонках і деяких суглобах.
- Якщо дітям, у яких є розлади психіки, розтирати спину, їхнє сприйняття навколошнього середовища поліпшиться.
- Якщо злегка торкнутися кистей рук людини, її артеріальний тиск трохи зменшиться і серцевий ритм уповільниться.
- Маса шкіри становить близько 15 % загальної маси людини.
- Якщо недоношенну дитину щодня гладити, ніжно торкатися, вона набиратиме масу на 55 % швидше, ніж діти, яких не чіпали.
- Шкіра щоденно виводить воду об'ємом близько 600 мл.
- Найтонша шкіра — 0,5 мм — на скронях і барабанній перетинці, а найтовща — 0,5 см — на ступнях ніг.

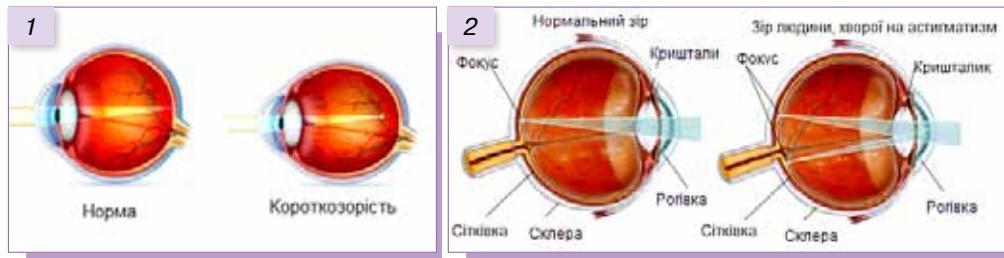
РОЗШИРЮЄМО МОЖЛИВОСТІ НАШИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

З різних причин функції сенсорних систем можуть зазнавати порушень. Для відновлення їхніх функцій, або й для розширення використовують різні технічні пристрої.

Найпоширенішими є засоби, що корегують функції зорової системи.

Коли світлові промені, пройшовши крізь оптичну систему ока, фокусуються не на сітківці, розвивається або короткозорість, або далекозорість. Ще одне порушення зору — *астигматизм* — пов'язане з нерівномірним заломленням світла рогівкою або кришталіком (мал. 7.13).

Косоокість — захворювання очей, пов'язане з порушенням бінокулярного зору внаслідок порушення роботи окорухових м'язів.



Мал. 7.13. Порушення зору: 1 — короткозорість; 2 — астигматизм

Для виправлення коротко- та далекозорості використовують оптичні лінзи: окуляри, контактні лінзи. Контактні лінзи працюють за тим самим принципом, що й окуляри, однак є відмінності. Між ними й поверхнею очей немає зазору, тому промені світла, що входять в отвір зіниці, усі проходять крізь лінзи, і спотворень зображення немає. Крім того, лінза рухається разом з очним яблуком (мал. 7.14). Тож у який бік не дивилася б людина, оптична сила лінзи буде та сама.



Мал. 7.14. Контактні лінзи

Контактні лінзи класифікують за матеріалом, з якого вони виготовлені, за частотою заміни, режиму носіння (денний, гнучкий, пролонгований, безперервний), дизайну, ступенем прозорості (прозорі, кольорові, декоративні) та способом носіння. Власне, контактні лінзи поділяють на дві великі групи: м'які та жорсткі (15 %) контактні лінзи.

До головних характеристик матеріалу лінз належать уміст води та кисневе проникнення. Для гідрогелевих контактних лінз що більшим є вміст води, то більше вони пропускають кисню до рогівки ока, що позитивно позначається на здоров'ї очей. Проте зі збільшенням умісту води гідрогелеві лінзи стають надто м'якими й ними важко користуватися. Тому максимальний уміст води в гідрогелевих лінзах не перевищує 70 %. Для силікон-гідрогелевих лінз пропускання кисню не пов'язане з умістом води.

На відміну від м'яких лінз, що накривають райдужну оболонку й частину білка ока, жорсткі накладають тільки на райдужну оболонку. Матеріал, з якого вони виготовлені, не здатний поглинати воду, зволожувати. Їхня структура така, що між молекулами існують проміжки, що пропускають

кисень. Жорсткі контактні лінзи застосовують, переважно, для корекції зору в складних випадках (наприклад, у разі сильного астигматизму).

Нічні лінзи (Орто-К лінзи, або ОК-лінзи) застосовують для виправлення короткозорості. Їх надягають на ніч, а вранці знімають. За цей період відбувається контактна корекція форми рогівки. Завдяки цьому зростає гострота зору в денний час і зникає необхідність носити контактні лінзи та окуляри протягом дня.

Нині користуються й лінзами без діоптрій — для здорових очей. Вони змінюють колір очей, надають їм близьку й містять різні зображення.



Мал. 7.15. Доповнена реальність

Доповнити реальний світ певними віртуальними об'єктами дає змогу технологія *доповненої реальності* (англ. Augmented reality, AR — «доповнена реальність»). Для цього користувачам потрібен один з електронних пристрій, що має екран та камеру, а також встановлене спеціальне програмне забезпечення для перегляду відповідного контенту (мал. 7.15).

Є безліч програмних продуктів для мобільних пристройів, які дають змогу, використавши технологію доповненої реальності, отримати необхідні відомості про навколошній світ:браузери доповненої реальності та спеціалізовані програми для окремих сервісів, компаній або навіть єдиних моделей. Обчислювальна потужність і набір датчиків в апаратних платформах для смартфонів і планшетів-комп'ютерів дають змогу накладати будь-які цифрові дані на одержувані в реальному часі зі вбудованих у пристройі камер зображення. Частина рішень у цій області втілюється у вигляді натільних комп'ютерів (зокрема як елементи розумного одягу) для постійного контакту із середовищем доповненої реальності.

У медицині, у сучасних лапароскопічних операціях зображення на ендоскопі доповнене зображенням, отриманим під час інтраоперативної ангіографії. Це дає змогу хірургу точно визначити, де розташована пухлина всередині органу, і мінімізувати втрати здорової тканини органа пацієнта під час операції з видалення пухлини.

У сучасних літаках часто використовують індикацію на лобовому склі або на шоломі пілота. Вона дає змогу пілоту отримувати найважливішу інформацію просто на тлі спостережуваних ним обставин, не відволікаючись на основну приладову панель. Багато подібних систем дають змогу вказувати ціль поворотом голови або рухом очних яблук.

Для візуалізації доповненої реальності можна використовувати окуляри віртуальної реальності, спеціальні шоломи, технології голограм тощо.

Шолом віртуальної реальності дає змогу частково зануритися у світ віртуальної реальності, який створює зоровий і акустичний ефект присутності в заданому керувальним пристроем (комп'ютером) просторі.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Поясніть: а) від чого залежить сприйняття людиною навколишнього світу; б) як відбувається обмін інформацією на різних рівнях організації живого.
2. Опишіть механізми сприйняття світла, звуку, смаку, запаху, дотику.
3. Висловіте припущення, чому під час нежиті їжа «втрачає» смак.
4. Іван Франко¹ в естетичному трактаті «Із секретів поетичної творчості» зазначав: «З психологічного погляду, крім зору і слуху, найважніший власне дотик, бо він позволяє нам пізнавати такі важні прикмети зверхнього світу, як об'єм, консистенцію (твердість, гладкість і т. ін.) і віддалення тіл, тимчасом коли зір дає нам поняття простору, світла, барв, а слух — поняття тонів і часу (наступства явищ одних за одними). Смак і запах, хоч безмірно важні для фізіології нашого тіла, для психології мають далеко меншу вагу. Відповідно до цього і наша мова найбагатша на означення вражень зору, менше багата, але все-таки досить багата на означення вражень слуху і дотику, а найбідніша на означення вражень смаку і запаху. Ся мова дає нам тисячі способів на означення далечини, світла в його нюансах, цілої шкали кольорів, цілої шкали тонів, шумів і шелестів, цілої безлічі тіл, але вона досить убога на означення різних смаків, а ще бідніша на означення запахів». Проаналізуйте наведені далі цитати з літературних творів й визначте, які відчуття в них описано: а) «Ой волю я, моя мати, гіркий полин їсти, Аніж маю із нелюбом обідати сісти»; б) «Вона догадалась, що її свекруха недобра, і що під її солодкими словами ховається гіркий полин»; в) «На високих місцях поріс, як джунглі, сивий полин і п'янив повітря гіркими пахощами, густими й задушливими»; г) «На жовтих пагорбах шумлять гіркий полин, жовті трави, колоче будячиння»; д) «Чорний терен красувавсь з-під зеленого листу, а покоштував [покуштував], такий-то вже кислий прийшовся!»; е) «За нею йшов міцний запах маринованого оцту або кислого молока»; е) «Десь ревіла худоба, лементували діти»; ж) «Сад шумить... Вікно мое розкрите... Пахнуть медом яблуні в цвіту»; з) «Тихо руками до струн променистих Співець яснокрилий торкнеться»; и) «Пливу до берега в знесиллі. — Далеке світиться вікно. — Такі гіркі й солоні хвилі...»; і) «Прозорі дині наче стікали солодким медовим соком».



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1. Вивчення впливу шуму на слух

1. Сформулюйте мету роботи.
2. Виконайте роботу:
 - до правого вуха випробуваного/випробуваної, що сидить із заплющеними очима, наблизьте наручний годинник. Зафіксуйте відстань, на якій він/вона почув/почула цокання годинника;

¹ Іван Якович Франко (1856–1916, Україна).



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

- 6) аналогічний дослід проведіть з лівим вухом (нормальною вважають відстань 10–15 см);
 в) прослухайте гучну музику протягом 2 хвилин, а потім дослід повторіть.

3. Результати запишіть у таблицю:

№ досліду	Поріг чутливості в (см) (норма 10–15 см)	
	Праве вухо	Ліве вухо
Звичайне сприйняття		
1		
2		
3		
Сприйняття після впливу шуму		
1		
2		
3		

4. Порівняйте отримані результати роботи й поясніть їх.

5. Зробіть висновок.

Практична робота 2. Визначення порогів розрізнення

Дослід 1

Мета: дослідити залежність відчуття від зміни інтенсивності подразнення.

Обладнання: мірний циліндр, вода, гантель масою 2 кг.

1. Виконайте роботу:

- а) випробуваний/випробувана бере в руку циліндр, у який налито воду об'ємом 100 мл, і заплющує очі. Повільно наповнюємо циліндр водою. Випробуваний має повідомити, у якій момент він відчує наростання тяжкості. Зазначаємо об'єм води, добавленої в циліндр до цього моменту. Повторіть дослід, щоразу заново наливши в мірний циліндр воду об'ємом 200 мл, 300 мл і 500 мл;
 б) повторіть серії досліду, попередньо запропонувавши випробуваному постримати протягом 1–2 хв на витягнутій руці гантель масою 2 кг.

2. Результати запишіть у таблицю:

№ досліду	Початкова маса води в циліндрі, г (I)	Маса води, добавлена до відчутного приросту тяжкості, г (ΔI)	Значення K ($K = \Delta I/I$)
До навантаження			
1	100		
2	200		
3	300		
4	500		
Після навантаження			
1	100		
2	200		
3	300		
4	500		



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3. Отримані дані використайте для розрахунку константи (K): $K = \Delta I / I$, де ΔI — приріст подразнення; I — початкове подразнення; K — стала величина.
4. Порівняйте між собою сталі значення K , отримані в 1–4 дослідах (окремо до і після фізичного навантаження).
5. Зробіть висновок про те, як впливає ступінь адаптації рецепторного апарату на здатність відчувати зміни інтенсивності роздратування).

Дослід 2

Мета: порівняти суб'єктивні відчуття випробуваного за різної маси вантажу.

Обладнання: чашка Петрі, гири, важки, випробуваний.

1. Випробуваний/випробувана сідає спиною до експериментатора й кладе руку на стіл долонею догори. Чашку Петрі, маса якої з вантажем становить 100 г, поміщають на пальці випробуваного/випробуваного. У чашку по черзі кладуть гирьки, порівнюючи відчуття випробуваного/випробуваної. Потім ці пороги визначають за різних початкових мас — 200 г, 300 г, 400 г. Для кожного випадку обчислюють додаткову мінімальну масу, прибавку якої випробуваний/випробувана відчуває суб'єктивно.
2. Результати запишіть у таблицю (виникнення відчуття позначте +, відсутність –):

Початкова маса вантажу, г							
100		200		300		400	
Приріст маси, г	Відчуття	Приріст маси, г	Відчуття	Приріст маси, г	Відчуття	Приріст маси, г	Відчуття
1		2		3		4	
2		4		6		8	
3		6		9		12	
4		8		12		16	

Практична робота 3. Вивчення функцій зіниці

Мета: вивчити реакції зіниці на світло.

Обладнання: джерело світла, олівець.

Посадіть випробуваного/випробувану обличчям до світла. Через 1–2 хвилини зазначте ширину його зіниць. Після цього виконайте досліди.

Дослід 1

Випробуваний/випробувана затуляє одне око рукою, а дослідник спостерігає за ширину зіниці відкритого ока.

Дослід 2

Випробуваний/випробувана закриває обидва ока на 30–60 секунд. Потім одночасно відкриває обидва ока, а дослідник спостерігає за ширину зіниць. Порівняйте результати спостережень у першому й другому дослідах. За результатами спостережень зробіть висновок.

Практична робота 4. Вивчення функцій кришталика

Мета: вивчити процес пристосування ока до ясного бачення (акомодація).

Обладнання: тестовий шрифт, картонна рамка з марлею.

Крізь марлю, натягнуту на картонну рамку, дивіться на друкований текст, розташований на відстані 50 см від очей. Почергово фіксуйте погляд то на сітці, то на тексті за нею. Спробуйте одночасно читати текст і розглядати сітку. Чи вдалося це вам?

За результатами спостережень зробіть висновок.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практична робота 5. Перевірте зір online
<https://www.zir.com.ua/proverka-zreniya-online/>

Практична робота 6. Роль смакового, нюхового та зорового аналізаторів під час аналізу смакових властивостей речовин

Мета: вивчити взаємодію смакового, нюхового й зорового аналізаторів для створення найповнішого уявлення про смакові властивості речовини й харчових продуктів.

Обладнання: 2 %-й розчин лимонної кислоти, 10 %-й розчин глюкози, шматочки цукру, картоплі, цибулі, яблука тощо.

Запропонуйте випробуваному/випробуваній висунути язик і послідовно наносіть на нього по кілька крапель розчину лимонної кислоти, розчину глюкози. Чи розрізняє він/она смаки речовин? Почергово покладіть на язик випробуваному/випробуваній невеликі скибочки яблука, цибулі, сирої картоплі та інших харчових продуктів. Чи розрізняє він/она смаки харчових продуктів?

Потім попросіть випробуваного/випробувану заплющити очі. Виконайте ті самі процедури. Чи розрізняє він/она смаки речовин і харчових продуктів?

Затим попросіть випробуваного/випробувану з відкритими очима затиснути ніс. Чи розрізняє він/она смаки речовин і харчових продуктів?

Нарешті попросіть випробуваного/випробувану заплющити очі й затиснути ніс. Чи розрізняє він/она смаки речовин і харчових продуктів?

Спостереження запишіть у таблицю, використавши знаки + та - :

Розчини речовин, харчові продукти	Розплющені очі, відкритий ніс	Заплющені очі, відкритий ніс	Відкриті очі, затиснутий ніс	Заплющені очі, затиснутий ніс
Розчин лимонної кислоти				
Розчин глюкози				
Цукор				
Яблуко				
Цибуля				

Зробіть висновок про значення взаємодії різних аналізаторів для повноцінного сприйняття смакових подразнень.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Як працювати з джерелами інформації?
- Сучасні інформаційні війни.
- Чи є мережа Інтернет ноносферою?
- Еволюція органів чуття тварин.
- Сприйняття світу людиною.
- Сенсорні системи людини й тварин.
- Хімічні процеси під час сприйняття світла.
- Ілюзії сприйняття.
- Технічні засоби, що розширяють можливості природних органів чуття.

ЛЮДИНА



Д. 8. ІНФОРМАЦІЯ Й ГЕНЕТИКА

Геном людини, генетичний паспорт, каріотипування, хромосоми, мутації, спадкові захворювання.

Усі ці терміни пов'язані з «програмою життя» — генетичною інформацією, записаною кодом з чотирьох букв. Програму життя кожного з вас відрізняє лише послідовність цих літер

ВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати й розуміти: сутність генетичної інформації, будову й склад хромосом, різновиди генів; особливості організації геному й каріотипу; сутність і біологічне значення алелей, мітозу й мейозу; спадковості й мінливості; генетичне та культурне передавання інформації.

Навчати: сучасні молекулярно-генетичні методи досліджень спадковості людини; закони Менделя, основні положення хромосомної теорії спадковості; причини спадкових захворювань людини; причини мінливості; значення мутацій.

Порівнювати: особливості обмінних процесів речовини й енергії з обміном інформацією; мітотичний і мейотичний поділи клітини; типи взаємодії алелів; типи успадкування ознак у людини; види спадкової мінливості; мутаційну й модифікаційну мінливість; генетичне та культурне передавання інформації



Історія досліджень, пов'язаних з генетичною інформацією.

Найголовнішу частину клітини — клітинне ядро — відкрито 1831 року. Згодом з'ясовано, що в ядрі досить складна будова. У 1848 році вперше описано найважливіші його компоненти — хромосоми, проте їхні особливості та функціональне значення почали активно вивчати лише наприкінці XIX століття.

У 1865 році Грегором Йоганном Менделем (1822–1884, Чехія) проведено дослідження на горосі посівному (рід *Pisum*). У своїх роботах Мендель не виокремлював законів, їх сформульовано й названо його ім'ям іншими дослідниками. Це відбулося вже після повторного відкриття цих законів у 1900 році¹.

Почав розвиватися окремий розділ біології — генетика — наука про спадковість і мінливість ознак організмів, методи керування ними й організацію спадкового матеріалу. У 1909 році данський учений Вільгельм Людвіг Йогансен (1857–1927) увів поняття «ген».

У 20-х — на початку 30-х років стала загальновизнаною хромосомна теорія спадковості. У 1944 році біохіміки Освальд Теодор Евері (1877–1955, США), Коліном Маклеод (1909–1972, США) та Макліна Маккарті (1911–2005, США) виявили, що передавання спадкової інформації пов'язане з дезоксирибонуклеїновою кислотою (ДНК). Це відкриття стало могутнім чинником, який стимулював вивчення спадковості на молекулярному рівні. А завдяки створенню в 1953 році біохіміком Джеймсом Дьюї Вотсоном (нар. 1928, США) і фізиком Френсісом Кріком (1916–2004, Велика Британія) на основі експериментальних даних, зібраних переважно хімікою і кристалографінею Розалінд Франклін (1920–1958, Велика Британія), моделі молекулярної структури ДНК, почалося поглиблена вивчення молекулярної, біохімічної і імунної генетики людини. У 1956 році цитогенетики Джо Хін Тхіо (1919–2001, Індонезія, Швеція, США) і Альберт Леван (1905–1998, Швеція) та інші науковці визначили, що в клітинах людини міститься 46 хромосом. Рік потому фізиго-хіміки Вернон Мартін Інgram (1924–2006, Німеччина, США), Лайнус Полінг (1901–1994, США) й інші за результатами досліджень гемоглобіну людини встановили, що послідовність амінокислот у молекулі білка визначено геном.

Механізм генетичного коду визначено у 1961 році Маршаллом Ворреном Ніренбергом (1927–2010, США). У 1965 році американський учений Гар Гобінд Корана (1922–2011, США) уперше штучно синтезував ген, що дало поштовх розвиткові нових напрямків у генетиці людини — молекулярної генетики та генної інженерії. Після цього розроблено технології штучного й ферментативного синтезу генів, зокрема, інсуліну, інтерферону, соматотропіну тощо. Ці досягнення відкрили великі перспективи в діагностиці, профілактиці та лікуванні спадкових хвороб людини. Кінець 1970-х років ознаменувався для генетиків досить значною несподіванкою. Дослідники, очолювані Річардом Джоном Робертсом (нар. 1943, Велика Британія) і Філліпом Алленом Шарпом (нар. 1944, США), виявили, що структура генів еукаріотів переривчаста, і вони складені з кодувальних і некодувальних ділянок ДНК. На початку 1980-х років генетиками Сідні Бреннером (1927–2019), Джоном Едвардом Салstonом (1942–2018, Велика Британія) та Робертом Горвіцем (нар. 1947, США) відкрито так звані «гени смерті», які спричиняють руйнування клітин, що вичерпали свій життєвий час.

У 1990 році розпочато міжнародний проект наукових досліджень геному людини, мета якого полягає у визначенні послідовностей ДНК, локалізації генів і їхніх функцій. Перший етап завершено 2003 року. Дослідження триває.

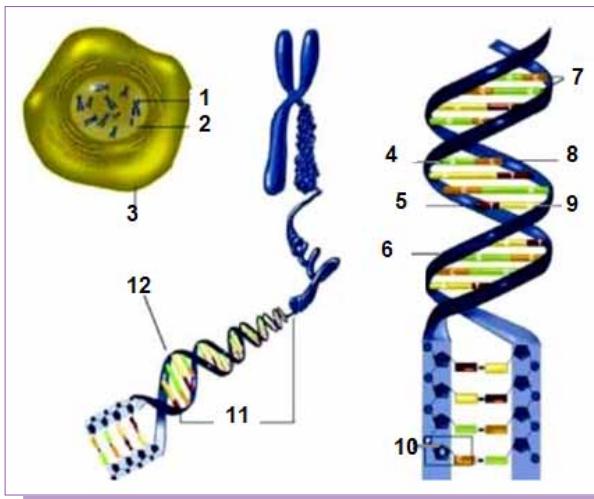
¹ Докладніше про це ви зможете дізнатися зі статті А. І. Опалка «ПОСТАТЬ ГРЕГОРА МЕНДЕЛЯ: МІФИ І РЕАЛІЇ». До 150-річчя оприлюднення Грегором Менделем результатів «Дослідів над рослинними гібридами» постать Грегора Менделя: міфи і реалії — УТГІС.



Вивчення генетики людини пов'язане з певними труднощами через неможливість довільного схрещування, пізнє настання статової зрілості, малу кількість нащадків у кожній сім'ї і неможливість урівняти умови існування нащадків. Попри це, генетика людини за останні десятиліття досягла значних успіхів, адже вивчення закономірностей спадковості людини тісно пов'язане з розвитком усіх розділів генетики. Щоправда, генетичний аналіз психічної сфери та творчої діяльності людини залишається все ще нездійсненим через їхню надзвичайну складність, хоча вони, поза сумнівом, спадково зумовлені.

ДЕ ЗБЕРІГАЄТЬСЯ ІНФОРМАЦІЯ ПРО НАС

Пам'ятаєте казку про Чахлика Невмирущого? Де була захована його смерть? На кінці голки, а голка — у яйці, яйце — у качці, качка — у зайці, заєць — у скрині, а скриня — на високому дубі. Інформація про наше життя й усе, що стосується вашого тіла, від зовнішності й до роботи кожного його органа, зосереджена в клітинах — «цеглинках», з яких він побудований.

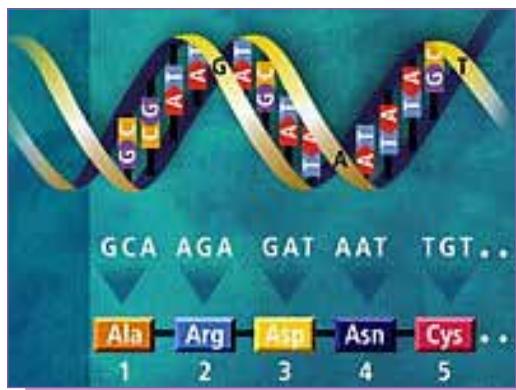


Мал. 8.1. Де зберігається інформація про ваш організм: 1 — хромосома; 2 — ядро; 3 — клітина; 4 — залишок гуаніну; 5 — залишок тиміну; 6 — цукрово-фосфатний остав; 7 — залишки азотистих основ; 8 — залишок цитозину; 9 — залишок аденоїну; 10 — нуклеотид; 11 — ген; 12 — ДНК

Безпосередньо в ядрі (мал. 8.1) генетичний матеріал міститься в *хроматині* — комплексі молекул ДНК і специфічних білків — *гістонів*, які зокрема, захищають ДНК від впливу небезпечних речовин. Під час поділу клітини хроматин скручується у *хромосоми*. Кількість молекул ДНК в ядрі дорівнює числу хромосом. Ділянки ДНК хромосом містять закодовану інформацію про структуру певного білка. Ці ділянки (локуси) у хромосомі називають *генами*. Поза ядром гени містяться у ДНК мітохондрій.

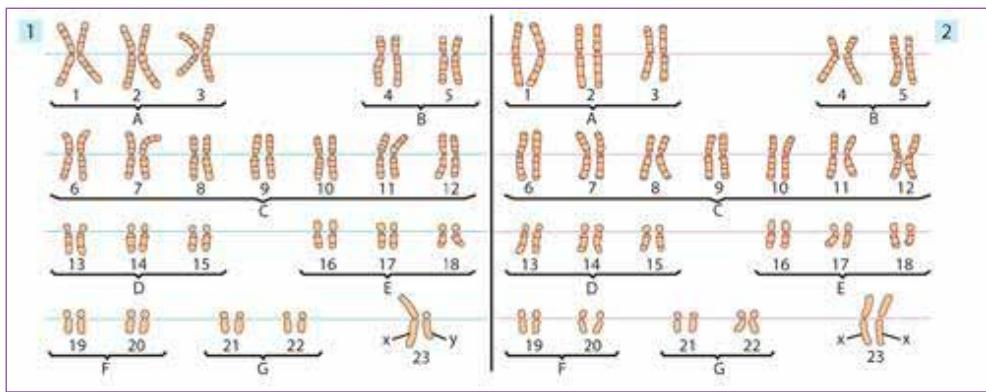
Отже, ген є частиною молекули ДНК, яка має певну послідовність нуклеотидів (залишків азотистих основ): аденоїну (А), гуаніну (Г), цитозину (Ц) і тиміну (Т). Ці літери — «абетка» *генетичного коду*.

Відомо, що у складі білка є залишки 20 різних амінокислот, а типів залишків основ ДНК — тільки чотири. Як саме інформація про послідовність основ у молекулі ДНК перетворюється на послідовність амінокислотних залишків у молекулі білка? Виявлено, що найоптимальнішим є кодування однієї амінокислоти трьома азотистими основами. Три послідовно розташовані нуклеотиди (*триплет* або *кодон*) є одиницею генетичного коду. Залежність порядку розташування залишків амінокислот у молекулі білка від послідовності розташування триплетів залишків азотистих основ у молекулі ДНК називають *генетичним кодом* (мал. 8.2).



Мал. 8.2. Генетичний код

Кількість і форма хромосом є унікальною характеристистикою виду — його *каріотипом*. Каріотип людини зображають ідіограмою (мал. 8.3), де 22 пари аутосом (хромосом, що зберігають інформацію про всі ознаки нашого тіла, окрім статевих) нумерують за зменшенням їхньої довжини, групують від А до G й окремо розміщують одну пару, що складається з неоднакових хромосом, позначених літерами XX і XY, які називають статевими. Локалізовані в них гени відповідають за розвиток статевих ознак (і не тільки). Зокрема, у хромосомі Y виявлено близько 20 генів, що відповідають за сперматогенез, інтенсивність росту. В X-хромосомі окрім статевих генів є гени, що відповідають за згортання крові, нечутливість до червоного кольору (далтонізм), форму зубів тощо.



Мал. 8.3. Ідіограма чоловіка (1), жінки (2)

Порівняти кількість хромосом у представників різних видів ви зможете, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 8.1 (зробіть це).

Таблиця 8.1

Кількість хромосом у різних видів

Вид	2n	Вид	2n	Вид	2n
Людина (<i>Homo sapiens</i>)	46	Їжак	96	Ар'рус	16
Горила (<i>Gorilla</i>)	48	Лисиця	34	Вишня	32
Макака (<i>Macaca mulatta</i>)	42	Голуб	16	Жито	14
Кішка (<i>Felis domesticus</i>)	38	Короп	104	Пшениця	42
Собака (<i>Canis familiaris</i>)	78	Мінога	174	Папороть	~1200
Кролик	44	Жаба (<i>Rana pipiens</i>)	26	Міксоміцетів	14
Кінь	64	Сазан	104	Трипаносома	?
Корова (<i>Bovis domesticus</i>)	120	Клевер	14	Метелик	380
Курка (<i>Gallus domesticus</i>)	78	Тополя	38	Шовкопряд	56
Качка	80	Кукурудза (<i>Zea mays</i>)	20	Протей (<i>Necturus maculosus</i>)	38
Свиня	40	Горох	14	Рак (<i>Cambarus clarkii</i>)	200
Вівця	54	Береза	84	Гідра	30
Плодова мушка (<i>D. melanogaster</i>)	8	Ялина	24	Аскарида	2
Морський їжак (<i>Strongylocentrotus purpuratus</i>)	42	Цибуля (<i>Allium serra</i>)	16	Бджола	16
Шпоркова жаба гладенька <i>Xenopus laevis</i>)	36	Арабідопсис (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	10	Мурашка (<i>Myrmecia pilosula</i>)	2
Миша (<i>Mus musculus</i>)	40	Картопля (<i>S. tuberosum</i>)	48	Виноградний слимак	24
Дріжджі (<i>S. cerevisiae</i>)	32	Ужовник	48	Земляний черв'як	36
Нематода	22/24	Лілія	24	Річковий рак	116
Щур	42	Хвощ	216	Малярійний плазмодій	2
Морська свинка	16	Томат	24	Радіолярії	1600



Найменше хромосом у самки підвиду Мурахи *Myrmecia pilosula* — пара на клітину. У самців лише одна хромосома в кожній клітині. Найбільше хромосом — у папоротей *Ophioglossum reticulatum* — близько 630 пар хромосом у клітині. Верхня межа кількості хромосом не залежить від кількості ДНК.



В американській амфібії *Amphiuma* кількість молекул ДНК приблизно в 30 разів більша, ніж у людини, і міститься в 14 хромосомах. Найменша хромосома амфібії більша за найбільші хромосоми людини — велика кількість молекул ДНК може не впливати на збільшення кількості хромосом. Верхньої межі, що обмежує кількість хромосом, немає в метелика *Lysandra nivescens* — 140—141 хромосома. Є мінімальна маса хромосоми, необхідна для подвоєння хромосом у міозі, — критична маса. Цим можна частково пояснити велику кількість ДНК.

За хромосомним набором клітини поділяють на *гаплоїдні*, *диплоїдні* й *поліплоїдні*. Гаплоїдні клітини несуть одинарний набір хромосом (статеві клітини). Диплоїдні клітини несуть подвійний набір хромосом. У них присутні *гомологічні* хромосоми — парні хромосоми, однакові за формою, розмірами й набором генів (соматичні клітини). Поліплоїдні клітини несуть набір хромосом, кратний більш ніж двом ($\times 4$, $\times 6$ тощо). Поліплоїдними є клітини печінки в людини.

Сукупність генів, характерну для гаплоїдного набору хромосом певного виду організмів, називають *геномом*. Геном людини — це близько 20—25 тис. генів. Вони кодують білки або РНК. Поза ядром, у молекулі ДНК мітохондрії, лише 37 генів, які кодують власні мітохондріальні ДНК, а також білки, залучені до АТФ-синтезу.

Усю сукупність генів організму називають його *генотипом*. Свій генотип кожна людина одержує в момент зачаття й несе його без жодних змін через усе життя. Протягом нього активність генів може змінюватися, але їхній склад залишається незмінним. Поняття «генотип» не тотожне поняттю «геном». Генотип притаманний певній особині, а геном — виду Людина.

Є ще поняття *фенотип* — сукупність усіх ознак і властивостей організму в кожний період його життя. Це й зовнішній вигляд, і внутрішня будова, і фізіологічні процеси, і особливості поведінки, спостережувані в певний проміжок часу. Якщо генотип успадковується й залишається незмінним протягом життя індивіда, то фенотип не успадковується — він розвивається. Фенотип є результатом дії генотипу лише частково, бо в його становленні значну роль відіграють умови зовнішнього середовища.

ЯК ЗЧИТУЄТЬСЯ Й ПЕРЕДАЄТЬСЯ ГЕНЕТИЧНА ІНФОРМАЦІЯ

Фундаментальною властивістю інформації (будь-якої, а не тільки генетичної) є те, що на неї не поширяються закони збереження. На відміну від матерії й енергії, які не виникають нізвідки й не зникають нікуди, інформація може бути втрачена й спотворена. Інформація, що зберігається на матеріальних носіях, будь то папір, комп’ютерні диски або молекули нуклеїнових кислот, може бути втрачена й під час зберігання (через псування *носія інформації*), але частіше — унаслідок активного використання носія (*порівняйте стан затребуваної й «зачитаної» бібліотечної книжки зі станом якого-небудь малоцікавого видання*). Тож живим клітинам доводиться розв’язувати одночасно взаємовиключні завдання. З одного боку, генетичну інформацію необхідно дбайливо зберігати, щоб передати

наступному поколінню, з іншого боку — її необхідно активно використовувати для підтримки життєдіяльності.

Тому, як мінімум, ви маєте розуміти, які процеси відбуваються з вашими генами.

Для того, щоби зрозуміти, як працює генетична інформація в клітині, доречно вдатися до такої аналогії. Уявіть собі завод, що випускає деталі для різних механізмів. Креслення всіх цих деталей зібрано в теку. Якщо просто роздати аркуші із цієї папки у відповідні заводські підрозділи, є великий ризик, що принаймні один аркуш через якийсь час виявиться зіпсованим або втраченим, і відновити його не буде жодної можливості. Тому загальне — *еталонне* — креслення зберігається недоторканним у головного інженера, а «донизу», на виробництво, надходять його робочі копії (найчастіше з позначками технолога, що уточнюють порядок роботи із цим кресленням). Аналогічно діє і клітина. Вона зберігає «генеральне креслення» у вигляді послідовності ДНК, а якщо знадобиться синтез тих чи тих білків, друкує «робочі копії» — молекули інформаційної (матричної) РНК (*i*РНК, *m*РНК — messenger), з яких на «робочому місці» — у рибосомі — синтезуються білки з потрібною амінокислотною послідовністю. Після використання робочі копії РНК знищуються, тому виправдано використання для еталонної та для робочої копії двох різних нуклеїнових кислот, щоб не знищити помилково послідовність — еталон.

Якщо навіть у таку робочу копію закрадеться помилка (а таке трапляється, хоча точність біологічного копіювання фантастично висока) і частина продукції виявиться браком, то положення легко можна буде виправити, зробивши нову робочу копію з недоторканної молекули ДНК. Промислова аналогія буде зовсім повною, якщо згадати, як мало білки схожі на РНК, що їх кодують: не більше ніж двовимірне паперове креслення схоже на тривимірний металевий механізм... Якщо знадобиться відкрити «дочірнє виробництво», то ДНК, що міститься в клітині, самовідтворюється (реплікується), після цього клітина ділиться навпіл, і «виробничий процес» запускається заново.

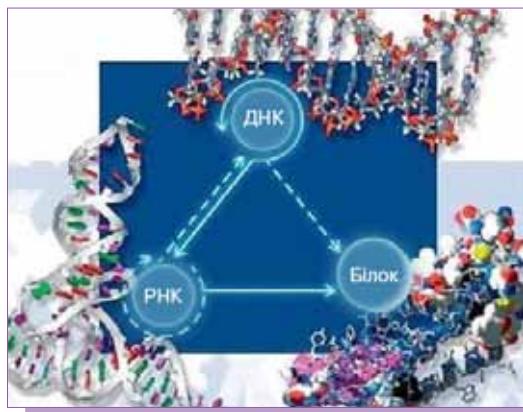
Основні шляхи генетичної інформації в організмах описують схемою (мал. 8.4), що дістала назву «Центральна догма¹ молекулярної біології».

Центральна догма молекулярної біології стверджує, що основний шлях перенесення генетичної інформації: від генів — дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), здатної до самовідтворення, до рибонуклеїнової кислоти (РНК), іноді здатної до самовідтворення, і, нарешті, до білків. Фундаментальною особливістю генетичного перенесення є його односпряженість. Генетична інформація завжди переноситься від нуклеїнових кислот до білків і ніколи — навпаки.

До процесів, що забезпечують функціонування генетичної інформації в клітині, належить *транскрипція* — перенесення інформації з ДНК на РНК, і *трансляція* — перенесення інформації з РНК на білок. Тут до-

¹ Догматизм (від грец. думка, вчення, рішення) — є одним із негативних виявів метафізичного способу мислення, якому властива підміна аналізу живої дійсності.

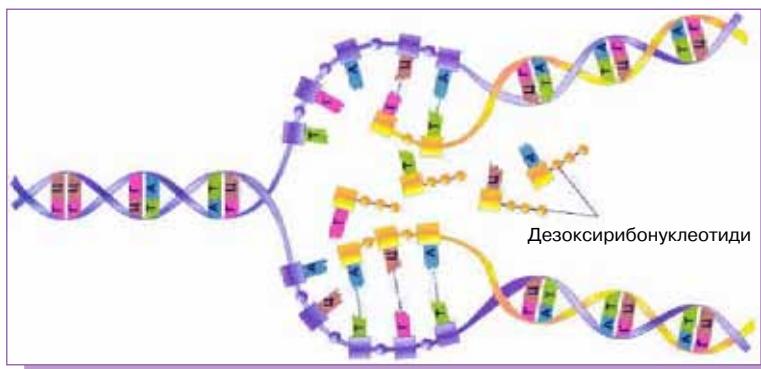
ведеться вдатися до іншої метафори — філологічної. Транскрипція — це запис слова тією самою мовою, хоча й трохи іншими символами (згадайте транскрипцію — запис вимови іншомовних слів у словнику). Трансляція — переклад слова з однієї мови на іншу (англ. *translation* — переклад). Так і у випадку зі спадковою інформацією: під час транскрипції вона переписується в дешо інших символах, але тією самою мовою — мовою нуклеотидів; під час трансляції перекладається з мови нуклеотидів на мову амінокислот.



Мал. 8.4. Схема центральної догми молекулярної біології:
суцільними стрілками показано шляхи реалізації спадкової інформації
в живих системах, пунктирними — можливі шляхи, що існували на ранніх етапах еволюції

До процесів, що забезпечують збереження й передавання генетичної інформації, належить *реплікація* (подвоєння) молекул ДНК (мал. 8.5).

Як ви вже знаєте, молекула ДНК утворена двома ланцюгами, де залишки азотистих основ одного з ланцюгів сполучені із залишками азотистих основ іншого ланцюга водневими зв'язками згідно з принципом комплементарності: аденин з'єднується тільки з тиміном, гуанін — тільки з цитозином. Завдяки такій комплементарній (доповнювальній) будові ця подвійна молекула здатна точно відтворювати себе з утворенням ідентичних подвійних молекул.



Мал. 8.5. Реплікація (подвоєння) молекули ДНК

Класична біохімія зосереджувала свою увагу на хімічних перетвореннях, що відбуваються в клітині. Класична молекулярна біологія — на макромолекулах, які «обслуговують» ці перетворення. Сучасну ж молекулярну генетику найбільше цікавлять процеси керування й координації. Регуляторні механізми в клітині працюють відразу на декількох рівнях.

Коли ми розглядали обмін речовини й енергії в клітині (розділ Д. 3), то на прикладі ферментів побачили, як може змінюватися активність біохімічних реакцій. Це нижчий рівень регуляції — регуляція на рівні білків унаслідок їхньої активації або інактивації.

Однак синтез білка — досить енергоємний процес, тому для клітини в багатьох випадках вигідніше контролювати не активність білка, а безпосередньо його синтез. Регуляція на рівні транскрипції й трансляції дає змогу уникнути синтезу не потрібних у цей момент білків.

I, нарешті, третій рівень регуляції — довгострокове переведення в непроявленому стані цілих груп генів хімічною модифікацією (метилюванням) ДНК. На різних етапах життя організму включаються різні групи генів, що забезпечує їхню індивідуальність — *онтогенез*.

Тобто клітинам властиві механізми регулювання. Клітини функціонують завдяки скородинованій дії генів. Гени поділяють на *структурні* та *регуляторні*. Структурні гени кодують синтез білків або РНК. Кожен білок кодований певним — «своїм» — геном. Регуляторні гени контролюють і спрямовують діяльність структурних генів. Вони контролюють індивідуальний розвиток клітин і організмів, а саме: метаболізм, клітинний поділ, захист клітин, передавання сигналів.

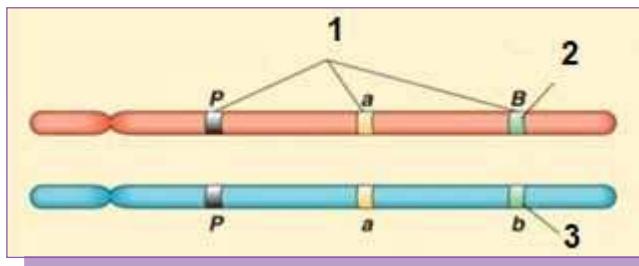
За активністю розрізняють *конститутивні* й *неконститутивні* гени. Конститутивні гени постійно активні через те, що білки, які вони кодують, необхідні для постійної клітинної діяльності. Іх називають «генами домашнього господарства». Неконститутивні гени — це гени, які становлять активними лише тоді, коли білок, який вони кодують, стає потрібним організмові.

Виявилося, що гени містять як кодовані ділянки (їх названо *екзонами*), що несуть інформацію для синтезу специфічного білка, так і некодовані (названі *інtronами*). Некодованих ділянок може бути в декілька разів більше, ніж кодованих. У людини з усієї генетичної ДНК частка кодованих ділянок становить лише близько 5 %.

Завдяки такій будові той самий ген може нести інформацію для кодування не одного поліпептида (першого білка), а, залежно від специфіки тканини, у якій вони функціонують, інформація, що міститься у такому гені, використовується для кодування великої кількості різних поліпептидів. Наприклад, деякі гени можуть нести код для синтезу майже 40 тис. поліпептидів. Це досягається завдяки зміні послідовності зчитування кодованих ділянок гена. Цікаво, що за сучасними даними в людини частка генів, що працюють саме за таким принципом, становить 74 %.

Дуже важливим для розуміння основ генетики є поняття *алеля* (мал. 8.6). Алелі гена розташовані в тотожних локусах гомологічних хромосом і визначають різні стани певних ознак, наприклад, високий чи низький зріст, світлий або темний колір волосся, блакитний або карий колір очей. А також — певні аномалії — альбінізм, непропорційне розташування тих чи інших частин тіла, різnobарвний колір очей. У кожній диплоїдній клітині будь-який ген представлений двома алелями, один з яких організм одержав від батька, а інший — від матері. У гаплоїдних клітинах (статевих) міститься лише один алель цього гена.

Алелі бувають домінантними й рецесивними. Алелі одного гена позначаються тією самою літерою латинського алфавіту, але домінантний алель позначають великою літерою, а рецесивний — малою.



Мал. 8.6. До поняття алеля: 1 — локус гена; 2 — домінантна алель; 3 — рецесивна алель

ЯК ПЕРЕДАЄТЬСЯ ІНФОРМАЦІЯ ПІД ЧАС ПОДІЛУ КЛІТИН

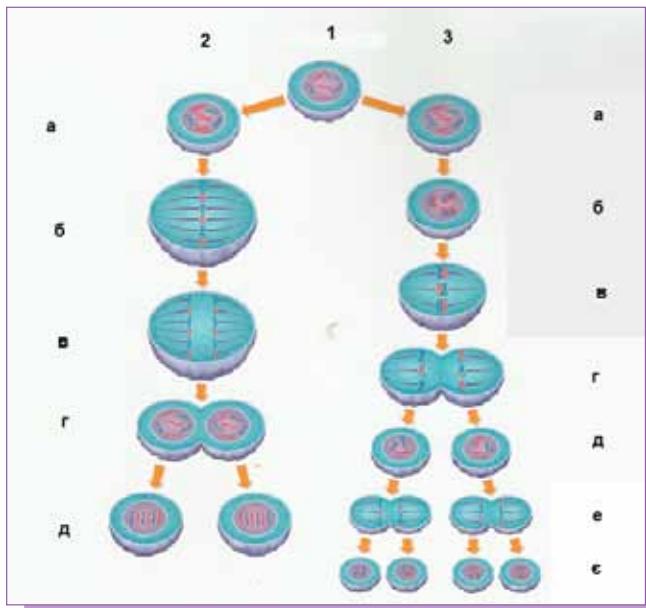
Ріст, розвиток і розмноження організмів базується на *поділі клітин*. Оскільки хромосоми є головним матеріальним носієм генетичної інформації, необхідно знати, що відбувається з ними під час поділу клітин.

Спосіб поділу всіх нестатевих (соматичних — нервових, м'язових, кісткових тощо) клітин називають *мітозом*. За такого поділу з початкової материнської клітини утворюються дві дочірні, абсолютно однакові за властивостями як одна з одною, так і з материнською клітиною.

Мейоз складається з двох послідовних поділів, аналогічних мітотичним (з деякими відмінностями). Мейозом називають тип репродуктивного поділу клітини, що спричинює утворення з однієї клітини чотирьох — *гамет*. Але новоутворені клітини мають лише один (гаплоїдний) набір хромосом. Мейоз складається з двох послідовних поділів.

Під час першого поділу відбувається *кон'югація* — зближення і злиття ділянок гомологічних хромосом і *кросинговер* — обмін певними ділянками між гомологічними хромосомами. Другий поділ мейозу відбувається безпосередньо після першого. Перед другим поділом реплікація ДНК не відбувається.

Порівняти мітоз і мейоз ви зможете самостійно, порівнявши дані, наведені на малюнку 8.7 та в таблиці 8.2 (зробіть це).



Мал. 8.7. Мітоз і мейоз. 1. Материнська клітина. 2. Мітоз: а) подвоєння кількості хромосом; б) упорядкування подвоєних хромосом; в) розходження хромосом; г) поділ клітини на дві частини; д) у кожній новій клітині 46 хромосом. 3. Мейоз: а) подвоєння кількості хромосом; б) обмін генетичним матеріалом; в) упорядкування відповідних пар подвоєних хромосом; г) розходження подвоєних пар; д) утворення двох нових клітин із 46 хромосомами в кожній; е) повторне ділення клітин; е) утворення чотирьох нових клітин із 23 хромосомами в кожній

Порівняння мітозу й мейозу

Ознаки порівняння	Мітоз	Мейоз
Клітини, у яких відбувається ділення	Соматичні	Клітини-попередниці статевих клітин
Результат процесу	Дві диплоїдні клітини, ідентичні материнській	Чотири гаплоїдні клітини
Кількість діlenь	Одне	Два з короткою інтерфазою між ними
Біологічне значення	Ріст і розвиток організмів	Гаметогенез, статеве розмноження

Перехрест хромосом, обмін ділянками, а також незалежне розходженняожної пари гомологічних хромосом визначають закономірності спадкового передавання ознак від батьків потомству. Зожної пари двох гомологічних хромосом (материнської і батьківської), що входили до хромосомного набору диплоїдних організмів, у гаплоїдному наборі яйцеклітини або сперматозоїда є лише одна хромосома. Вона може бути хромосомою:

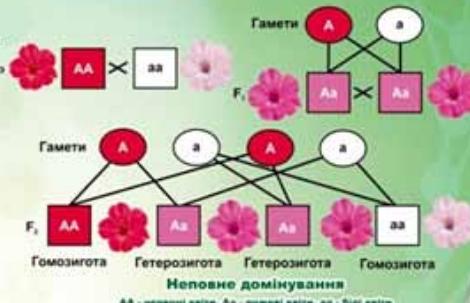
- батьківською;
- материнською;
- батьківською з ділянкою материнської;
- материнською з ділянкою батьківської.

СПАДКОВІСТЬ І МІНЛИВІСТЬ

Поштовхом у з'ясуванні питань спадковості й мінливості ознак організмів були дослідження Грегора Менделя (мал. 8.8).

ЗАКОН ОДНОМАНІТНОСТІ ГІБРИДІВ ПЕРШОГО ПОКОЛІННЯ (перший закон Менделя)

Під час схрещування гомозиготних особин, які різняться за однією парою альтернативних ознак, спостерігають одноманітність гібридів першого покоління F_1 як за фенотипом, так і за генотипом.



ЗАКОН РОЗЩЕПЛЕННЯ ОЗНАК (другий закон Менделя)

Під час схрещування (у шлюбі) двох гетерозиготних особин (гібридів), які різняться однією парою альтернативних ознак, у потомстві спостерігають розщеплення:

- за фенотипом 3: 1
- за генотипом 1: 2: 1

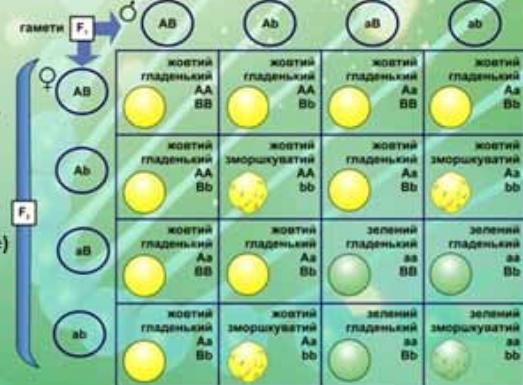
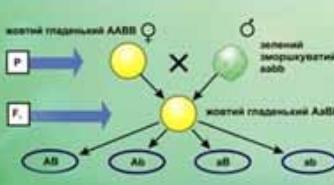
P: ♀ AA × ♂ aa

F₁: Aa
♀ Aa × ♂ Aa

Гамети		A	a
A	AA	Aa	
a	Aa	aa	

F₂: 1 AA 2 Aa 1 aa

ЗАКОН НЕЗАЛЕЖНОГО УСПАДКУВАННЯ І КОМБІНУВАННЯ ОЗНАК (третій закон Менделя)



Під час схрещування гомозиготних особин, які різняться двома (або більше) ознаками, у другому поколінні спостерігають незалежне успадкування й комбінування станів ознак, які їх визначають, розташовані в різних парах гомологічних хромосом.

Мал. 8.8. Пригадуємо закони Менделя

Відповідно до сучасної генетичної термінології, закономірності успадкування ознак, встановлені Грекором Менделем, ґрунтуються на таких положеннях:

- кожну ознаку в організмі контролює пара алелей певного гена;
- у мейозі кожна пара алелей розщеплюється й кожна гамета отримує по одному алелю зожної пари;

- під час утворення чоловічих і жіночих гамет у кожну з них може потрапити будь-який алель з однієї пари разом з будь-яким алелем з іншої пари;
- кожний алель передається з покоління в покоління як дискретна незмінна одиниця спадковості;
- материнський і батьківський організми рівною мірою беруть участь у передаванні своїх спадкових чинників нащадкам. Нове покоління дістає не готові ознаки, а тільки матеріальні фактори — по одному алелю (дляожної ознаки) від кожної батьківської особини.

Проте закони Менделя справедливі для успадкування не всіх ознак. І для них необхідне дотримання низки умов. У 1911–1926 роках Томас Гант Морган (1866–1945) сформулював хромосомну теорію спадковості. За її допомогою з'ясовано матеріальну основу законів спадковості, установлених Грегором Менделем, і те, чому в певних випадках успадкування тих або інших ознак від них відхиляється.

Основні положення хромосомної теорії спадковості такі:

- гени розташовані в хромосомах у лінійній послідовності;
- у різних хромосом неоднакові набори генів, тобто в кожній з негомологічних хромосом свій унікальний набір;
- кожен ген займає в хромосомі певну ділянку;
- алельні гени займають у гомологічних хромосомах однакові ділянки;
- усі гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення, завдяки чому деякі ознаки успадковуються зчеплено; сила зчеплення між двома генами, розташованими в одній хромосомі, обернено пропорційна відстані між ними;
- порушення зчеплення між генами однієї групи є наслідком обміну ділянками гомологічних хромосом у профазі першого мейотичного поділу (процес кросинговеру);
- для кожного біологічного виду характерний певний набір хромосом (каріотип) — кількість та особливості будови певних хромосом.

Успадкування різних ознак у людини може бути забезпечене різними механізмами. Частина ознак є моногенними (тобто їх визначає дія одного гена). Їхнє успадкування відбувається згідно із законами Менделя та хромосомною теорією спадковості. Властивості організму, визначені лише парою алелей одного гена й успадковані за законами Менделя, називають менделевальними ознаками. Більше уявлень про механізми успадкування моногенних ознак у людини ви дістанете, проаналізувавши відомості, наведені в таблиці 8.3 (зробіть це).

Механізми успадкування моногенних ознак у людини

Тип успадкування	Механізм успадкування ознаки	Приклади ознак
Аутосомно-домінантне	Ознаку визначає домінантний алель гена, розташованого в аутосомі. Вияви ознаки є в кожному поколінні незалежно від статі	Брахидактилія

Продовження таблиці 8.3

Тип успадкування	Механізм успадкування ознаки	Приклади ознак
Аутосомно-рецесивне	Ознаку визначає рецесивний алель гена, розташованого в аутосомі. Вияви ознаки не залежать від статі, однак є не в кожному поколінні	Синій колір очей, дальтонізм за синім кольором
Зчеплене зі статтю, домінантне	Ознаку визначає домінантний алель гена, розташованого в X-хромосомі. Вияви ознаки є в кожному поколінні незалежно від статі	Нефрогенний нецукровий діабет
Зчеплене зі статтю, рецесивне	Ознаку визначає рецесивний алель гена, розташованого в X-хромосомі. Вияви ознаки завжди є в чоловіків, а в жінок — лише в монозиготному стані	Дальтонізм за червоним і зеленим кольором
Залежне від статі, аутосомне	Ознаку визначає ген, розташований в аутосомі. Але її вияви можливі лише в представників певної статі	Гени, які визначають особливості первинних і вторинних статевих ознак
Голандричне	Ознаку визначає ген, розташований в Y-хромосомі. Вияви ознаки — лише в чоловіків	Гіпертрихоз вушних раковин

Інші ознаки можуть утворюватися як результат взаємодії двох або кількох генів. Їх називають *полігенними*, або *мультигенними*.

Розглядають взаємодію неалельних генів. Тобто генів різних алельних пар. Вони, відповідно, визначають різні варіанти ознак, для них характерні протилежні, порівняно з алельними генами, властивості. Типи взаємодії неалельних генів: комплементарність, епістаз і полімерія. До того ж окремо розглядають модифікувальну дію гена (плейотропію), виявом якої є визначення одним геном різних ознак.

Епістаз — це взаємодія неалельних генів, під час якої спостерігають пригнічення вияву одного гена дією іншого — неалельного. Розрізняють домінантний і рецесивний епістаз. Прикладом рецесивного епістазу в людини є так званий бомбейський феномен — відхилення від стандартного успадкування груп крові.

Компллементарність — це такий тип взаємодії, коли ознаку визначає певна кількість неалельних генів. При цьому фенотипний вияв ознаки визначений різноманітними комбінаціями домінантних і рецесивних алелей цих генів. Людина за механізмом комплементарної взаємодії успадковує відтінки волосся, особливості слуху, зору, рівноваги, смаку.

Полімерія — це вид взаємодії, коли ефекти декількох неалельних генів, що визначають ту саму ознаку, приблизно однакові. Прикладом полімерного успадкування в людини може бути забарвлення шкірних покривів, яке визначене, імовірно, трьома або чотирма генами. Вплив кожного із цих генів на забарвлення шкіри приблизно одинаковий.

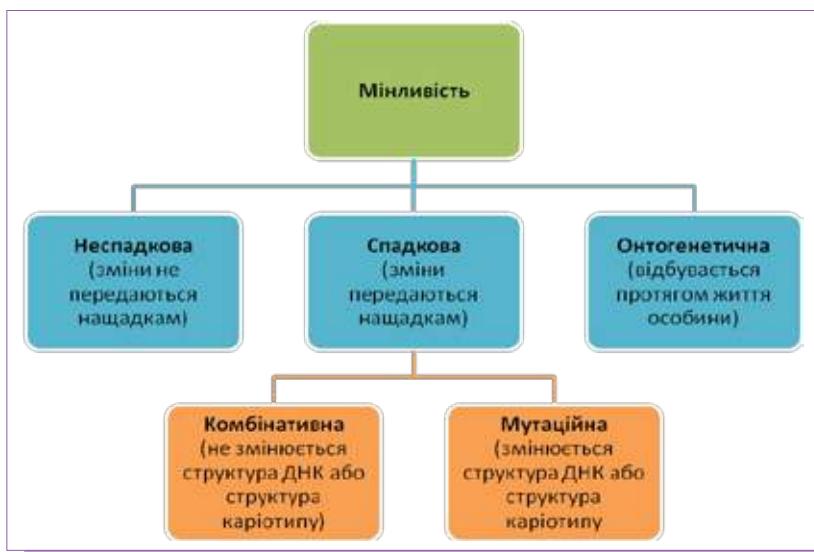
Плейотропія (множинна дія генів) — явище впливу одного гена на функції низки неалельних генів.

Успадкування ознак класифікують і за місцем розташування генів: у ядрі та поза ним. Дотепер ми розглядали *ядерне* успадкування. У людини позаядерна ДНК є лише в мітохондріях. Вони мають 37 генів, які кодують деякі потрібні для функціонування цих органел білки, а також необхідні для біосинтезу білків тРНК та рРНК. Розлад роботи мітохондрій може привести до порушення синтезу ними АТФ, а відтак — впливати на енергетичний обмін клітин і функціонування всього організму. Із цього випливає, що люди з ураженнями мітохондріальних функцій матимуть такий набір симптомів: уповільнений ріст, м'язова слабкість, підвищена втомлюваність, серцева недостатність і низка проблем з функціонуванням нервової системи, нирок і дихання — ураженими будуть усі органи, які потребують значної кількості енергії для своєї роботи.

Мінливість протилежна спадковості, але тісно пов'язана з нею. *Мінливість* — властивість організмів набувати нових ознак або втрачати передні в процесі розвитку. Мінливістю називають також відмінності між особинами того самого виду. Мінливість забезпечує різноманітність форм органічного світу й пристосованість їх до мінливих умов середовища.

Мінливість і спадковість становлять основу еволюції.

Про форми мінливості ви дізнаєтесь, проаналізувавши схему на малюнку 8.9.



Мал. 8.9. Форми мінливості



Усе, що нині відомо про спадковість і мінливість людини, одержано за допомогою різноманітних методів дослідження.

Генеалогічний метод ґрунтуються на простеженні певної ознаки в низці поколінь зі вказівкою родинних зв'язків між членами родоводу. Суть його полягає в тому, щоби з'ясувати родинні зв'язки й простежити наявність нормальної або патологічної ознаки серед близьких і далеких родичів у певній сім'ї.



Близнюковий метод полягає у вивченні однояйцевих (монозиготних) і двояйцевих (дизиготних) близнят. Дослідження таких організмів дає змогу з'ясувати роль чинників довкілля у формуванні фенотипу особин: різний характер їхнього впливу зумовлює розбіжності в прояві тих чи інших станів певних ознак. За допомогою цього методу визначають роль спадковості й середовища в розвитку різних ознак і захворювань. На сьогодні в середньому на кожні 100 пологів припадає одне народження близнят. Демографи підрахували, що на Землі проживає близько 50 млн пар близнят. Приблизно третину всіх близнят становлять однояйцеві, а дві третини — двояйцеві.

Цитогенетичний метод — вивчення хромосомного набору (каріотипу) організмів.

Метод дерматогліфіки. Дерматогліфіка (від грец. δέρμα — шкіра, γλυφω — вирізати, гравірувати) — це вивчення рельєфу шкіри на пальцях, долонях і підошвах. На землі немає людей з однаковими малюнками на пальцях (крім монозиготних близнят). Дерматогліфічні дослідження мають важливе значення у визначенні зиготності близнят, у діагностиці деяких спадкових хвороб, у судовій медицині, у криміналістиці для ідентифікації особи.

Популяційно-статистичний метод дає вивчати поширення певних генів у популяціях людей. Зазвичай здійснюють безпосереднє вибіркове дослідження частини популяції або вивчають архіви лікарень, пологових будинків, а також проводять опитування шляхом анкетування.

Біохімічні методи використовують для діагностики хвороб обміну речовин, причиною яких є зміни активності певних ферментів. За допомогою біохімічних методів відкрито близько 5000 молекулярних хвороб, які є наслідком прояву мутантних генів. У випадку різних типів захворювання вдається або визначити сам аномальний білок — фермент, або проміжні продукти обміну.

В останні роки найпоширенішими стали відносно нові методи молекулярної біології, зокрема секвенування ДНК, полімеразна ланцюгова реакція, генетичні маркери та ДНК-мікроочіп.

Метод секвенування ДНК полягає у визначенні послідовності залишків нуклеотидних основ (аденіну, тиміну, гуаніну й цитозину) на певній ділянці ДНК для подальшої ідентифікації такої ділянки з'ясування складу РНК і білків, які можуть бути на ній закодовані. Кількість нуклеотидних основ у ДНК еукаріотів дуже велика, тому її визначають за допомогою спеціальних приладів — секвенаторів. Секвенування ДНК широко використовують для діагностики спадкових захворювань і в судовій медицині для встановлення осіб або ідентифікації біологічного матеріалу.

Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) полягає в тому, щоби збільшити кількість молекул ДНК, необхідних для їхнього аналізу. І вже після цього можна аналізувати цю ДНК за допомогою будь-якого методу. Цю технологію широко використовують у діагностиці різних захворювань і в судовій медицині. Крім того, за допомогою ПЛР вдається вилучати ДНК з кісток уже вимерлих організмів, що дає змогу читати і їхні геноми. Саме так прочитано геном неандертальця.

Метод генетичних маркерів полягає в ідентифікації певних генів, ділянок ДНК, хромосом або певних особин виду за допомогою притаманних лише їм сполучень нуклеотидів. Генетичні маркери (або ДНК-маркери) — це поліморфні (ті, які мають кілька варіантів) ознаки, які виявляють на рівні нуклеотидної послідовності ДНК під час здійснення досліджень. У такий спосіб визначають, які з варіантів маркерів є в певних особин популяції, і завдяки цьому можна з'ясувати структуру й історію цієї популяції та порівняти її з іншими популяціями. Найчастіше для виявлення генетичних маркерів застосовують секвенування ДНК й полімеразну ланцюгову реакцію.



Генетичні маркери можуть бути розташовані в екзонах або інтронах структурних чи регуляторних генів. Вони можуть траплятися й у некодувальних ділянках геному людини, якими є інвертовані повтори, мікросателітні локуси тощо. Ці маркери широко використовують у популяційних дослідженнях. Їхнє вивчення дає змогу встановити родинні зв'язки різних популяцій людей і їхню історію розвитку (включно з міграцією і схрещуванням з іншими групами).

Метод ДНК-мікрочіп визначає, які саме з генів у клітині працюють. Крім того, він дає змогу оцінити й рівень активності генів (який з них працює більш, а який менш інтенсивно). Суть методу ДНК-мікрочіп полягає в тому, що на спеціальній платі розташовують (за допомогою складного роботизованого механізму) велику кількість зондів — невеликих молекул ДНК, з якими взаємодіють молекули РНК, що є в досліджуваних клітинах. Зондами можуть бути гени як усього геному (на одній скляній платі їх можна розмістити до 40 тисяч), так і певної досліджуваної його частини, яка задіяна в дослідженні. Така технологія дає змогу, наприклад, з'ясувати, які гени в раковій клітині працюють, а які ні, порівняно зі здорововою, або які саме гени «вимикаються» (перестають працювати) або змінюють свою активність у разі певного спадкового захворювання.

ЩО МОЖЕ ПІТИ НЕ ТАК

На жаль, часто разом з рисами характеру й особливостями зовнішності батьків передають дітям і захворювання. Разом з тим це не означає, що все в людині ґрунтуються лише на її генетиці. Людина соціальна за своєю природою, і це суттєво впливає на перебіг захворювання. Широкі соціально-економічні перетворення істотно змінюють генетичну структуру людських популяцій. Зміни таких показників, як рівень кровної спорідненості, густота населення, інтенсивність і напрямок міграції, система шлюбів, розмір сім'ї та ін., неминуче позначаються як на спектрі, так і на поширеності спадкових захворювань.

У сучасній клінічній генетиці людини широко використовують класифікацію, що базується на характерних відмінностях первинного патогенетичного механізму виникнення хвороб. За цим принципом усю спадкову патологію можна розділити на п'ять груп:

- 1) генні хвороби — порушення, зумовлені генними *мутаціями*. Вони передаються з покоління в покоління й успадковуються за законами Менделя;
- 2) хромосомні хвороби — аномалії, що виникають у результаті порушень структури та кількості хромосом;
- 3) хвороби, зумовлені спадковою схильністю (спричинювані множинними чинниками). Ці захворювання виникають на основі певної генетичної конституції під впливом певних чинників зовнішнього середовища;
- 4) генетичні аномалії, які виникають унаслідок мутацій в соматичних клітинах (генетичні соматичні хвороби). До них належать деякі пухлини, певні вади розвитку, аутоімунні захворювання (нерозпізнавання імунною системою організму власних клітин);
- 5) хвороби генетичної несумісності матері та плоду, які розвиваються в результаті імунологічної реакції організму матері на антигени плоду.

Первинною ланкою перебігу спадкових патологій є *генні мутації* та порушення структури або кількості хромосом.

Однією з найпоширеніших класифікацій мутацій є їхній розподіл за рівнем організації спадкового матеріалу, на якому відбувається мутація. За цієї класифікації мутації поділяють на точкові (генні), хромосомні та геномні.

Точкова (генна) мутація — це заміна, утрата чи додавання пари нуклеотидів. Змінюється лише один ген.

Хромосомна мутація — заміна, утрата, додавання чи зміна місця розміщення ділянки хромосоми. Може змінюватися чи порушуватися робота кількох генів. Прикладом такої мутації є *синдром котячого крику* — спадкове захворювання людини внаслідок утрати ділянки п'ятої хромосоми.

Геномна мутація — зміна кількості певних хромосом або всього хромосомного набору. Може порушуватися робота сотень і тисяч генів. Прикладом є *синдром Дауна* — спадкове захворювання людини внаслідок трисомії у 21-ї парі хромосом.

Чинники, які здатні індукувати мутаційний ефект, називають мутагенними. Установлено, що будь-які чинники зовнішнього й внутрішнього середовища, які можуть порушувати гомеостаз, здатні спричиняти мутації. Традиційно їх поділяють на три великі групи: фізичні, хімічні та біологічні (табл. 8.4).

Таблиця 8.4

Мутагенні чинники

Група мутагенних чинників	Найпоширеніші чинники групи	Механізм дії
Фізичні	Рентгенівське й ультрафіолетове випромінювання, висока температура, ультразвук	Відбуваються розриви ниток ДНК, порушується її структура; у клітині утворюються вільні радикали (молекули або атоми з одним чи двома неспареними електронами), які взаємодіють з нуклеотидами й білками хромосом
Хімічні	Формальдегід, колхіцин, хлороформ, діоксин, сполуки Плюмбуму, Меркурію, алкоголь, наркотичні речовини	Відбуваються розриви ниток ДНК, порушується її структура; певні нуклеотиди вступають у реакції з різноманітними речовинами
Біологічні	Віруси кору, грипу та інші; токсини, які виробляють живі организми, мобільні генетичні елементи	Токсини діють за тим самим механізмом, що й хімічні мутагени. Віруси можуть вбудовуватися в ДНК клітини після проникнення в неї. Якщо вони вбудовуються на ділянці гена, що працює, то порушують його роботу. Мобільні генетичні елементи є ділянками ДНК, які здатні самостійно переміщуватися всередині хромосоми або між різними хромосомами. Якщо вони потрапляють на ділянку гена, що працює, то порушують його роботу

Для того, щоб виправляти такі помилки, у клітинах є спеціальний механізм. Його називають *репарацією ДНК*. Репарація ДНК — це низка процесів, за допомогою яких клітина знаходить і виправлює пошкодження у своїй ДНК. Здійснюють ці процеси комплекси ферментів, складниками яких є відразу кілька білків.

Спадкові захворювання людини набагато простіше попередити, ніж вилікувати. Тому для запобігання ним створено систему *медико-генетичного консультування*, за допомогою якого можна здійснювати:

- діагностування спадкового захворювання та визначення типу його успадкування;
- розрахунок ризику (або повторного ризику у випадку вже виявленого спадкового захворювання в старшої дитини) народження хворої дитини;
- визначення можливих способів профілактики певного захворювання. Діагностику спадкових захворювань здійснюють за допомогою різноманітних методів, як-от:
- візуальне обстеження (візуальне виявлення характерних симптомів);
- ультразвукове дослідження (дослідження плода за допомогою ультразвуку);
- ітогенетичний аналіз (аналіз хромосомного набору);
- біохімічний аналіз (визначення наявності й умісту певних сполук, які є маркерами захворювання);
- молекулярно-генетичне дослідження (виявлення аномалій за допомогою ДНК-зондів);
- імунологічне дослідження (аналіз імунологічних реакцій).

Профілактика спадкових захворювань дуже важлива, оскільки витрати на неї незрівнянно менші, ніж витрати на лікування новонароджених зі спадковими вадами. Крім того, запобігання народженню дітей з такими захворюваннями дає змогу уникнути тяжких моральних переживань у батьків і родичів. Ефективними заходами профілактики спадкових захворювань є:

- надання батькам елементарних знань про причини спадкових захворювань та можливість попередження їх;
- аналіз родоводу батьків і розрахунок ризику народження дитини зі спадковим захворюванням;
- пропагування здорового способу життя;
- утримання від надмірного вживання алкоголю, відмова від куріння та вживання наркотичних речовин;
- дотримання правил безпеки під час роботи з речовинами або пристроями, які потенційно можуть мати мутагенний ефект.

Неспадкова мінливість — це зміни в будові чи функціонуванні організмів, що відбуваються впродовж їхнього індивідуального розвитку й не передаються наступним поколінням. Її називають також модифікацією, адже такі зміни є ніби модифікаціями певного типового середнього значення.

І НЕ ЛИШЕ ГЕНИ

Ми з'ясували, що гени забезпечують такі функції:

- зберігання спадкової інформації;
- керування біосинтезом білків та інших сполук у клітині;
- редуплікація ДНК і РНК (подвоєння генів під час поділу);
- репарація (відновлення) пошкоджених ДНК і РНК;
- забезпечення спадкової мінливості клітин і організмів;
- контроль за індивідуальним розвитком клітин і організмів;
- явище рекомбінації (роздріб ланцюжка ДНК з подальшим об'єднанням в іншій послідовності).

На формування особистості людини одночасно впливають як успадковані від батьків гени, так і навколоішнє середовище й культурне успадкування. Суперечки про те, який із цих чинників суттєвіший, не вищають і досі. Хоча культурне успадкування трапляється в багатьох видів тварин, лише в людини та великих мавп (шимпанзе, горил та орангутанів), які належать до однієї з нами родини, *Hominidae*, більшість ознак, що зумовлюють поведінку, передаються культурно, а не біологічно.

Звісно, складність і кількість того, чого вчиться особина, набагато більша саме в нашого виду. Позбавлена багатьох специфічних пристосувань, людина еволюціонувала завдяки своїй здатності до гнучкої поведінки, пристосування до різноманітних умов середовища. У міру вдосконалення механізму культурного успадкування (яке відбувалося на біологічному фундаменті) пристосованість індивіда все більшою мірою визначалася не тим, що вона успадкувала біологічно, а тим, чого вона навчилася. Значною мірою на це впливає біологічно зумовлена здатність до навчання, але успадковується саме здатність опанувати певні форми поведінки, а не самі ці форми.

Завдяки генетичній спадковості від організму до організму передаються інформаційні одиниці, які називають *генами*. А як назвати одиниці передавання культурної інформації? Англійський еволюціоніст Річард Докінз запропонував для них слово «*мем*». Мемом є будь-яка одиниця, передавана культурно: уміння відкривати пляшки з газованими напоями, поливати устриці лимонним соком для перевірки її свіжості, вжити модне слівце, припиняти роботу Windows командою Alt + F4, а не Shut Down тощо. Культурний розвиток людства можна описувати як зміну мемів. Лише в людини передавання мемів може бути пов'язане не лише з контактуванням між особинами, а й із застосуванням зовнішніх інформаційних носіїв. Ці носії дають змогу подолати відстань між особинами в просторі й у часі. Завдяки ним ми майже миттєво дізнаємося, що трапилося в іншій півкулі Землі, й отримуємо послання від людей, які вмерли багато сторіч тому.

ПЕРСОНАЛЬНІ ДАНІ

Генетична інформація є частиною *персональних даних* (англ. *Personal data*) — відомостей про фізичну особу, яка ідентифікована або може бути ідентифікована. Персональні дані — це: ім'я, дані про місце розташування, онлайн-ідентифікатор, один або декілька чинників, характерних для

фізичної, фізіологічної, генетичної, розумової, економічної, культурної або соціальної ідентичності цієї фізичної особи — так звані *біометричні* дані. Біометричні дані істотно відрізняються від аналогічних параметрів інших осіб (наприклад, відцифровані підпис особи, образ її обличчя, відбитки пальців рук, малюнок сітківки ока тощо). Розрізняють статичні та динамічні біометричні дані.

Статичні методи біометричної ідентифікації особи ґрунтуються на фізіологічних характеристиках людини, даних їй від народження. Конкретні біометричні характеристики властиві лише одній людині, і їх практично неможливо відокремити від цієї особи. До цих методів належать:

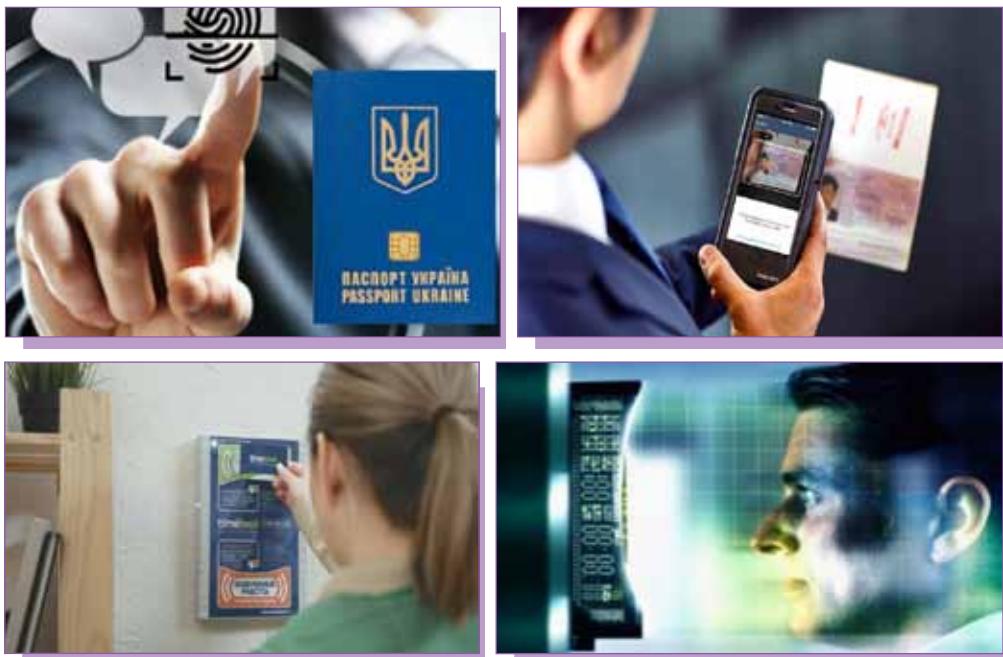
- аналіз відбитків пальців. В основі цього методу — унікальність малюнка папілярних візерунків на пальцях кожної людини. Ця технологія є найпоширенішою серед усіх біометричних методів;
- аналіз форми долоні. Метод побудований на геометрії кисті руки. За допомогою спеціального пристрою будують тривимірний образ кисті руки й за ним розпізнають особистість;
- аналіз форми обличчя. У цьому методі ідентифікації будують тривимірний образ обличчя, виокремлюють контури брів, очей, носа, губ тощо;
- аналіз райдужної оболонки ока.

Динамічні методи біометричної ідентифікації особи ґрунтуються на поведінковій характеристиці людини, тобто побудовані на особливостях, характерних для підсвідомих рухів під час якої-небудь дії. Динамічні біометричні процедури ідентифікації особистості ґрунтуються на аналізі підписів, особливостей голосу, почерку, інших ознаках.

Привабливою рисою систем динамічної ідентифікації є те, що вони здатні паралельно з ідентифікацією оцінювати поточний психічний стан особистості. Динаміка підпису та динаміка відтворення голосом ключової фрази істотно змінюється, наприклад, у стані сп'яніння або в стресовому стані.

В Україні почав діяти європейський регламент General Data Protection Regulation (GDPR), який установлює вимоги до захисту персональних даних.

Біометричні паспорти вже стали звичною справою. Суспільство прагне до того, щоби персональні дані людини було складніше, та навіть зовсім неможливо, вкрасти або підробити, а ідентифікація особистості відбувалася б якомога швидше (мал. 8.10). І у цьому може допомогти генетичний паспорт, що містить інформацію про генетичний код людини. Генетичний паспорт — це комбінація букв і цифр, у якій зашифровано результати аналізу 16 ділянок ДНК (для ідентифікації конкретної людини цього більш ніж достатньо). Узяття зразків ДНК — безболісна процедура. Зазвичай для цього використовують мазок епітелію з внутрішньої поверхні щоки людини (проводять ватним тампоном по слизовій). Генетичний паспорт — це своєрідний генетичний відбиток пальця, який залишається незмінним від моменту зачаття до смерті (і навіть після неї — протягом усього часу існування тіла або його останків).



Мал. 8.10. Операція «Ідентифікація»



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Поясніть: а) у якому вигляді міститься в клітині генетична інформація; б) чим відрізняється «обмін інформацією» від «обміну речовиною й енергією»; в) чим поняття «ген» відрізняється від поняття «локус»; г) чому лише 5 % ДНК, що міститься в хромосомах людини, є носієм генетичної інформації, а інша частина є генетично нейтральною; д) вислови «Мова — ДНК нації» та «Гормони правлять світом».
2. Назва «матрична РНК», синонімічна поширенішому нині «інформаційна РНК, *i*РНК», виникла у вітчизняному науковому вжитку через необхідність точніше передати англійське mRNA-RNA-messenger (посланник, що передає повідомлення). Прочитайте уривок з книги Людіса Керролла «Аліса в дивокраї» та співвіднесіть ролі персонажів з епіграфа із центральною догою молекулярної біології:

«Близько хвилини вона [Аліса] стояла й дивилася в раздумах на будинок. Раптом з лісу вибіг ліврейний лакей і затараabantив у двері. (Що це лакей, вона вирішила за ліvreєю; якщо ж судити за його зовнішністю, це був просто ляць.) Йому відчинив інший ліврейний лакей з круглою фізіономією й випнутими очима, дуже схожий на жабеня. Аліса помітила, що в обох на голові пудрені перуки з довгими локонами... Лакей-ляць вийняв з пахви величезний лист (завбільшки з нього самого, не менше) і передав його Жабеняті.

— Герцогині, — вимовив він надзвичайно пихато. Від Королеви. Запрошення на крокет.

Жабеня прийняло лист і не менш пихато повторило його слова, лише злегка змінивши їхній порядок:

— Від Королеви. Герцогині. Запрошення на крокет.»



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

3. Наведіть визначення поняття «геном» і назвіть науку, що вивчає його структуру.
4. На планеті Z до складу білків входять залишки тих самих 20 амінокислот, що й на планеті Земля, але нуклеїнові кислоти містять нуклеотиди тільки двох типів. Обчисліть мінімальну кількість нуклеотидів у кодоні на цій планеті.
5. Геном людини складається приблизно з 50 тис. генів. У середньому в гені 1 000 пар нуклеотидів. Ділянки, що не кодують, становлять близько 75 % геному. Оцініть загальну інформаційну ємність геному в мегабайтах.
6. Назвіть ділення мейозу, що практично тотожне за суттю подій мітозу, і поясніть, чим відрізняються ці процеси.
7. Опишіть: а) методи, які застосовують для досліджень генетики людини; б) типи успадкування ознак в людини;
8. Наведіть приклади спадкових захворювань людини.
9. Поясніть, як зменшити ризик виникнення спадкових захворювань у людини.
10. Складіть список правил, дотримання яких зменшить ризик пошкодження вашого геному мутагенами.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Генні дослідження в криміналістиці.
- Євгеніка: за і проти.
- Єдність речовини й інформації на генетичному рівні.
- Загадки «сміттевого» ДНК клітини.
- Аналіз власного генотипу за фенотипами батьків.
- Мітохондріальна Єва.
- Способи ідентифікації людини. Пристрої безпеки й захисту.



Д. 9. ВІН І ВОНА

Звідки беруться діти?

ВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати й розуміти: будову та функції статевих систем; процеси сперматогенезу й оogenезу (овогенезу); етапи ембріогенезу й онтогенезу; вплив негативних чинників на розвиток плода; сучасні можливості репродуктивної медицини.

Характеризувати: роль гормонів у статевому дозріванні; роль мейозу для процесу репродукції; особливості репродукції людини у зв'язку з її соціокультурною суттю; етапи онтогенезу.

Пояснювати: особливості успадкування ознак.

Порівнювати: ознаки статевого дозрівання хлопчиків і дівчаток; процеси сперматогенезу й оogenезу; демографічні процеси в Україні і світі; проблеми депопуляції та старіння націй в Україні та світі.

Свідомо ставитися до: статевих стосунків; контрацепції; планування сім'ї; батьківства.

Усвідомлювати: значення репродуктивного здоров'я людини та її відповідальність за нього як особисте й суспільнозначуще.

ГОТУЄМОСЯ СТАТИ БАТЬКАМИ

У цьому розділі продовжимо досліджувати, як відбувається обмін інформацією, дослідимо ознаку живого — репродукцію (від лат. *re* — префікс, що означає зворотну або повторну дію, і *produco* — створюю). І хоча цей термін має кілька значень — відтворення запам'ятованого (у психології), твір образотворчого мистецтва, кресленик або світлина, відтворена засобами поліграфії (у мистецтві й техніці), ми зупинимося на тому, якого розглядають у біології — розмноження організмів.

Тож дозвольте вас привітати із завершенням важливого етапу життя — статевим дозріванням. Тепер ви здатні до репродукції.

Які ж процеси відбулися з вашим організмом за ці роки? Пригадайте їх, проаналізувавши інформацію, наведену в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Особливості статевого дозрівання хлопців і дівчат



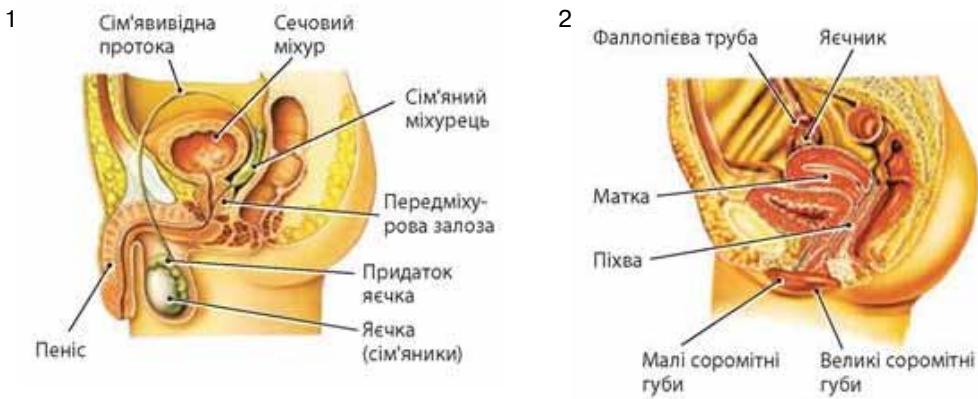
Статеві ознаки умовлені генетично, їхня структура закладена вже в заплідненій яйцеклітині задовго до народження дитини.

Новонароджені хлопчики й дівчинки вже мають відмінні статеві органи

Хлопчик	Дівчинка
<p>Первинні статеві ознаки: сім'янки, статевий член, передміхурова залоза. У новонароджених хлопчиків яєчка опущені в мошонку. А головка статевого члена скована під крайньою плоттю. Найчастіше головка самостійно розкривається в процесі зростання дитини до 6 років або раніше. Статеві клітини хлопчиків ще в період їхнього ембріонального розвитку й після народження до статевого дозрівання діляться мітотично, через що збільшується кількість цих клітин і розміри сім'янника</p> <p>У крові як хлопчиків, так і дівчаток цього вікового періоду виявлено однакову кількість обох статевих гормонів (андрогенів і естрогенів), що продукуються тільки наднирковими залозами. У зв'язку із цим в організмі дітей недорозвинуті первинні й не розвиваються вторинні статеві ознаки. Подальший розвиток статевих ознак відбувається за участю гормонів: у крові дівчат більше естрогенів, ніж андрогенів, у хлопців — навпаки. На етапі статевого дозрівання, у зв'язку із загальною активацією гіпоталамуса, зазнають істотних змін функції центральної нервової системи. Значно змінюється емоційна сфера</p> <p>Вторинні статеві ознаки: починають рости вуса й борода, збільшується щитовидний хрящ гортані, росте кадик, змінюється голос, починає рости волосся на лобку, під пахвами та на тілі, скелет, м'язи й форми тіла змінюються за чоловічим типом, виникає інтерес до іншої статі, а також змінюється психіка й поведінка</p>	<p>Первинні статеві ознаки: яєчники, піхва, матка, яйцепроводи. Кожний яєчник новонародженої дівчинки містить близько мільйона статевих клітин ооцитів, що ніби «замерли» до настання статевої зрілості. Лише після статевого дозрівання дія статевих гормонів стимулює ооцити до продовження поділу, з них лише близько 400 дозріють. А це означає, що різні несприятливі чинники, які діють упродовж життя на жіночий організм, можуть вплинути на їхній подальший розвиток і спричинити порушення нормального розвитку майбутнього потомства</p> <p>У крові як хлопчиків, так і дівчаток цього вікового періоду виявлено однакову кількість обох статевих гормонів (андрогенів і естрогенів), що продукуються тільки наднирковими залозами. У зв'язку із цим в організмі дітей недорозвинуті первинні й не розвиваються вторинні статеві ознаки. Подальший розвиток статевих ознак відбувається за участю гормонів: у крові дівчат більше естрогенів, ніж андрогенів, у хлопців — навпаки. На етапі статевого дозрівання, у зв'язку із загальною активацією гіпоталамуса, зазнають істотних змін функції центральної нервової системи. Значно змінюється емоційна сфера</p> <p>Вторинні статеві ознаки: починає рости волосся на лобку й під пахвами, розвиваються грудні (молочні) залози, форма тіла змінюється, певні його ділянки набувають своєрідної округlosti, виникає інтерес до іншої статі, змінюється психіка й поведінка</p>

Хлопчик	Дівчинка
Як у хлопців, так і в дівчат у цей період посилюється виділення статевих гормонів, активізується функція надниркових залоз і гіпофіза	Від 11–13 років відбувається нерегулярне дозрівання деяких яйцеклітин та починаються перші менструації

Сформовані статеві органи, їхні функції (мал. 9.1)



Мал. 9.1. 1. Статеві органи чоловіка. 2. Статеві органи жінки

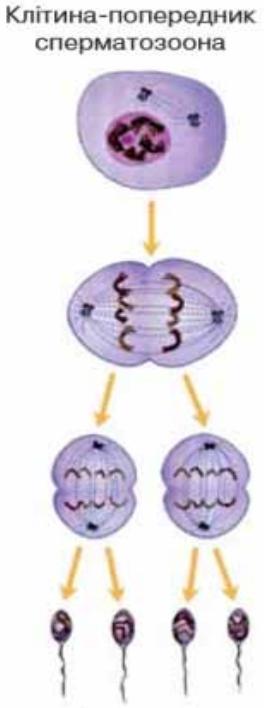
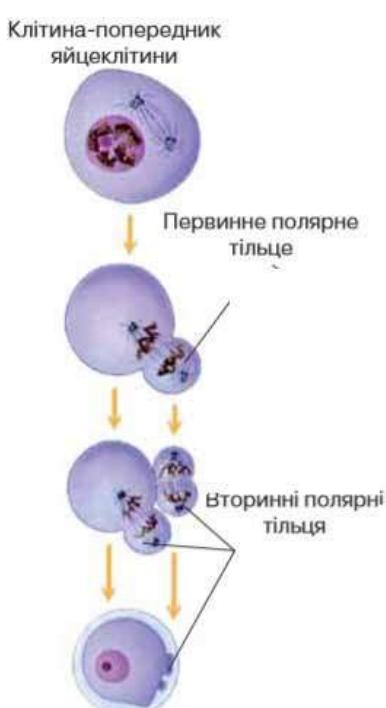
Яєчка з придатками — утворення сперматозоонів і гормонів (тестостерон). Сім'яні міхурці виробляють секрет, що є складником сперми й постачає сперматозоонам поживні речовини й забезпечує їхню рухливість.	Яєчники — утворення гамет і гормонів (естрадіолу й прогестерону). Маткові труби сполучають яєчники з маткою й забезпечують транспортування яйцеклітини.
Передміхурова залоза — простата — виробляє секрет, що є складником сперми й забезпечує пересування сперматозоонів.	Матка виконує секреторну й ендокринну функції. Вона забезпечує утробний розвиток плода.

Статевий член (пеніс) — забезпечує статевий акт, виведення сперми, сечі

Піхва поєднує матку зі статевою щілиною. Виділяє бактерицидну змашувальну речовину. Соромітна ділянка забезпечує захист, статеве чуття, виділення секрету

Процес формування статевих клітин (гамет) називають гаметогенезом. Гаметогенез у людини залежить від генетичних, гормональних та інших чинників. До того ж розрізняють процеси формування сперматозоонів (сперматогенез) у чоловіків та яйцеклітин (оогенез) у жінок. Характерною особливістю оогенезу є те, що періоди розмноження і росту гамет відбуваються ще в ембріональному періоді розвитку організму дівчинки, а всі стадії сперматогенезу — після періоду статевого дозрівання хлопчика.

В утворенні статевих клітин є кілька послідовних періодів: розмноження, росту, дозрівання і формування (мал. 9.2)

Хлопчик	Дівчинка
<p>Сперматогенез проходить у три стадії:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) розмноження в сім'янках клітин диплоїдної сперматогенної тканини, що поділяються мітотично й утворюють диплоїдні сперматоцити; 2) ріст сперматоцитів, проходження ними клітинного циклу, під час якого здійснюються синтез ДНК і добудовування другої хроматиди; 3) дозрівання сперматоцитів, що діляться мейотично, у результаті чого утворюються гаплоїдні сперматозоїди. З кожного сперматоцита виникає по чотири гаплоїдні однохроматидні сперматозоони, готові до запліднення 	<p>Оогенез проходить в яєчниках у три періоди:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) розмноження (клітини диплоїдної оогеної тканини діляться мітотично, унаслідок чого утворюються диплоїдні ооцити); 2) ріст ооцитів, проходження ними клітинного циклу, під час якого відбувається синтез ДНК, подвоєння й побудова другої хроматиди хромосом; 3) дозрівання ооцитів (їхній мейотичний поділ). У результаті оогенезу з ооцита утворюється одна гаплоїдна яйцеклітина з однохроматидними хромосомами й три редукційні (чи полярні) тільця. Далі яйцеклітина бере участь у статевому процесі, а редукційні тільця відмирають
 <p>Клітина-попередник сперматозоона</p> <p>Сперматозоони</p> <p>1</p>	 <p>Клітина-попередник яйцеклітини</p> <p>Первинне полярне тільце</p> <p>Вторинні полярні тільця</p> <p>Яйцеклітина</p> <p>2</p>

Мал. 9.2. Схеми сперматогенезу (1) та оогенезу (2)

У кожній статевій клітині міститься по 23 хромосоми

Хлопчик	Дівчинка
У сперматозоїді чоловіка — 22 аутосоми й статева хромосома, що може бути або X, або Y	У яйцеклітині жінки — це 22 аутосоми та одна статева хромосома — завжди X

Генетичне значення мейотичного поділу таке:

- 1) у результаті мейозу кожна материнська клітина дає початок чотирьом клітинам з «редукційним», тобто зменшеним удвоє, числом хромосом;
- 2) мейоз є механізмом, який підтримує видову сталість кількості хромосом і зумовлює сталість видів на Землі. Якби кількість хромосом не зменшувалася, то в кожному наступному поколінні відбувалося б зростання їх удвічі (у батьків — 46, у дітей — 92, в онуків — 184, у правнуків — 368 тощо);
- 3) мейоз забезпечує генетичну різноманітність гамет завдяки випадковій комбінації материнських і батьківських хромосом. Тобто він сприяє комбінативній мінливості (гени батьків комбінуються, унаслідок чого в дітей можуть виникати ознаки, яких не було в батьків). Комбінативна мінливість забезпечує велику різноманітність людства, дає змогу пристосуватися до зміни умов середовища й сприяє виживанню виду;
- 4) мейоз забезпечує різноманітність гамет за генетичним складом, сприяє утворенню хромосом нового генетичного складу внаслідок рекомбінації ділянками гомологічних (парних) батьківських хромосом. У профазі цьому сприяв кросинговер, у метафазі — вільне перекомбінування хромосом. Тобто виникає рекомбінація батьківських наборів хромосом.

У результаті нормального процесу мейозу в людини утворюються гамети з гаплоїдним набором хромосом (23 хромосоми). Коли обидві хромосоми однієї пари не розділяються й залишаються в тій самій зародковій клітині (нерозходження), то остання містить 24, а інша — тільки 22 хромосоми. Подібний результат можна спостерігати й у випадку, коли дві гомологічні хромосоми не кон'югують. Якщо під час запліднення одна з гамет містить на одну хромосому менше, то виникає моносомна зигота, з якої розвивається переважно нежиттездатний ембріон.

Причини, які можуть спричиняти порушення розходження хромосом у мейозі:

- 1) вплив іонізувальної радіації; 2) негативна дія на статеві залози рентгенівського проміння; 3) вплив хімічних мутагенів (солі нітратної кислоти (HNO_2), органічні сполуки Меркурію тощо.); 4) перенесені під час вагітності вірусні інфекції (віспа, кір, вітряна віспа, епідемічний паротит, грип та ін.) Низка спадкових уроджених ознак нащадків корелює з фізіологічними особливостями матері, зокрема, з її віком. У групі матерів віком від 45 до 49 років частота народження дітей з вадами розвитку втричі більша, ніж у матерів у віці 15–29 років

ЯК ЗАРОДЖУЄТЬСЯ НОВЕ ЖИТЯ

Молодість — час серйозної та великої любові, пошуку супутника чи супутниці життя, створення сім'ї. Сімейне життя саме створюють, воно не виростає просто із сексуального потягу партнерів одне до одного. Можливість створити сім'ю ґрунтуються на сумісності в багатьох сферах життя: особистих пріоритетах, фінансовій спроможності, кар'єрних планах, культурному й соціальному оточенні. Багато хто вважає, що все це можна здолати, якщо є любов (мал. 9.3).



Мал. 9.3. 1. «Сміються, плачуть солов'ї і б'ють піснями в груди... Цілуй, цілуй, цілуй Її, — Знов молодість не буде!»¹ На світлині — фонтан «Поцілунок студентів», Тарту, Естонія. 2. «Буду шукати тебе всюди, Линуть до тебе...»². На світлині — пам'ятник на честь українки Мокрини Юрзук та італійця Луїджі Педутто, Київ, Україна

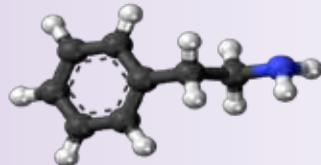
Проаналізуйте малюнок 9.3. Якому з його фрагментів (1 чи 2) більше підходить термін «закоханість», а якому — «кохання»? Чи є на це запитання однозначна відповідь? Аргументуйте свою думку.



Кохання засліплює! Протилежності притягуються! Шлях до серця лежить через шлунок. Чи справді це так? Що відбувається з нашим тілом унаслідок кохання? Як можна витлумачити з погляду науки деякі поширені фрази?

Шлях до серця лежить через шлунок

Закохані продукують гормон фенілетиламін (мал. 9.4), який зменшує апетит. Під час романтичної вечері закохані пари також виробляють більше гормону «ласкавості» окситоцину, що теж сприяє зменшенню апетиту. Однак коли пари вже тривалий час перебувають у стосунках, усе виглядає інакше. Щасливі парочки в середньому важать більше за одинаків. Одна з причин — менша загроза конкуренції в щасливому партнерстві.



Мал. 9.4. Модель молекули фенілетиламіну $C_8H_{11}N$

Обчисліть відносну молекулярну масу фенілетиламіну.

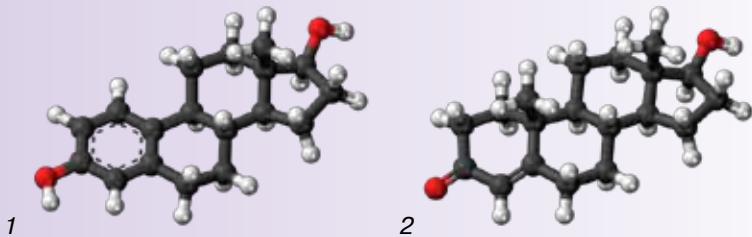
¹ Олександр Олесь — Олександр Іванович Кандиба (1878–1944, Україна), «Чари ночі».

² Іван Юхимович Коваленко, дисидент, поет-шістдесятник, політв'язень за радянщина, учитель (1919–2001, Україна).



Метелики в животі

У фазі закоханості процеси в людському тілі, окрім інших, регулюють також гормони статі тестостерон та естроген (мал. 9.5), чоловічий та жіночий відповідно. Ці гормони зазвичай виділяються внаслідок стресу й спричиняють неспокій у шлунково-кишковому тракті. У закоханих, які зустрічають об'єкт свого почуття, виробляється стресовий гормон адреналін, який разом з гормонами щастя стає причиною поколювання в животі.



Мал. 9.5. Модель молекул тестостерону $C_{19}H_{28}O_2$ — основного чоловічого статевого гормона (1) естрадіолу $C_{18}H_{24}O_2$ — основного жіночого статевого гормона (2)

Порівняйте молекулярні формули тестостерону й естрадіолу і їхні найпростіші формулі.

Не переносити когось на дух

Молекули на поверхні клітин регулюють розпізнавання імунною системою того, друг перед нею чи ворог, і відповідають за виникнення відповідних запахів. Через нюхові рецептори вони потрапляють до мозку, який потім вирішує — підходить йому людина чи ні. Якщо зовсім не підходить, то в організмі можуть виникнути автоагресивні клітини, які атакують власні тканини й спричиняють автоімунні захворювання.

Кохання засліплює

Дофамін, або допамін (мал. 9.6) — це гормон, який викликає в мозку відчуття закоханості й сприяє тому, що людина особливо не бере до уваги вади об'єкта жадання. А викид ендорфінів забезпечує відчуття щастя й задоволення. Якщо ж до цього додати ще й тактильні дотики, активується й «ласкавий» гормон окситоцин. Через нього виникає тривалиший зв'язок, ніж закоханість, що триває зазвичай не довше шести тижнів.



Не вдаючися до обчислень, визначте, масова частка якого хімічного елемента в дофаміні найменша.

Хімія кохання

У коханні спрацьовує гасло: чим чужіший, тим ліпший. При цьому йдеться про імунні гени, які відіграють важливу роль у захисті від захворювань. Що різноманітнішим є генофонд матері й батька, то краще діти захищені від можливих збудників хвороб.

За Александром Фройндом, Інною Завгородньою



Секс як хімічний процес: залежність, пристрасть та гормони

Якщо розглядати це на найпростішому рівні, коли кохання означає розмноження, то секс є не найпершим складником у ланцюжку реакцій кохання, але необхідним. Коли кажуть, що кохання — це серце, а мозок — розум, то обманюють. І кохання, і розум — усе мозок, але з різним співвідношенням речовин і міжклітинних зв'язків. Якщо говоримо про кохання: коли запускається якась реакція на певну людину, то відбувається дуже багато окремих складних реакцій, запущених тим самим першим поглядом чи сукупністю ознак, які організм оцінив підсвідомо.

Зараз багато науковців пояснюють відчуття до іншої людини багатьма законо-мірностями, тотожними тим залежностям, що виникають від психотропних речовин чи під час певних захворювань. Від того, що ми визнаємо існування таких реакцій, ми не знецінюємо кохання. Навпаки, ми розуміємо, з чим маємо справу й що із собою робити, коли почуваєшся залежним. Як і в будь-якій залежності, у коханні залучені мотиваційні шляхи й пов'язані з ними нейромедіатори: дофамін, адреналін, норадреналін тощо. Не забуваймо про системи задоволення, зумовлені дією ендорфінів, ендоканабіноїдів.

Некоректно казати, мовляв, була «хімія», а потім люди звикли одне до одного, і «хімія» зникла. Ні, вона не зникла. Просто співвідношення нейромедіаторів, які беруть участь у цій «хімії», змінилося. Якщо говорити не про кохання до однієї конкретної людини, а про часту зміну партнерів і пошук нових, то це яскравий приклад роботи дофамінової системи й системи окситоцину-вазопресину (мал. 9.7). Це схоже на наркотичні проблеми. Людина вже не отримує задоволення й водночас щоразу бойтися втратити щось краще, тому її змінює партнерів і партнерок.



Мал. 9.7. Моделі молекул окситоцину $C_{43}H_{66}N_{12}O_{12}S_2$ (1) та вазопресину $C_{46}H_{65}N_{15}O_{12}S_2$ (2)

З інтерв'ю Громадському радіо кандидатки біологічних наук, клітинної біологіні, популяризаторки науки Ольги Маслової 13 березня 2018 року

Характеристикою, яка більшою мірою відрізняє репродукцію людини від репродукції інших тварин, є те, що народження дитини відбувається в сім'ї, щоби задовольнити потреби дитини в медичному обслуговуванні, освіті, харчуванні, одязі, відпочинку тощо. Тому кожна вагітність має бути бажаною. Вступаючи в сексуальні стосунки, потрібно думати про можливі наслідки. Рання вагітність, особливо в підлітковому віці, окрім фінансових труднощів пов'язана ще й із фізіологічними, соціальними й психологічними. Зокрема, у вагітних дівчат-підлітків частіше стаються викидні, порушується гормональний баланс організму. Також доведено, що частота материнських смертей під час пологів більш ніж удвічі вища в

матерів віком 15–19 років порівняно з матерями віком 20–24 роки. Молоді матері частіше залишають навчання, стають безробітними, уживають алкоголь і наркотичні речовини та здійснюють самогубство, ніж їхні бездітні однолітки. Крім того, у багатьох країнах позашлюбні діти й матері-підлітки потерпають від дискримінації і соціального приниження. На жаль, часто хлопці-підлітки не визнають свого батьківства й залишають матір і дитину напризволяще. Тому розвинені держави приділяють значну увагу психологічній, соціальній та економічній підтримці молодих матусь.

Використання різноманітних методів контрацепції та контрацептивів (мал. 9.8) дає змогу запобігти небажаній вагітності.



Мал. 9.8. Контрацептиви

Контрацепція є дуже важливим інструментом планування сім'ї. Чоловічі презервативи функціонують, створюючи фізичний бар'єр між сперматозоонами та яйцеклітинами й унеможливлюють потрапляння сперми до статевих шляхів жінки.



Презервативи найчастіше виготовляють з латексу. Це — молочний сік каучукового дерева гевеї (*Які ще рослини-каутоноси вам відомі?*).

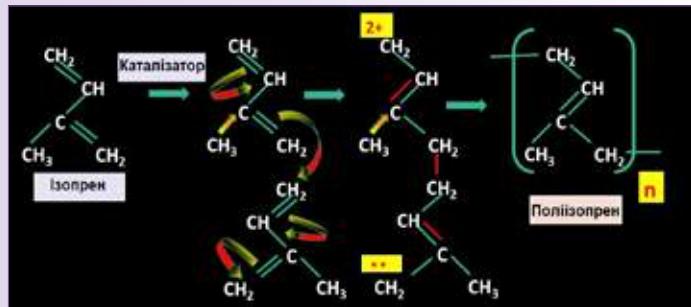
Латекс міститься в мережі дрібних судин під корою. Коли її виділяють, починає сочитися біла рідина (мал. 9.9).

Латекс — стабільна дисперсія (емульсія) полімерних мікрочастинок у водному середовищі. Натуральний латекс містить 34–37 % каучуку, 52–60 % води, а також білки, смоли, вуглеводи й неорганічні речовини. З латексу каучук коагулюють органічними кислотами, промивають водою і прокатують у листи, які сушать і коптять димом. Копчення захищає каучук від окиснення та дії мікроорганізмів.

У натуральному каучуку міститься 91–96 % вуглеводню поліізопрену ($C_5H_8)_n$ (мал. 9.10), а також білки й амінокислоти, вищі жирні кислоти, каротин, невеликі кількості солей Купруму, Мангану, Феруму тощо.



Мал. 9.9. Латекс — «слізоз» гевеї



Мал. 9.10. Полімеризація ізопрену

Як виробляють презервативи

1-й етап виробництва — збирання рідини, 2-й — приготування суміші, потім надання форми й тестування. З кожної партії для тестування беруть щонайменше 315 презервативів. Кожен виріб надягають на стержень тестувальної машини, на який подають напругу 1200—1500 вольт, а спеціальна струмопровідна щіточка перевіряє, чи немає у виробі мікроотворів. Машина сортує протестовані презервативи: якісні ідуть на фасування, а браковані утилізують. Для перевірки терміну придатності продукції використовують жарову шафу. Okремо тестиють упаковку. Кожний презерватив упаковують у бар'єрну плівку з трьома шарами захисту. Наочанок роблять тести на розрив і вибух. За нормами, презерватив вміщує до 18 л повітря. Деякі здатні зберегти цілісність навіть тоді, коли об'єм закачаного повітря понад 50 л.

У Дніпрі працює єдиний в Україні завод з виготовлення презервативів. «Медпак Україна», заснований 2010 року та сертифікований за міжнародними стандартами, він випускає вироби декількох торгових марок, які продають в Україні й експортують у 50 країн світу.

Головними перевагами чоловічих презервативів є легкість у використанні, доступність, висока ефективність і захист від інфекцій, що передаються статевим шляхом (ІПСШ). До найнебезпечніших ІПСШ відносять ВІЛ/СНІД, гепатити, сифіліс, гонорею, хламідіоз тощо.

Гормональні контрацептиви є ефективним методом контрацепції, і найчастіше жінки приймають їх у формі пігулок. Вони містять гормони, які запобігають овуляції і згущують слиз шийки матки, що ускладнює рух сперматозоонів. Приймати гормональні контрацептиви потрібно під наглядом лікаря, оскільки можливі побічні ефекти. Ще одним недоліком гормональних контрацептивів є те, що вони не захищають від ІПСШ.

До групи методів поведінкової контрацепції належать відстежування менструальних циклів і метод переривання статевого акту. Відстежуючи менструальний цикл за календарем або температурою тіла, можна вирахувати приблизний день овуляції. Для стандартного 28-денного циклу найвищі шанси завагітніти є з 10 по 18 день. Для контрацепції потрібно запобігати незахищеним статевим контактам за 4–5 днів до очікуваної овуляції, оскільки сперматозоони можуть виживати в статевих шляхах

жінки кілька діб. Метод перерваного статевого акту полягає в тому, що еякуляція відбувається поза статевими шляхами жінки. Утім поведінкова контрацепція не є надійним методом запобігання вагітності. Є й інші методи контрацепції: чоловіча й жіноча стерилізація, протизаплідні спіралі, контрацептивні імплантати, жіночі презервативи та сперміцидні діафрагми тощо.

І ось, ви зважили всі за і проти, й плануєте дитину. І очікування підтверджують ознаки вагітності: відсутність менструації, ранкова нудота, збільшення грудей, часте сечовипускання, підвищена слізливість. Що ж відбувається з організмом жінки під час вагітності? Як організм сигналізує про утворення нової людини?

У результаті запліднення яйцеклітини сперматозооном утворюється одноклітинний зародок — зигота, який вже на сьому добу після зачаття починає прикріплюватися до стінки матки. Приблизно за 40 годин майбутня людина почне виробляти особливий гормон (хоріонічний гонадотропін), який дає сигнал материнському організму про те, що настав час змін. Саме цей гормон стимулює вироблення гормона вагітності — прогестерону, який своєю чергою, блокує настання чергової менструації.

На 4–5 тижні вагітності в крові жінки крім прогестерону можна виявити ще й лактоген — гормон, який продукують клітини плаценти, що розвивається. Завдяки цьому в організмі матері починає активно передбовуватися обмін речовин (зменшується синтез білка, підвищується концентрація жирних кислот і глукози). Це необхідно для того, щоби збільшити запас корисних речовин, які в майбутньому підуть на потреби розвитку малюта. Під впливом усіх цих процесів може виникнути ранкова нудота, яка зазвичай близьче до обіду минає. У цей період нерідко змінюються і харчові вподобання жінки. Когось тягне на солоненьке, когось — на гостре, деякі вагітні відчувають непереборний потяг до крейди або попелу. Тож смакові дивацтва цілком можуть вказувати на те, що жінка при наявності.

Готовуючись до материнства, жіночий організм не тільки дбає про розвиток дитини, а й починає підготовку молочних залоз до майбутньої лактації. Причому відбувається це вже в перший місяць вагітності, а тому досить рано жінка може відчути набухання молочних залоз, збільшення їхнього розміру й болісність сосків. Якщо ця ознака підкріплена ще й відсутністю місячних, шанси на помилку досить малі.

Часті відвідування туалету докучають жінкам не тільки на пізніх термінах вагітності (коли матка починає тиснути на сечовий міхур). На ранніх термінах таке теж трапляється. Гінекологи пояснюють це дією прогестерону, який розслаблює сфинктер сечового міхура, у результаті чого й частішають позиви до сечовипускання.

Емоційна нестабільність — ще одна з ознак вагітності. Якщо цілком спокійна й адекватна жінка раптом починає «божеволіти» то заливаючись сміхом, то вмиваючись слізами, цілком можливо, що вона стала жертвою гормонів, які активно продукуються у цей момент в її організмі. Бу-

ває інший розвиток подій, коли жінка впадає в якусь прострацію й увесь час спить. Однак, ця ознака не може прямо вказувати на вагітність, утім, як і всі наведені вище. Не ставтеся до них, як до одного з методів діагностики вагітності, адже це всього лише привід насторожитися. Підтверджити або спростувати настання вагітності зможе тільки тест на вагітність або візит до гінеколога. До речі, одне іншого не виключає, оскільки позаматкова вагітність теж може давати позитивну відповідь на тест-системах і тільки лікар зможе вчасно її виявити й запобігти розриву маткової труби.

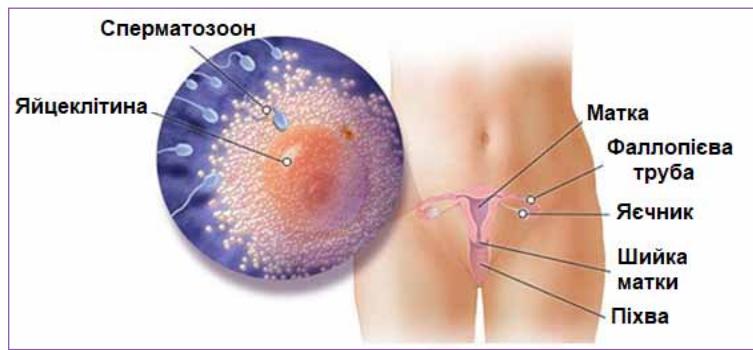
ДИВОВИЖНІ 40 ТИЖНІВ

Отже вагітність підтверджено. Після злиття сперматозоона і яйцеклітини нова клітина отримує свої законні 46 хромосом: 44 аутосоми та дві статеві хромосоми. Оскільки яйцеклітина містить лише X-хромосому, то однією зі статевих хромосом у заплідненій клітині буде завжди X. Отже, 44 аутосоми, X-хромосома (від яйцеклітини) + Y-хромосома (від сперматозоїда) — буде хлопчик! 44 аутосоми, X-хромосома (від яйцеклітини) та X-хромосома (від сперматозоїда) — народиться дівчинка!

Тільки в 1875 році було доведено, що в основі процесу запліднення лежить злиття ядер однієї жіночої й однієї чоловічої статевих клітин, і тим самим об'єднання їхніх хромосом.

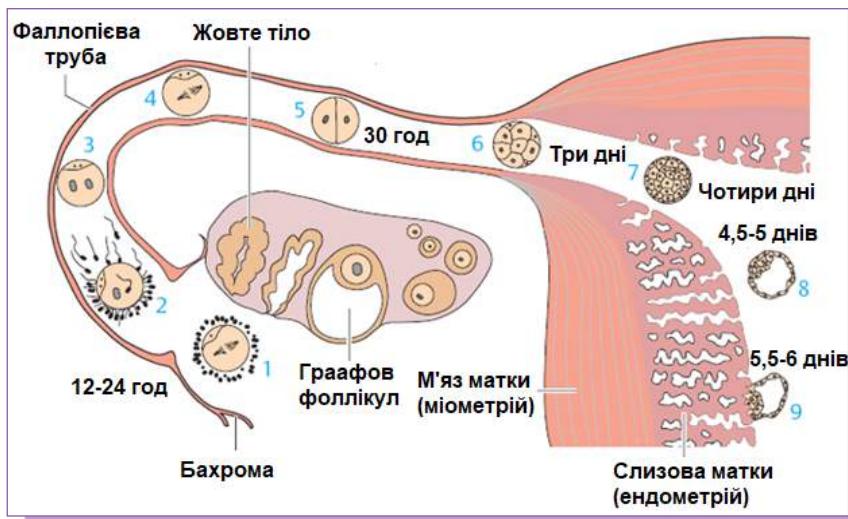
Під час викидання сім'яної рідини (еякуляція) у чоловіка виділяється близько 350 млн сперматозоонів, але зазвичай тільки один з них запліднює яйцеклітину.

Зустріч жіночих і чоловічих гамет відбувається у верхніх відділах труб матки (мал. 9.11). Потреба у величезній кількості сперматозоонів пояснюється випадковим, неспрямованим їхнім рухом, малою тривалістю життя, масовою загибеллю під час пересування жіночими статевими шляхами. Унаслідок цього верхніх відділів труб матки досягає лише близько 100 сперматозоонів. Вони пересуваються завдяки власній рухливості, а також унаслідок скорочення м'язів стінок статевого тракту й спрямованого руху війок слизової оболонки труб матки. Сперматозоони в жіночих статевих шляхах зберігають здатність до запліднення впродовж 1–2 діб, яйцеклітини — упродовж доби після овуляції. Заплідненняздійснюється зазвичай упродовж перших 12 год після овуляції.



Мал. 9.11. Нелегкий шлях сперматозоона до цілі

У процесі проникання сперматозоона крізь бар'єр фолікулярних клітин, які оточують яйцеклітину, велике значення має акросомальна реакція. Відразу після проникнення сперматозоона в яйцеклітину утворюється оболонка запліднення, яка перешкоджає проникненню інших сперматозоонів. Зигота опускається трубами матки й на восьму-десяту добу зародок імплантується у стінку матки (мал. 9.12). Якщо запліднення не відбулося, яйцеклітина видаляється з організму.



Мал. 9.12. Дорогою до матки. 1. Ооцит безпосередньо після овуляції.
2. Запліднення в інтервалі 12-ти годин. 3. Стадія чоловічого й жіночого пронуклеуса.
4. Дроблення. Перший міtotичний поділ зиготи на клітини (blastomeri).
5. Стадія двох клітин. 6. Стадія морули. 7. Входження в порожнину матки.
8. Бластоцист. 9. Стадія ранньої імплантації

Тривалість життя яйцеклітини й сперматозоона обмежена, ще менша тривалість здатності до запліднення. У людини звільнена з яєчника яйцеклітина зберігає спроможність до запліднення впродовж 24 годин. Сперматозоони чоловіка в статевих шляхах жінки залишаються рухомими понад 4 доби, але запліднюючу здатність вони втрачають вже через 1–2 доби. Швидкість руху сперматозоонів, за звичайних умов, становить 1,5–3,0 мм/хв. Різні відхилення від такого поступального переміщення спричиняють втрату здатності до запліднення. До цього призводить також зміна водневого показника pH середовища піхви, запальні явища тощо. В еякуляті чоловіка в середньому міститься 350 млн сперматозоонів, здатних до запліднення. Якщо кількість сперматозоонів менша ніж 150 млн (або менше 60 млн в 1 мл), то ймовірність запліднення різко знижується. Отже, надмірна концентрація сперматозоонів в еякуляті має виняткове значення в механізмі запліднення.

Інші причини порушення запліднення:

- ендокринні порушення;
- інфекційні захворювання;

- неінфекційні захворювання органів статевої системи;
- уроджені аномалії розвитку статевої системи;
- розлад сексуальних функцій;
- пошкодження клітин статевих залоз зовнішніми чинниками (радіація, токсичні сполуки тощо).



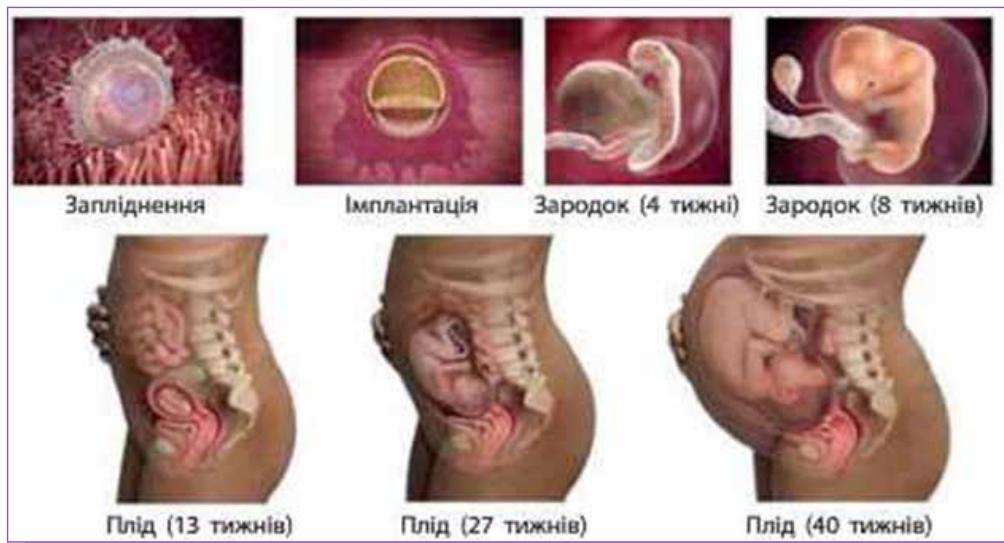
У процесі внутрішньоутробного розвитку з однієї зиготи (яйцеклітини, заплідненої одним сперматозоїдом), що поділилася на стадії дроблення на дві (або більше) частини, можуть утворитися генетичні копії (відбувається природне клонування). Так на світ з'являються **однояйцеві** (гомозиготні, ідентичні або монозиготні) **близнюки**, які мають не лише портретну схожість, а й одинаковий генотип.

Можлива ситуація, коли відбувається запліднення двох і більше яйцеклітин. Унаслідок цього на світ з'являються **різнояйцеві** (багатояйцеві, гетерозиготні або дизиготні) **близнюки**, схожі один на одного, але з різними генотипами. Імовірність багатоплідної вагітності підвищується зі збільшенням віку матері — виходу двох і більше одночасно дозрілих яйцеклітин. Крім того, багатоплідна вагітність частіше трапляється у тих випадках, коли один або обе батьків народилися в результаті багатоплідної вагітності. Різнояйцеві близнюки, на відміну від однояйцевих, можуть бути як одностатевими, так і різностатевими. Групи крові у гетерозиготних близнюків також можуть бути однаковими або різними (у однояйцевих близнюків групи крові завжди абсолютно ідентичні). Різнояйцеві близнюки не обов'язково зачаті під час одного статевого акту — різниця може становити кілька днів (цим пояснюють різну ступінь зрілості близнюків у деяких випадках)

На другому тижні у внутрішній клітинній масі починається **гастроуляція**. Під час неї зародок перетворюється на гастроулу — плоский зародковий диск. Одночасно відбувається формування трьох шарів зародкових клітин — зародкових листків. Вони відіграють важливу роль у розвитку органів і тканин майбутнього організму. Із зовнішнього шару клітин — ектодерми — формуватиметься епідерміс шкіри, а також нервова система й органи чуття. Середній шар клітин — мезодерма — дасть початок опорно-руховій, кровоносній і видільній системам, статевим залозам й іншим структурам. З внутрішнього шару зародкових клітин — ентодерми — сформуються травна й дихальна системи людини (мал. 9.13).

При цьому важливо розуміти, що кров матері й кров ембріона ніколи не змішуються, оскільки судини позазародкових оболонок і судини матері виявляються в достатній близькості, щоб між ними міг відбуватися обмін молекулами.

Ембріон отримує від матері кисень, вітаміни, мінерали й поживні речовини, а організм матері від ембріона — вуглеводний газ і продукти обміну. Тому під час вагітності материнський організм відчуває додаткове метаболічне навантаження (особливо такі органи як печінка й нирки). Отже, для народження здорової дитини вагітним жінкам варто дотримуватися дієти й вести здоровий спосіб життя: уникати вдихання тютюнового диму, вживання алкоголю, наркотичних і сильнодіючих препаратів, гуляти на свіжому повітрі й зменшити фізичні та психологічні навантаження.



Мал. 9.13. Ембріогенез: від запліднення до народження дитини

Виокремлюють певні періоди під час вагітності (*критичні*), коли формування органів і систем плода відбувається особливо інтенсивно й він особливо чутливий до дії зовнішніх чинників, таких як хімічні агенти, зокрема лікарські препарати, радіація тощо.

Перший критичний період — це перші три місяці вагітності, тобто час, коли відбувається закладання і формування тканин і органів плода. Особливо вразливим зародок є на 5–6-й день після зачаття, коли відбувається прикріplення заплідненого яйця в порожнині матки. У цей період розвитку зародок або переносить вплив шкідливих факторів без негативних наслідків, або гине (закон «*усе або нічого*»). На 3–8 тижнях вагітності відбувається процес формування плаценти, який збігається з етапом поділу клітин майбутніх органів і систем плода (*органогенез*). Ураження зародка саме в цей період веде до виникнення уроджених вад розвитку. До того ж анатомічні порушення виникають у тих органах, які в момент дії шкідливих чинників активно розвивалися.

Другий критичний період: 15–20-й тиждень вагітності. У цей період відбувається посиленій ріст головного мозку. На 20–24 тижнях поряд з подальшим зростанням органів плода відбувається становлення і розвиток найважливіших функціональних систем організму (кровообігу, згортання крові, центральної нервової системи й інших). Пошкодження плода в цей час не призводить до формування вад розвитку, але може зумовити виникнення внутрішньоутробного захворювання.

Третій критичний період: 28–34 тижні вагітності. Шкідливі впливи, зокрема, гострі інфекційні захворювання матері, у цей період можуть привести до передчасних пологів, народження дітей з малою вагою, слабких і навіть до мертвонародження.

Відомі критичні періоди для кожного органа й системи зображені на малюнку 9.14. Темні смуги на діаграмі демонструють період найбільшої чутливості певного органа до дії шкідливих факторів і ризику основних уроджених вад. Ідеється про величі вроджені вади розвитку. Наприклад, для центральної нервової системи критичним (чутливим) періодом розвитку вроджених вад є 3–5 тижнів, серця — 3,5–6 тижнів, вуха — 4,5–9,5 тижнів, кінцівок — 4,5–7 тижнів, ока — 4,5–8,5 тижнів, зубів — 6–8 тижнів, піднебіння — 6–8 тижнів, зовнішніх геніталій — 7,5–10 тижнів. Переважно вади формуються в терміні 3–12 тижнів вагітності. Невеликі й функціональні дефекти нервової системи формуються і на пізніших термінах вагітності.



Мал. 9.14. Критичні періоди ембріогенезу

Під час вагітності організм готовиться до майбутніх пологів: розслаблює зв'язки крижів і куприка (а заразом й усі інші), «учить» матку генерувати перейми, одночасно допомагаючи жінці хоч трохи звикнути до майбутнього болю. Уважають, що людина здатна витримати біль до 45 del (одиниця болю). Так от, під час пологів жінка відчуває біль до 57 del!!! Це як двадцять переломів кісток, отриманих одночасно. Цінуйте жінок, що дарують нове життя!!! (мал. 9.15).



Мал. 9.15. Цінуйте жінок

ХТО ЦЕ БУДЕ? ЯКИМ ВІН БУДЕ?

Ці питання найбільше хвилюють майбутніх батьків та їх майбутніх дідусів і бабусь. Адже майбутня дитина отримує від них усіх генетичний матеріал, у якому закодоване все його життя.

Є чимало порад, які збільшують шанси батьків зачати дитину бажаної статі. Одна з них ґрунтуються на тому, що сперматозоони, які «несуть хлопчика», швидше досягають місця зустрічі з яйцеклітиною, але, якщо вона не з'являється протягом 48 годин, — гинуть. А сперматозоони з «жіночими» хромосомами рухаються до мети повільніше й можуть дочекатися виходу яйцеклітини. Це відкриття дало змогу вченим сформулювати принцип, який збільшує шанси батьків зачати дитину бажаної статі. Ідея проста: якщо батьки хочуть дівчинку, їхня близькість має відбутися за два дні до овуляції, а якщо мріють про хлопчика, то збігтися із цією подією день у день.

Проте дослідження не доводять ефективність цього підходу як визначений факт — утім, як і багатьох інших.

Як ми вже з'ясували в попередньому розділі, є певні закономірності успадкування ознак. Проте значна їхня кількість є результатом не лише взаємодії генів, а й чинників довкілля. Наприклад, зрист визначено багатьма спадковими й неспадковими чинниками — ідеться як про регулювання росту, закладене генетично, так і наслідки дієт та фізичної активності.

Пригадаймо, є успадкування ознак, зумовлене алелями одного гена — *моногенне успадкування*. Прикладом його є здатність людей засвоювати молочний цукор — лактозу. Лактоза міститься лише в молоці ссавців та людини. Людина — єдина істота, яка вживає молоко як немовлям, так і в дорослом віці. Інші ссавці з віком втрачають здатність перетравлювати лактозу. Здатність перетравлювати лактозу в дорослом віці є еволюційним досягненням *Homo sapiens* лише останні 3–7 тис. років. Мутації, що вмогливили засвоєння молока, виникли з одомашненням рогатої худоби. Коров'яче й козине молоко стало доступним людині. Здатність організму розщеплювати лактозу залежить від кількості спеціального фермента — *лактази* — та її активності, що проявляється від 12–14 тижня внутрішньоутробного розвитку та досягає максимальних значень до моменту народження (39–40 тиждень). Після народження в дитини починається зниження активності фермента (від 6–11 місяців та до 2–5 років). Оскільки є алелі, що відповідають за біосинтез лактази лише в дитинстві, — *l*, і за її біосинтез протягом усього життя, — *L*, то можливі поєднання алелів у генотипі: *LL*, *Ll*, *ll*. Позаяк алель *L* є домінантним, його наявності достатньо, щоби людина змогла протягом усього життя без негативних наслідків уживати молочні продукти. У випадку успадкування *ll* багато дорослих не переносять лактози.

Іноді між двома алелями можна спостерігати *неповне домінування*. У цьому разі домінантний алель не повністю переважає над рецесивним, тобто в гетерозигот проявляються ознаки, визначені обома варіантами алеля. Наприклад, у батьків з кучерявим волоссям (генотип *KK*) і прямим

волоссям (генотип kk) народжуються діти з хвилястим волоссям (генотип Kk). Прикладами домінантних ознак є карі очі, темне волосся, косий розріз очей, ніс з горбинкою, широка щілина між різцями, виступ уперед великих зубів, ямочки на щоках, ластовиння, повні губи, ліпше володіння правою рукою, резус-позитивна кров.

Яка група крові буде у вашої дитини? Як вона успадковується залежно від групи крові мами й тата малюка? Навіть у третьому тисячолітті на це питання не можна відповісти з 100 %-ою впевненістю, хоча таблиця 9.2 дає вичерпну відповідь з поправкою на унікальність.

Таблиця 9.2

Як спрогнозувати групу крові майбутньої дитини

		Група крові батька				Група крові дитини
		I (0)	II (A)	III (B)	IV (AB)	
Група крові матері	I (0)	I (0)	II (A) I (0)	III (B) I (0)	II (A) III (B)	
	II (A)	II (A) I (0)	II (A) I (0)	будь-яка		II (A), III (B) IV (AB)
	III (B)	III (B) I (0)	будь-яка		III (B) I (0)	II (A), III (B) IV (AB)
	IV (AB)	II (A) III (B)	II (A), III (B) IV (AB)	II (A), III (B) IV (AB)	II (A), III (B) IV (AB)	

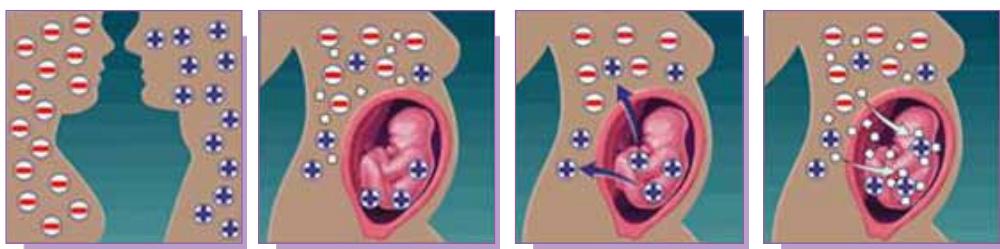
Підготуйте стисле повідомлення про систему AB0 (A, B, AB або 0), яку відкрито ще в 1900 році.

Оскільки успадковуються гени AB0, кожна людина отримує по одному гену резус-фактора від батька й матері. Резус-позитивний ген є домінантним у парі з резус-негативним геном. Одним з перших тестів, які здаватиме вагітна жінка, є аналіз крові. Окрім інших показників, тест обов'язково перевіряє її групу крові та резус-фактор. Це вкрай важлива інформація, що здатна зіграти роль у здоров'ї її дитини, тому чим раніше вона буде отримана, тим ліпше.

Резус-фактор — це білок, що міститься в деяких еритроцитах. Він є у більшості людей на планеті, а отже — вони мають резус-позитивний фактор. Резус крові, яка не містить цього білка, називають негативним. Щодо успадкування резус-фактора, то все набагато простіше, ніж у спадкуванні груп крові. Так, батько й мати з негативним резус-фактором передають його

всьому своєму загальному потомству. Якщо резус-фактори різні, то дитина може дістати резус-фактор як «+», так і «-». Якщо як батько, так і мати несуть ген резусу «+», то дитина отримає аналогічний фактор з імовірністю понад 75 %. Негативний резус у цій ситуації не виключений, якщо батьки гетерозиготні. Гетерозиготність передбачає, що гени несуть як «+», так і «-» резус-фактор. Можна розпитати кровних родичів такої пари, її цілком імовірно, що в попередніх поколіннях їхньої сім'ї є люди з негативним резусом. У жінки з резусом «-» і чоловіка з резусом «+» можуть народитися діти з позитивним резусом (близько половини дітей, народжених від матері з резусом «-» і батька з «+», будуть резус-позитивними).

Різний резус у матері й дитини — ситуація, яка потребує уваги (мал. 9.16). Конфлікт виникає в тому випадку, коли мати має резус-негативну кров, а дитина одержала домінантний алель від батька і є резус-позитивною.



Мал. 9.16. Про резус-конфлікт

Кров матері й плода не змішується. Тому перша вагітність завершується нормально. Але під час народження першої дитини, коли плацента відшаровується, еритроцити дитини потрапляють в організм матері, де на резус-антіген утворюються антитіла. Якщо вона виношуватиме іншу резус-позитивну дитину, її резус-антитіла розпізнають резус-білки на поверхні клітин крові дитини як чужорідні. Антитіла вагітності потраплять у кров дитини й атакують ці клітини, що може привести до руйнування еритроцитів. Це явище відоме як гемолітична хвороба, або резус-хвороба новонародженого. Тож якщо резус-групи батьків різні, вони та лікарі мають узяти це до уваги під час наступних вагітностей і пологів.

Прояв багатьох ознак так чи так залежить від статі. Успадкування таких ознак називають *зчепленими зі статтю*.

Із цього механізму успадкування випливають цікаві закономірності:

- дальтонізм поміж чоловіків трапляється частіше, ніж серед жінок;
- в усіх синів матері з дальтонізмом також буде дальтонізм;
- доньки батька з дальтонізмом будуть або з дальтонізмом, або з нормальним кольоровим зором і з геном дальтонізму в генотипі;
- батько не може передати дальтонізм синові.

Прикладом незалежного успадкування ознак (за третьим законом Менделя) є колір очей і колір волосся. За незалежного успадкування й повного домінування під час схрещування двох дигетерозигот, нащадки матимуть чотири фенотипи в співвідношенні 9:3:3:1 (таблиця 9.3).

Таблиця 9.3

Незалежне успадкування кольору очей і кольору волосся

		Сперматозоїди			
		AB	Ab	aB	ab
Яйцеклітини	AB	AABB Карі очі, темне волосся	AABb Карі очі, темне волосся	AaBB Карі очі, темне волосся	AaBb Карі очі, темне волосся
	Ab	AABb Карі очі, темне волосся	AAbb Карі очі, світле волосся	AaBb Карі очі, темне волосся	Aabb Карі очі, світле волосся
	aB	AaBB Карі очі, темне волосся	AaBb Карі очі, темне волосся	aaBB Блакитні очі, темне волосся	aaBb Блакитні очі, темне волосся
	ab	AaBb Карі очі, темне волосся	Aabb Карі очі, світле волосся	aaBb Блакитні очі, темне волосся	Aabb Блакитні очі, світле волосся

На сьогодні вченим відомо, що більша частина ознак людини — колір очей, колір і форма волосся, форма носа й вух, здатність згортати язик трубочкою, група крові за системою резус-фактора й багато інших визначено роботою багатьох комплементарних генів. Це пояснює не лише народження кароокої дитини від блакитнооких батьків, а й дитини-бронета в родині блондинки та блондина.

Інколи виникає необхідність установлювати батьківство. Аналіз ДНК — найточніший метод установити батьківство. Біологічний матеріал для аналізу отримують, потерши ватною паличиною внутрішній бік щоки. Крім мазків з рота, можна використовувати й інші матеріали: волосся з корінням, нігті, кров, сперму, вушну сірку, носовичок, зубну щітку й інші. Точність тесту ДНК буде однакова — адже кожна клітина організму людини має однакову ДНК. Спочатку ДНК виділяють, потім методом ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції) багаторазово копіюють й аналізують за допомогою генетичного аналізатора. Визначають профіль ДНК кожного участника й порівнюють дані для визначення генетичного збігу. Якщо в дитини й потенційного батька ДНК збігаються, то біологічне батьківство підтверджують. Якщо дані профілів ДНК не збігаються в більш ніж двох ділянках (локусах), то батьківство не підтверджено.

ЯКЩО НЕ ВДАЄТЬСЯ ЗАВАГІТНІТИ?

За даними ВООЗ, близько 10 % жінок у всьому світі стикалися з проблемами запліднення або неможливістю мати дітей. Є велика кількість причин, зокрема різноманітні захворювання й порушення, генетичні аномалії.

На допомогу парам, які з тих чи інших причин не можуть мати дітей, приходить сучасна репродуктивна медицина (мал. 9.17).

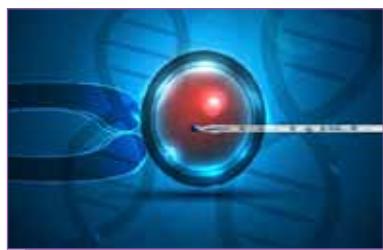


Мал. 9.17. Репродуктивна медицина допоможе

Сучасна репродуктивна медицина — це галузь медичної науки, яка розв'язує проблеми здітонародження і збереження репродуктивного здоров'я суспільства. Перша дитина, зачата в «пробірці» побачила світ у 1982 році в Австрії. Сьогодні у світі налічують близько мільйона дітей, які зобов'язані своєю появою на світ репродуктивній медицині. Як міждисциплінарна галузь, репродуктивна медицина заснована на інтеграції репродуктивної анатомії, психології, ендокринології, гінекології, андрології, урології, молекулярної біології, генетики й біохімії.

Діапазон питань, які охоплює репродуктивна медицина, досить широкий: планування сім'ї, захворювання репродуктивної системи (наприклад, ІПСІ), порушення гінекологічного характеру. Це дослідження й діагностики, зокрема дослідження ембріональних стовбурових клітин для вирощування органів і тканин, цитологічна й генетична діагностика ембріона до його імплантації в порожнину матки під час штучного запліднення.

Штучне запліднення застосовують під час проблем з рухливістю сперматозоонів або в разі порушень прохідності маткових труб. Для цього в жінки стимулюють суперовуляцію — дозрівання одразу кількох яйцеклітин. Їх виділяють з організму й за-



Мал. 9.18. Метод IKCI (ICSI) (англ. Intra Cytoplasmic Sperm Injection — дослівно «введення сперматозоона в цитоплазму ооцита», також ІЦІ — інтрацитоплазмічна ін'єкція сперми) — один з основних методів лікування беспліддя

пліднюють спермою батька в лабораторних умовах («у пробірці»). Якщо сперматозоони малорухливі чи їх мало в спермі, то здійснюють ін'єкцію сперматозоона в яйцеклітину (мал. 9.18).

Ембріони кілька днів підрощують на спеціальному середовищі за постійної температури і, протестувавши зародок на відсутність вад і генетичних хвороб, пересаджують до матки. Зазвичай, через меншу за 100 % ефективність прикріplення й розвитку зародка, у матку вводять одразу два ембріони. Невикористані зародки заморожують у рідкому азоті на випадок повторної процедури.

У зв'язку з використанням штучного запліднення й сурогатного материнства постає низка *біоетичних проблем*. Якщо в матері немає здорових яйцеклітин або в батька — здорових сперматозоїдів, подекуди використовують донорські яйцеклітини й донорську сперму. Таке використання породжує низку моральних питань. Чи мають донори знати, що їхні клітини використано й у них є нащадки? Чи мусять діти знати, хто їхні біологічні батьки?



Мал. 9.19. Стан правового регулювання сурогатного материнства у світі

Проаналізуйте карту (мал. 9.19). Сформулюйте висновок про стан правового регулювання сурогатного материнства у світі, біологічних і соціальних аспектів регуляції розмноження людини.

СКІЛЬКИ НАС?

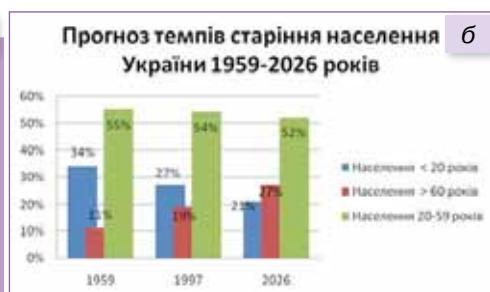
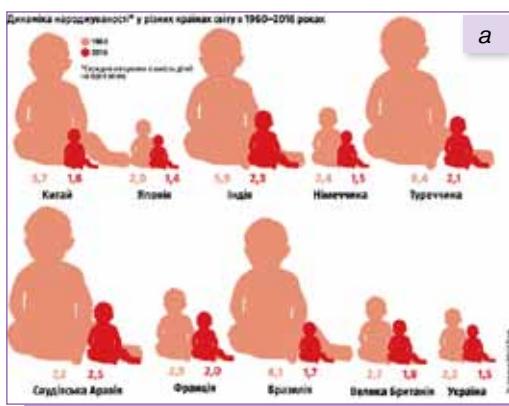
Проблеми репродукції пов'язані з демографічними процесами у світі. Збільшення кількості населення світу вже створило й продовжує створю-

вати свого роду демографічний фон для всіх інших глобальних проблем людства. Демографічна проблема постала в 70–80-х роках ХХ століття і має два протилежні аспекти. По-перше, викликає велику занепокоєність явище демографічної кризи або ж депопуляції населення, що вже привело до порушень у відтворенні населення і скорочення кількості жителів в економічно розвинених державах світу. По-друге, ще більшу тривогу викликає швидке зростання населення в країнах, що розвиваються, яке називають демографічним вибухом. Не менш гострими аспектами цього є також неконтрольована урбанізація в країнах, що розвиваються, криза великих міст світу, стихійна внутрішня й зовнішня міграції тощо. Нерівномірне зростання населення в різних регіонах світу супроводжується процесом перерозподілу населення між ними.

Складність і динаміку кількості й руху населення висвітлює теорія демографічного переходу, яка пояснює відмінності в природному приrostі населення різних регіонів насамперед соціально-економічними факторами.

Вирізняють три фази демографічного переходу: перша — це велика народжуваність і велика смертність, що зумовлено низьким рівнем життя населення й слабким розвитком медицини. Зараз на цьому етапі перебувають Сомалі, Малі й Чад. У другій фазі за рахунок підвищення рівня життя й поліпшення медичного обслуговування зменшується смертність за традиційно високої народжуваності. Кількість населення різко збільшується, темпи природного приросту перевищують 1,2 %. Саме на цю фазу припадає демографічний вибух — швидкі темпи зростання приросту населення (більш як 1,8 %). Така демографічна ситуація характерна для Венесуели, Болівії, Нігерії, Індії. Для третьої фази характерне зменшення народжуваності завдяки підвищенню соціально-економічного статусу жінки; смертність — у межах 0,2–0,6 %. У цій фазі перебувають країни, у яких природний приріст малий або від'ємний. Коли він знижується до 0,2 %, настає демографічна криза. Зараз її спостерігають в Україні, Німеччині, Данії, Угорщині, Росії.

Отже, з підвищенням рівня економіки території (країни, регіону) змінюються її демографічні показники. На початок ХХІ ст. загальносвітові показники природного приросту становлять близько 1,6 % (народжуваність — 2,55 %, смертність — 0,95 %).



Мал. 9.20. Динаміка народжуваності в країнах світу й в Україні (а), та прогнози старіння населення України (б)

Проаналізуйте наведену на малюнку 9.20 інформацію щодо динаміки народжуваності в країнах світу й в Україні (а), та прогнози старіння населення України (б). Якого висновку ви дійшли?

Серед демографічних проблем виокремлюють такі як депопуляція — систематичне зменшення абсолютної чисельності населення будь-якої країни або території як наслідок звуженого відтворення населення, коли наступні покоління чисельно менші від попередніх, так і проблема старіння націй.

Старіння — це біологічний процес утрати функцій органів, систем органів і частин тіла. Це генетично запрограмований процес. Генетичною причиною старіння може бути вкорочення *теломер*. Теломери — це кінцеві ділянки хромосом, що містять численні одноманітні повтори й укорочують після кожного поділу клітини. Річ у тім, що ДНК-залежна ДНК-полімераза під час реплікації не здатна подвоїти ланцюг ДНК повністю — невеликі фрагменти на кінцях лишаються нескопійованими. Це й призводить до вкорочення теломер. Доведено, що в молодих людей довжина теломер більша, ніж у людей похилого віку. Іншою причиною старіння вважають накопичення пошкоджень у клітинах. Такі пошкодження можуть відбуватися у структурі й функціонуванні ДНК, наприклад, це різноманітні точкові мутації, утрати частин генів, порушення регуляції експресії генів тощо. Усе це спричиняє припинення нормальної життєдіяльності клітин і їхню загибель. Okрім порушень у ДНК, у самій клітині чи в позаклітинному середовищі можуть накопичуватися відходи життедіяльності. Унаслідок описаних порушень багатоклітинні організми врешті помирають.

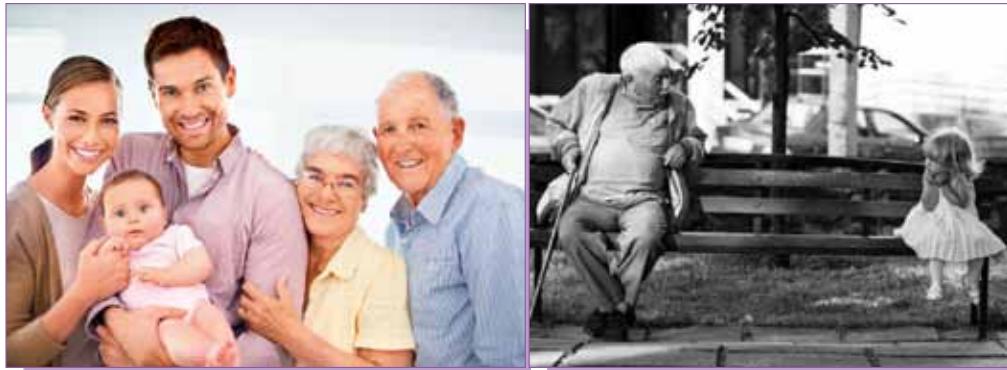
Відповідно до еволюційних концепцій мета існування будь-якої живої істоти — продовження свого роду. Тому організм, що вже залишив нащадків, лише використовує ресурси навколошнього середовища, які могли б дістатися його дітям. Його еволюційна роль виконана, тож він має померти, звільнивши місце й вивільнивши ресурси для своїх, можливо, більш еволюційно успішних нащадків.

Старіння населення — це зсув розподілу населення за віком у бік старшого віку. Є два його вияви, коли висока частка старих людей досягається, переважно, високою тривалістю життя, так зване старіння «знизу», або за рахунок зменшення кількості дітей, так зване «старіння згори».

Вікова структура населення України свідчить про регресивний тип відтворення поколінь: у ній нараховують понад 14,3 млн пенсіонерів, з них за віком — понад 10,3 млн осіб, за інвалідністю — понад 2,0 млн осіб. У розрахунку на 1000 жителів припадає понад 300 пенсіонерів.

Шкідливі звички, забруднення води й повітря, висока густина населення, стресові умови життя — усе це призводить до вкорочення життя мешканців міст.

Проаналізуйте малюнок 9.21 і висловте вашу думку щодо цих тез: а — людяність сусільства вимірюють його ставленням до дітей і старих; б — завжди, особливо в тяжкі хвилини — спілкуйтеся з мудрими старими й малими дітьми: діти переконують, що ще не все втрачене, старі — що все можна пережити. Запропонуйте підпис до малюнка в цілому або до кожного його фрагмента.



Мал. 9.21



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Порівняйте процеси статевого дозрівання хлопців і дівчат.
2. Поясніть, чому: а) попри статеві відмінності статеве дозрівання хлопців і дівчат має спільні риси; б) звідки сперматозоон знає, куди йому плисти для зустрічі з яйцеклітиною; в) чому ймовірність народження дитини з генетичними хворобами, пов'язаними з хромосомними аномаліями, зростає з віком матері, але не зростає з віком батька; г) чому мутації, що виникають у гаметах унаслідок дії алкоголю, вважають одними з найбільш небезпечних.
3. Час від часу в людей народжуються близнята. Наведіть максимальну кількість причини появи близнят. Поясніть, чи можна якось впливати на ймовірність їхнього народження?
4. Уважають, що гучна музика погано впливає на розвиток майбутньої дитини в утробі матері. Спростуйте або підтвердьте цю думку. Поясніть, чому навіть на ранніх етапах вагітності гучна музика може негативно впливати на дитину.
5. Схарактеризуйте умови, за яких потрібно використовувати методи контрацепції, і поясніть, коли їх можна не використовувати.
6. З еволюційного погляду, що швидше батьківський організм утворить нащадків і помре, то ліпше. Висловте й аргументуйте припущення, чому тривалість вагітності слона становить 20–22 місяці, а люди стають статевозрілими більше ніж через 10 років після народження.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

7. Проаналізуйте залежність між рівнем добробуту (ВВП) і народжуваністю за даними таблиці 9.4. Поясніть цю, здавалося б нелогічну, залежність.

Таблиця 9.4.

Залежність народжуваності і смертності немовлят від рівня економічного розвитку країни

Ознаки порівняння	Країни					
	Розвинені		Ті, що розвиваються		Найменш розвинені	
	Німеччина	Японія	Туреччина	Україна	Ефіопія	Афганістан
ВВП ¹ на душу населення, долари США	48 111	41 275	24 912	8 305	1 946	1 919
Середній вік матерів під час народження первістка	29,4	30,7	22,3	24,9	20,0	19,9
Середня кількість дітей у розрахунку на одну жінку	1,45	1,41	2,01	1,54	4,99	5,12
Кількість смертей немовлят віком до одного року на 1 000 народжених	3,4	2,0	17,6	7,8	49,6	110,6

8. У Сієтлі, штат Вашингтон, під одним дахом об'єднали дитячий садок і будинок для людей похилого віку (мал. 9.22). Чотириста літніх жителів, а також кілька десятків діточок стали частиною програми Міжнародного Навчально-го Центру (ILC). Оцініть доцільність такого підходу. Запропонуйте підпис до малюнка 9.22.



Мал. 9.22



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Скрінінг-програми для новонароджених.
- Разом з однокласниками й однокласницями розробіть «декларацію прав ембріона».
- Який тип запліднення виник першим?
- Порівняння різних способів розмноження.

¹ Внутрішній валовий продукт на душу населення: за даними Міжнародного валютного фонду за 2016 рік.

ЛЮДИНА



Д. 10. РОЗУМ ТА ЕМОЦІЇ

Зізнайтесь, як часто ви говорили, «навіщо мені це вчити», «чи потрібні мені будуть ці знання в подальшому житті?» Не виключено, що вивчені в школі закони й теореми ви пригадаєте лише тоді, коли будете готувати уроки з власними дітьми... Найголовнішим є сам процес учіння — розвиток ваших розумових здібностей і особистісних якостей. Кожна думка, що майнула у вашій голові, кожне розв'язування задачі чи проблеми — це не просто біохімічні й фізичні процеси в мозку, це ваш інтелект, ваші емоції, які будуть з вами все життя!

ВІДНОВЛЕННЯ

Знати й розуміти: будову і функції нервової системи; особливості вищої нервової діяльності людини; показники нервових процесів (сила, рухливість, урівноваженість); значення другої сигнальної системи.

Порівнювати вищу і нижчу нервову діяльність; умовні і безумовні рефлекси; першу і другу сигнальні системи; типи вищої нервової діяльності й типи темпераменту, розумові дії.

Розпізнавати інстинктивну і набуту поведінку людини, типи темпераменту, види емоцій.

Пояснювати механізм нервової регуляції; закономірності роботи головного мозку, що лежать в основі навчання, пам'яті, емоцій, мислення.

Усвідомлювати необхідність інтелектуального й емоційного розвитку, набуття умінь і навичок

ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВОДКА НАШОГО ОРГАНІЗМУ

Усі функції людського організму — рухову діяльність, роботу внутрішніх органів, тканинні процеси — регулює нервова система. Також вона регулює психічну діяльність людини, її розумову працю.

Анатомічно нервова система людини складається з двох великих відділів:

- **центральної нервової системи** (ЦНС), яка включає головний і спинний мозок;
- **периферичної нервової системи**, яка складається з нервових волокон, що відходять від головного й спинного мозку. Збираючись у пучки різної товщини, нервові волокна утворюють нерви, які зв'язують головний і спинний мозок з усіма органами та системами організму.

За функціями нервову систему поділяють на соматичну й вегетативну.

Соматична нервова система іннервує опорно-руховий апарат і всі органи чуттів. Вона підпорядкована свідомості людини. Людина може усвідомлено керувати скелетною мускулатурою і відчувати шкірою різноманітні впливи навколошнього середовища.

Вегетативна нервова система регулює процеси обміну речовин і роботу всіх внутрішніх органів (серця, нирок, легень тощо). Функціонує незалежно від свідомості людини й передає імпульси від внутрішніх органів до центральної нервової системи та назад до них. Її ще називають автономною.



Мал. 10.1. Система, що керує й регулює

Вегетативну нервову систему поділяють на два відділи: *симпатичний і парасимпатичний*, дії яких є протилежними (табл. 10.1). Основна функція нервової системи — керування і регулювання роботи всіх систем та органів організму. Важливими функціями нервової системи є:

- інформативна — сприймає впливи середовища на організм;
- інтегративна — об’єднує організм в одне ціле (вплив нервової системи завжди спрямований на нормалізацію діяльності організму, щоби не порушувалася функціональна єдність);
- провідникова — полягає в перетворенні інформації у нервові імпульси та проведення їх;

- регуляторна — регулює роботу органів, систем (сприймає зміни внутрішнього середовища, аналізує цю інформацію і відповідно змінює діяльність окремих органів або систем органів), підтримує сталість внутрішнього середовища організму (температуру тіла, артеріальний тиск, уміст глюкози в крові тощо);
- рефлекторна — здійснює зв'язок організму із зовнішнім середовищем (реагує на зміни, які відбуваються в середовищі, що його оточує) і за-безпечує адаптацію в мінливих умовах;
- емоційна — визначає психічну діяльність індивіда (взаємозв'язок між вставними нейронами забезпечує емоції, функціонування пам'яті та творчу діяльність людини).

Таблиця 10.1

Вплив симпатичного та парасимпатичного віddілів автономної нервової системи на діяльність деяких органів

Органи та функції	Віddілі автономної нервової системи	
	Симпатичний	Парасимпатичний
Серце	Пришвидшує і підсилює його скорочення	Уповільнює його скорочення
Кровоносні судини	Звужує	Розширює (у певних органах)
Кров'яний тиск	Підвищує	Знижує
Дихання	Пришвидшує	Уповільнює
Зіниці ока	Розширює	Звужує
Залози: слинні, травні, шлунка й кишечника	Зменшує виділення слизи й травного соку	Збільшує виділення слизи й травного соку
Рухова активність шлунка й кишечника	Уповільнює	Підсилює
Шкіра	Посилює потовиділення	Не діє

Регуляція фізіологічних систем організму, його рухової активності вважають *нижчою нервовою діяльністю*. Здійснення поведінкових реакцій і психічних процесів є проявом *вищої нервової діяльності*. Порівняти вищу і нижчу нервову діяльність ви зможете, проаналізувавши інформацію, наведену в таблиці 10.2 (зробіть це).

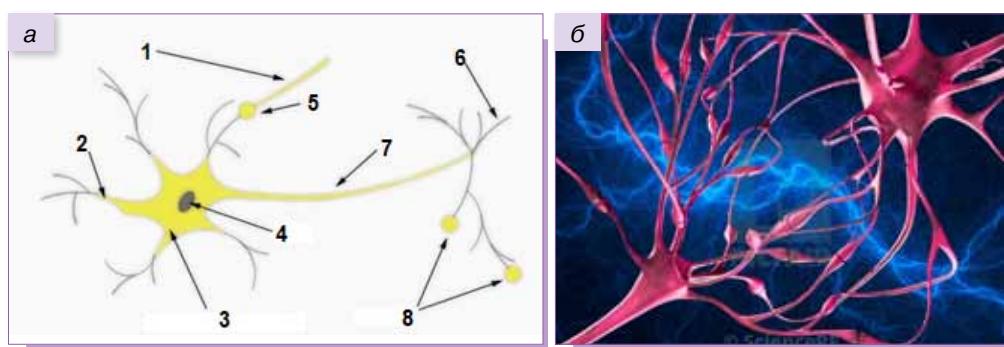
Таблиця 10.2

Порівняння вищої і нижчої нервової діяльності

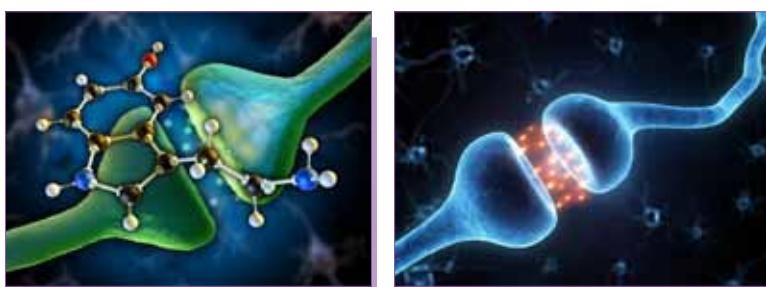
Ознаки порівняння	Нервова діяльність	
	Вища	Нижча
Утворення	Спадкова (генетично запрограмована)	Індивідуально набута впродовж життя
Діяльність	Безумовнорефлекторна	Безумовнорефлекторна та умовнорефлекторна
Пов'язана з функціями	Нижчих віddілів ЦНС — спинного мозку й стовбура головного мозку	Вищих віddілів ЦНС — корою великого мозку й підкіркових ядер
Функції	Забезпечує рефлекторну регуляцію фізіологічних функцій організму	Забезпечує розумову (інтелектуальну) і довільну рухову діяльність, тобто поведінку організму

Відомо, що основний компонент нервової системи — нервова тканина, а її структурною і функціональною одиницею є спеціалізована нервова клітина — нейрон (мал. 10.2). Його головні функції — сприймання інформації з організму та довкілля, її аналіз, зберігання і передавання у вигляді нервових імпульсів до робочих органів.

У нейрона є один довгий відросток (аксон) і велика кількість, інколи до кількох тисяч, коротких розгалужених відростків (дендритів). Тіло нейрона вкрите мембраною і містить, як і будь-яка клітина, цитоплазму, ядро, мітохондрії, рибосоми, ендоплазматичну сітку. Довжина аксонів у людини становить від 1 мм до 50 см. Основною функцією аксона є проведення нервового імпульсу від тіла нейрона до іншого нейрона або до робочого органа. Спrijимаючи нервові імпульси, нейрон обробляє їх і передає всією нервовою системою зі швидкістю до 120 м/с. Місця, у яких нервовий імпульс передається з одного нейрона на інший, називають *синапсами*.



За допомогою синаптичних контактів нейрони об'єднуються у специфічні нейронні ланцюги та нервові центри (мал. 10.2, б). У мозку людини нараховують близько 100 млрд нейронів. Кожний нейрон має декілька тисяч синаптичних контактів з іншими клітинами, тому загальна кількість синапсів у центральній нервовій системі досягає астрономічної величини — 10^{15} – 10^{16} . Залежно від спеціалізації на тому чи іншому виді обробки інформації механізм передачі імпульсу в синапсах може бути хімічним, електричним або змішаним (мал. 10.3).



Мал. 10.3. Хімічний і електричний синапси

Порівняти хімічні й електричні синапси ви зможете, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 10.3

Таблиця 10.3

Порівняльна таблиця хімічного й електричного синапсів

Ознаки порівняння	Синапсис	
	Хімічний	Електричний
Проведення збудження	Двостороннє	Одностороннє
Стомлюваність	Низька	Висока
Лабільність	Висока	Низька
Синаптична затримка	Коротка	Довга
Трансформація ритму потенціалу дії	Не відбувається	Відбувається
Чутливі до дій	Електромагнітних випромінювань	Хімічних агентів



У людини близько 10–15 млрд нервових клітин, які закладаються в нервовій системі в період ембріонального розвитку й після народження їхня кількість не збільшується.

Лише 10–15 млн нервових клітин утворюють спинний мозок і периферичні нервові вузли (ганглії), а решта, тобто 99,9 %, зосереджена в головному мозку.

Завдяки електричній природі нервових імпульсів і наявності спеціальних провідних шляхів нервова система здійснює рефлекторну регуляцію дуже швидко, але недовго, і забезпечує конкретний вплив на органи.

Один нейрон може бути пов’язаний з величезною кількістю (до 20 тис.) інших нейронів.

У головному й спинному мозку налічують близько 85 млрд уставних нейронів, основна функція яких полягає в переробленні вхідних сигналів від чутливих нейронів і передаванні вихідних нервових імпульсів до рухових нейронів.

У 1992 році відкрито дзеркальні нейрони, які збуджуються навіть тоді, коли людина (мавпа й деякі птахи) просто спостерігає за виконанням певної дії іншою істотою (уважають, що вони відповідають за наслідування).

Більше половини всіх нейронів зосереджено у великих півкулях головного мозку.

У тілі дорослої людини близько 75 км нервів, що передають сигнали на великі відстані (є основою периферичної нервової системи, що з’єднує головний і спинний мозок з усіма частинами тіла).

Найдовший і найтовстіший нерв людини — сідничний, який проходить від кривового відділу спинного мозку до пальців ніг.

Що вище в тілі людини міститься та чи інша ділянка мозку, то складнішими є її функції.

Головний і спинний мозок пронизує густа сітка кровоносних судин, адже мозок потребує постійного надходження кисню та поживних речовин.

Припинення кровопостачання мозку на кілька секунд спричиняє втрату свідомості.

Порушення мозкового кровообігу може бути причиною різних патологічних станів (паралічів, утрати чутливості, розладу мови тощо).

У тканині мозку немає більових рецепторів, більові сигнали виникають у його оболонках.



Черевне, або сонячне, сплетіння, розташоване в людини у верхній частині черевної порожнини, складається з нервів і трьох вузлів, розмір яких може становити від 0,5 см до 4,5 см.

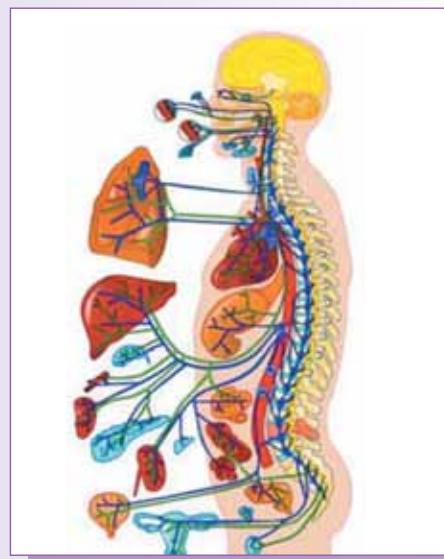
Хрящі, волосся, нігті, вії, зубна емаль не мають нервових волокон.



Мал. 10.4

12 пар черепно-мозкових нервів виходять з головного мозку.

Одинадцять пар іннервують органи чуття, деякі посмуговані м'язи, слізні та слинні залози, розташовані на голові та шиї. А одна пара (блукальний нерв) іннервує органи грудної і черевної порожнини



Мал. 10.5

31 пара спинномозкових нервів виходять з кожного сегмента спинного мозку та іннервують усі ділянки тіла людини, розташовані нижче шиї

Діяльність нервової системи здійснюється за допомогою рефлексів. У процесі еволюції виникли міцно закріплені рефлекси, що передаються спадково, які забезпечують пристосувальні можливості організму, об'єднують і погоджують його функції. Такі рефлекси називають *безумовними*. Одним з видів безумовних рефлексів є *інстинкт*. Він залучається в людини як складна вроджена реакція. До базових інстинктів людини належать: інстинкт самозбереження, продовження роду, харчовий і материнський.

У людини в процесі індивідуального життя виникають якісно нові рефлекторні реакції залежно від характеру й умов зовнішніх упливів. Такі рефлекси називають *умовними*. Вони є динамічними й утворюються в разі необхідності під час подразнення будь-яких рецепторних апаратів, на будь-яку діяльність організму (мал. 10.6).



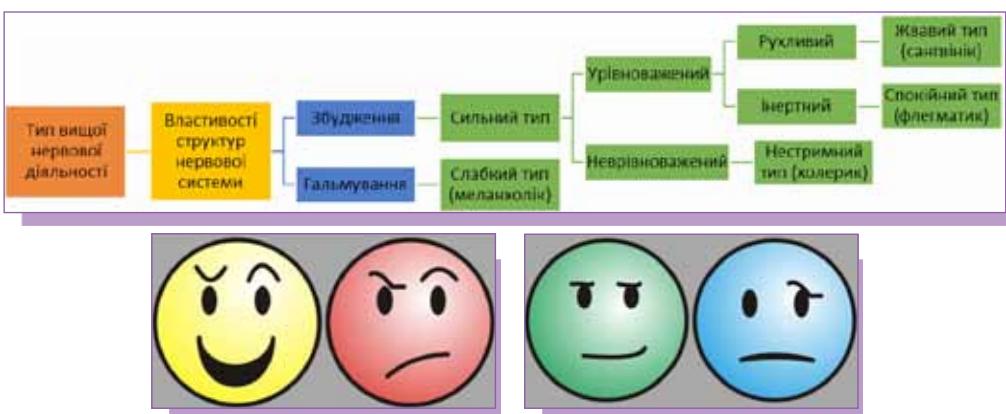
Мал. 10.6. Умовні й безумовні рефлекси

Дослідження утворення і гальмування умовних рефлексів дають зможу виявити три їхні основні характеристики: 1) силу; 2) урівноваженість; 3) рухливість, що зумовлюють тип поведінкових реакцій (мал. 10.7).

За цими показниками розрізняють чотири основні *типи вищої нервової діяльності*:

- 1) сильний, неврівноважений (невтримний);
- 2) сильний, урівноважений, інертний (повільний);
- 3) сильний, урівноважений, рухливий (живий);
- 4) слабкий.

Відповідно до цих типів вищої нервової діяльності в людей виокремлюють чотири *темпераменти*: 1) холеричний; 2) флегматичний; 3) сангвінічний; 4) меланхолійний (мал. 10.7).



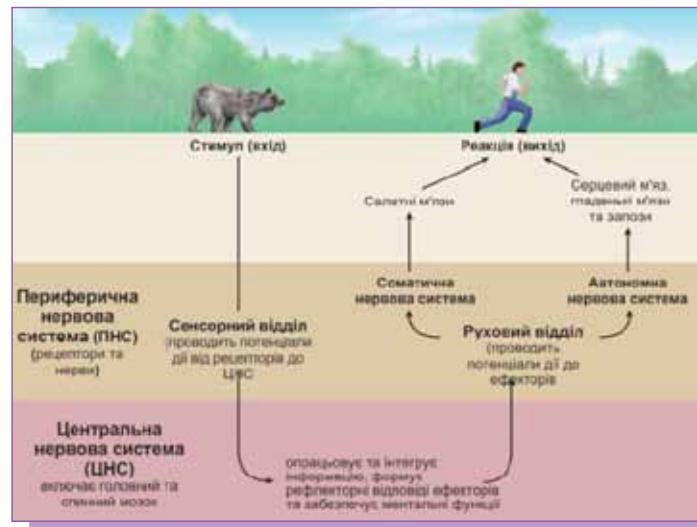
Мал. 10.7. Упізнаєте себе?

Конкретний тип темпераменту людини зумовлений генотипом, тобто генетично-спадковою основою психічної діяльності. Проте поведінка людини залежить і від зовнішніх — фенотипічних факторів.

Сплав генотипічних і фенотипічних ознак формує *характер* людини. В основі характеру лежать природжені й набуті властивості нервоїв системи, які виявляються в процесі соціалізації особистості — у системі відносин особистості до навколошнього середовища, інших людей, а також до себе як особистості (самооцінка).



Мал. 10.8



Проаналізуйте малюнок 10.8 і поясніть, як наша нервова система реагує на ведмедя.

За характером відображуваних сигналів виокремлюють два рівні функціонування вищої нервоїв діяльності людини — *першу та другу сигнальні системи*. Перша сигнальна система представлена органами чуття. Це діяльність кори головного мозку зумовлена безпосереднім впливом на сенсорні системи чинників зовнішнього та внутрішнього середовищ. Вона виявляється як у безумовних, так і в умовних рефлексах, що формуються у відповідь на будь-які подразники навколошнього середовища.

Друга сигнальна система пов’язана з мовою. Це діяльність кори головного мозку, яка проявляється в умовних рефлексах, що формуються на своєрідний подразник — слово (мал. 10.9).



Мал. 10.9. І тільки людина має дві сигнальні системи

1,2 КГ СУПЕРКОМП'ЮТЕРА ВСЕРЕДИНІ ВАШОГО ЧЕРЕПА

Мозок — головний орган центральної нервової системи людини. Завдяки його неймовірним здібностям *homo sapiens* спромігся вирізнистися з-поміж своїх родичів із тваринного світу й не лише опанувати усне мовлення, а й навіть розробити низку неймовірних винаходів. Проте що ж робить його таким особливим? Попри поширене уявлення, причиною цього є далеко не розмір (мал. 10.10). Маса мозку людини варієється від 1 кг до 2 кг, що в середньому становить близько 2 % від маси тіла дорослої людини. Це у 50 разів більше, ніж розмір мозку водосвинки (найбільший гризун), але приблизно у 20 разів менше від розміру мозку слона. Чому ж тоді слон не є розумнішим за людину? Науковці зазначають, що важливим є не об'єм мозку, а співвідношення цього об'єму з кількістю нейронів у ньому. У нашому мозку є близько 86 млрд нейронів: 69 млрд у мозочку, що відповідає за основні функції організму й рух, 1 млрд у стовбуру головного мозку й 16 млрд у корі головного мозку, яка відповідає за самосвідомість, мову, розв'язування проблем і абстрактне мислення. А у слона 251 млрд нейронів у мозочку й тільки 5,6 млрд у корі головного мозку. Для порівняння — в орангутанів і горил по 9 млрд нейронів у корі головного мозку, а в шимпанзе — 6 млрд.

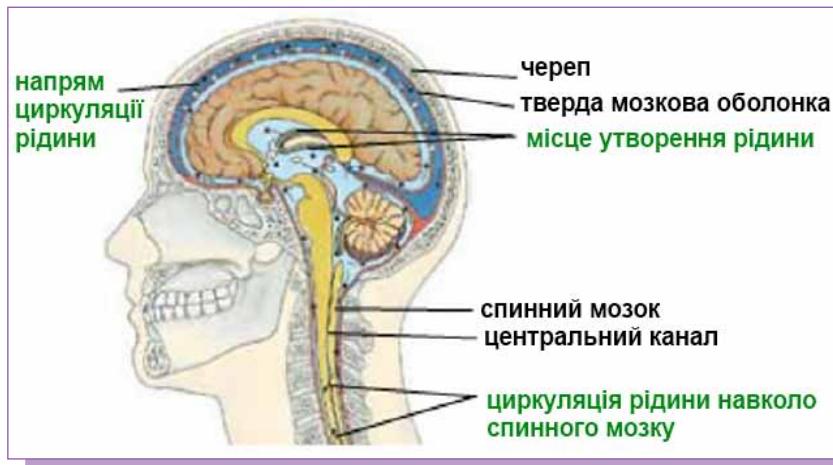
Водосвинка	Макака резус	Західна рівнинна горила	Людина	Слон саванний
Не примат	Примат	Примат	Примат	Не примат
48,2 г	69,8 г	377 г	1232 г	2848 г
0,3 млрд нейронів	1,71 млрд нейронів	9,1 млрд нейронів	16,3 млрд нейронів	5,59 млрд нейронів

Мал. 10.10. І чим наш мозок відрізняється?

Значення має також і структура. У людського мозку досить складна будова. Його можна умовно поділити на три частини — кінцевий мозок, мозочок та стовбур головного мозку. *Мозочок* відповідає за координацію рухів м'язів, підтримку постави та баланс. *Стовбур* головного мозку виконує роль передавача й з'єднує головний мозок і мозочок зі спинним мозком. Його складниками є довгастий мозок, міст і середній мозок. Стовбур головного мозку забезпечує гомеостаз і контролює низку автоматичних функцій — дихання, серцебиття, регулювання температури тіла, перевивлювання іжі, ковтання тощо.

Значення має й текстура мозку. Зморшки нашого мозку, так звані звикини, збільшують площу його поверхні, що дає змогу втримувати більшу кількість нейронів, які відповідають за пам'ять і думки.

Докладніше про будову й функції головного мозку ви зможете дізнатися, проаналізувавши малюнок 10.11 та скориставшись додатковими джерелами (зробіть це).



Мал. 10.11



- Установлено, що в освіченої дорослої людини розвивається приблизно 1 трильйон дендритів у мозку, довжина всіх аксонів становить 160 934 кілометрів аксонів (ними можна огорнути Землю чотири рази).
- Інформація в мозку проходить крізь різні типи нейронів на різних швидкостях, від 1,5 км/год до 440 км/год.
- Щохвилини крізь мозок проходить кров об'ємом 750 мл.
- Загальна довжина капілярів у мозку — 644 км.
- Площа кори головного мозку в розгорнутому вигляді становить 2500 см² (що дорівнює площі газети).
- У мозку 86 млрд нейронів і немає більових рецепторів.
- Інформаційна ємність мозку становить чотири терабайти.
- Середня кількість думок, що виникають в голові за день, — 70 000.
- Мозок споживає 20 % усього кисню й від 15 % до 20 % глюкози в організмі людини.
- Товщина кори головного мозку становить чотири міліметри.
- Мозок виробляє енергію, що могла б живити електролампу потужністю 25 Вт.
- За секунду в мозку відбувається 100 000 хімічних реакцій.

«Ми — це наш мозок» — назва науково-популярної книжки нідерландського нейробіолога, фахівця в галузі досліджень головного мозку Діка Свааба (нар. 1944, Нідерланди). Автор розглядає життя від народження до смерті та приходить до висновку, що не людина керує своїм мозком, а навпаки, мозок є людиною. Причому, усі дії та поведінка повністю визначені мозком, тож у цьому сенсі свобода вибору — лише приемна ілюзія. У книжці показано, що мозок — від перших проблесків свідомості та до його смерті — повністю визначає сутність людини як біологічної істоти й особистості. Це стосується всіх інтелектуальних підйомів і деградацій,

змін психіки внаслідок шизофренії і трансформації статі в гомосексуалістів, божевільних галюцинацій в наркозалежніх, екстазу релігійних переживань у молитві і навіть уявлень про свободу волі.

Для чого природа наділила людину таким мозком? Як його використовувати повноцінно?

Вища нервова діяльність людини, на відміну від тварин, базується на аналізі інформації, що надходить у мозок через дві сигнальні системи. Перша сигнальна система представлена органами чуття, друга — мовою. Мовні функції людини пов'язані з функціонуванням багатьох структур мозку — формування усної мови відбувається переважно завдяки роботі лобової частки лівої півкулі головного мозку, письмової — скроневих і тім'яних часток. Словесні явища, які людина вимовляє, чує або бачить написаними, є умовними подразниками, які сприймає і розрізняє кора великих півкуль головного мозку. Це сигнали, символи конкретних предметів і явищ навколошнього середовища. Словесні явища — це не тільки звуки, а й поняття. Людина узагальнює поняття не тільки про предмети, їхні властивості, явища, а й про свої відчуття, переживання, почуття. Людина думає словами, завдяки чому абстрагується від дійсності (абстрактне мислення). За допомогою мови аналізують і узагальнюють інформацію, розмірковують, роблять висновки. Мова є основою мислення, що притаманне тільки людині.

Мислення — це одна з найголовніших функцій мозку, яка дає змогу людині за допомогою слів та образів (символів) уявити й виразити своє ставлення до реальних і уявних предметів, явищ навколошнього середовища, стану свого організму. У результаті поєднання безпосередніх і словесних подразників з різноманітними формами діяльності організму виникають тимчасові зв'язки, що є фізіологічним апаратом мислення. Тимчасові зв'язки не тільки нагромаджуються, а й добиваються з пам'яті. Це забезпечує створення нових зв'язків. Такому механізму мислення притаманні активність і саморегуляція.

Пам'ять є однією з найважливіших якостей нервової системи зберігати й відтворювати інформацію без зміни її характеру і змісту. Мозок людини має певну інформаційну ємність. Виокремлюють кілька видів пам'яті людини. Рухова пам'ять лежить в основі навчання рухам, вироблення наочок письмової мови, а також трудових, побутових, спортивних тощо. Образна — запам'ятування й відтворення в уяві запахів, звуків, місцевості, обстановки, форм різних предметів, обличчя людей. Емоційна — зберігання в пам'яті пережитих почуттів, чому допомагають біологічно активні речовини, що виділяються під час емоційного збудження. Словесна — запам'ятування, збереження слів.

За тривалістю зберігання розрізняють сенсорну, короткочасну й довготривалу пам'ять. Сенсорна й короткочасна пам'ять пов'язана із циркуляцією імпульсів у нейронних сітках. В основі довготривалої пам'яті лежать структурні зміни в нейронах і синапсах.

Усі види пам'яті взаємопов'язані, ту саму інформацію можна запам'ятувати за допомогою кількох видів пам'яті.

Пізнавальна діяльність людини починається з відчуттів і сприймання. Уся необхідна інформація зберігається в пам'яті. Проте таких знань про об'єктивний світ людині недостатньо. Вичерпні знання про об'єкти дійсності, їхню внутрішню, безпосередньо не дану у відчуттях і сприйманні сутність людина дістає за допомогою мислення.

Щоби зрозуміти певний об'єкт, потрібно знати факти, що його характеризують. Перехід від фактів до розкриття їхньої сутності, до узагальнювальних висновків здійснюється за допомогою розумових і практичних дій.

Ці дії відбуваються подумки за допомогою мовлення. Перш ніж діяти з предметами, людина це робить подумки, не вступаючи в контакт з цими предметами. Дії мислення формуються на основі зовнішніх практичних дій.

Операційний компонент мислення, що забезпечує його процесуальність, становлять розумові операції (складники розумових дій).

Аналіз і синтез — дві основні розумові операції, які виникли на основі практичних дій — з реального розкладання предметів на частини і їхнього сполучення. Аналіз — уявне розчленування об'єктів свідомості, виокремлення в них частин, аспектів, елементів, ознак і властивостей.

Розрізняють два види аналітичних операцій: по-перше, можна подумки розкладати сам предмет, явище на складники (аналіз хімічного складу речовини). По-друге, можна подумки виокремлювати в предметах і явищах ті чи інші ознаки, властивості, якості (наприклад, дослідження стилю твору, його композиції).

Синтез — це уявне поєднання окремих частин, аспектів, ознак об'єктів у єдине ціле.

Синтетичні операції бувають тих самих видів, що й аналітичні, описані вище.

Аналіз і синтез взаємодіють і лежать в основі всіх інших розумових операцій, зокрема порівняння.

Порівняння — розумова операція, за допомогою якої пізнають схожі та відмінні ознаки й властивості предметів. Людина може порівнювати наочно реальні або уявлювані предмети, створюючи їхні образи. Складним є процес порівняння людей, літературних персонажів, суспільних явищ тощо.

Під час порівняння предметів і явищ доводиться на першому етапі аналізувати, а потім синтезувати. Важливо дотримуватися правила: порівнювати за тією самою ознакою.

До аналітико-синтетичного процесу відносять також і такі складні розумові операції, як абстрагування й узагальнення.

Абстрагування — уявне відокремлення одних ознак і властивостей предметів від інших і від самих предметів, яким вони властиві. Під час спостереження різних прозорих об'єктів — повітря, скла, води — ми виокремлюємо в них загальну ознакоу — прозорість і можемо розмірковувати про прозорість узагалі. Так само за допомогою абстрагування дістають уявлення про довжину, висоту, об'єм, трикутник, число, дієслово тощо.

Узагальнення — це продовження і поглиблення синтезувальної діяльності мозку за допомогою слова. Узагальнення зазвичай проявляється у висновках, визначеннях, правилах, класифікаціях. Узагальнення потребує виокремлення в предметах не просто загальних, а істотних ознак.

Конкретизація — це перехід від загального до одиничного, яке відповідає цьому загальному. У навчальній діяльності конкретизувати — означає навести приклад, факт, який підтверджує загальне, теоретичне положення. Конкретизація має велике значення, оскільки пов'язує наші теоретичні знання з життям і практикою, допомагає правильно зрозуміти дійсність.

Мислення — це процес руху думки від невідомого до відомого, який починається там, де перед людиною постає щось нове, незрозуміле. Розумова діяльність виникає й формується як процес за умови створення проблемної ситуації — суперечності між обставинами й умовами, між тим, якими знаннями володіє на сьогодні суб'єкт, і тим, до чого він прагне (мал. 10.12).



Мал. 10.12. Схема розв'язування розумового завдання

Проблемну ситуацію людина сприймає й усвідомлює як завдання, розв'язування якого полягає в пошуку відповіді на певне запитання. Для мислення усвідомлення запитання — це ніби сигнал до початку активної розумової діяльності. Наступний етап полягає в пошуку способів аналізу поставленого запитання і побудови гіпотези (припущення). Після цього перевіряють гіпотези на практиці або подумки. Якщо гіпотеза виявляється неправильною, її переосмислюють.

Перевірка ефективності висунутих гіпотез є завершальним процесом розв'язування розумового завдання. Буває так, що людина діє методом спроб і помилок. Іноді процес розв'язування завдання може відбуватися як творчий процес, деколи допомагає *інсайт* (від англ. insight — осяння).

Розв'язування завдання потребує від людини значних вольових зусиль. Важливу роль у стимулюванні розумової діяльності в процесі розв'язування завдань відіграють почуття (здивування, допитливості, нового тощо).

Досвід, набуті знання і здатність швидко й доцільно використовувати їх у нових ситуаціях, які досі не траплялися, а також під час розв'язування складних завдань утворюють інтелект (від лат. *intellectus* — розуміння) людини — відносно стійку структуру розумових здібностей людини. Кількісну оцінку рівня інтелекту людини (коєфіцієнт інтелекту (англ. *IQ* — *intelligence quotient*) можна визначити за допомогою спеціальних тестів. I, звісно, розвивати свої розумові здібності.



Ви математик чи гуманітарій? Барбара Оклі¹ (нар. 1955, США) переконує, що таких понять немає. Ми вважаємо себе затятими гуманітаріями й оголошуємо математику ворогом № 1. А все тому, що ми не вміємо читатися. І тому, що мозок — страшний ледар і брехун. У кожного є внутрішній потенціал, щоби засвоїти будь-які знання. Головне — навчитися читатися й запустити свій мозок на повну. Навіть більше, одноманітний і цілеспрямований рух до розв'язання проблеми — не завжди найліпший спосіб. Інколи варто зробити крок назад, щоби поглянути на завдання з іншого боку, запустити свою креативність, навіть якщо ви розв'язуєте математичну задачу.

10 ПРАВИЛ, ЯК ТРЕБА НАВЧАТИСЯ

Поновлюйте в пам'яті вивчене.

Прочитавши сторінку, відкладіть її та пригадайте основні думки. Не робіть багато підкresлень, не виділяйте те, що спершу не закріпили в пам'яті через пригадування. Уміння пригадувати — самостійно формулювати основні ідеї матеріалу — одна з головних ознак ефективного навчання.

Перевіряйте самого себе.

Усьому. Завжди. Допомогти в цьому можуть картки з інформацією.

Класифікуйте способи розв'язування.

Намагайтесь зрозуміти послідовність розв'язування задачі й оформити його в пам'яті так, щоби за потреби воно спадало на думку як готовий шаблон. Упоравшись із чимось, потренуйтесь ще трохи. Переконайтесь, що ви без проблем можете виконати цю вправу, кожен із кроків. Уявіть, що це мелодія і навчайтесь «прокручувати» її в уяві знову й знову, щоби ця інформація оформилася в завершений фрагмент пам'яті, який ви за потреби можете легко звідти дістати.

Розподіляйте загальний навчальний час на інтервали.

Вивчайте все невеликими частинами щоденно, як це роблять спортсмени на тренуваннях. Ваш мозок схожий на м'яз: він спроможний лише на обмежену кількість зусиль над тією самою темою в той самий час.

Виконуйте різні завдання.

Не практикуйте той самий метод розв'язування занадто довго в межах одного заняття: через якийсь час ви почнете просто механічно наслідувати те, що вже робили. Працюйте над завданнями різного типу. Так ви зрозумієте, як і коли застосовувати певний метод.

¹ Барбара Оклі — професорка інженерних наук Окландського університету, авторка популярного курсу на Coursera про те, як навчитися читатися. Здобула диплом зі славістики у Вашингтонському університеті, служила в армії. Військова служба підштовхнула її до вивчення технічних наук, а згодом — до розкриття таємниць мислення.



Робіть перерви.

Немає нічого дивного в тому, що інколи вправи нового для вас типу ви не одразу можете розв'язати. Саме тому щодня займатися потроху — це значно ефективніше, ніж багато, але рідко. Якщо вам не вдається впоратися з якимось завданням, зробіть перерву, щоб інші частини мозку могли попрацювати над цим питанням на підсвідомому рівні.

Формулюйте уточнювальні запитання і шукайте прості аналогії.

Якщо якась тема вам важко дается, запитайте себе: «Як можна це пояснити, щоби зрозуміла десятирічна дитина?». Використання аналогій справді допомагає: наприклад, електричний струм можна порівнювати з потоком води. Розтлумачуйте не тільки в голові: озвучте пояснення або запишіть на папері. Додаткові зусилля на промовляння або написання допоможуть міцніше закріпити вивчене, тобто оформити його в нейронні структури пам'яті.

Не відволікайтесь.

Вимкніть усі звукові сигнали й вібрацію на смартфоні й комп'ютері, запустіть таймер на 25 хвилин. Зосередьтесь й старанно попрацюйте протягом цього часу. Коли 25 хвилин мине, вигадайте собі якусь невелику дотепну винагороду. Кілька таких сеансів щодня справді допоможуть вам у навчанні. Спробуйте визначити години й місяця, де ви зазвичай навчаєтесь, а не відволікаєтесь на комп'ютер або смартфон.

«З'їдайте всіх своїх жаб уранці».

Зробіть найважчі справи вранці, коли ви ще в хорошій формі.

Створюйте в уяві контрасти.

Пригадайте своє теперішнє життя і побачте контраст з тими мріями, реалізація яких стане можливово завдяки навчанню. На робочому місці помістіть якесь зображення або текст, які нагадуватимуть вам про бажане. Коли мотивація згасатиме, дивіться на ці слова або зображення. Ваша праця піде на користь як вам, так і тим, кого ви любите.

8 ПРАВИЛ, ЯК НЕ ТРЕБА НАВЧАТИСЯ

Уникайте пунктів із цього переліку! Вони можуть марнувати ваш час, хоча вам здаватиметься, що ви навчаєтесь.

Пасивно перечитувати — це просто «пробігати» очима сторінки.

Поки ви не пересвідчитеся, що засвоїли матеріал, тобто доки не пригадаєте основні думки без зазирань у книжку, перечитування буде звичайним марнуванням часу.

Вірити в текстові помітки.

Якщо ви робите підкреслення в прочитаному, можете зіткнутися з оманливим відчуттям, ніби щось справді засвоюєте, хоча насправді просто рухаєте рукою. Помітки в тексті час від часу зовсім не шкодять — інколи навіть допомагають знаходити важливі місця. Але якщо хочете використати підкреслення як засіб для запам'ятування, переконайтесь, що позначена вами інформація залишається у вашій голові.

Розглядати розв'язану задачу з думкою, що ви це розумієте.

Ви маєте бути спроможні самостійно виконати вправу крок за кроком, не дивлячись у готове розв'язання.

Навчатися в останні хвилини.

Якби ви готувалися до спортивних змагань, то чи відкладали б тренування на останній день? Ваш мозок схожий на м'яз, тобто спроможний лише на обмежену кількість зусиль над тією самою темою в той самий час.

Розв'язувати забагато вправ того типу, який ви вже опанували.

Це можна порівняти з баскетболістом, який готується до гри, тренуючи тільки техніку ведення м'яча.



Ходити на групові заняття, які перетворюються на теревені.

Якщо звіряти відповіді з друзями, перевіряти знання одне одного, можна зробити процес засвоєння приємнішим, а також виявити прогалини у ваших знаннях і поглибити розуміння предмета. Але якщо спільні заняття перетворюються на забави ще до завершення роботи, ви просто марнуєте час. Варто пошукати іншу групу.

Думати, що опанувати матеріал можна навіть із численними відвілканнями.

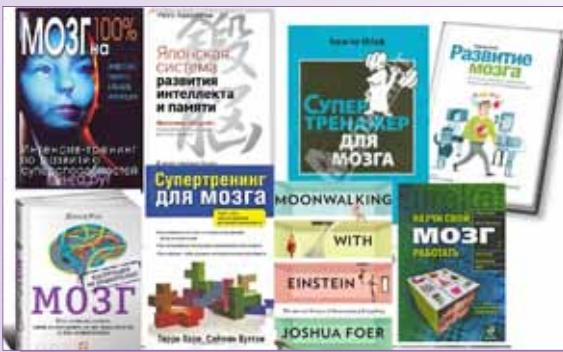
Кожне невелике відривання від заняття — на повідомлення або розмову — заирає розумову енергію, яку ви могли би спрямовувати на навчання. Переривання концентрації руйнує нейронні структури в зародковому стані, коли вони ще не встигли закріпитися.

Не спати.

Коли ви спите, мозок обдумує і сортую те, що ви заклали в нього протягом дня. Постійне виснаження призводить до нагромадження в мозку токсинів, які руйнують нейронні структури, потрібні для швидкого мислення.

Тренуймо свій мозок. Ось список корисних книжок:

- Роджер Сайп «Розвиток мозку. Як читати швидше, запам'ятовувати краще й досягати великих цілей»;
- Чарльз Філліпс «Супертренажер для мозку»;
- Метью Макдональд «Навчи свій мозок працювати»;
- Рюта Кавашима «Японська система розвитку інтелекту і пам'яті. Програма „60 днів“»;
- Ольга Конякіна «Мозок на 100 %. Інтелект. Пам'ять. Креатив. Інтуїція. Інтенсив-тренінг з розвитку суперздатностей»;
- Джошуа Фоер «Ейнштейн гуляє Місяцем. Наука й мистецтво запам'ятовування»;
- Террі Хорн, Саймон Вуттон «Супертренінг для мозку»;
- Девід Рок «Мозок. Інструкція по застосуванню. Як використовувати свої можливості по максимуму і без перевантажень»;
- Меріл Хеннер «Суперпам'ять»;
- Він Річард «Фактор Ейнштейна, або як розвинути феноменальну пам'ять і швидкість читання»;
- Барбара Оклі «Навчитися вчитися. Як запустити свій мозок на повну».



Мал. 10.13. І можливо хтось із вас стане успішним перекладачем і видавцем, щоби ці й інші світові бестселери можна було прочитати українською. А хтось — знаменитим нейробіологом і напише власну книжку!

Чи, можливо, незабаром книжки замінять чіпи? Імплантував собі — і всі знання, що накопичило людство, у твоїй голові?

РОЗУМ І ЕМОЦІЇ

Емоційним еквівалентом пізнавального інтелекту (IQ) є EQ — *емоційний інтелект* — показник нашої здатності до спілкування, уміння усвідомлювати свої емоції і розуміти почуття інших людей.

Емоційний інтелект — це поняття, яке вражає одночасною простотою і глибиною. Його дієвість і вплив можна зрозуміти, поглянувши на такі сфери життя:

- *навчання в школі або робота.* Розвинений емоційний інтелект допомагає прокладати курс через складності соціального життя в школі чи на робочому місці, бути лідером і надихати інших, а також вдало будувати професійну кар'єру;
- *фізичне здоров'я.* Нездатність керувати емоціями часто свідчить про нездатність керувати стресом, що може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям. Неконтрольований стрес сприяє підвищенню кров'яного тиску, пригнічує імунну систему, підвищує ризик серцевого нападу й інсульту, сприяє розвитку безпліддя та пришвидшує процеси старіння. А розвинений емоційний інтелект допомагає значно знижувати рівень стресу;
- *ментальне здоров'я.* Неконтрольовані емоції і стрес роблять людину вразливою перед тривожністю і депресією. Здатність розуміти, сприймати та керувати емоціями захищає вас від ризику самотності й ізоляції;
- *взаємини та стосунки.* Розуміння власних емоцій і вміння контролювати їх, дають людині змогу ліпше виражати свої почуття і розуміти, як почуваються інші люди. Завдяки цьому спілкування стає ефективнішим, а стосунки на роботі та взаємини в особистому житті — продуктивнішими й досконалішими.

Те, що емоційний інтелект зачіпає такі важливі сторони життя людини, доводить цінність його та необхідність розвитку.

Самосвідомість в емоційному інтелекті спонукає нас зрозуміти, у яких стосунках із власними емоціями ми перебуваємо. Ідеться про:

- переживання почуттів, що час від часу змінюють одне одного;
- відслідковування фізичних відчуттів (у животі, у горлі, у грудях тощо), які супроводжують емоції;
- уміння відчувати особисті почуття і емоції гніву, суму, страху, радості, супроводжувані певними виразами обличчя;
- переживання почуттів настільки сильних, що вони помітні як самій людині, так і людям навколо неї;
- звертання уваги на емоції і врахування їх під час прийняття рішень.

Самоконтроль починається з усвідомлення емоцій. Емоції, як пазли певної інформаційної картини, розповідають нам про нас самих. Опанування і контролювання дають змогу приймати конструктивні рішення.

Керування стосунками відбувається через усвідомлення емоцій, здатність розпізнавати їх розуміти, що відчувають інші люди. Це допомагає ефективно розвивати додаткові соціальні чи емоційні навички, які роблять стосунки ефективнішими, пліднішими й повнішими. Керуванню

стосунками сприяють: ефективне використання невербального спілкування, застосування гумору для зменшення стресу, сприйняття конфлікту як можливості розвивати близчі стосунки (мал. 10.14).



Мал. 10.14.

Пригадайте ситуацію, за якої вам (або комусь із ваших друзів або знайомих) довелося пережити такі емоції.

Незабаром у вашому житті відбудуться зміни: замість звичної школи й друзів, з якими ви разом долали стежки шкільного життя, ви потрапите до нових колективів, у нові умови навчання або праці, у нові життєві обставини. І реалізуватися в суспільстві як неповторна особистість яка прагне власного успіху й успіху України, відповідальним громадянином якої ви є, неодмінно зможете, якщо постійно розвиватимете свої здібності, знання, уміння й навички. Адже швидкозмінне суспільство висуватиме все більші й більші вимоги (мал. 10.15). І не виключено, що незабаром вам доведеться конкурувати зі штучним інтелектом.



Мал. 10.15. Передбачити майбутнє ми не можемо, проте зрозуміло одне: знання і уміння вчитися завжди стануть у пригоді. Тому не бійся гризти граніт науки й формувати в голові нейронні зв'язки!



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

- Поясніть:** а) чим соматична нервова система відрізняється від вегетативної; б) чи можна змінити тип вищої нервової діяльності; в) чи можливо лише завдяки безумовним рефлексам пристосуватися до мінливих умов навколошнього середовища; г) який взаємозв'язок є між першою і другою сигнальними системами; д) чому слово вважають «сигналом сигналів».
- Схарактеризуйте** основні відмінності між безумовними й умовними рефлексами.
- Прокоментуйте:** а) вислів Мішеля де Монтеня¹: «Добре влаштований мозок вартий більшого, ніж добре наповнений»; б) українські прислів'я «Не на користь читать, коли тільки вершки хапати», «Чого навчився, того за плечима не носить», «Вік живи, вік учись», «Навчай інших — і сам навчишся».
- Наведіть приклади**, коли всупереч інстинкту самозбереження людина здійснює геройчні вчинки. **Висловте й обґрунтуйте** припущення, чому вона це робить.
- Висловте** своє ставлення до випадків, коли мати, народивши дитину, відмовляється від неї. **Поясніть**, чому люди переважно негативно ставляться до такої поведінки.

¹ Мішель Екем де Монтен, 1533–1592, Франція.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

6. Визначте типи темпераментів героїв твору І. С. Нечуя-Левицького¹ «Кайдашева сім'я». Поясніть свій вибір. Наведіть приклади холериків, сангвініків, флегматиків і меланхоліків, що є героями інших літературних творів.
7. Визначте тип темпераменту кожного з чотирьох апостолів, зображених на картині Альбрехта Дюрера² «Чотири апостоли» (мал. 10.16, а), і мучителів Христя, зображених на картині Ієроніма Босха³ «Коронування терновим вінцем» (мал. 10.16, б).



Мал. 10.16



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Біохімічна природа емоцій.
- Стрес: користь і шкода.
- Методи навчання (швидке читання, ейдемтика тощо).
- Психічне здоров'я людини.
- Еволюція соціальної поведінки й альтруїзму в людині.
- Вплив свідомості людини та колективної свідомості соціуму на світ.
- Моделювання світу психікою.
- Формальна логіка.

¹ Іван Семенович Нечуй-Левицький, 1838–1918, Україна.

² Альбрехт Дюрер, 1471–1528, Німеччина.

³ Ієронім Босх, бл. 1450–1516, Нідерланди.



Д. 11. ОПОРА Й РУХ

Фізична активність — це життєва необхідність чи зайвий клопіт? Регулярні фізичні вправи й фізична активність можуть зробити дива з вашим здоров'ям і тілом. Фізична активність допомагає запобігти хворобам серця, діабету, остеопорозу, а також безлічі інших захворювань, і є ключовою умовою для схуднення і підтримки нормальної ваги. Попри всі ті переваги й для здоров'я, і для хорошого самопочуття, і гарного зовнішнього вигляду лише близько 1 % (!) людей в Україні отримують достатні фізичні навантаження або використовують свій вільний час для фізичної активності.

Просто почніть, і ви відкриєте для себе можливості власного тіла. Уперед до нових вершин і досягнень!

ВІ НАВЧИТЕСЯ

Знати й розуміти: будову та функції опорно-рухової системи; біомеханічні властивості кісток і м'язів, їхній хімічний склад; біохімічні процеси фізичних тренувань.

Пояснювати особливості руху й рівноваги тіла на основі фізичних закономірностей.

Досліджувати геометричні пропорції власного тіла, поставу.

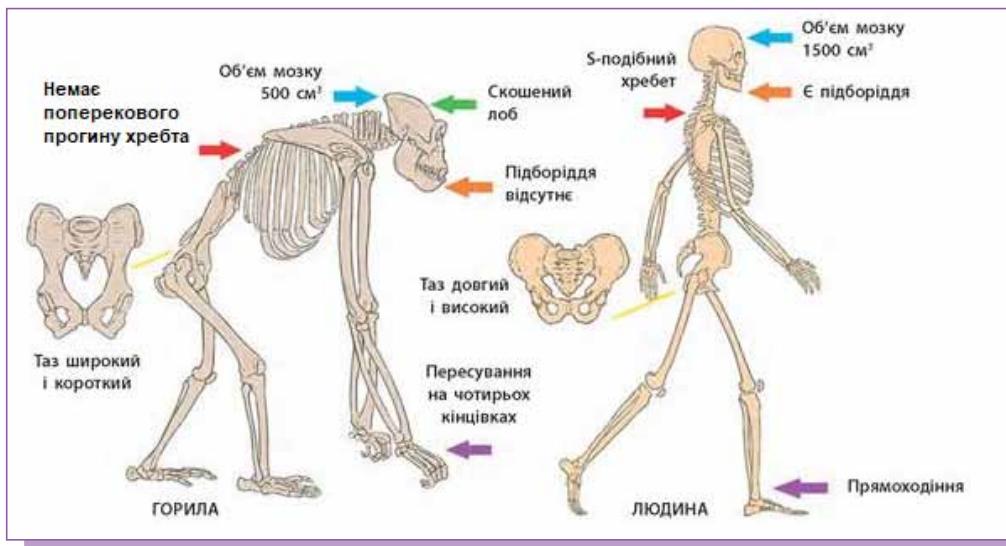
Визначати розташування власного центра тяжіння, об'єм тіла.

Усвідомлювати складність проблеми здоров'я людини й відповіальність людини за своє здоров'я як особисте, так і суспільно значуще.

ПРЯМОХОДІННЯ: ПЕРЕВАГИ Й НЕДОЛІКИ

Точної відповіді на запитання, коли й чому перші люди почали ходити на двох ногах, немає досі. Переход від чотирьох до двох кінцівок (як засобів переміщення) мав ряд цікавих побічних ефектів (мал. 11.1). Насамперед це дві вільні руки! Це — зміна розміру й розташування кісток стопи, розміру та форми кульшового та колінного суглобів, довжини й форми ніг, а також форми хребта. З переходом до прямоходіння на хребті людини виник подвійний вигин: верхній (грудний) відділ вигнутий назад, а нижній (поперековий) — уперед. Без поперекового вигину хребет постійно нахилявся би вперед, що потребувало б набагато більших м'язових зусиль для підтримання рівноваги. Подвійний вигин забезпечує проекцію центра тяжіння тіла просто між ступнями, що забезпечує економію енергії під час ходьби.

Навіть з урахуванням численних морфологічних змін, скелет людини досі залишається слабо пристосованим до прямоходіння, що призводить до численних захворювань опорно-рухового апарату. Але подальші зміни суглобів, які могли б виправити становище, неможливі через суперечності у вимогах стійкості й ефективності пересування.



Мал. 11.1. Від чотирьох — до двох

Найважливішими змінами, що відбулися в процесі еволюції людини, були такі:

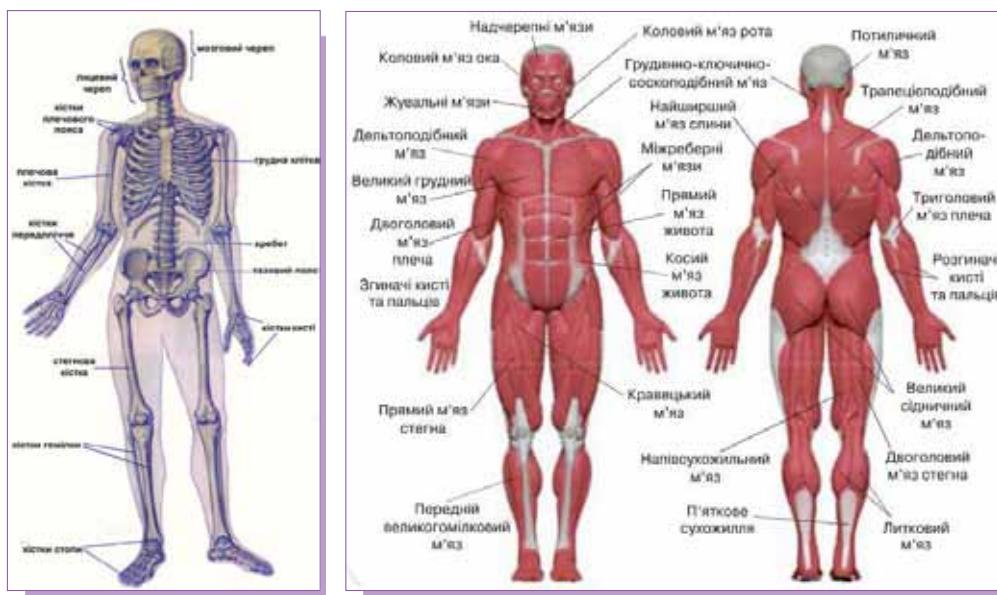
- прямоходіння, яке збільшило поле зору та вивільнило верхні кінцівки для виготовлення знарядь праці;
- збільшення об'єму мозку;
- зменшення розмірів зубів і щелеп унаслідок уживання гарячої їжі (опанування вогню);
- поява та розвиток мови, що допомогла передавати знання і узгоджувати дії з іншими.

УТВОРЮЄ КАРКАС, НАДАЄ ФОРМУ, ЗАБЕЗПЕЧУЄ ОПОРУ, РУХ І ЗАХИСТ

Пригадаймо будову й функції м'язово-скелетної системи людини (мал. 11.2).

Скелет підтримує людину у вертикальному положенні. Захисну функцію виконують кістки черепа, хребта, грудної клітки, таза, а також м'язи живота, захищаючи від впливу зовнішніх факторів головний і спинний мозок, легені, серце й органи черевної порожнини. Рухову функцію виконують кістки й м'язи кінцівок, хребет, м'язи спини та грудей.

Кровотворну функцію виконують переважно плоскі кістки, у яких міститься червоний кістковий мозок. Як депо деяких мінеральних солей і мікроелементів скелет бере участь у мінеральному обміні (солей кальцію, Феруму, Фосфору), а м'язи, депонуючи глікоген, — у вуглеводному обміні.



Мал. 11.2. Скелет і м'язи

Скелет побудований з кісткової і хрящової тканин, а м'язи утворені м'язовою тканиною. Кістки дають тілу опору, скелетні м'язи — силу й міць.

Кісткова тканина — основний матеріал опорно-рухового апарату, що за своїми механічними властивостями подібний до дерева, бетону, деяких металів. Кістки містять 50 % води, 28 % органічних речовин (зокрема 15 % білків і 10 % жирів) і 22 % неорганічних — мінеральних речовин — переважно сполук Кальцію (99 % усіх мінеральних речовин), Фосфору, Магнію та інших елементів. Кістки на третину складаються з клітин, а на дві третини — з міжклітинної речовини. Основними матеріалами кісткової тканини є гідроксилапатит і колаген. Перший з них — це неорганічна мінеральна речовина кістки у формі мікроскопічних кристаликів. Другий — органічна речовина, високомолекулярна сполука, волокнистий

високоеластичний білок. Кристалики гідроксилапатиту розташовані між колагеновими волокнами. Така композиційна будова кісток надає їм потрібних механічних властивостей: твердості, пружності й міцності.

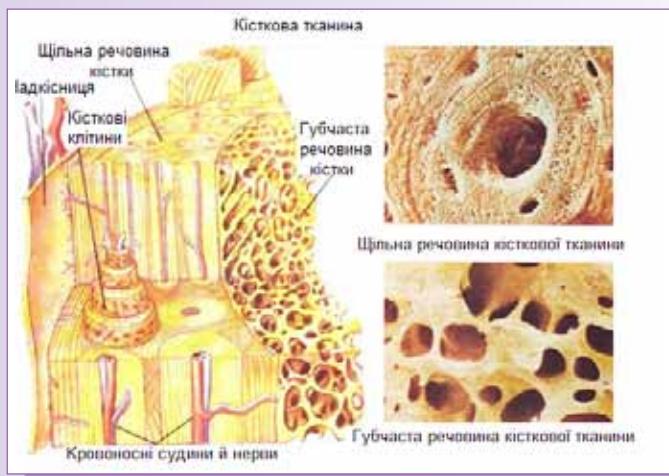
Кістки дуже міцні. Наприклад, стегнова кістка може витримати навантаження 1500 кг. Це зумовлено, насамперед, мінеральними речовинами в їхньому складі. Водночас кістка не тільки тверда, а й пружна завдяки волокнистим білкам міжклітинної речовини.

Виявлено певний віковий взаємозв'язок між кількістю білків і мінеральних речовин у кістках. Наприклад, у дітей кістки пластичніші, бо в них міститься більше білка осеїну, ніж мінеральних речовин. У літніх людей, навпаки, більший уміст мінеральних речовин, через це їхні кістки менш пружні й частіше ламаються внаслідок травмування.

За невеликих деформацій кістки можна розглядати як пружні системи, тобто вони підлягають закону Гука.



Ейфелеву вежу в Парижі скопійовано з гомілкової кістки людини. Щоб зрозуміти винахідливий задум Ейфеля, розв'яжімо задачу. Уявіть, що хтось розплавив увесь метал вежі й зробив кулю. Яким буде діаметр цієї кулі?



Мал. 11.3



Що спільного між гомілковою кісткою людини й Ейфелевою вежею? Куля якого діаметра утвориться, якщо розплавити весь метал вежі?

За висоти 324 метри Ейфелева вежа неймовірно легка. Секрет криється в розумінні типів міцності. Вивчивши будову людських кісток, ми пересвідчимося, що Ейфель застосував для конструктування вежі ті самі принципи. Тож заглянемо всередину кістки.

Якщо її розрізати, то виявиться, що кістка схожа на хлібний багет — міцна кірка зовні й м'яка та губчаста середина. Зовнішній матеріал кістки твердий і щільний. Ця міцна частина несе на собі основні навантаження. Усередині кістки міститься губчастий матеріал. Губчаста тканина відіграє важливу роль у процесах стиснення й розтягування, яких постійно зазнають наші кістки. Тепер погляньмо більше на «корочку» цього багета — щільну кістку. Вона складається з крихітних трубочок, діаметр кожної з яких — 0,2 мм, із кровоносною судиною усередині. Ці трубочки складаються з крихітних пучків волокон білків. А кожне волокно сплетене з трьох ниток. «Розпустимо» їх і отримаємо основну одиницю наших кісток — довгу, схожу на ланцюжок, молекулу колагену.

Завдяки такій структурі — трубочки всередині трубочок усередині трубочек усередині трубочок — наші кістки легкі і міцні. Порівняти міцність кістки з міцністю інших конструкційних матеріалів ви зможете, проаналізувавши таблицю 11.1 (зробіть це).

Таблиця. 11.1

Показники міцності деяких конструкційних матеріалів

Матеріал	Міцність, МПа	
	На розтягування	На стискування
Сталь	827	552
Кістка	120	170
Граніт	5	145
Бетон	2	25

У багатьох кісток, особливо опорних, трубчаста будова.

Що впливає на ріст кісток? Гормон росту, вироблюваний гіпофізом. Він залежить від обміну мінеральних речовин, насамперед сполук Кальцію й Фосфору та вітамінів Д. А також тривала дія певного фізичного чинника. Активно працюючі скелетні м'язи стимулюють ріст кісток, до яких вони прикріплені.

У людини понад 600 скелетних м'язів, які дають їй змогу пересуватися в просторі. Щоб зробити один крок, ми задіюємо 200 м'язів. Поцілунки є відмінним профілактичним засобом проти появі зморщок на обличчі, оскільки задіюють від 29 до 34 лицьових м'язів.

До складу м'язів входить сполучна тканина — волокна колагену та еластину. У клітинах м'язів є величезні запаси глікогену. У скелетних м'язах є специфічні рецептори м'язового чуття, які дають змогу контролювати положення тіла. Один з результатів м'язового скорочення — вироблення тепла. Основними фізіологічними властивостями м'язів є збудливість і скоротливість.

Дослідження м'язів показало, що вони різняться за фізіологічними параметрами (збудливість, ритм скорочень і розслаблень тощо), за біохімічними властивостями (активність ферментів, хімічний склад), за механічними властивостями (пружність, пластичність, деформації тощо).

Скелет дорослої людини складається з 206 кісток, більшість з яких з'єднані так, що можуть взаємно переміщуватися. У скелеті приблизно 150 з'єднань, більша частина яких — суглоби. У суглобах є синовіальна рідина, що виконує функцію мастила для суглобів.

Механічні властивості зв'язок і сухожилків суттєво залежать від тривалості навантаження, швидкості деформації, статі, віку, іммобілізації, умісту гормонів, характеру фізичних навантажень. Максимальна міцність сухожилків припадає на вік 21—25 років.

БІОМЕХАНІКА Й БІОХІМІЯ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

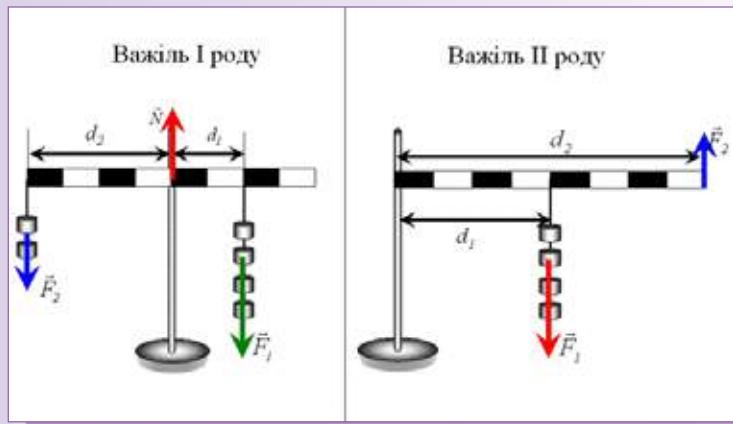
Рухи людини дуже різноманітні: за їхніми біомеханічними видами, за м'язовими зусиллями, за частотою скорочень і розслаблень.

Порівняйте рухи атлета й піаніста, балерини та вишивальниці, скейтбордиста й військового, офісного працівника та кухаря.

Різноманіття таких рухів зумовлене особливостями м'язово-скелетної системи людини. Адже скелет — це сукупність важелів, які приводять у рух м'язи.



Важелем називають тверде тіло (переважно прямий жорсткий стрижень), що має нерухому вісь обертання і до якого прикладені сили. Плечем важеля називають відстань від осі обертання до точки прикладання сили. Плечем сили називають найкоротшу відстань (перпендикуляр) від осі обертання до вектора сили або його продовження.



Мал. 11.4. Важелі

Розрізняють два види важелів (мал. 11.4). У важелі *першого роду* точки прикладання діючих сил розташовані по різні боки від точки опори на відстанях, тоді як важель *другого роду* має сили, які прикладають з одного боку від осі обертання.

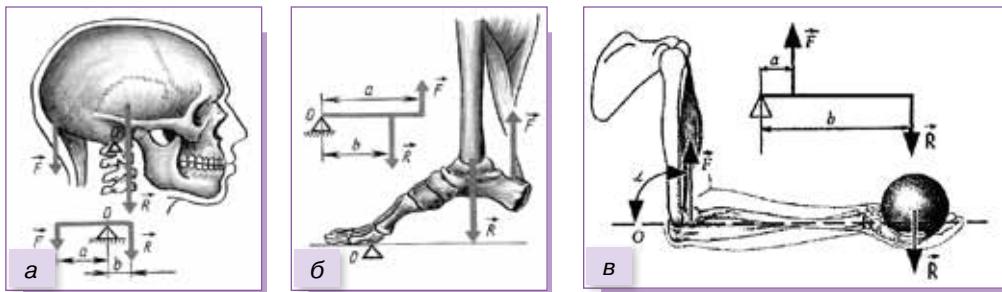


Важіль першого роду дає змогу виграти в силі й програти в переміщенні (важіль рівноваги). Важелі другого роду залежно від точки прикладання сил поділяють на важель швидкості та важель сили.

У важелі сили плече прикладеної сили довше за плече протидії. Якщо діюча сила прикладена на кінці важеля, а сила опору ближче до точки опори, то такий важель дає вигранш у силі, але програє в переміщенні. Натомість у важелі швидкості плече прикладеної сили значно коротше від плеча протидії.

Прикладами важеля першого роду в тілі людини є з'єднання хребтового стовпа з черепом людини (мал. 11.5, а) й тазостегновий суглоб. Вісь обертання важеля проходить через зчленування черепа з першим хребцем ший. Спереду від точки опори на відстані (b) діє сила тяжіння (R), яка виконує роль опору та прикладена до центра мас голови, позаду точки опори на відстані (a) — сила натягу м'язів і зв'язок (F), прикріплених до потиличної кістки. Умова рівноваги: $F \cdot a = R \cdot b$.

Прикладами важеля другого роду (мал. 11.5, б) є ступня під час підйому на пальцях. Опорою важеля (точка O), через яку проходить вісь обертання, є головки плюсневих кісток. Діюча сила літкового м'яза (F), що піднімає тіло, прикладена через ахіллесове сухожилля до п'яткової кістки. Сила тяжіння R прикладена до таранної кістки.



Мал. 11.5. Важелі нашого тіла: а) з'єднання хребтового стовпа з черепом; б) суглоб у стопі; в) ліктьовий суглоб

Прикладом важеля швидкості є ліктьовий суглоб (мал. 11.5, в). Унаслідок подолання сили тяжіння, віддаленої на значну відстань від точки опори, необхідна значно більша сила м'язів-згиначів, які прикріплені на близькій відстані від ліктьового суглоба. Точка опори розташована в ліктьовому суглобі. Сила, яку розвивають м'язи передпліччя для утримання вантажу на долоні людини — F . Сила тяжіння вантажу — R . У цьому разі переважають швидкість та обсяг рухів довшого важеля та є втрати у виконанні силових дій.

Іншим прикладом важеля швидкості є нижня щелепа. Діючу силу здійснює жувальний м'яз. Сила протидії — опір їжі, яка діє на зуб. Плече діючої сили коротше, ніж сила опору, тому жувальний м'яз короткий і сильний. Якщо треба розжувати щось тверде, людина жує кутніми зубами, бо таким чином зменшується плече сили опору.

Чим ближче місце прикріплення м'яза до точки рошення кістки (суглоба), тим швидше виконуватимуться рухи на іншому кінці важеля, і тим меншою буде сила руху. Прикладом такого механізму є м'яз плеча (біцепс, трицепс), що прикріплений відразу після ліктьового суглоба (місце його прикріплення можна промацати, якщо трохи напружити цей м'яз). З іншого боку, дельтовидний м'яз прикріплений у середній третині плеча й розвиває велику силу.

Під дією навантаження в організмі людини відбуваються деформації розтягування, стискування, згинання, кручення й зсування. Для м'яких тканин характерна деформація розтягування. Наприклад, коли людина висить на руках або тримає вантаж в опущених руках. Стискування кісток і хрящів відбувається найчастіше у вертикальному положенні тіла на опорі. У цьому разі на скелет діють, з одного боку, сила тяжіння тіла й вага зовнішніх обтяжень, а з іншого — опора. Кручення найчастіше трапляється під час обертальних рухів.

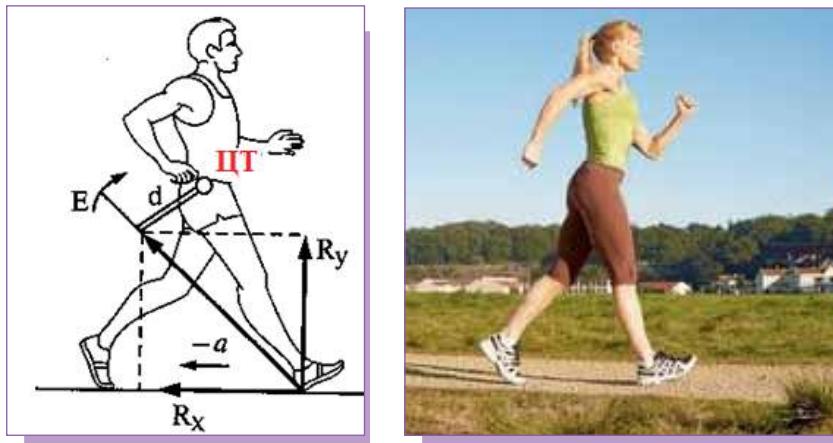
Постійна напруга скелетних м'язів зумовлена тим, що тіло людини на Землі завжди перебуває під впливом сили тяжіння — сили, з якою тіло людини притягається до Землі. Під час руху вниз сила тяжіння є силою рушійною, під час руху вгору — гальмівною, за руху по горизонталі — «нейтральною».

Сила тяжіння є постійним подразником рецепторного й вестибулярного апаратів, що забезпечують координацію рухів і збереження певного положення. У космосі сили тяжіння немає, наступає стан «невагомості», за якого важко робити звичайні для людини рухи.

У місці дотику тіла з опорою поверхнею на організм людини діє сила реакції опори, яка чисельно дорівнює силі тяжіння, але протилежна за напрямком. З механіки відомо, що доки сила тяжіння й сила реакції опори діють по одній прямій, тверде тіло зберігає стан рівноваги (або спокою). Під час рухів живого людського тіла співвідношення між силою тяжіння і силою реакції опори значно складніші. З одного боку, це зумовлене тим, що тіло людини не є твердим тілом, а являє собою рухомо сполучені між собою частини — тулу, голову і кінцівки — кожна з яких також складається з рухомих ланок (наприклад, нижня кінцівка — зі стегна, гомілки та стопи). З іншого боку, сила реакції опори передається в організмі людини від однієї ланки до іншої лише через щільні тканини, нездатні до пластичної деформації (переважно через кісткову тканину). Отже, сила реакції опори діє лише вздовж кісток скелета. З огляду на різноманіття різних положень тіла й рухів, слід визнати, що в організмі людини ці сили діють не по одній прямій.

Майже за будь-якого положення тіла на кожну з його ланок і на все тіло в цілому діє дві сили. Одна — це сила тяжіння тіла в цілому або його окремої ланки, а інша — сила реакції опори, що діє або на тіло в цілому, або на його ланку. Взаємодія цих сил зумовлює обертання однієї кісткової ланки відносно іншої. Оскільки сила тяжіння має плече відносно майже всіх суглобів, то збереження положення тіла досягається завдяки активній роботі м'язів, які протидіють силі тяжіння.

Під час ходьби, бігу, стрибків у довжину сила реакції опори спрямована до тіла під кутом від опорної поверхні й може бути розкладена за правилом паралелограма на дві складові: вертикальну й горизонтальну — силу нормального тиску й силу тертя (мал. 11.6).



Мал. 11.6. Без векторів сил не обйтися

Сила тертя — це сила, що виникає під час контакту між тілами або руху тіла. Вона діє на поверхні контакту протилежно напрямку руху. Без сили тертя неможливе будь-яке переміщення тіла.

Завдяки силі тертя можливі різні з'єднання кісток. Наприклад, шов нерухомо з'єднаних кісток черепа має численні виступи однієї кістки, які входять у відповідні заглибини іншої, щоби збільшити тертя між ними. Хрящові проміжки забезпечують утворення напіввухомих з'єднань, характерних, наприклад, для хребців.

Тертя у м'язах розігриває тіло та шкіру. Гладкі м'язи судин за нагрівання розслабляються (зменшують тонус), а у шкірі відбувається процес потіння.

Тертя м'язів або сухожилків об кістку зменшується завдяки виділенню спеціальної рідини сумками, у яких вони розташовані.

Рухомим з'єднанням кісток є суглоб, на який тертя впливає негативно. Якщо хрящова тканина перестає виробляти в потрібній кількості спеціальні речовини — хондроїтин і глюкозамін, які беруть участь у формуванні природного суглобного мастила, то виникає біль, хрускіт, відчуття скрутості в суглобах кінцівок і хребта. Потік свіжого суглобного мастила, яке надходить через суглобні ворсинки, поповнює витрачене.

Амортизація організму людини найбільше пов'язана із суглобами стопи та хрящовими прошарками хребта. Хрящові проміжки між хребцями здатні стискатися і розтягуватися. Під час стрибків і ходьби хрящі діють як амортизатори, тобто пом'якшують різкі поштовхи, оберігаючи тіло від струсу.

Завдяки м'язово-зв'язковому апарату стопа може витримувати певні навантаження. Суглоби стопи мають бути під певними кутами, інакше ви-

никає плоскостопість. У цьому разі людина відчуває вібрацію під час приземлення ніг (мал. 11.7).



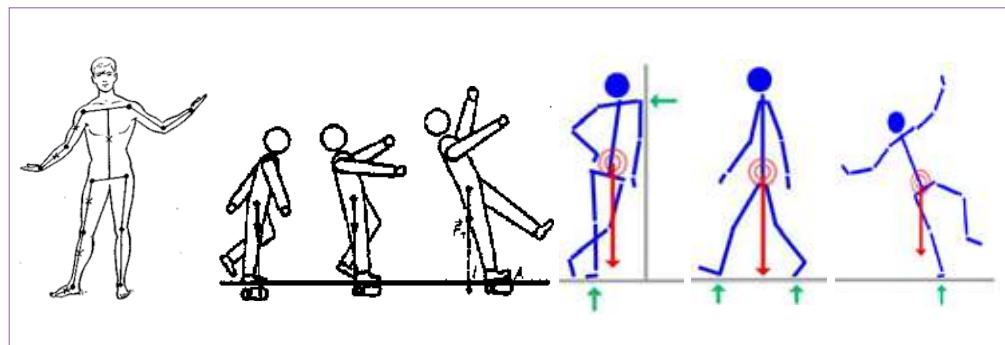
Мал. 11.7. Бережіть природні амортизатори!

Рух або рівновага людини в просторі значною мірою зумовлені розташуванням центра тяжіння тіла. У кожній частині тіла є власний центр тяжіння. З фізичних законів рівноваги сил відомо, що на тіло діє кілька паралельних сил. Для знаходження рівнодійної цих сил, що діє на все тіло, потрібно послідовно їх скласти. Точку прикладання рівнодійної сил тяжіння називають *центром тяжіння тіла*.

Рівновага — це здатність людини:

- тримати у стані рівноваги своє тіло всупереч впливу сил, які прагнуть вивести його із цього стану (статичної рівноваги);
- швидко й упевнено відновлювати стан рівноваги під час зміни положення тіла (динамічна рівновага).

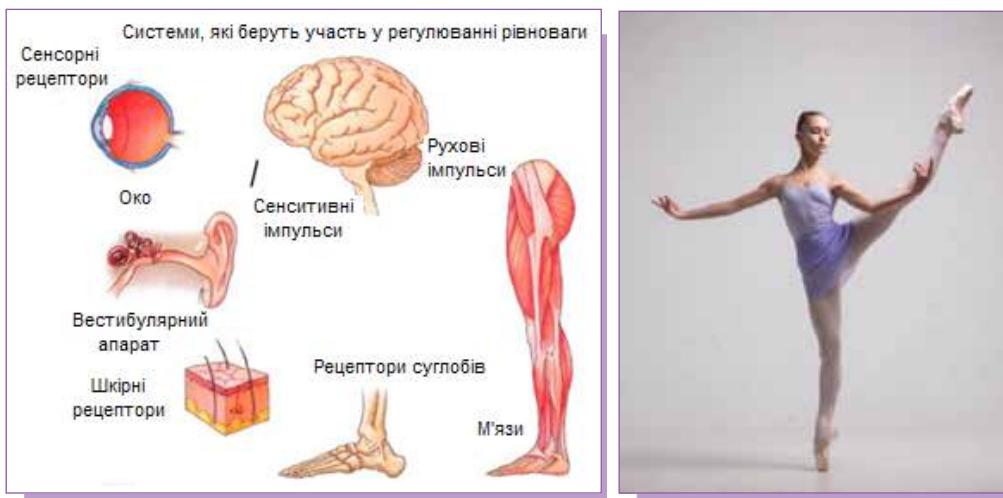
У стані статичної рівноваги тіла проекція загального центра тяжіння тіла розташована посередині площини опори. Під час ходьби, бігу, катання на ковзанах тощо динамічної рівноваги тіла досягають балансуванням, тобто перенесенням площини опори під проекцію центра тяжіння тіла, що змістилася.



Мал. 11.8. Рівновага і центр тяжіння

Умовою збереження рівноваги тіла є проходження вертикальної осі його загального центра тяжіння посередині площині опори тіла. Якщо вертикаль центра тяжіння опори виходить з площині опори, то тіло втрачає рівновагу й падає.

У підтриманні стану рівноваги тіла важлива роль належить вестибулярному апарату. Його рецепторна частина розташована у внутрішньому вусі. Унаслідок порушень функціонування вестибулярного апарату відбувається подразнення волосків чутливого епітелію, виникають імпульси, що передаються вестибулярним нервом у мозок. У процесі збереження рівноваги тіла вестибулярна система здійснює тісну взаємодію із зоровим апаратом. Обидва ці апарати (вестибулярний і зоровий) мають значні двосторонні зв'язки з мозочком. Велику роль відіграють численні рецептори м'язів, сухожилів, суглобів і шкіри, і насамперед механізми м'язового тонусу, а також проприоцептивні рефлекси. Координація всіх цих механізмів, що забезпечують рівновагу тіла, відбувається на різних рівнях нервової системи в спинному мозку, стовбурі мозку й корі великих півкуль.



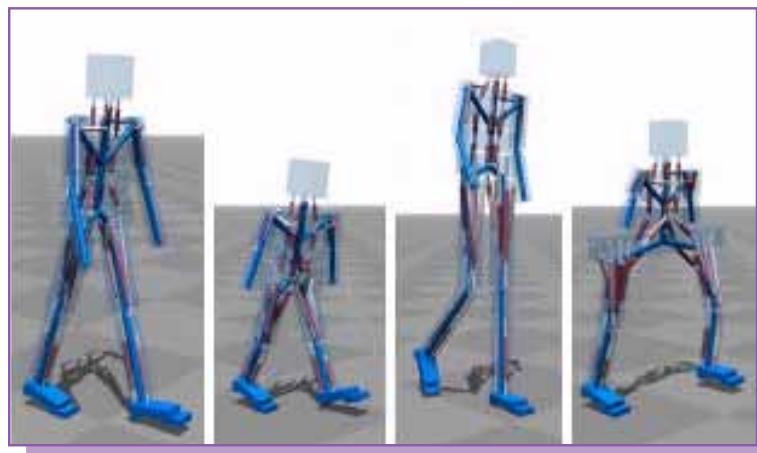
Мал. 11.9. Як забезпечується рівновага

Рівновагу тіла досліджують різними методами. Зокрема, методом *стабілографії* — реєструванням переміщень проекції загального центра тяжіння з площині опори. Рівновага тіла порушується внаслідок різних захворювань: уражень вестибулярного апарату, мозочка, спинного мозку тощо.

Участь зорового аналізатора в збереженні рівноваги тіла пов'язана, з одного боку, із забезпеченням зорового орієнтування положення тіла стосовно навколоишніх предметів, а з іншого, — із загальною дією світла як одного з найважливіших чинників, що визначають рівень активності центральної нервової системи. Після заплющування очей зростає амплітуда коливань тіла, що може призвести до явного порушення рівноваги тіла й навіть падіння. Це ілюструють еквілібрістика (канатоходіння) та балетні фуете.

За допомогою програмного забезпечення (наприклад, Make it Stand) створюють 3D-моделі з ідеальною рівновагою (мал. 11.10). На етапі проєктування є можливість змінювати конструкцію, передбачати різні види матеріалів, а прозорий результат друку принтера дає змогу побачити модель ізсередини. Такі аддитивні технології використовують у медицині для створення імплантатів (частин кісток, скелета, хрящових тканин, щелеп тощо) у протезуванні; для виготовлення техніки та зброй; у будівництві та ін.

Людина, щоби набути стійкого положення, розставляє й трохи згинає ноги. Комп'ютерне моделювання (кінематичний підхід для анімації) дає змогу симулювати рухи й рівновагу за різних умов (зросту, форми, маси, швидкості руху тіла людини чи тварини, з допоміжним обладнанням — палиці, екзоскелети тощо).



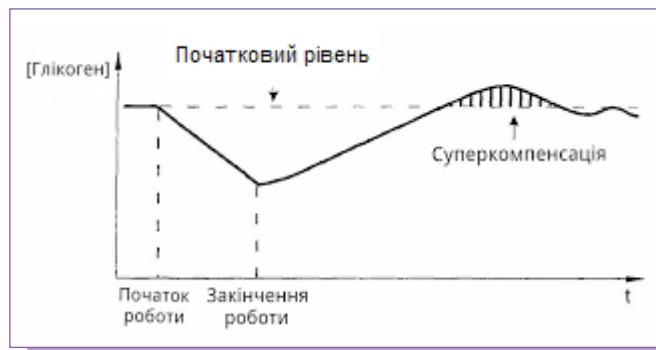
Мал. 11.10. Анімаційні моделі для симуляції рухів

З біологічного погляду спортивне тренування є процесом спрямованої адаптації (пристосування) організму до впливу фізичних навантажень. Фізичні навантаження в процесі тренування виконують роль основного подразника, який викликає адаптаційні зміни в організмі.

З біохімічних змін, які відбуваються в м'язах під впливом тренування, заслуговує на увагу збільшення вмісту скорочувального білка — міозину. Оскільки цей білок окрім скорочувальних властивостей має їй ферментативні, то в процесі тренування збільшується й здатність м'язів до розщеплення АТФ, тобто до мобілізації хімічної енергії і перетворення її в механічну енергію м'язового скорочення. Поряд зі збільшенням можливостей розщеплення АТФ під впливом тренування зростають і можливості як дихального, так і анаеробного ресинтезу АТФ у проміжках між скороченнями.

Цікавий той факт, що під час занять спортом первими «утомлюються» не м'язи, а нервові клітини, які регулюють їхню активність. Одним з видів допінгу є психостимулятори, які підвищують активність нервоївої системи, і тим самим збільшують фізичні (м'язові) характеристики спортсмена.

Оптимальне поєднання стомлення й відновлення — фізіологічна основа довгострокової адаптації організму до фізичних навантажень. З'ясовано, що в процесі відновлення, якщо попередня втома була значною, але не перевищувала можливостей організму, працездатність його не лише повертається до початкового рівня, а й підвищується і деякий час утримується на такому підвищенному рівні (мал. 11.11). Цей період назвали *суперкомпенсацією*. Саме він створює найсприятливіші умови для повторного навантаження, адже підвищена працездатність дає змогу без шкоди для організму використати збільшені навантаження.



Мал. 11.11. Графік стомлення і відновлення

Для нормального розвитку кісток зв'язок і суглобів під час занять спортом потрібно забезпечити організм необхідними мінералами й вітамінами. Вітамін С стимулює розвиток сполучної тканини зв'язок і сухожиль, а Кальцій і Фосфор надають твердості кісткам.

РУХ — ЦЕ ЖИТТЯ

У свідомості більшості людей проблема здоров'я людини здебільшого пов'язується з фізичною активністю. Для цього є досить вагомі, підтвердженні тривалою практикою підстави, сконцентровані у фразі «рух — це життя». Справді, стан здоров'я людини залежить від багатьох чинників, однак серед тієї частини процесів, якими вона може свідомо керувати, рухова активність має вирішальне значення. Усе наше життя складається з руху. Причому, чим більше ми рухаємося, тим здоровішими стаємо. Підраховано, що середній ресурс руху для людини дорівнює 10 000 кроків на добу. Проте, переважна більшість людей віддає перевагу зручним м'яким кріслам, зокрема транспортних засобів. І розплачутися за зручність доводиться своїм здоров'ям: незадіяні м'язи із часом старіють, нерозтрачені калорії перетворюються на надлишки жиру, серцевий м'яз дає збій, виникає задишка, що призводить до ще меншої кількості рухів — коло замикається. Зовсім відмовитися від транспортних засобів людина не хоче. Проте на вулицях ми частіше й частіше бачимо велосипедистів, людей на гіроскутерах, моноколесах, самокатах. Вони можуть без перешкод перейти на піший хід. До того ж цей транспорт не забруднює довкілля!!!



Мал. 11.12. Дбаймо про здоров'я і довкілля!

Рухова активність — один з найважливіших чинників формування здоров'я. Малорухливий спосіб життя негативно впливає на здоров'я, призводить до *гіподинамії* — порушення функцій організму (опорно-рухового апарату, кровообігу, дихання, травлення), яке стається через обмеження рухової активності, зниження сили скорочення м'язів.

Гіподинамія з плином часу спричиняє зміни опорно-рухового апарату: розвивається остеопороз, остеоартроз і остеохондроз. Позначається гіподинамія на серцево-судинній системі (розвивається артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця), на дихальній системі (хвороби легенів), травній системі (порушення роботи кишечника). Негаразди в ендокринній системі призводять до ожиріння. Унаслідок гіподинамії відбувається зниження сили скорочень серця і збільшується маса тіла. Окрім того, послаблюються венозні артеріальні судини, що стає причиною погіршення кровообігу. Можливі також порушення в обміні білків, вуглеводів і жирів.

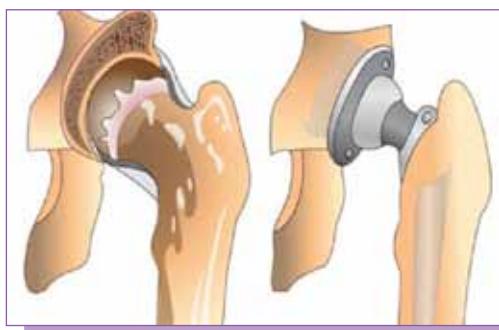
Погіршується через гіподинамію й робота головного мозку: знижується працездатність людини, її розумова активність, вона швидко стомлюється, відчуває загальну слабкість, страждає безсонням. Що стосується впливу на опорно-руховий апарат, то зменшується м'язова маса, між м'язовими волокнами виникає жировий прошарок.

Утім, занадто високий рівень фізичного навантаження (*гіпердинамія*), характерний для висококваліфікованих спортсменів, також може зашкодити здоров'ю. Виснажливі спортивні тренування перенапружують серцево-судинну систему й весь організм, порушують функції відновлення, сприяють утворенню вільних радикалів, знижують імунітет. Гіпердинамія стимулює надмірну секрецію гормонів стресу й процеси обміну речовин, що зумовлює необхідність споживання великої кількості їжі, пришвидшує процеси старіння, скорочує тривалість життя і тому не має нічого спільногого зі здоров'ям. Підтримання здоров'я на належному рівні потребує оптимальної рухової активності протягом усього життя людини.

Необережна рухова активність є причиною травм, у результаті яких можуть бути ушкоджені частини тіла.

Протезування — заміна втрачених або не зворотно пошкоджених частин тіла протезами. Протезування — важливий етап процесу реабілітації людини, яка втратила кінцівки або страждає захворюваннями опорно-рухового апарату.

Розрізняють такі основні види протезування: 1) анатомічне — виготовлення штучних кінцівок — протезів рук і ніг, зубів, очей, носа та ін., зокрема ендопротезування — імплантация штучних матеріалів (судин, суглобів) у внутрішнє середовище організму; 2) лікувальне — ортопедичні вироби (корсети, взуття, бандажі тощо). Окремим видом протезування є виготовлення слухових апаратів.



Мал. 11.13. Ендопротез, екзоскелет
(здогадалися, що означають частини слова ендо- та екзо-?)

Екзоскелети — одна з інноваційних біоінженерних технологій, яка полягає в розробці спеціальних пристрій у вигляді зовнішнього каркаса людини, завдяки яким збільшується його м'язова сила. Він повторює біомеханіку людини для пропорційного збільшення зусиль під час рухів. Така технологія дає змогу поєднувати інтелект людини й силу машини, тому що оператор стає частиною машини. Продуктивність людини в екзоскелеті посилюється в кілька десятків разів. Екзоскелети можуть використовуватися як у збройних силах, так і з терапевтичною метою — для допомоги людям із фізичними вадами, після травм і з проблемами опорно-рухового апарату. За допомогою подібних систем людина зможе переносити вантажі з великою швидкістю і орієнтуватися на незнайомій місцевості.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Які сили тертя виникають у суглобах людини?
2. Як відбувається змащування в суглобах? Чому суглоб можна вважати саморегульованою системою?
3. Чому рухова активність є важливим чинником здоров'я?



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Визначення власного центра тяжіння

Центр тяжіння — це зв'язана з твердим тілом точка, через яку проходить рівноважна сила тяжіння, що діють на всі частини тіла (за будь-якого положення тіла в просторі).

Скористаємось одним із способів визначення центра тяжіння тіла людини. Для цього потрібно лягти на підлогу або іншу горизонтальну підставку, спираючись животом на валик. Переміщаючи валик, знайти положення, за якого тіло в стані м'язового напруження буде перебувати в рівновазі. Точка опори в цьому випадку і вкаже положення центра тяжіння тіла людини.



Мал. 11.14. Спробуйте визначити свій центр тяжіння

Запропонуйте інший спосіб експериментального визначення центра тяжіння тіла людини.

Визначення площі поверхні й об'єму власного тіла

Щоб визначити об'єм власного тіла, уявімо себе Архімедом. Для цього потрібно набрати у ванну води й зафіксувати її рівень (олівцем, тоненькою клейкою стрічкою тощо). Зануритись повністю у воду й зафіксувати новий рівень води. Вилізти з ванни. Визначити об'єм витісненої рідини доливаючи її за допомогою відра відомого об'єму до нового позначення. Визначений об'єм води в літрах переведіть у m^3 . Це і буде об'єм вашого тіла.

Якщо занурювалися не повністю (без голови), то можна приблизно розрахувати об'єм, вважаючи її кулею.

Визначте масу свого тіла за допомогою терезів. Обчисліть густину свого тіла. Порівняйте її з табличними значеннями інших речовин.

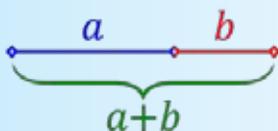
Запропонуйте спосіб визначення площі поверхні власного тіла.

Визначення пропорцій тіла (золотий переріз)

Видатний художник, архітектор, інженер, скульптор та астроном епохи Відродження Леонардо да Вінчі на одному зі своїх малюнків зобразив людину у центрі Всесвіту, тим самим показав, як використовується математика, а саме золотий переріз, для зображення ідеальних пропорцій тіла. Саме він увів термін «золотий переріз» у XV столітті, суть якого полягає в тому, що дві величини утворюють **золотий перетин**, якщо співвідношення їх суми і більшої величини дорівнює співвідношенню більшої і меншої.



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА



Ця умова має єдиний додатний розв'язок: відношення цілого відрізка ($a + b$) до більшої частини (a) дорівнює приблизно 1,6.

Стародавні греки вважали, що прямокутники, довжини сторін яких утворюють відношення золотого перерізу, найприємніші для ока. Портрет Мони Лізи Леонардо да Вінчі базується на властивостях золотого перерізу.



Мал. 11.15. Як виник «золотий переріз»

У 1855 р. німецький дослідник золотого перетину професор Цейзінг виконав колосальну роботу. Він зміряв близько двох тисяч людських тіл і дійшов висновку, що золотий перетин виражає середній статистичний закон. Ділення тіла точкою пупа — найважливіший показник золотого перетину. Пропорції чоловічого тіла коливаються в межах середнього відношення $13 : 8 = 1,625$ і дещо більше підходять до золотого перетину, чим пропорції жіночого тіла, відносно якого середнє значення пропорції виражається у співвідношенні $8 : 5 = 1,6$.

Перевірте пропорції власного тіла.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Якими би були параметри вашого організму, якби ви жили на Місяці?
- Роль вестибулярного аналізатора людини у здійсненні функції рівноваги тіла у стані спокою й під час руху.
- Збереження рівноваги тіла під час виконання фізичних вправ.
- Вплив зайвої ваги на постать людини під час ходи та рівноваги.
- Рівновага й рух на велосипеді.
- Відмінність у рівновазі й руках малої дитини і дорослої людини.
- Балансувальна функція стопи людини.
- Скандинавська хода з палицями.
- Збереження рівноваги під час стрибка й приземлення.
- Можливості людини: спортивні рекорди, унікальні можливості людини із Книги рекордів Гіннеса.
- Йога — мистецтво рівноваги.

ЛЮДИНА



Д. 12. У ЗДОРОВОМУ ТІЛІ...

Ви, можливо, неодноразово чули про навички й компетентності ХХІ століття, про те, які вміння будуть найзатребуванішими в майбутньому. Але до того ж поза увагою залишається найголовніше вміння — уміння підтримувати здоров'я, тобто створювати такі умови, за яких організм як система, що здатна до саморегулювання й самовідновлення, зможе нормалізувати функції органів і систем, за необхідності активізувати відновлення тканин, забезпечуючи в такий спосіб процеси життєдіяльності організму.

Здоров'я — це ще не все, але все без здоров'я — ніщо.

Сократ

ВИ НАВЧИТЕСЯ

Знати й розуміти: складові здоров'я; види та чинники ризику для життя й здоров'я; причини хвороб; шляхи проникнення інфекцій; симптоми основних захворювань.

Розрізняти: фізичне, психічне й моральне здоров'я людини.

Порівнювати: хвороби цивілізації, їхні причини та наслідки; найпоширеніші інфекційні та неінфекційні захворювання; збудників хвороб; шляхи проникнення інфекцій.

Пояснювати вплив на здоров'я способу життя, чинників екологічної, соціальної інформаційної небезпеки; шкідливий вплив наркотичних речовин на організм людини; узаемозв'язок між здоров'ям і хворобою.

Уміти здійснювати експрес-оцінку та моніторинг здоров'я.

Наводити аргументи на користь здорового способу життя.

Усвідомлювати сучасне наукове розуміння феномену здоров'я людини; складність проблеми здоров'я людини й відповідальність людини за своє здоров'я як особисте і суспільно значуще.

ЩО ТАКЕ ЗДОРОВ'Я?

Поняття «здоров'я» спочатку пов'язували лише з фізичним станом людини. Сучасне уявлення про здоров'я спирається на знання, яких набуває людство завдяки розвитку таких наук, як біологія, фізіологія, імунологія, психологія, хімія, фізика тощо. Розвиток суспільства й успіхи наук зумовили те, що поняття «здоров'я» набуло нового змісту. До поняття «здоров'я» додали моральний, інтелектуальний, емоційний, соціальний та інші складники, що разом утворюють єдиний комплекс здоров'я людини (мал. 12.1).



Мал. 12.1. Здоров'я і його складники

Розгляньмо її проаналізуємо різні тлумачення терміна «здоров'я». Яке з них найближче за сприйняттям вам?

Уважають, що здоров'я — це нормальний стан організму, якому властиві оптимальна саморегуляція, повна узгодженість за функціонуванням всіх органів та систем, рівновага між організмом і зовнішнім середовищем, немає хворобливих проявів. Тому основною ознакою здоров'я є здатність до значної пристосованості організму до впливів різноманітних чинників зовнішнього середовища. Завдяки цьому здоровий організм може витримувати значні фізичні та психічні навантаження, не тільки пристосовуючись до дії екстремальних факторів зовнішнього середовища, а й повноцінно функціонувати в цих умовах. Здоров'я розглядають і як здатність організму активно та повноцінно пристосовуватися до змін оточення. Говорять, що здоров'я — це здатність організму перебувати в рівновазі з оточенням.

Багато хто з учених розглядає здоров'я як форму життедіяльності організму, яка забезпечує йому необхідну якість життя й максимально можливу за таких умов його тривалість. Здоров'я людини у цьому разі роз-

глядають як сукупність можливостей людини. Завдаючи шкоди своєму здоров'ю, людина відмовляється від певних життєвих перспектив.

Зрозуміло, що здоров'я — це похідне від численних впливів на організм, зокрема природно-кліматичних, соціальних, виробничих, побутових, психологічних чинників, способу життя тощо. Тому вважають, що здоров'я — це функціональний стан організму людини, який забезпечує тривалість життя, фізичну й розумову працездатність, достатньо високий рівень самопочуття, а також відтворення здорового потомства.

Стан здоров'я не є чимось статичним. Це динамічний процес, а отже, стан здоров'я може поліпшуватися або погіршуватися. Кожна людина — це відкрита динамічна система, тому є широкий діапазон поняття «здоров'я» — від абсолютноного здоров'я до граничних з хворобою станів.

ВІД ЧОГО ЗАЛЕЖИТЬ НАШЕ ЗДОРОВ'Я?

Від багатьох чинників, які можна поділити на природні, соціальні й економічні (мал. 12.2).



Мал. 12.2. Чинники, що впливають на здоров'я

Серед різноманітних чинників навколошнього середовища, які впливають на здоров'я населення, найбільш очевидним є мікробний, що має величезне значення у виникненні *інфекційних захворювань*. Специфічний збуджувач у навколошньому середовищі, елементами якого є не тільки повітря, вода, ґрунт, харчові продукти, а й рослини та тварини, є обов'язковою умовою поширення захворювання.



КЛАСИФІКАЦІЯ ІНФЕКЦІЙНИХ ХВОРОБ

Групи захворювань	Найменування захворювань	Шляхи передачі інфекції
Інфекції дихальних шляхів	Грип, ГРЗ, дифтерія, кір, кашлюк, туберкульоз, ангіна, натуральна віспа	Повітряно-крапельний
Кишкові інфекції	Дизентерія, черевний тиф, холера, інфекційний гепатит, поліоміеліт, сальмонельоз, лямбліоз, токсоплазмоз	Через продукти споживання, воду, ґрунт, брудні руки, предмети побуту, мух
Кров'яні інфекції (трансмісівні)	Маллярія, сипний тиф, кліщовий енцефаліт, чума, туляремія, лейшманіоз	Через укуси кровосисних перенощиків – комарів, кліщів, блох, вошів, москітів
Інфекції зовнішніх покривів	Праве́ць, короста, сибірська виразка, сказ, герпес	Переважно контактний

Класифікація інфекційних хвороб (за Л. В. Громашевським¹)

Групи захворювань (інфекцій)	Назви захворювань	Шляхи передавання інфекції
Дихальних шляхів	Грип, ГРЗ, дифтерія, кір, кашлюк, туберкульоз, ангіна, вітряна віспа	Повітряно-крапельний
Кишкові	Дизентерія, черевний тиф, холера, інфекційний гепатит, поліоміеліт, сальмонельоз, лямбліоз, токсоплазмоз	Через харчові продукти, воду, ґрунт, брудні руки, предмети побуту, мух
Кров'яні	Маллярія, сипний тиф, кліщовий енцефаліт, чума, туляремія, лейшманіоз	Через укуси кровосисних перенощиків – комарів, кліщів, блох, вошів, москітів
Зовнішніх покривів	Короста, сибірська виразка, герпес	Переважно контактний

Мал. 12.3. Мікроби як збудники хвороб

Інша назва інфекційних хвороб — заразні. Вони відомі з давніх часів (мал. 12.4).

Підготуйте стисле повідомлення про найстрашніше епідемії середньовіччя і наших часів.

¹ Левко Васильович Громашевський, 1887–1980, Україна.



Мал. 12.4. а — Святий Себастьян молиться за жертв Юстиніанової чуми, 1499¹;
б — Св. Макарій Гентський причащає під час чуми, 1673²; в — Чума в Ашдоді³

Досягнення науки й медицини сьогодні допомагають нам виявляти хвороби й боротися з ними ефективніше, ніж будь-коли протягом історії людства. Учені-медики винайшли багато антибіотиків і вакцин — могутню зброю проти хвороб і мікробів, які їх спричиняють. Так удалося ліквідувати натуральну віспу та знизити рівень захворюваності на деякі інші інфекційні хвороби, зокрема поліоміеліт, кір, краснуху.

¹ Іос Ліферінкс, кінець XV ст., Франція.

² Ван ост молодший, Якоб, 1637–1713, Голландія.

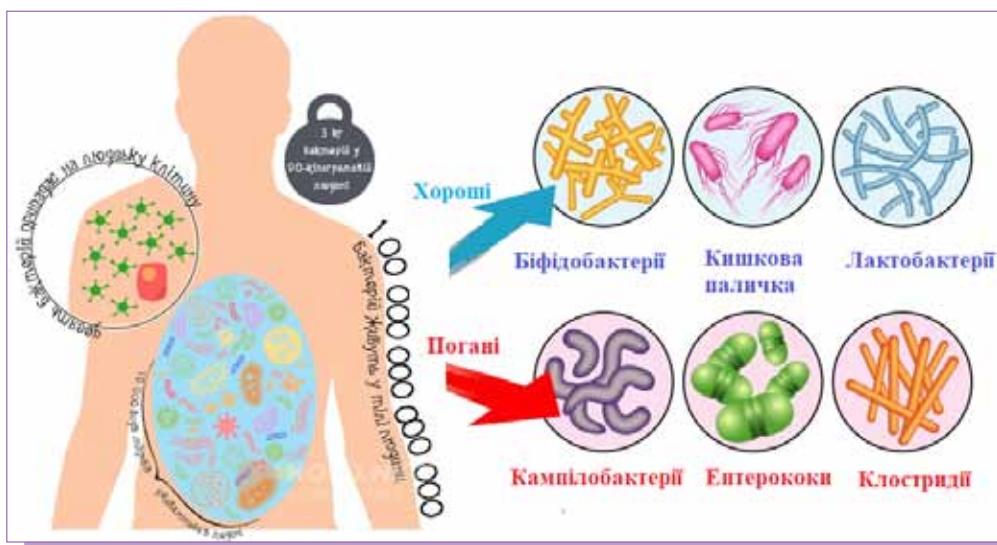
³ Нікола Пуссен, 1594–1665, Італія.

Однак дотепер є понад 1500 заразних хвороб, які можуть стати причиною смерті, інвалідності та тимчасової втрати працездатності. Виокремлюють чотири групи інфекційних хвороб людини (мал. 12.3).

Інфекційним хворобам властиві такі ознаки: специфічний збудник, інкубаційний період, заразливість, циклічність клінічного перебігу, вироблення імунітету до повторного зараження.

Інфекційні хвороби вражають людей, тварин, рослин. Збудниками можуть бути представники різних царств і груп від найпримітивніших до складних: віруси, мікоплазми, хламідії, рикетсії, бактерії, спірохети, мікроскопічні гриби та ін.

Але є і корисні мікроби. Доведено, що в організмі людини міститься понад 10 тис. видів різних мікроорганізмів. На одну клітину людського тіла їх припадає десять. У тілі однієї людини живе сто трильйонів бактерій! Тобто маса бактерій у тілі людини масою 90 кг становить 3 кг (мал. 12.5). З'ясовано, що на один ген людини припадає сотня генів мікробів! До того ж мікробні гени є важливим доповненням до людських генів, адже активно «працюють» у нашому організмі й забезпечують синтез необхідних ферментів і речовин. Тож умовно ми генетично на 99 % — мікрофи, а наших генів в організмі — лише 1 %! Саме відтоді науковці змінили назву «мікрофлора» на глибше поняття «мікробіом» і запропонували людське тіло розглядати як «суперорганізм» або «надорганізм».



Мал. 12. 5. Наші мікроскопічні «друзі» і «вороги»

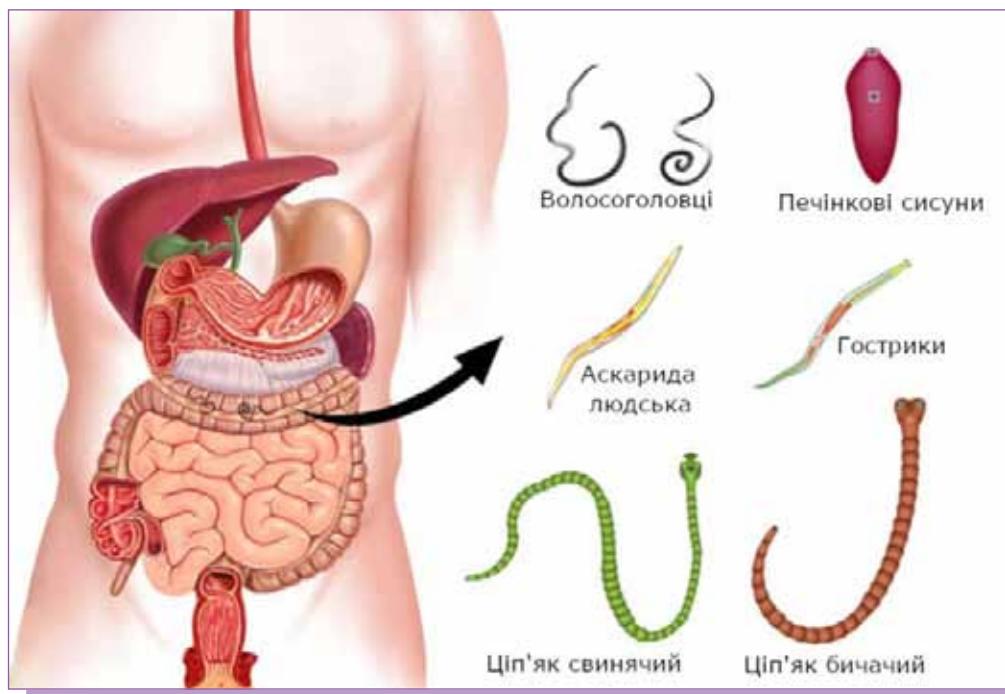
Біфідобактерії допомагають регулювати рівень інших бактерій у кишечнику й підвищують імунну відповідь патогенам. Попереджують утворення пухлин і продукують вітаміни. Деякі штампи кишкової палички заселяють кишечник і продукують вітаміни, відіграють важливу роль у згортанні крові. Лактобактерії також продукують вітаміни й мікроелементи, підвищують імунітет.

Кампілобактерії потрапляють в організм із зараженою їжею і викликають симптоми гострої кишкової інфекції. Ентерококи — причина післяопераційних запалень. Клостридії — найнебезпечніші. Вони виробляють отруту — ботулотоксин.

Недарма говорять, що «кишечник — другий мозок людини». У процесі життєдіяльності мікроорганізми виділяють речовини, подібні до тих, що регулюють активність клітин головного мозку, так званих нейромедіаторів. Ці речовини всмоктуються через кишечник у кров, потім з током крові потрапляють у головний мозок, стимулюють його клітини й у такий спосіб змінюють наші відчуття, бажання, емоції. Якщо ви хочете відмовитися від тістечок, то мікроби, які ними живляться, — цього не хочуть, їх виділяють біологічні речовини, які, потрапивши до вас у мозок, змушують вас думати про ці смаколики.

Тепер розлади мікрофлори, так звані дисбактеріози, розглядають як одну з причин поганого настрою, депресії, розумового розвитку дитини й навіть таких захворювань, як аутизм і нейродегенерація. Кожен з нас разом зі своїми власними бактеріями утворює унікальну екосистему. Від правильної роботи цієї екологічної системи людського тіла й залежить переважно фундамент її здоров'я.

До інфекційних належать також паразитарні (інвазійні) захворювання, спричинювані найпростішими, гельмінтами та членистоногими — малярією, амебіаз, аскаридоз, коросту тощо.



Мал. 12.6. Непрохані гости — паразити

Як тут не згадати страшні історії про півтораметрові солітери, що виходили з організмів любителів суші. Не найприємніша тема для розмови, але ми маємо знати своїх ворогів в обличчя (мал. 12.6). Паразит — це організм, який живе й живиться завдяки організму господаря на шкоду йому. Тобто це гості, які засиділися і яким вже не раді. Але найстрашніше в цій ситуації те, що їх не так вже просто помітити. А надто, що хвороботворні паразитичні організми є найпоширенішою формою життя на Землі.

Загальноприйнята класифікація передбачає поділ паразитичних організмів на три великі групи:

- ектопаразити — це ті, що паразитують зовні, на шкірі або у волоссі (воші, кліщі);
- найпростіші одноклітинні організми. У тілі людини можуть паразитувати представники саркодових, жгутиконосців, війкових інфузорій і споровиків;
- група глистів (гельмінтів).

Паразити можуть впливати на організм людини або тварини по-різному: спричиняти механічне подразнення, ушкодження тканин або органів, отруювати продуктами свого обміну, викликати алергічні реакції в організмі тощо. Паразити також можуть сприяти проникненню і накопиченню мікроорганізмів — збудників інфекційних хвороб у місцях вторгнення їх у тканини.

Потрапити в організм людини паразити можуть безліччю способів:

- через заражену яйцями глистів водою або ґрунтом;
- через недостатню термообробку заражених продуктів (м'яса і риби);
- через погано вимиті овочі та фрукти;
- під час контакту з тваринами.

Профілактика інфекційних й інвазійних хвороб людей передбачає здійснення оздоровчих заходів на державному рівні:

- поліпшення добробуту населення і якості медичної допомоги, санітарний контроль тощо;
- проведення медичних заходів, спрямованих на зниження захворюваності та ліквідацію деяких хвороб (раннє виявлення і ізоляція хворих, дезінфекція, дезінсекція, дератизація, застосування вакцин тощо);
- пропагування санітарних знань і підвищення культури населення;
- попередження про занесення інфекційних хвороб з інших країн.

З метою профілактики зараження гельмінтозами необхідно:

- дотримуватися правил особистої гігієни;
- уживати м'ясо тварин, яке пройшло ветеринарну експертизу та термічну обробку;
- ретельно промивати овочі, фрукти, зелень;
- роздільно обробляти сиру та варену продукцію;
- ретельно мити руки з мілом після відвідування громадських місць, по закінченні земельних і садово-городніх робіт;
- періодично здійснювати обстеження на яйця гельмінтів.

У процесі життєдіяльності людина неминуче вносить у навколошне середовище певні зміни, які стосуються як хімічного й біологічного стану

довкілля, так і умов існування людини. Сучасне промислове виробництво забруднює довкілля газоподібними, твердими відходами, тепловими викидами, електромагнітними полями, ультрафіолетовими, інфрачервоними, вібраакустичними та йонізувальними випромінюваннями, радіоактивними речовинами (мал. 12.7).



Мал. 12.7. Забруднене довкілля — причина хвороб

Негативний вплив чинників забрудненого середовища на організм людини може проявлятися у вигляді запалення, дистрофічних змін, алергічного стану, порушення в розвитку плода й пошкодження спадкового апарату клітини. Наприклад, 70–80 % усіх випадків раку викликані дією хімічних канцерогенів. Уже тепер майже в 4 % новонароджених виявлено генетичні дефекти, які стають причиною виражених спадкових захворювань.

ХВОРОБИ ЛЮДИНИ

У цьому й попередніх розділах ми розглядали причини й наслідки різних порушень (переривань, зупинок) функцій людського організму (роботи систем або органів) — хвороби. Узагальнюмо визначення. Хвороба — це порушення нормальної життєдіяльності організму внаслідок дії на нього пошкоджувальних чинників, у результаті чого знижуються пристосувальні можливості. У хворобі співіснують два протилежні процеси: перший — це фізіологічний опір хворобі, другий, власне патологічний, — злам. Боротьба між цими процесами й створює хворобу.

Різноманітні пошкодження і пристосувальні реакції під час хвороби проявляються різними відхиленнями життєдіяльності від норми. Ці прояви хвороби називають симптомами, а сукупність симптомів, що характер-

ризують хворобу, — синдромом. У перебігу хвороби виокремлюють чотири періоди:

- 1) латентний (прихований, інкубаційний);
- 2) продромальний;
- 3) період розпалу;
- 4) завершальний період.

Кінець хвороби може бути таким: одужання (повне й неповне), рецидив, перехід у хронічну форму, смерть.

Причини хвороб можуть бути зовнішніми (екзогенними) і внутрішніми (ендогенними). Екзогенні хвороботворні причини — це численні зовнішні фізичні, хімічні, біологічні, психогенні, патогенні дії. До ендогенних хвороботворних причин належать генетичні чинники й особливості організму.

Скільки і яких є хвороб? Відповідь на це запитання шукають у Всесвітній організації охорони здоров'я (ВООЗ). Натепер використовують міжнародну класифікацію хвороб (ICD) — це найповніший і найсистематизованіший перелік відомих і визнаних доказовою медициною хвороб і станів. Ним користуються медики, страхові компанії, його застосовують у системі охорони здоров'я для прийняття рішень по всьому світу. У цьому списку 21 розділ, кожен з яких містить підрозділи з кодами хвороб і станів:

I. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби.

II. Новоутворення.

III. Хвороби крові, кровотворних органів й окремі порушення, які включають імунний механізм.

IV. Хвороби ендокринних систем, розлади харчування й порушення обміну речовин.

V. Психічні розлади й порушення поведінки.

VI. Хвороби нервової системи.

VII. Хвороби ока і його апарату.

VIII. Хвороби вуха та соккоподібного відростка.

IX. Хвороби системи кровообігу.

X. Хвороби органів дихання.

XI. Хвороби органів травлення.

XII. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини.

XIII. Хвороби кістково-м'язової системи й сполучної тканини.

XIV. Хвороби сечостатевої системи.

XV. Вагітність, пологи та післяпологовий період.

XVI. Окремі стани, які виникають у перинатальний період.

XVII. Вроджені аномалії (вади крові), деформації і хромосомні порушення.

XVIII. Симптоми, ознаки й відхилення від норми, виявлені під час клінічного й лабораторного оглядів як некласифіковані в інших рубриках.

XIX. Травми, отруєння і деякі інші наслідки дії зовнішніх чинників.

XX. Зовнішні причини захворюваності та смертності.

XXI. Чинники, які впливають на стан здоров'я населення і частоту звертання в заклади охорони здоров'я.

Варто зазначити, що МКХ не є остаточною. Розвиток науки й медицини зумовлює внесення змін.

Деякі з хвороб уже стали музеїними експонатами. Найстаріший в Україні музей хвороб людини заснований при Патолого-анатомічному Інституті медичного факультету Львівського університету (мал. 12.8).



Мал. 12.8. Музей хвороб людини у Львові



Музей хвороб людини заснував 1896 року професор-патологанатом Андрій Обжут (1854–1910, Прага, Львів). Кілька експонатів він привіз з Карлового університету з Праги. Деяким понад 150 років — це колекції пухлин очей, цирозу печінки, патології новонароджених. У музеї є архів протоколів розтинів столітньої давності. Зараз колекцію музею поповнюють тілами померлих після розтинів в моргу, що поруч. Саме наочний приклад як найліпше демонструє вплив шкідливих звичок на організм людини.

Прокоментуйте напис латинською мовою біля входу до Музею хвороб людини «Мертві допомагають живим»

Серед переліку вам не трапився такий розділ, як *хвороби цивілізації*, проте цей вислів досить поширеній. Ідеється про хвороби людини, спровоковані наслідками науково-технічної революції, індустріалізації й урбанізації. Причинами їх є постійне й усе зростаюче забруднення навколошнього середовища, зменшення ареалу природних біогеоценозів, агломерація в містах, психосоціальні навантаження, зловживання психотропними засобами, інтенсифікація праці, збільшення кількості, складності та різноманіття подразників і їхніх впливів, малорухливий спосіб життя тощо.

Характерні хвороби цивілізації: серцево-судинні, онкологічні, психічні, ендокринні, метаболічні, хвороби травної (гастрити, виразки) і дихальної систем (мал. 12.9).



Мал. 12.9. Хвороби цивілізації: рак, серцево-судинні, ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарда, атеросклероз, інсульт, ожиріння, остеопороз, артеріальна гіпертензія, порушення гормонального балансу, зниження імунітету, алергічні хвороби, ураження нирок, травми, суїциди, отруєння, цукровий діабет, депресії

Протягом останніх десятиліть ці хвороби помолодшали й часто трапляються вже в людей після 30 років.

Багато хвороб цивілізації зумовлені надлишковим харчуванням. В епоху цивілізації значна частина людства перейшла до багатого харчування без природних раніше періодів голодування і значних витрат м'язової енергії. До того ж організм постійно виробляє велику кількість інсуліну, за сигналом якого жирова тканина приймає надлишок жирів і вуглеводів. Та коли клітини постійно перевантажені, вони втрачають чутливість до інсуліну. Інакше кажучи, «двері складів зачинені, оскільки склади перевнені». Ця природна захисна реакція клітин призводить до цукрового діабету II типу. Отже, жирова тканина більше не приймає ліпіди. Куди ж їм подітися? Одне з найбільш підходящих місць — стінки артерій, де ліпіди відкладаються у вигляді бляшок і призводять до серцево-судинних захворювань.

Рак, діабет, серцево-судинні захворювання, психічні розлади та хронічні обструктивні захворювання легень є головною причиною смертності в Україні.

У ХХ столітті «чумою» як найнебезпечнішою і неконтрольованою хворобою називали СНІД. У нинішньому столітті це «звання» закріпилося за онкологічними захворюваннями.

Четвертого лютого відзначають Всесвітній день боротьби проти раку. Онкопатології — це друга з основних причин смертності у світі після серцево-судинних захворювань. В Україні понад мільйон онкохворих паці-

ентів, щодня реєструють 373 нові випадки захворювання і щодня 164 людини помирає від раку (майже половина). Ризикує захворіти кожен 4-й чоловік і кожна 6-та жінка. Половину від кількості людей, у яких виявляють рак, становлять особи працездатного віку. Понад 30 % пухлин виявляють уже на останніх стадіях. Кожний 3-й пацієнт помирає протягом року. Проте, за даними ВООЗ, 30–50 % онкологічних захворювань можна попередити. Тому з'ясуймо, що потрібно знати про рак.

Терміном «рак» історично та в простонародді прийнято називати будь-які злюйкісні новоутворення незалежно від їхнього тканинного походження і будови. Зазвичай це твердження не є точним або взагалі не є правильним. Тому доцільніше використовувати таке поняття як «злюйкісний процес», «злюйкісне новоутворення», або «злюйкісна пухлина» — це неконтрольоване розмноження змінених (атипових) клітин із проникненням в інші тканини (інвазія), руйнуванням їх (деструкція) і зазвичай метастазуванням. Залежно від типу тканини, клітини якої перетворилися на злюйкісні, розрізняють найбільш поширені: рак, саркому, лімфому, меланому тощо.

Розділ медицини, що вивчає добряйкісні і злюйкісні новоутворення (пухлини), механізми та закономірності їхнього виникнення і розвитку, їхню діагностику та лікування, називають **онкологією**.

Найпоширеніші в Україні випадки захворюваності — це рак молочної залози серед жінок, рак легень і передміхурової залози — серед чоловіків. А здебільшого — і в чоловіків, і в жінок — часто діагностують рак товстій кишки. Смертність від нього — на 2-му місці поміж інших онкологічних захворювань.

Аналіз захворюваності та смертності від раку, проведений ВООЗ, свідчить про те, що значну роль у розвитку онкологічного захворювання відіграє старіння й спадковість, однак понад 45 % смертей пов’язані із впливом чинників довкілля, палінням і зловживанням алкоголем, а також контактуванням з такими речовинами, як азбест, бенzen, анілінові барвники, гербіциди та пестициди, і дією сонячного або йонізованого (радіаційного) опромінення. У розвитку онкологічної патології має значення харчування, що містить велику кількість тваринних жирів, натрій хлориду, простих вуглеводів, консервантів або хімічних барвників, уживання технологічно обробленої, копченої, консервованої, смаженої їжі.

У розвитку злюйкісного процесу (пухлини) виокремлюють чотири стадії: на початковій стадії пухлина зазвичай невеликого розміру та не виходить за межі тієї тканини, з якої утворилася. У подальшому вона збільшується, проростає в навколоишні тканини та лімфатичні вузли, і на четвертій стадії виявляють метастази в інших органах. Метастаз — вторинне розповсюдження злюйкісних клітин основної пухлини в інші органи (наприклад, у легені, печінку, кістки, лімфовузли тощо) з їхнім подальшим ростом.

Лікування онкологічних захворювань найрезультативніше на ранніх стадіях. Саме тому надзвичайно важливо проходити регулярні профілактичні огляди та стежити за власним здоров’ям.

У 40 % випадків рак можна попередити профілактичними заходами. Поради дуже прості (мал. 12.10). Виконання їх зменшить імовірність виникнення захворювання.



ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ

За результатами досліджень, здійснених найавторитетнішими науковими центрами різних країн, здоров'я людини залежить:

- на 8–10 % від медицини,
- на 15–20 % — від стану довкілля,
- на 18–20 % — від біологічних чинників (спадковості),
- на 20–40 % — від економічних чинників,
- а вирішальним чинником є спосіб життя людини (за різними оцінками — на 50–58 %).

Саме спосіб життя є найпотужнішим фактором, що визначає здоров'я людини. Окрім того, здоровий спосіб життя здатен значною мірою нівелювати негативний вплив інших чинників, знижуючи ризик захворюваності через несприятливу спадковість або екологію, зменшуючи імовірність виникнення захворювань.

Кожна людина може й повинна впливати на своє життя, боротися зі складними життєвими обставинами. Люди, яким природа не подарувала міцного здоров'я, завдяки здоровому способу життя можуть бути працездатніми.

датними й успішними, створювати сім'ї, народжувати дітей. Здоров'я можна підтримувати та зміцнювати, ставлячись до нього розумно, не ризикуючи ним і не витрачаючи на сумнівні експерименти. Здатність здоров'я змінюватися й поліпшуватися завдяки здоровому способу життя є феноменом здоров'я.



Мал. 12.11. а — життя без обмежень — кредо Ніка Вуйчича (у нього рідкісна патологія — тетраамелія); б — п'ятиразова чемпіонка світу з танців на інвалідних візках Ілона Слуговіна, Україна; в — знайомтеся, це Мама Цакс. У віці 14 років у неї діагностували рак. У 17-річному віці — ампутували праву ногу. Попри все Мама Цакс стала модним блогером і моделлю. ЇЇ запрошують на Тижні моди, вона бере участь у дефіле, фотографи стріт-стайлу полюють на її модні образи; г — воїни АТО — сильні й непереможні — займаються кросфітом і беруть участь у Грі героїв

Найважливіші чинники здоров'я і, відповідно, напрями оздоровчого впливу такі: рухова активність, харчування, ендоекологія (забруднення внутрішнього середовища організму), дихання, загартування, звички, психоемоційна активність, морально-вольові, ціннісно-мотиваційні та духовні якості.

Стан здоров'я людини залежить від багатьох чинників, однак серед тієї частини процесів, якими може свідомо керувати сама людина, *рухова активність* має вирішальне значення. На жаль, людство недооцінює можливості простих і доступних природних методів оздоровлення — таких, як фізичні вправи. Згідно зі статистикою, майже 70 % населення в Україні взагалі не займається фізкультурою. Різке зниження рухової активності є побічним ефектом науково-технічного прогресу й автоматизації побуту. Так виникла хвороба цивілізації — гіподинамія, тобто недостатній рівень фізичних навантажень, зменшення інтенсивності й обсягу рухів у процесі життедіяльності.

Працюючи, утомлюючись і відновлюючись, увесь організм піднімається навищий функціонально-енергетичний рівень. Яскравим прикладом цього є розвиток силових якостей і нарощування м'язової маси в тих, хто займається атлетичними вправами.

Цікаво, що на початку ХХ століття позиція фізіології стосовно проблеми працездатності та фізичних вправ була діаметрально протилежною. Відомий фізіолог Макс Рубнер (1854–1932, Німеччина) стверджував, що фізичні навантаження, викликаючи втому, виснажують енергетичний потенціал організму, і тому, щоб бути працездатним, слід берегти сили й не втомлюватися. Видатний учений не побачив цілющого впливу відновлювальних процесів після втоми. Здоров'я і працездатність людини тісно пов'язані зі стимуляцією відновлювальних процесів. Найефективнішим природним способом їхньої стимуляції є втома після фізичних навантажень.

Однак лише фізичне тренування не зможе забезпечити достатніх резервів здоров'я без *оздоровчого харчування*. Немає такої проблеми зі здоров'ям, на яку певною мірою не впливало б харчування. Їжа за умови правильного використання стає ефективними ліками, які здатні не лише запобігти хворобі, а й позбутися її без побічних негативних ефектів. Вони сприяють підвищенню потенціалу захисних сил, збільшенню резервів здоров'я людини, а за неправильного використання справляють руйнівний вплив і можуть стати причиною будь-якого захворювання.

Деякі вчені давнини взагалі відкидали будь-яку лікарську терапію, надаючи перевагу лікувальному харчуванню і фізіотерапії. Серед них відомий римський лікар Асклепіад (128–56 рр. до н. е.), якого вважають засновником науки лікувального харчування (діетології). До речі, слово «дієта» походить від грецького діаліта й означає раціональний спосіб життя — широке поняття, яке охоплює не лише харчовий раціон, як заведено вважати, а й систему навантажень.

Сучасні дослідження свідчать, що крім поживних речовин їжа має ще й інформаційно-енергетичну цінність, яка є найважливішою характеристикою харчових продуктів з огляду на їхній оздоровчий вплив. Будь-яку рослину можна розглядати як концентрат інформації, яка записується на її структурах із навколошнього середовища й регуляторно впливає на людський організм, тому найцінніші вітаміни, мікроелементи й інші біологічно активні речовини (а також інформацію, енергію і речовину) міс-

тять лише продукти природного походження. Проте сучасні харчові технології спрямовані переважно на створення рафінованих, синтезованих, неприродних продуктів, що стало однією з причин поширення так званих «хвороб цивілізації».

Незадовільний стан довкілля, неправильне харчування, малорухливий спосіб життя, шкідливі звички стають причинами забруднення внутрішнього середовища організму, що перешкоджає нормальному перебігу фізіологічних процесів і призводить до розладу функціонального стану організму. Після Чорнобильської техногенної катастрофи 1986 року в атмосферу потрапили небезпечні для здоров'я радіонукліди. У перші години після вибуху найнебезпечнішим був вплив I-131, I-133, Te-132, Ba-140 та інших речовин з коротким періодом напіврозпаду. Через кілька місяців рівень радіоактивного забруднення вже визначали Sr-89 і Zr-95, період напіврозпаду в яких більший. Коли минуло кілька років, головними радіоактивними ізотопами стали Cs-137, Cs-134, і Ru-106. Саме Чорнобильська катастрофа примусила вчених по-новому подивитися на проблему ендоекології і розробити новітні методи очищення від шкідливих речовин, зокрема й радіонуклідів.

Будь-який механізм періодично потребує очищення деталей: автомобіль, годинник тощо. Бруд рано чи пізно стає причиною пошкодження. І, хоча організм людини не можна порівнювати навіть з найскладнішими механічними конструкціями, у цьому випадку така аналогія є цілком віправданою. З погляду механіки, тіло людини є складною трубчастою системою, здатною засмічуватися.

Забруднення організму відбувається поступово й непомітно. Першість за спектром і кількістю речовин, що всмоктуються і здатні потрапляти в організм, належить системі травлення. Саме неправильне харчування є головним джерелом забруднення організму людини. Відповідно так само непомітно розвивається й патологія.

Будь-яку тканину живить кров, яку живить кишечник. Клітини живляться тим, що доставляє кров. Тільки здорована, чиста, насичена необхідною енергією, мікроелементами, вітамінами кров може забезпечити життєздатність кожної клітини організму. Низька якість крові може стати причиною виникнення будь-якого захворювання, а хвороби свідчать про поганий стан крові. Іншими словами, кров високої якості є головною цілющою силою нашого організму. Належне виконання кров'ю захисної, живильної, дихальної функцій можливе лише за умови, якщо вона нормально надходить доожної клітини організму, а для цього необхідно, щоби здоровими були судини.

Усі функції людського організму, як-от: кровообіг, харчування, обмін речовин, терморегуляція і багато інших, безпосередньо або опосередковано пов'язані з диханням. Східна мудрість стверджує: «Хто володіє диханням, той керує своєю долею». Поєднання дихання зі спеціальними вправами — дихальна гімнастика — становить основу системи оздоровчої психотерапії. Тривалість життя людини значною мірою залежить від того, як і яким повітрям вона дихає. На переконання йогів, правильне дихання — це підтримка здоров'я.

хання не тільки зміцнює здоров'я людини, а й поліпшує інтелектуальні здібності, рівень самовладання і навіть сприяє духовному зростанню.

Зазвичай, коли говорять про вітаміни, на згадку спадає смак фруктів або овочів. Однак в них є інші «побратими» — без смаку й запаху, невидимі оку, але здатні так само позитивно впливати на наше здоров'я. Ідеться про так звані *вітаміни повітря* — йони Оксигену з від'ємним електричним зарядом, які утворюються внаслідок узаемодії різних природних факторів. Згадаймо, як легко дихається після дощу, у гущавині лісу, біля моря або водоспаду. У таких місцях сповна відчувається цілюща дія повітря, наповненого негативно зарядженими йонами Оксигену.

Цілющи йони, проникаючи в легені людини, заряджають кров, підвищують імунітет, відновлюють гормональну рівновагу в організмі. Відтак зростає спротив хворобам і стресам, зникає втома. Доведено також бактеріологічну дію йонів: у негативно йонізованому повітрі гине близько 78 % мікроорганізмів, тоді як зазвичай — лише 23 %. Крім того, «вітаміни повітря» справляють потужний антиоксидантний ефект.

РЕЗЕРВИ ЗДОРОВ'Я

В організмі кожної людини від народження природою закладені особливі механізми, які дають змогу протидіяти різноманітним природним впливам. Проте, якщо їх не задіяти, вони залишаються в потенціальному, «згорнутому» стані.

Систематичне стимулування організму правильно організованими процедурами *загартування* є важливим чинником здоров'я, одним зі способів злиття з природою, самореалізації, духовного зростання людини. Сучасні уявлення про ефекти загартовування пов'язані з біофізичними особливостями води, яка в клітинах живого організму має певну структуру, стабільність якої визначає якість процесів життедіяльності та здоров'я організму в цілому. Процедури загартування структурують воду в організмі, посилюють енергетику, поліпшують функцію шкіри, активізують усі життєві процеси. Холодові процедури, збуджуючи систему терморегуляції, викликають низку імпульсів, які через нервову систему впливають на функції життєво важливих органів. Рефлекторно холод нормалізує діяльність серцево-судинної і дихальної систем, посилює обмін речовин і процес згорання жирів. Різноманітні обливання, купання, ванни, лазня допомагають регулювати рух рідини в клітинах і між ними, усуваючи застійні явища. Відбуваються зміни й у біологічних середовищах, зокрема у крові збільшується кількість еритроцитів, насичених гемоглобіном, які несуть кисень до всіх клітин тіла, що збільшує резерви захисних сил організму. Особливо корисними є контрастні водні процедури (чергування теплового і холодового впливу), які сприяють кращому очищенню від шлаків, оптимальному функціонуванню ендокринних залоз, посилюють імунітет.

Потужним чинником, який здатен як зцілювати, так і руйнувати організм людини, є *психоемоційна активність*. Людина являє собою єдність біологічного й соціального, організму і особистості в усій складності їхніх взаємин, а отже, тілесне й психічне безпосередньо залежать одне від одно-

го, і зміни, що виникли в будь-якій із цих систем, неодмінно позначаться на життедіяльності всього організму.

Людині необхідні емоції, оскільки вони регулюють її самопочуття і функціональний стан. Дефіцит емоцій зменшує активність центральної нервової системи та стає причиною зниження працездатності. Надмірна емоційність здатна викликати нервово-психічне перенапруження і зри вищої нервової діяльності. Оптимальне емоційне збудження — умова готовності до виконання будь-якої діяльності та її сприятливого для здоров'я здійснення.

Взаємозв'язок між здоров'ям і найголовнішими чинниками, які визначають функціональний потенціал і зумовлюють резерви здоров'я, схематично зображене на малюнку 12.12. Стан здоров'я і функціональний потенціал організму (резерви здоров'я) у цьому випадку розглядають як тотожні поняття.



Мал. 12.12. Головні чинники здоров'я людини

Здоровий спосіб життя можна кваліфікувати як універсальний і най-ефективніший метод профілактики захворювань і зміцнення здоров'я, в основі якого — дотримання законів Природи. Недаремно ще стародавні римляни зауважували, що природу перемагає той, хто до неї дослухається.

На державному рівні впроваджують різноманітні заходи щодо запобігання хворобам, зниження захворюваності населення та заохочення до здорового способу життя, вивчають й оцінюють рівень здоров'я населення.

Його визначають за певними показниками (мал. 12.13).

Проте жодні заходи не подіють, якщо людина не здійснюватиме контроль і самоконтроль, не змінюватиме свій спосіб життя. Ідеться, передусім, про відмову від шкідливих звичок, зміну режиму і якості харчування, збільшення або зменшення інтенсивності фізичного навантаження, залучення й поступове розширення елементів загартування, застосування процедури очищення, контроль власної психоемоційної активності, тобто вилучення одних елементів способу життя й упровадження інших, удосконалення перевірених (мал. 12.14).



Стаття 3. Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю.



Мал. 12.13. Здоров'я — суспільно значуще явище

12 КОРИСНИХ ЗВИЧОК ДЛЯ ЗДОРОВОГО ІМУНІТЕТУ



ЦЕНТР
ГРОМАДСЬКОГО
ЗДОРОВ'Я



Мал. 12.14

Спосіб життя кожної людини визначають її ставлення до навколошнього світу, до себе, до свого здоров'я. Кожна людина має самостійно прийняти рішення, вибрати для себе спосіб життя, відповідати за його результати (мал. 12.15).



Мал. 12.15. Тобі жити. Вирішуй — чи це тобі потрібно



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

1. Зустрівши людину, зазвичай ми говоримо їй: «Доброго здоров'я!». Поясніть, який особливий зміст ви вкладаєте в таке вітання.
2. Існує наукова позиція, що ґрунтуються на пріоритеті (важливості, першості) цілого щодо його частин, яку називають «холізмом» (від грец. ὅλος — цілий, цілісний). Ще великий давньогрецький філософ Аристотель писав, що «ціле більше, ніж сума його частин». Холістичний підхід означає, наприклад, що людина як цілісність важливіша, ніж окремі частини, що її формують, хоча вони теж є необхідними. Поясніть, як, на вашу думку, послідовники холістичного підходу сприймають здоров'я, з огляду на його фізичний, соціальний, психологічний, емоційний і моральний рівні.
3. Доведіть, що жодні побажання, накази й покарання не можуть змусити людину вести здоровий спосіб життя, зберігати та зміцнювати власне здоров'я.
4. Назвіть найпоширеніші хвороби цивілізації. Поясніть, чому: а) їх так називають; б) з розвитком цивілізації виникає більше ризиків для здоров'я.
5. Установіть зв'язок між курінням і виникненням раку.
6. Розкрийте механізм зниження (підвищення) функціонального потенціалу та резервів здоров'я організму людини.



ПОДУМАЙТЕ Й ВІДПОВІДАЙТЕ

7. Назвіть найважливіші чинники здоров'я і напрями оздоровчого впливу. Схарактеризуйте оздоровчий вплив процедур загартування.
8. Поясніть, як психоемоційна активність впливає на здоров'я людини.
9. Розкрийте взаємозв'язок між морально-вольовими, ціннісно-мотиваційними та духовними якостями людини й здоров'ям.
10. Доведіть, що для розв'язування оздоровчих завдань комплексний підхід є ефективнішим.
11. Прокоментуйте прислів'я: «Було б здоров'я — все інше наживемо», «Бережи одяг, доки новий, а здоров'я — доки молодий», «Без здоров'я нема щастя», «Весела думка — половина здоров'я», «Вартість здоров'я знає лише той, хто його втратив», «У здоровому тілі — здоровий дух», «Подивись на зовнішній вигляд та й не питай про здоров'я».



ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Методики оцінки та самооцінки індивідуального рівня здоров'я¹ (с. 291–295)

Показники потрібно перевести за таблицею в бали. Поділивши суму балів на кількість показників, визначте середній бал, який характеризує рівень здоров'я. Результат від 5 балів і вище свідчить про високий ступінь надійності організму, з такими показниками ризик виникнення захворювання мінімальний. Діапазон 3,0–3,9 вказує на те, що організм перебуває у стані передхвороби. Тому, щоби не потрапити до категорії хронічних хворих, потрібно серйозно подбати про своє здоров'я. Цифри 2,0–2,9 свідчать, що людина веде злочинний щодо свого здоров'я спосіб життя. Середній бал менше від 2-х свідчить про критичний стан організму. Необхідно терміново скласти програму виходу з кризи, постійно контролювати її виконання, вчасно вносячи необхідні корективи.

ЗАХИСТ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

- Як удосконалити себе?
- Мутагени та їхній вплив на людський організм.
- Залежності людини.
- Шкідливий вплив алкоголю, наркотичних речовин, тютюнокуріння на організм людини.
- Здоровий спосіб життя. Екологічний стиль життя.
- Вегето-судинна дистонія. Алергія.
- Створіть і запишіть від імені уряду рекламу по телебаченню на тему здорового способу життя.

¹ За матеріалами О. І. Міхеєнка, викладача Інституту фізичної культури Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

№	Показник	Оцінка, бали						
		1	2	3	4	5	6	7
Свідомість								
1	Психоемоційна активність	Постійна незадово-леньєст со-бою і тими, хто навколо, емоційні, неврівно-важеність, заздрість, злість тощо	Переважно негативне ставлення до себе інших, хвилювання, знервованість	Дратівливість, що періодично виникає, байдужість до життя, психологічна втома	Позитивне ставлення до себе інших, гар-думки, гар-оптимістич-на налашто-ваність	Переважно приємні думки, гар-на пам'ять, оптимістич-на налашто-ваність	Постійний піднесений настрій, до-бройзили-вість до тих, хто навколо людини	Постійне відчутия радості, щира любов і вдячність до всього, що навколо людини
2	Кількість дихальних циклів у стані спокою за хвилину	20–24	16–19	13–15	10–12	7–9	5–6	4
3	Час затримки дихання після середнього видуху (с)	21–30	31–40	41–50	51–60	61–90	91–110	111–130
4	Частота серце-вих скорочень у спокой, (скор./хв)	Понад 90	76–90	68–75	60–67	51–59	50 і менше	
5	Індекс Руф'є	15,1–20	10,1–15	5–10	0,1–5	0 і менше	111–120/ 71–75	106–110/ 60–70
6	Артеріальний тиск у спокой, (мм рт. ст.)	Більше за 140/90 менше від 80/50	131–140/81–90 80–89/50–54	90–99/50–59	121–130/76–80		100–105/ 76–80	
7	Життєвий по-казник (Хіттева емність легень на масу тіла, мл/кг); чоловіки, жінки	Менше від 40. Менше від 40	50–55 40–45	56–60 46–50	61–65 51–55		Більше за 70 Більше за 60	

№	Показник	Оцінка, бали						
		1	2	3	4	5	6	7
3. Харчування і травлення								
8	Кількість прийомів їжі	Споживання їжі через кожні дві години	Більше ніж 6 разів на день	5–6 разів на день	4 рази на день	3 рази на день	2 рази на день	1 раз на день
9	Якість продуктів	Переважно рафіновані продукти, напівфабрикати або з додаванням консервантів, барвників, копченя, смаженя їжа	Уживання неякісних продуктів (в'ялих, несвіжих) безладно поєднаних	Великі порції переважно натуральній їжі, з дотриманням правил поєдання	Невелика кількість страв зі свіжих природних продуктів			
10	Дефекація	Пронос або запор (ви-порожнення не частіше ніж один раз на 2–3 дні)	Випорожнення один раз на день, але утруднене, калові маси тверді, або рідкі	Випорожнення один раз на добу, калові маси напівм'якої консистенції	Випло- рожнення 1–2 рази на добу, калові маси в нормі без неприємного запаху			
4. Шкіра								
11	Стан шкіри, її зовнішній вигляд	Масна або суха, в'яла із синяними шкіра. Висипання, прищі, вугрі. Незадовільна тепло-регуляція.	Нездоровий землисто-сірий відрінок, пурпурні, зморшки, сині під очима	Нормальний тип шкіри, рожевий колір, без угрів, прищів	Чиста, красива, еластична, без різних вад, і неприємних запахів шкіра, гарна тепло-регуляція			

№	Показник	Оцінка, бали								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Опорно-руховий апарат і фізичні якості										
12	Постава	Сколіоз III ступеня. Асиметрія правої і лівої реберній горбі у стадії формування, часткове порушення функцій внутрішніх органів	Сколіоз II ступеня. Хребет має S-подібну форму, виникає перекіс талії, яскраво виражена асиметрія плечей, трикутників талії, лопаток	Сколіоз I ступеня. Хребет має S-подібну форму, невелика торсія, незначна асиметрія плечей, трикутників талії	Сколіотична постawa. Незначне зміщення осистих відростків від вертикальної осі	Дефектів постави немає.	Пропорціона будова тіла, гармонійний фізичний розвиток	Дефектів постави немає	Менше від 7.30 Менше від 9.30	7.30–8.00 9.30–10.00
13	Загальна витривалість. Біг — 2 км, х.в.с.: чоловики жінки	Більше за 12.00 Більше за 14.00	11.01–12.00 13.01–14.00	10.01–11.00 12.01–13.00	9.01–10.00 11.01–12.00	8.01–9.01 10.01–11.00				
14	Силова витривалість. Підтягування на турніку або згинання і розгинання рук в упорі лежачи (чоловіки). Підйом тулуба з положення лежачи на спині, руки за головою, ноги закріплені (жінки)	Менше 2 разів Менше 4 разів Менше 10 разів	2–3 4–9 10–19	4–6 10–19 20–29	7–10 20–29 30–39	11–14 30–39 40–49	15 і більше 40 і більше 50 і більше			

№	Показник	Оцінка, бали								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Швидкісно- силові якості, спритність. Стрибки у довжину з місяця (см): чоловики, жінки	Менше від 200 200 Менше від 140	200–209 140–149	210–219 150–159	220–229 160–169	230–239 170–179	240 і більше 180 і більше			
16	Стаж регулярних занять фізичним тренуванням не менше 2 раз на тиждень по 30 хв і більше		До 1 року або менше від 2 разів на тиждень	1–2 роки		3–4 роки	5–7 років			Понад 10 років
17	Кількість застуд- них захворювань протягом року	Понад 5	4–5	3	2	1				Не хворіє
18	Кількість хронич- них захворювань	Понад 1	1	1	1	1				Немас

6. Імунітет і хронічні захворювання