

Навчальні заняття № 19-22

Тема: «Обмін речовин і енергії».

План:

1. Потреба людини у речовинах і хімічних елементах. Перетворення речовин в організмі людини.
2. Джерела енергії і речовин для організмів. Харчова та енергетична цінність продуктів харчування. Органічні та неорганічні сполуки, необхідні для життєдіяльності організмів. Типи живлення організмів за джерелом енергії та джерелом Карбону.
3. Субстрати, умови, етапи метаболізму. Хімічні й фізичні основи метаболізму. Фактори, що впливають на метаболізм: спадковість, умови середовища, вік, стать, спосіб життя. Внутрішнє середовище організму та підтримання його сталості.
4. Транспортування речовин через мембрану в клітину. Дифузія. Білки-транспортери. Мікротрубочки й моторні білки: динеїни та кінезини. Везикулярний транспорт.
5. Типи гетеротрофного живлення за механізмом поглинання і джерелом органічних речовин.
6. Надходження газів до організмів тварин. Виникнення і еволюція дихальної системи. Різновиди органів дихання і принципів організації дихальних систем. Надходження газів до організмів рослин і грибів. Роль продихів. Всмоктування речовин з ґрунту.
7. Транспорт речовин у кишковопорожнинних, губок, плоских і круглих червів. Поняття про гідролімфу, гемолімфу, кров. Основні компоненти кровоносної системи. Типи кровоносних систем. Еволюція кровоносних систем.
8. Транспортні функції крові: транспорт білків, жирів, вуглеводів, йонів, гормонів, вітамінів, продуктів екскреції. Основні транспортні білки крові: альбуміни та глобуліни. Гемоглобін. Транспорт газів. Дихальні пігменти безхребетних та хребетних. Роль міоглобіну у транспорті кисню в м'язах.

1. Органічні речовини клітин живих організмів

Головними компонентами живих організмів є органічні речовини. З них будуються всі клітини, структура й склад яких сильно відрізняються від тіл неживої природи. Саме органічні речовини забезпечують виконання тих специфічних функцій, що визначають загальні властивості живого (сталість складу, самовідтворення, спадковість, мінливість тощо).

Як ви вже знаєте, органічні сполуки складаються переважно з біогенних хімічних елементів — С, Н, О, N, які становлять до 98 % сухої маси живої клітини. Великі органічні молекули (з масою понад 1000 Да), які входять до складу живих організмів, називають макромолекулами, або біополімерами. Вони складаються з мономерів.

Органічні речовини, що містяться в живих організмах, поділяють на чотири основні групи: білки, вуглеводи, ліпіди й нуклеїнові кислоти.

Білки є біополімерами, молекули яких складаються з великої кількості амінокислот. Вони виконують найрізноманітніші функції: каталітичну (ферменти), структурну (колаген, еластин), захисну (імуноглобуліни) тощо.

Вуглеводи беруть участь у процесах обміну речовин (глюкоза, фруктоза) і зберіганні спадкової інформації (рибоза, дезоксирибоза), виконують структурну (целюлоза, хітин) і запасуючу (крохмаль, глікоген) функції. До складу молекул вуглеводів входять кілька функціональних груп: гідроксильна (-ОН), карбоксильна (-COOH) або карбонільна (-CHO). Загальна формула вуглеводів — $C_n(H_2O)_m$, де n і m є натуральними числами.

Ліпіди є групою речовин, яких об'єднали не за хімічною будовою, а за фізичними властивостями. Вони всі є нерозчинними у воді маслянистими або жирними речовинами. Найбільш поширеними ліпідами є жири, олії, фосfolіпіди, воски та стероїди. Основними функціями ліпідів у живих організмах є структурна (фосfolіпіди, гліколіпіди), резервна й енергетична (жири, олії), регуляторна (стероїдні гормони, жиророзчинні вітаміни), захисна і терморегуляторна (воски, жири).

Нуклеїнові кислоти (ДНК, РНК) є великими біополімерами, мономерами яких є нуклеотиди. Функція нуклеїнових кислот — збереження й відтворення генетичної інформації.

Неорганічні речовини клітин живих організмів

Функціонування клітин живих організмів було б неможливим без участі неорганічних речовин. Вони є необхідними компонентами всіх органів і тканин.

Найважливішою неорганічною речовиною будь-якої клітини є вода, яка переважає серед інших компонентів за масою.

Окремі низькомолекулярні мікроелементи, солі та йони солей (мінеральні речовини) входять до складу структурних елементів усіх клітин і тканин і беруть участь у всіх біохімічних процесах, які відбуваються в організмі. Неорганічні сполуки можуть перебувати в живих організмах як у розчиненій формі (у вигляді йонів), так і в нерозчиненому вигляді.

Неорганічні речовини потрапляють у живі організми переважно із зовнішнього середовища з їжею (у тварин) або у вигляді водного розчину через поверхню організму (у рослин, грибів і бактерій). Нестача або надлишок певних хімічних елементів спричиняють порушення розвитку організму і процесів його життєдіяльності.

Функції неорганічних компонентів у клітині

Неорганічний компонент клітини	Функції в клітині
Вода 	Формує внутрішньоклітинне середовище, підтримує форму клітин і організмів (гідроскелет), бере участь у біохімічних реакціях (фотоліз води під час фотосинтезу, гідроліз), терморегуляції (потовиділення, гутація), забезпечує транспірацію, бере участь у транспорті речовин
Катіони Гідрогену (H^+)	Забезпечують кислотно-лужний баланс
Бікарбонати і фосфати Натрію і Калію	Утворюють буферну систему тканин і крові, підтримуючи їхній pH на постійному рівні
Катіони та аніони розчинних солей (Na^+ , K^+ , Cl^-)	Створюють різницю потенціалів між вмістом клітини й навколишнім середовищем, забезпечуючи роботу транспортних білків мембран та проведення нервового імпульсу
Слабкорозчинні солі Кальцію і Фосфору	Містяться у складі опорних структур тварин (кістки, мушлі молюсків) і забезпечують їхню міцність
Йони металічних елементів	Є складовими багатьох гормонів, ферментів і вітамінів або беруть участь у їх активації: Магній (компонент хлорофілу), Цинк (кофактор багатьох ферментів), Ферум (компонент гемоглобіну), Купрум (компонент гемоціаніну), Кальцій (компонент кісткової тканини і вапняних раковин молюсків)

Наслідки надлишку та нестачі Нітрогену, Фосфору, Сульфуру і Калію у рослин

Хімічний елемент	Наслідки надлишку хімічного елемента	Наслідки нестачі хімічного елемента
Нітроген	Інтенсивний ріст; листки темно-зелені, великого розміру; нижні листки скручуються; урожай не дозріває	Сповільнений ріст; листки жовтіють, маленького розміру; нижні листки скручуються й опадають; урожай знижується
Фосфор	Листки тонкі; їхні верхівки і краї «вигоряють»; нижні листки скручуються, з плямами; урожайність знижується	Ріст уповільнюється; листки синювато-зелені; на нижніх листках темні плями; нижні листки скручуються й опадають
Сульфур	Скорочуються терміни розвитку рослини; кінчики і краї листків знебарвлюються	Розвиток листків уповільнюється; кінчики листків темніють
Калій	Нові листки тонкі; верхівки і краї листків стають бурими і відмирають; міжвузля стають коротшими; нижні листки скручуються, на них утворюються бурі плями	Цвітіння припиняється або уповільнюється; нові листки дрібні й більш темні; верхівки і краї листків мають відтінок іржі; стебла стають тонкими і ламкими

Ключова ідея

Основними органічними речовинами, що визначають властивості живих організмів, є білки, вуглеводи, ліпіди й нуклеїнові кислоти. Серед неорганічних речовин найважливішою є вода, яка переважає в клітині за масою. Необхідними компонентами всіх органів і тканин є окремі мікроелементи, солі та йони солей (мінеральні речовини).

2. Здорове харчування

Речовини та енергію ми отримуємо з їжі. Для нашої життєдіяльності нам необхідні білки, вуглеводи, ліпіди, а також вода, невеликі кількості мікроелементів і вітамінів.

Збалансоване харчування — це харчування, за якого в організм з харчовими продуктами надходять усі поживні речовини в кількості, необхідній для нормальної життєдіяльності.

Харчовий раціон — це набір продуктів, який людина споживає протягом певного часу. Правильно підібраний харчовий раціон є основою раціонального харчування.

Харчова та енергетична цінність продуктів харчування

Енергетична цінність, або калорійність, продукту харчування — це кількість енергії, яку одержує організм від споживання цього продукту. Її вимірюють у кілокалоріях або в кілоджоулях (1 ккал = 4,1868 кДж).

Енергетична цінність добового раціону харчування має відповідати енергетичним витратам організму. За добу на різні види діяльності людина витрачає від 2000 до 4500 ккал. Добова норма калорій залежить від віку, статі, зросту й маси, способу життя, інтенсивності обміну речовин, клімату та інших чинників.

Енергетична цінність компонентів їжі

Компонент їжі	кДж/г	ккал/г
Жири	38,9	9,29
Білки	17,2	4,11
Вуглеводи	17,2	4,11

Харчова цінність продукту визначається тим, наскільки добре цей продукт забезпечує потреби людини в основних речовинах та енергії. Харчова цінність залежить від того, які компоненти і в яких співвідношеннях містяться у складі харчового продукту.

Розроблені орієнтовні норми споживання різних компонентів їжі. Якщо дотримуватися цих норм, раціон буде збалансованим (мал. 23.1). Оптимально добовий раціон дорослої людини має містити:

80—120 г білків (25—35 %);

60—150 г жирів (15—20 %);

450—550 г вуглеводів (50—60 %).



Мал. 23.1. Харчовий баланс

Біологічна цінність продуктів харчування

Крім загальної кількості білків, жирів і вуглеводів, важливим також є їхній склад. Тільки з їжею ми отримуємо незамінні речовини, які необхідні для нормальної життєдіяльності, але не синтезуються нашим організмом. Незамінними для людини є вітаміни, деякі амінокислоти та ненасичені жирні кислоти.

До незамінних амінокислот належать ізолейцин, лізин, лейцин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан, валін (також гістидин і аргінін для дітей). Білки їжі, що містять необхідний набір амінокислот, називають повноцінними. До них належать переважно тваринні білки. Найбільш високу біологічну цінність мають білки, що містяться в яйцях, м'ясі, молоці, рибі.

Зростаючий організм дитини потребує додаткової кількості білків, які забезпечують ріст і формування тіла. Особливо важливим є надходження всіх незамінних амінокислот. Їхня відсутність у їжі призводить до затримки росту, виснаження і нервових розладів.

Вітаміни потрібні організму в невеликій кількості, але без них його життєдіяльність неможлива.

Порушення обміну мінеральних речовин

Мінеральні речовини також не синтезуються в організмі людини і є одними з основних незамінних компонентів харчування. Їхня нестача або надлишок викликає порушення, що призводять до захворювань.

Причинами порушення обміну мінеральних речовин можуть бути:

- 1) недостатнє або надмірне надходження мінеральних речовин в організм;
- 2) деякі захворювання (гормональні, спадкові тощо);
- 3) неправильне вживання деяких лікарських препаратів.
- 4) дія токсичних речовин.

Перетворення речовин в організмі людини

Як ви вже знаєте, спожиті з їжею речовини зазнають у нашому організмі складних хімічних перетворень. У процесі травлення високомолекулярні сполуки їжі розщеплюються відповідними ферментами до низькомолекулярних:

- 1) білки розщеплюються протеазами до амінокислот;
- 2) жири — ліпазами до гліцеролу й жирних кислот;
- 3) вуглеводи — амілазами до моносахаридів.

Продукти травлення, що надійшли в кров, переносяться до всіх клітин тіла. Усередині клітин відбуваються основні біохімічні перетворення. Синтезуються власні біомолекули, які додаються до складу клітин і беруть участь у здійсненні їхніх функцій. Частина органічних речовин розщеплюється до більш простих компонентів з виділенням енергії, яка використовується для процесів життєдіяльності.

Побічні продукти обміну речовин виділяються з організму. Для більшості органічних речовин кінцевими продуктами розкладу є вуглекислий газ і вода, а для білків — ще й амоніак, який знешкоджується перетворенням на сечовину.

Ключова ідея

Харчовий раціон характеризується енергетичною, харчовою та біологічною цінністю продуктів, що споживають у їжу. Збалансований раціон забезпечує потреби людини в основних речовинах та енергії. Нестача або надмірне надходження незамінних компонентів їжі стає причиною порушення обміну речовин.

3. Етапи метаболізму на прикладі тварин

Метаболізм, або обмін речовин — це сукупність хімічних реакцій в організмі, які забезпечують його речовинами та енергією, необхідними для життєдіяльності.

Матеріалом для обмінних процесів є субстрати метаболізму — сполуки, що надходять з їжею. Серед них виділяють основні харчові речовини (білки, вуглеводи, ліпіди) і мінорні харчові речовини — ті, що надходять у малих кількостях (вітаміни, мінеральні речовини).

В обміні речовин виділяють два етапи:

I — підготовчий (хімічні перетворення речовин у травній системі);

II — власне метаболізм (хімічні перетворення сполук усередині клітин).

Усі процеси клітинного метаболізму можна умовно розділити на дві фази:

- 1) **катаболізм (дисиміляція, енергетичний обмін)** — процес розкладу складних речовин на простіші; при цьому вивільняється енергія;
- 2) **анаболізм (асиміляція, пластичний обмін)** — синтез складних сполук із більш простих; при цьому енергія витрачається.

Катаболічні та анаболічні процеси в клітині тісно взаємопов'язані. Енергія, що вивільняється в ході катаболічних процесів, витрачається на утворення макромолекул у процесі анаболізму. Основним акумулятором і переносником енергії є аденозинтрифосфатна кислота (АТФ). У свою чергу, продукти анаболізму можуть бути субстратом для катаболічних процесів. Крім того, анаболічний синтез є джерелом ферментів для всіх етапів обміну речовин.

Різностямовані процеси метаболізму підтримують сталість внутрішнього середовища організму (гомеостаз). Ви вже знайомилися з цим на прикладі організму людини.

Регуляція метаболізму у тварин

Координація процесів метаболізму здійснюється шляхом нервової і гуморальної регуляції. Нервова регуляція здійснюється гіпоталамусом і вегетативною нервовою системою (симпатичною і парасимпатичною). Гуморальну регуляцію здійснюють ендокринні залози (залози внутрішньої секреції), які є виробниками гормонів. Гормони (інсулін, адреналін, тироксин) переносяться різними рідинами організму (кров, лімфа, тканинна рідина) і керують діяльністю ферментних систем у клітинах.

Нервова й гуморальна системи тісно взаємодіють одна з одною (мал. 24.1). Особливе значення в регуляції обміну речовин має відділ проміжного мозку — гіпоталамус. Гіпоталамус регулює діяльність найважливішої залози внутрішньої секреції — гіпофіза, який контролює роботу всіх інших залоз внутрішньої секреції.



Мал. 24.1. Схема нервово-гуморальної регуляції обміну речовин в організмі людини

Приклади нервової та гуморальної регуляції обміну речовин

Процес	Нервова регуляція	Гуморальна регуляція
Обмін ліпідів	Симпатична нервова система (НС) гальмує синтез тригліцеридів і посилює їхній розпад. Парасимпатична НС сприяє відкладенню жирів	Мобілізацію жирів посилюють соматотропний гормон, інсулін, адреналін. Мобілізацію жирів гальмують глюкокортикоїди
Обмін вуглеводів	Гіпоталамус і довгастий мозок підвищують уміст глюкози в крові	Інсулін знижує вміст глюкози в крові, але глюкагон, адреналін, соматотропний гормон, глюкокортикоїди, тироксин, трийодтиронін підвищують його

Деякі фактори, що впливають на метаболізм у людини

Існує ряд факторів, що впливають на швидкість метаболізму.

Спадковість. Унаслідок спадково зумовлених чинників швидкість обмінних процесів у різних людей може відрізнятися на 10 %.

Статура. Чим більше і важче тіло, тим більше витрачається енергії для підтримки життєдіяльності. М'язовій масі потрібно більше калорій, ніж жировій тканині.

Стать. У чоловіків обмін речовин відбувається швидше, ніж у жінок. Це зумовлено більшими розмірами тіла та більшою м'язовою масою.

Спосіб життя. У разі пасивного способу життя відбувається уповільнення процесів метаболізму, і, навпаки, під час значного фізичного навантаження обмін речовин прискорюється. Стреси, депресії, недосипання й голодування призводять до уповільнення обміну речовин. Харчування невеликими порціями 4-5 разів на день, білкова їжа прискорюють метаболізм.

Обмін речовин в автотрофних і гетеротрофних організмів

За способом одержання органічних речовин (сполук Карбону) живі організми поділяють на автотрофів і гетеротрофів.

Автотрофи здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних. Для побудови свого тіла вони використовують неорганічні речовини ґрунту, води й повітря. До автотрофів належать рослини та деякі бактерії.

Гетеротрофи одержують органічні речовини з їжею. Вони живляться іншими організмами або їхніми рештками. До гетеротрофів належать усі тварини, гриби, багато бактерій, паразитичні рослини.

Існують організми зі змішаним типом живлення — міксотрофи.

За джерелом енергії для процесів життєдіяльності живі організми поділяють на фототрофів і хемотрофів.

Фототрофи використовують енергію сонячного світла для синтезу органічних речовин (фотосинтез). До фототрофів належать зелені рослини й деякі бактерії.

Хемотрофи для життєдіяльності використовують енергію, яка вивільняється у ході хімічних реакцій, що відбуваються в їхніх організмах. До хемотрофів належать тварини, гриби, бактерії.

Усі зелені рослини є фотоавтотрофами — вони синтезують органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу, використовуючи енергію Сонця.

Усі тварини й гриби є хемогетеротрофами — вони живляться готовими органічними речовинами і використовують для своєї життєдіяльності енергію хімічних реакцій.

Невелика група бактерій належить до хемоавтотрофів — вони синтезують органічні сполуки з неорганічних, використовуючи енергію, що вивільняється в процесі окиснення неорганічних речовин (гідроген сульфід, метан, сірки, сполук Феруму(II) тощо).

Ключова ідея

Два боки метаболізму — катаболічні та анаболічні процеси — тісно взаємопов'язані. Координація процесів метаболізму здійснюється шляхом нервової й гуморальної регуляції. За способом одержання органічних речовин живі організми поділяють на автотрофів і гетеротрофів, а за способом отримання енергії — на фототрофів і хемотрофів.

4. Активний і пасивний транспорт речовин

Клітина постійно розщеплює і синтезує безліч хімічних речовин. Одні речовини переміщуються в клітині між органелами, інші виводяться крізь мембрану назовні, тоді як деякі проникають усередину.

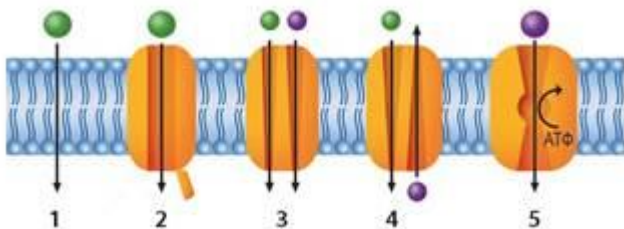
Клітинна мембрана пропускає одні речовини і не пропускає інші. Ця найважливіша властивість біологічної мембрани називається вибірковою проникністю. Вона має велике значення для саморегуляції і підтримки сталого складу клітини.

Транспортування речовин крізь клітинну мембрану здійснюється за допомогою різних механізмів (мал. 25.1).

Пасивний транспорт — це рух речовин крізь клітинну мембрану без витрат енергії за градієнтом концентрації (від ділянки з високою до ділянки з низькою концентрацією). Пасивний транспорт здійснюється шляхом простої і полегшеної дифузії. У такий спосіб крізь клітинну мембрану переміщуються малі молекули.

Активний транспорт — це перенесення речовин через клітинну мембрану проти градієнта концентрації, з витратою енергії. Активний транспорт здійснюється за допомогою спеціальних білків-транспортерів, шляхом екзо- або ендоцитозу, а також шляхом везикулярного транспорту. У такий спосіб крізь клітинну мембрану переміщуються йони й великі молекули, для яких мембрана є непроникною.

Пасивний транспорт: Проста дифузія: 1 — дифузія крізь фосфоліпідний бішар, 2 — дифузія крізь білок-канал; Полегшена дифузія крізь білок-переносник: 3 — симпорт, 4 — антипорт. Активний транспорт: 5 — крізь білок-насос із підводом енергії



Мал. 25.1. Види мембранного транспорту

Дифузія (пасивний транспорт)

Дифузія — це рух речовини від зони з її високою концентрацією до зони з її низькою концентрацією. Невеликі неорганічні молекули (CO_2 , O_2) і гідрофобні речовини легко проходять крізь ліпідний бішар клітинної мембрани. Такий вид пасивного транспорту називають простою дифузією.

Пасивний транспорт за градієнтом концентрації за участю мембранних білків називають полегшеною дифузією. Полегшена дифузія відбувається через спеціальні канали, розташовані всередині великих білкових молекул. Так транспортуються невеликі органічні молекули (глюкоза, деякі амінокислоти, моносахариди тощо).

Транспортування молекул води крізь мембрани здійснюють спеціальні мембранні білки аквапорини.

Білки-транспортери (активний транспорт)

Одним із видів активного транспорту речовин крізь клітинну мембрану є перенесення їх білками-транспортерами. Транспортери — це білки, що переміщують певні речовини крізь клітинну мембрану з витратами енергії.

Симпортні транспортери здійснюють спільний транспорт в одному напрямку двох речовин — це так званий симпорт: наприклад, симпорт у клітину глюкози відбувається спільно з йонами Натрію. Антипортні транспортери здійснюють зустрічний транспорт двох речовин, він має назву антипорт. За принципом антипорту працює натрій-калієвий йонний насос (йонні насоси — це транспортери йонів). Уніпорт здійснює транспорт тільки однієї речовини.

Робота натрій-калієвого насоса

У цитоплазмі та позаклітинному середовищі підтримується певне співвідношення йонів Na^+ і K^+ (вміст K^+ більше у клітині, а Na^+ — поза клітиною). Викачування йонів Na^+ із клітини і перенесення йонів K^+ у клітину здійснюється мембранним білком. Для цього процесу використовується енергія АТФ (мал. 25.2).

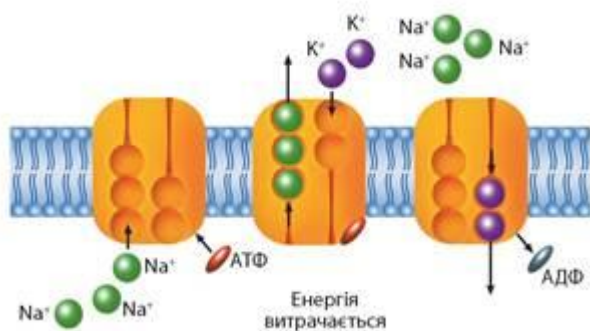
За один цикл роботи насос викачує з клітини три йони Na^+ і закачує два йони K^+ . Тому на зовнішньому боці мембрани накопичується надлишок позитивних йонів. Цю різницю потенціалів між зовнішньою і внутрішньою поверхнями мембрани використовують як джерело енергії багато інших білкових комплексів для перенесення різних речовин крізь мембрану.

Ендоцитоз і екзоцитоз (активний транспорт)

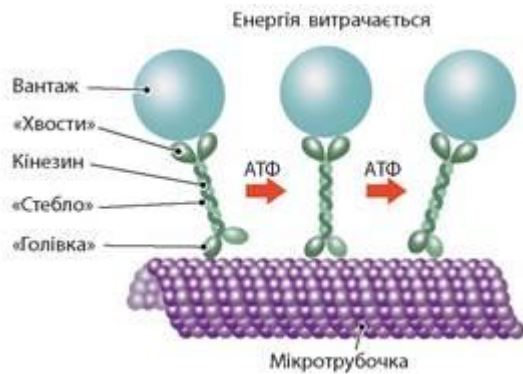
Перенесення великих молекул (білків, полісахаридів, нуклеїнових кислот) і частинок (фрагменти клітин) через клітинну мембрану відбувається з утворенням везикул. Везикули — це мембранні пухирці, які здатні транспортувати речовини. Мембранний транспорт у клітину називають ендоцитозом, а транспорт із клітини — екзоцитозом. Поглинання клітиною твердих частинок називають фагоцитозом, а поглинання рідин і крапель — піноцитозом.

Везикулярний транспорт усередині клітини (активний транспорт)

Транспорт речовин усередині клітини з однієї органели в іншу також відбувається у везикулах. Везикули відбруньковуються від цистерн апарату Гольджі й доставляють речовини в органели-мішені, зливаючись з їхніми мембранами. Для транспортування везикул використовуються мікротрубочки, що є складовими цитоскелета. Транспортування на поверхні мікротрубочок здійснюють моторні білки: динеїни і кінезини (мал. 25.3). Динеїни переміщують частинки з периферійних ділянок клітини до центросоми. Кінезини, навпаки, переміщують частинки в напрямку до клітинної периферії. Процес іде з витратою енергії АТФ.



Мал. 25.2. Схема роботи натрій-калієвого насоса



Мал. 25.3. Схема роботи кінезину — білка, що «крокує» уздовж мікротрубочок і переносить везикули та інші частинки між відділами клітини

Ключова ідея

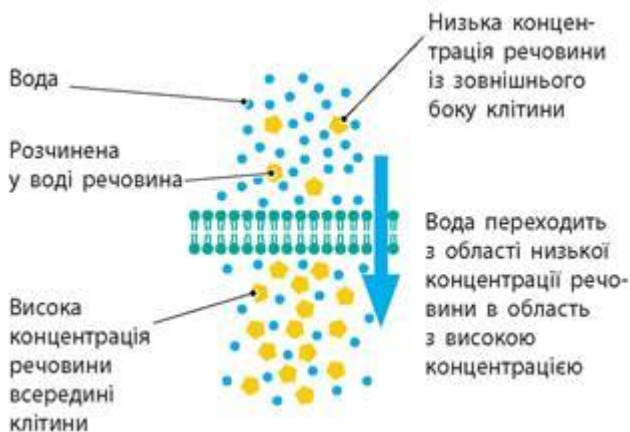
Пасивний транспорт (без витрат енергії) невеликих молекул крізь клітинну мембрану здійснюється шляхом простої і полегшеної дифузії. Активний транспорт (з витратами енергії) здійснюється за допомогою спеціальних білків-транспортів (уніпорта, симпорта, антипорта), екзо- або ендоцитозом, а також шляхом везикулярного транспорту.

Рух речовин у вищих рослин

Як вам відомо, рослини поглинають із навколишнього середовища воду й розчинені в ній неорганічні (мінеральні) речовини.

Поглинання вищими рослинами мінералів з ґрунту здійснюється особливою зоною кореня — зоною всмоктування, де покривні клітини мають вирости — кореневі волоски. Крізь мембрани корневих волосків проникає вода і розчинені в ній солі.

Від покривних клітин корневих волосків водний розчин далі пересувається паренхимною тканиною до центру кореня. Тут розміщено елементи провідної системи рослин (ксилема й флоема). Ними водний розчин мінералів піднімається вгору до стебла й листків, а синтезовані рослиною органічні речовини розподіляються між усіма частинами організму.



Мал. 26.1. Осмос

Поглинання води корневими волосками. Осмос і тургор

Надходження розчинених речовин крізь мембрани клітин корневих волосків здійснюється шляхом дифузії й активного транспорту.

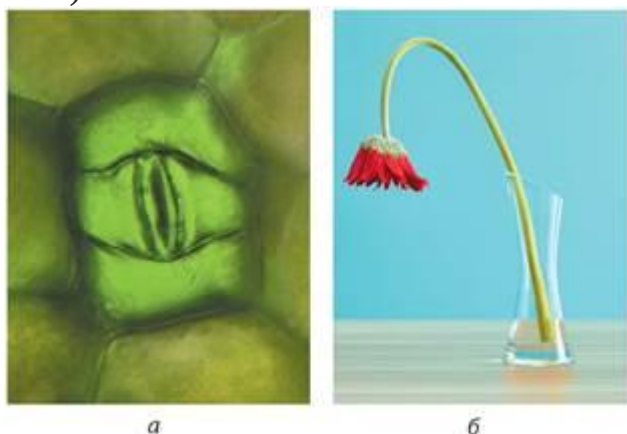
Вода надходить у рослину в основному завдяки осмосу.

Осмос — це дифузія молекул розчинника (у випадку, що розглядається,— води) крізь напівпроникну мембрану із зони з низькою концентрацією розчиненої речовини в зону з її більш високою концентрацією (мал. 26.1). Великі молекули розчинених у воді речовин не можуть проникнути крізь клітинну мембрану, а молекули води можуть. Вони ніби розбавляють висококонцентрований розчин по інший бік мембрани.

Осмос характеризується осмотичним тиском — тиском, який потрібно докласти, щоб запобігти осмотичному надходженню води в розчин.

У наземних рослин поглинання води з ґрунту шляхом осмосу здійснюється крізь клітинні мембрани корневих волосків та інших клітин у корені. Осмотичний тиск у цих клітинах і клітинах, що проводять воду від кореневого волоска до ксилеми і далі до листків, набагато вищий, ніж осмотичний тиск ґрунтової води, унаслідок високої концентрації розчинених солей і сахаридів у клітинах. Наприклад, клітини корневих волосків мають велику вакуоль з дуже високою концентрацією розчинених речовин, тому вода «прагне» увійти в ці клітини, знижуючи їхню осмотичну концентрацію.

Коли в рослинну клітину в результаті осмосу надходить вода, усередині клітини формується тургорний тиск. Це напружений стан клітинної оболонки, що створюється тиском внутрішньоклітинної рідини. Завдяки тургору тканини мають пружність, стебла зберігають вертикальне положення, відкриваються продихи. Зниженням тургору супроводжуються процеси в'янення й старіння клітин (мал. 26.2).



Мал. 26.2. Роль осмотичного й тургорного тиску в пружності тканин рослин:

а — зростання тургорного тиску спричинює відкриття замикаючих клітин продихів, а втрата тургору — їх закривання; б — коли води у вазі не залишається, осмос «змушує» її виходити з клітин назовні. Вода випаровується, і квіти в'януть

Апопластичний та симпластичний шляхи транспорту води й мінеральних речовин

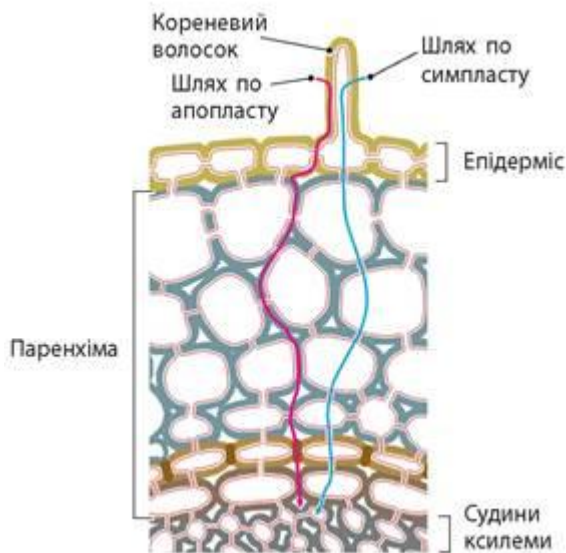
Вода з розчиненими мінеральними речовинами, що потрапили з ґрунту в корінь, рухається до його центру, а точніше — до судин ксилеми. Це переміщення називають радіальним (або близьким) транспортом води в корені. Швидкість руху води в корені дуже незначна — близько 1 мм/год.

Радіальний (близький) транспорт води в корені здійснюється кількома способами (мал. 26.3).

Симпластичний шлях: речовини транспортуються з цитоплазми однієї клітини в цитоплазму іншої крізь плазмодесми — цитоплазматичні містки. Цитоплазма всіх клітин, з'єднана плазмодесмами, називається симпластом. Симпласт слугує для транспортування мінеральних і органічних речовин.

Апопластичний шлях: речовини транспортуються по апопласту — взаємозв'язаній системі клітинних стінок і міжклітинних просторів. Апопласт необхідний для транспортування води й мінеральних сполук.

По вакуолях: вода транспортується по системі клітинних вакуолей.



Мал. 26.3. Шляхи транспорту води в корені від корневих волосків до судин

Переміщення води в листку

Вода з клітин паренхіми кореня надходить у судини ксилеми. По ксилемі мінеральні речовини поширюються по всій рослині. Основними споживачами цих речовин є частини рослини, що ростуть.

Потрапляючи по ксилемі в листки, вода й мінеральні речовини розподіляються через розгалужену мережу провідних пучків по клітинах. Завдяки рясному розгалуженню ксилеми в листку майже кожна клітина контактує з провідною системою. Рух речовин по клітинах листка здійснюється, як і в корені, трьома шляхами: по апопласту, симпласту та вакуолях.

Ключова ідея

Поглинання вищими рослинами мінералів з ґрунту здійснюється крізь мембрани клітин корневих волосків шляхом активного транспорту. Вода надходить завдяки осмосу. Радіальний (близький) транспорт води й мінералів у корені й листках здійснюється трьома шляхами: по апопласту (системі клітинних стінок і міжклітинних просторів), симпласту (цитоплазмі клітин, з'єднаних плазмодесмами) та вакуолях.

5. Основні способи гетеротрофного живлення

Як ви вже знаєте, гетеротрофні організми не здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних шляхом фото- або хемосинтезу. Їм необхідні готові органічні речовини, вироблені іншими організмами; вони отримують їх з їжею.

Способи гетеротрофного живлення поділяють на кілька типів:

- 1) залежно від джерела поживних речовин — на голозойне, сапротрофне, симбіотрофне, паразитичне;
- 2) залежно від механізму поглинання їжі — на фаготрофне та осмотрофне.

Голозойне живлення

Голозойне живлення — живлення, що складається з етапів поглинання їжі, її перетравлювання, всмоктування, асиміляції й виділення неперетравлених залишків. Голозойний тип живлення характерний для тварин. Вільноіснуючі голозойні організми мають травну систему. Тварин, що живляться голозойним способом, можна поділити на м'ясоїдних, рослинноїдних і всеїдних.

Сапротрофне живлення

Сапротрофне живлення — тип живлення, за якого організм живиться мертвими органічними рештками. Сапротрофні організми виділяють ферменти на мертвий або органічний матеріал, що розкладається. Перетравлення відбувається поза організмом. Продукти перетравлення всмоктуються й асимілюються організмом.

До сапротрофів належать бактерії гниття, багато грибів, деякі членистоногі, а також сапрофіти (паразитичні квіткові рослини і деякі водорості). До часткових сапротрофів належать багато хижаків і всеїдних тварин. Серед сапротрофів виділяють детритофагів, некрофагів, копрофагів (мал. 33.1).

Детритофаги — тварини й бактерії, які живляться детритом. Детрит є сукупністю дрібних (від кількох мікрометрів до кількох сантиметрів) частинок — залишків рослинних або тваринних організмів або їх виділень. Детрит міститься у ґрунтах, суспензіях або донних відкладах водойм. Водні детритофаги беруть участь у біологічному очищенні вод (наприклад, двостулкові молюски), а ті, що мешкають у ґрунті,— у ґрунтоутворенні (ґрунтові бактерії, дощовий черв'як).

Некрофаги — організми, що живляться померлими тваринами. Некрофагами є багато комах (жуки-мертвоїди, шкіроїди, личинки двокрилих); деякі птахи (грифи, сипи, марабу, крук тощо) та ссавці (гієни). Некрофаги відіграють значну роль у природних екосистемах, роблячи внесок у розклад решток мертвих тварин.

Копрофаги — це тварини, що живляться екскрементами. Представниками є жуки-гнойовики, деякі двокрилі та їхні личинки, деякі кліщі та інші. Копрофаги прискорюють розклад органічних решток та підвищують родючість ґрунту.

Беручи участь у мінералізації органічних сполук, сапротрофи є важливою ланкою в кругообігу речовин і енергії. Багато сапрофагів відіграють позитивну роль «санітарів місцевості». Однак деякі з них, наприклад мухи, переносять збудників хвороб з екскрементів на харчові продукти, сприяючи поширенню захворювань — дизентерії, черевного тифу, гельмінтозів. Хребетні сапрофаги (зокрема, свині), поїдаючи трупи, сприяють циркуляції трихінельозу, лептоспірозу, токсоплазмозу та інших захворювань.



Дощовий черв'як — детритофаг



Гієна — некрофаг



Жук-гнойовик — копрофаг

Мал. 33.1. Сапротрофи

Симбіотрофне живлення

Симбіотрофне живлення — тип живлення, характерний для симбіотичних організмів, за якого один організм живиться відходами іншого, не завдаючи тому шкоди. Наприклад, нітрифікуючі бактерії, що живуть на бобових рослинах, постачають їм Нітроген. У кишечнику ссавців живуть бактерії, які допомагають розщеплювати поживні речовини, наприклад кишкова паличка *E. coli*.

Паразитичне живлення

Паразитичне живлення — тип живлення, за якого організм отримує органічні речовини від організму хазяїна, завдаючи йому істотної шкоди. Так живляться деякі найпростіші (малярійний плазмодій, дизентерійна амеба), бактерії (дифтерійна паличка, холерний вібріон, стафілококи), вищі рослини (повитиця європейська, вовчок), тварини (сисуни, стьожкові черви, аскариди) (мал. 33.2).

Способи поглинання їжі

За способом поглинання їжі гетеротрофів поділяють на фаготрофів та осмотрофів. Фаготрофи заковтують тверді шматки їжі; до них належать тварини. Осмотрофи поглинають органічні речовини з розчинів безпосередньо через клітинні стінки; це гриби, грибоподібні організми й більшість бактерій.



Трипаносома
в кров'яному руслі



Холерний вібріон



Печінковий сисун



Повитиця

Мал. 33.2. Організми-паразити

Ключова ідея

Залежно від джерела поживних речовин способи гетеротрофного живлення поділяють на голозойне, сапротрофне, симбіотрофне й паразитичне; залежно від механізму поглинання їжі — на фаготрофне та осмотрофне.

6. Органи дихання тварин

Надходження газів до організму тварин забезпечує дихальна система, функцією якої є постачання до організму кисню і виведення з нього газоподібних продуктів обміну, насамперед вуглекислого газу.

Дифузія газів через поверхню тіла відбувається у дрібних тварин — водних (ракоподібних, червів) або наземних, які мешкають у вологих умовах (червів, амфібій). У наземних видів покриви зволожені, із великою кількістю залоз, пронизані густою мережею кровоносних капілярів.

Зябра — органи дихання водних або напівводних тварин (ракоподібних, молюсків, риб, амфібій). У безхребетних зябра є виростами поверхні тіла, у хребетних розвиваються з отворів у стінці глотки. Зябра мають розгалужену поверхню і рясно пронизані кровоносними капілярами. Кожна тварина, яка має зябра, має те або інше пристосування, що забезпечує омивання їх водою.

Трахеї — органи дихання дрібних наземних безхребетних (комах, павукоподібних). Трахеї є системою дихальних трубочок, що пронизують усе тіло і відкриваються на поверхні тіла дихальцями. Повітря втягується в трахеї під час розширення тіла і видавлюється під час його стиснення.

Легені — органи дихання наземних тварин (деяких черевоногих молюсків, амфібій, рептилій, птахів, ссавців). Еволюційно виникли як вирости травного тракту. Часто мають коміркову будову і повітроносні шляхи. Густо обплетені кровоносними судинами. Повітря в легені активно нагнітається роботою м'язів.

Еволюція дихальної системи у безхребетних тварин

Нижчі безхребетні	У нижчих безхребетних (кишковопорожнинні, плоскі та круглі черви, більшість кільчастих червів) органи дихання відсутні, газообмін здійснюється дифузно всією поверхнею тіла
Морські кільчасті черви	Уперше дихальна система з'являється в морських кільчастих червів; на їхніх пароподіях є спеціалізовані органи дихання — зябра (епітеліальні вирости з капілярами). При цьому значний газообмін відбувається і через поверхню тіла
Молюски	У більшості молюсків органами дихання є зябра. Наземні молюски втратили зябра і здобули легені — видозмінену мантийну порожнину, стінки якої пронизані кровоносними судинами
Членистоногі	У членистоногих будова органів дихання залежить від умов проживання. Органами дихання ракоподібних є зябра, які розташовані на ніжках і ногощелепах, де вони постійно омиваються водою. Дихальна система павукоподібних представлена або легеньми, або трахеями, які відкриваються назовні отворами (стигмами) на бічних частинах члеників. У комах дихання здійснюється за допомогою трахей

Еволюція легень у хребетних

Амфібії	Легені з'являються в амфібій як у перших хребетних, що вийшли на суходіл. Вони формуються у вигляді парних виростів черевної частини глотки. Повітря в легені потрапляє з ротової порожнини за рахунок ковтальних рухів. Легені крупнокомірчасті, мають невелику дихальну поверхню. Тому газообмін ще значною мірою (60—70 %) здійснюється через шкіряні покриви, які пронизані кровоносними капілярами і забезпечені слизовими залозами
Рептилії	У рептилій у зв'язку з остаточним виходом на суходіл дихальна система ускладнюється. Шкірне дихання зникає. Дихальна поверхня дрібнокомірчастих легеневи́х мішків збільшується. Формуються повітроносні шляхи: трахея і бронхи. Дихання здійснюється за рахунок скорочення міжреберних м'язів, які зумовлюють рух грудної клітини
Птахи	У птахів легені мають численні перегородки з мережею кровоносних капілярів. Від трахеї йде бронхіальне дерево, яке закінчується бронхіолами. Частина бронхів виходить за межі легень і утворює повітряні мішки. Під час польоту кров насичується киснем і під час вдиху, і під час видиху (подвійне дихання). У стані спокою птах дихає шляхом розширення і стискання грудної клітки (мал. 31.1)
Ссавці	Ссавці мають легені альвеолярної будови, завдяки чому їхня поверхня в 50-100 разів більша за поверхню тіла. Трахея розділяється на бронхи, які деревоподібно розгалужені й закінчуються тонкостінними бронхіолами з гронами альвеол, густо обплетених кровоносними капілярами. Основним м'язом у процесі дихання є діафрагма (мал. 31.2)

Етапи еволюції зябрового апарату у хордових:

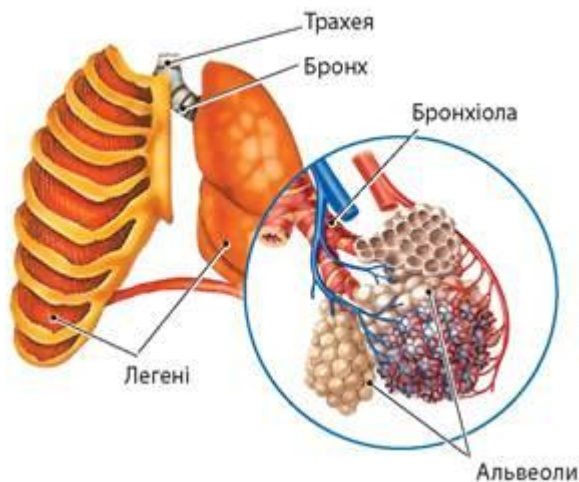
- 1) зменшення числа зябрових щілин (від 150 пар зябрових щілин у ланцетника до 4—7 пар зябрових мішків у кісткових риб);
- 2) збільшення дихальної поверхні шляхом утворення зябрових пелюсток;
- 3) розвиток у кісткових риб зябрових кришок, які нагнітають потік води.

Етапи еволюції легень у хребетних:

- 1) відокремлення дихальних шляхів від кишечника;
- 2) збільшення дихальної поверхні шляхом утворення складної системи розгалужених бронхів і комірчастих легень;
- 3) ускладнення будови повітроносних шляхів;
- 4) удосконалення системи нагнітання повітря.



Мал. 31.1. Дихальна система птахів



Мал. 31.2. Дихальна система людини

Ключова ідея

У дрібних тварин газообмін здійснюється дифузно через поверхню тіла. Спеціалізовані органи дихання безхребетних мають епітеліальне походження, а органи дихання хордових за походженням пов'язані з кишечником. Еволюція дихальної системи у хребетних відбувалася шляхом збільшення дихальної поверхні й удосконалення системи нагнітання потоку води (зябра) або повітря (легені).

Особливості рослин і грибів

Рослини й гриби мають спільні риси: вони ведуть нерухомий спосіб життя і прикріплені до субстрату, з якого й поглинають поживні речовини.

Але ці групи організмів відрізняються одна від одної за дуже важливою ознакою: рослини є автотрофами, тоді як гриби належать до гетеротрофів. Отже, рослини поглинають з навколишнього середовища мінеральні речовини, тому що органічні вони синтезують самі. На відміну від рослин, гриби поглинають із середовища і мінеральні, й органічні сполуки.

Рослини й гриби, як і всі живі організми, дихають. При цьому вони поглинають атмосферний кисень і виділяють у навколишнє середовище вуглекислий газ. Але рослини здатні до фотосинтезу і водночас потребують надходження як кисню (для дихання), так і вуглекислого газу (для фотосинтезу).

Всмоктування рослинами речовин із ґрунту

Як вам уже відомо, мінеральні речовини й вода потрапляють в організм рослин через корінь. Вода надходить за допомогою осмосу, а мінеральні речовини переносяться шляхом активного транспорту.

Поглинання води й мінеральних солей з ґрунту відбувається в зоні всмоктування кореня, де добре розвинена різодерма з кореневими волосками. Йони мінеральних солей ґрунтового розчину пересуваються з течією води до поверхні корневих волосків. Транспорт йонів крізь цитоплазматичну мембрану всередину клітин корневих волосків відбувається проти градієнта концентрації й електричного потенціалу, тому вимагає витрат енергії. Тобто поглинання поживних речовин рослинами є процесом, під час якого витрачається енергія.

Джерелом енергії, необхідної для активного поглинання елементів мінерального живлення, є процеси клітинного дихання. У разі погіршення росту

коренів і гальмування дихання (поганої аерації ґрунтів) поглинання поживних речовин уповільнюється.

Газообмін у рослин

В організм рослин гази з повітря потрапляють через листки, корені й стебла. Кожна клітина самостійно обмінюється з навколишнім середовищем вуглекислим газом і киснем шляхом дифузії. Кисень легко дифундує з повітря в проміжках між частинками ґрунту у воду і потім у кореневі волоски. Утворена в клітинах рослини вуглекислота дифундує у зворотному напрямку і виходить з кореня назовні також через кореневі волоски. У листках газообмін здійснюється через продихи. Гази дифундують також через сочевички на коренях і стовбурах старих дерев і чагарників.

Найінтенсивніший газообмін відбувається через продихи. Продихи ведуть у систему міжклітинників, утворених пухко розташованими клітинами губчастої паренхимы листка. По міжклітинному простору до клітин постачається кисень для дихання, вуглекислий газ для фотосинтезу і видаляються продукти обміну (мал. 32.1).

Газообмін крізь продихи забезпечує два основні процеси: дихання та фотосинтез. Удень більша частина CO_2 для фотосинтезу і O_2 для дихання надходить у рослину крізь продихи. Уночі продихи закриті, і для дихання рослини використовують O_2 , утворений у процесі фотосинтезу і накопичений у міжклітинниках.

Надходження поживних речовин до організму грибів

Живлення грибів здійснюється шляхом усмоктування води і розчинених у ній органічних і неорганічних речовин усією поверхнею міцелію. Для того щоб вода з розчиненими в ній поживними речовинами надходила із субстрату (наприклад ґрунту) у міцелій, гриби створюють у клітинах високий осмотичний тиск, наслідком якого є утворення тургору (мал. 32.2).

Такий спосіб живлення змушує тіло гриба повністю занурюватися в субстрат. Розгалужений міцелій допомагає грибу охопити максимальну площу для вилучення поживних речовин. При цьому гриб не може мати великі розміри, тому що надходження поживних речовин у глибину тіла викликає труднощі.

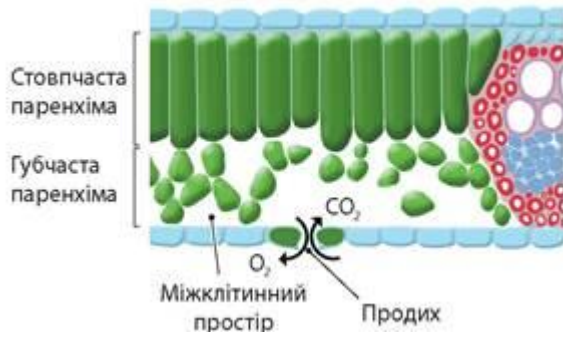
Як джерела енергії гриби використовують складні органічні речовини. Але, як вам відомо, великі біополімери не можуть проникати в клітину крізь її мембрану. Тому гриби виділяють у навколишнє середовище ферменти, які руйнують високомолекулярні полімери до мономерів, що потім надходять у клітину.

Відповідно, гриби розвиваються на ґрунтах, багатих на органічні речовини. Часто гриби використовують як живильне середовище інші організми або їхні залишки (паразитичні й цвілеві гриби, копрофаги, трутовики). Іноді гриби вступають у взаємовигідні харчові взаємовідносини з рослинами (мал. 32.3).

Газообмін у грибів

Як і для інших аеробних організмів, для грибів характерно кисневе дихання, що забезпечує вилучення енергії з їжі. При цьому деякі гриби, наприклад дріжджі, можуть обходитися малою кількістю кисню.

Газообмін відбувається крізь усю поверхню міцелію. Перебуваючи в ґрунті, міцелій потребує постійного притоку повітря, тому грибниця залягає неглибоко, у 6—12 см від поверхні ґрунту.



Мал. 32.1. Схема газообміну крізь продихи



Мал. 32.2. Великий тургорний тиск усередині грибів дозволяє їм проростати навіть крізь асфальтове покриття



Мал. 32.3. Мікориза й лишайник — приклади взаємодії грибів і рослин з метою взаємного поліпшення живлення

Ключова ідея

Поглинання поживних речовин рослинами й грибами потребує енергії. Рослини поглинають мінеральні речовини й воду коренями. Газообмін відбувається дифузно крізь продихи, сочевички й кореневі волоски. Гриби всмоктують із субстрату гази, воду, органічні й неорганічні речовини поверхнею міцелію.

7. Транспортні системи тварин

Метаболічні процеси, що перебігають у клітинах тіла тварин, вимагають безперервного припливу поживних речовин і кисню, а також видалення продуктів обміну. Всі організми тим чи іншим шляхом здійснюють перенесення речовин з однієї частини тіла в іншу.

В одноклітинних організмів перенесення речовин відбувається шляхом дифузії молекул, переміщенням яких сприяє рух цитоплазми. У великих тварин існує спеціальна система внутрішнього транспорту.

Найпростіші із сучасних тварин, у яких є спеціальна транспортна система, — це немуртини. У них є одна спинна і дві бічні кровоносні судини, з'єднані поперечними судинами. У більших і складно організованих тварин система кровообігу складається зазвичай із кровоносних судин і серця.

Транспорт речовин у кишковопорожнинних, губок, плоских і круглих червів

Кишковопорожнинні, губки, плоскі черви не мають кровоносної системи. У кишковопорожнинних і губок транспорт речовин по всьому організму здійснюється шляхом дифузії (поліпи, губки) або за допомогою розгалужень кишкової порожнини (медузи).

Рідина, що циркулює в каналах кишкової порожнини кишковопорожнинних, — гідролімфа — доставляє до клітин поживні речовини і видаляє продукти обміну. Гідролімфа містить солі та органічні речовини; її склад несталій.

У плоских червів транспорт речовин відбувається також шляхом дифузії. У них немає порожнини тіла, і речовини транспортуються тканинною рідиною між клітинами мезодерми. Дифузія полегшується сплющеною формою тіла і численними розгалуженнями кишечника.

У круглих червів речовини переносяться рідиною первинної порожнини тіла.

Кровоносна система

У більшості тварин для транспортування поживних речовин по організму тільки дифузії недостатньо. Це зумовлює виникнення кровоносної системи. Основними компонентами кровоносної системи є:

- 1) рідина, яка циркулює (кров, лімфа, гемолімфа);
- 2) судини, якими циркулює рідина (артерії, вени, капіляри);
- 3) пульсуючий орган, що забезпечує рух рідини (серце, кровоносна судина).

Гемолімфа — рідка тканина, що циркулює в судинах і міжклітинних порожнинах багатьох безхребетних тварин (членистоногі, молюски) з незамкненою системою кровообігу. Складається з води, неорганічних і органічних сполук.

Кров — рідка сполучна тканина, що складається з плазми і клітин (формених елементів) — лейкоцитів, еритроцитів і тромбоцитів. Циркулює у замкненій системі кровоносних судин.

У незамкненій кровоносній системі кров виходить з кровоносних судин, потрапляє в порожнину тіла або проміжки між органами і через відкриті кінці венозних судин знову надходить до кровоносної системи (членистоногі, частина молюсків, голкошкірі). У замкненій кровоносній системі кров тече тільки судинами (кільчасті черви, хребетні і деякі інші тварини).

Еволюція кровоносної системи у хордових

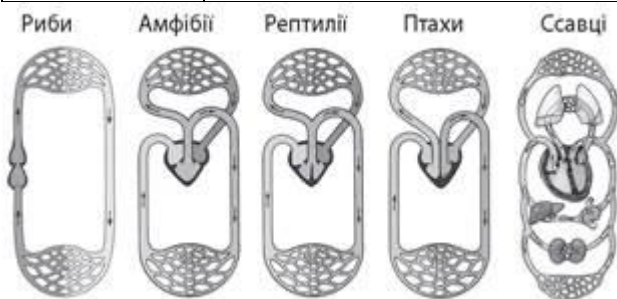
У хордових кровоносна система замкнена.

Головні еволюційні зміни в системі кровообігу пов'язані з переходом від зябрового дихання до легеневого: у земноводних з'являється друге коло кровообігу (мале, або легеневе) і, як наслідок, ускладнюється будова серця (формується два передсердя) (мал. 28.1).

Далі еволюція йде шляхом збільшення вмісту кисню в крові, що надходить до органів: у плазунів виникає неповна перегородка в шлуночку, а у птахів і ссавців формується чотирикамерне серце. У птахів і ссавців до органів надходить тільки артеріальна кров; завдяки кращому забезпеченню киснем у тканинах підтримується високий рівень обміну речовин, що зумовлює теплокровність.

Будова кровоносної системи у хордових

Тварини	Будова кровоносної системи
Ланцетник	Одне коло кровообігу. Серця немає, замість нього — черевна аорта
Риби	Одне коло кровообігу. Серце двокамерне (передсердя і шлуночок). У серці — венозна кров
Амфібії	Два кола кровообігу. Трикамерне серце (два передсердя і шлуночок). Кров у шлуночку серця змішана
Рептилії	Два кола кровообігу. Серце трикамерне з неповною перегородкою в шлуночку. Кров у шлуночку змішується не повністю
Птахи і ссавці	Два кола кровообігу. Серце чотирикамерне. Артеріальна та венозна кров не змішуються



Мал. 28.1. Схеми кровообігу у хребетних

Будова кровоносної системи у безхребетних

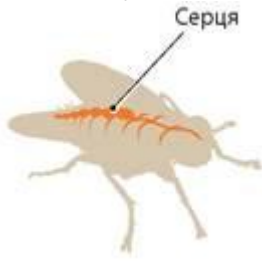
Кільчасті черви

Кровоносна система замкнена. Одне коло кровообігу. Роль серця виконують кільцеві судини



Членистоногі

Кровоносна система незамкнена. Серце трубчасте, розташоване на спинному боці тіла



Молюски

Кровоносна система незамкнена. Серце зі шлуночком і передсердям, розташоване на спинному боці тіла



Ключова ідея

Компонентами кровоносної системи є рідина, яка циркулює (кров, лімфа, гемолімфа); судини (артерії, вени, капіляри) і пульсуючий орган (серце, видозмінена судина). Еволюційні зміни кровообігу хордових пов'язані з переходом від зябрового дихання до легеневого: з'являється друге коло кровообігу (мале, або легеневе) й ускладнюється будова серця (формуються два передсердя, а потім і два шлуночка для поліпшення постачання кисню у тканини).

8. Транспортна функція крові

Кров транспортує поживні речовини — білки, жири, вуглеводи, вітаміни, а також йони мікро- і макроелементів від травної системи до всіх клітин тіла.

З транспортом пов'язана екскреторна функція крові — виділення з організму кінцевих продуктів обміну речовин (сечовини, сечової кислоти тощо) або надлишкових речовин (солей, води).

Завдяки транспорту здійснюється й дихальна функція крові: від органів дихання до тканин та інших органів тіла кров транспортує кисень, а назад забирає вуглекислий газ.

Кров переносить також гормони, за допомогою яких здійснюється гуморальна регуляція роботи організму. Завдяки регуляторній функції крові підтримується сталість внутрішнього середовища організму, регулюються водний і сольовий баланс тканин, температура тіла, контролюються обмінні процеси і фізіологічні функції.

Також кров переносить імуноглобуліни — білки-антитіла імунної системи.

Транспортна функція крові здійснюється як плазмою, так і форменими елементами (клітинами) крові.

Плазма крові

Плазма крові — це рідка частина крові, що містить розчинені йони, неорганічні й органічні речовини, а також продукти клітинної дисиміляції. Плазма становить близько 55 % загального обсягу крові, тобто в людини це приблизно 2,5—3 літри. У її складі міститься 93 % води і 7 % розчинених речовин.

До органічних речовин плазми крові належать:

- 1) білки плазми (альбуміни, глобуліни, фібриноген) — 7,8 %;
- 2) глюкоза — 0,12 %;
- 3) ліпіди — 0,8—1 %;
- 4) нітрогенові сполуки, що екскретуються (сечовина, сечова кислота тощо) — 0,05 %;
- 5) біологічно активні речовини (ферменти, гормони, вітаміни).

До неорганічних речовин плазми крові належать:

- 1) катіони (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+}) та аніони (Cl^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^-) — 0,9 %;
- 2) гази (кисень, вуглекислий газ).

Транспортні білки плазми крові

У плазмі міститься кілька сотень білків, частина з яких здійснює транспорт речовин. Основними транспортними білками крові є альбумін, а-глобуліни і b-глобуліни. Вони переносять сполуки, що погано розчиняються у воді, — жирні кислоти, гідрофобні гормони, жиророзчинні вітаміни, а також йони та інші речовини.

Близько 55 % від усіх білків, що містяться в плазмі крові людини, становить сироватковий альбумін. Він є неспецифічним транспортним білком і може зв'язуватися із широким колом речовин: металами, йонами, жирними кислотами, амінокислотами, ферментами тощо.

На відміну від альбуміну, деякі транспортні білки крові є вузько специфічними. Зокрема, церулоплазмін спеціалізований для переносу йонів Купруму, трансферин — йонів Феруму.

Спеціальні білки переносять стероїдні або інші гідрофобні гормони — тестостерон, кортизол, тироксин та інші. Існують також окремі переносники для гідрофобних вітамінів, зокрема А і D.

Ліпіди, що синтезуються у тканинах організму, переносяться плазмою крові у складі спеціальних комплексів з білками — ліпопротеїнів.

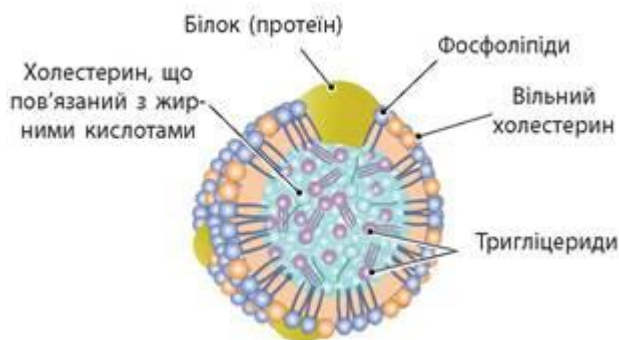
Найважливіші транспортні білки плазми крові

Білки плазми крові	Речовини, що транспортуються
Альбуміни	
Альбумін	Жирні кислоти, білірубін, гем, солі жовчних кислот, стероїдні гормони (тироксин, кортизол, тестостерон), вітаміни, деякі ліки (аспірин, сульфаніламід), йони Ca^{2+} і Mg^{2+}
Транстиретин	Тироксин, ретинол (вітамін А)
а-Глобуліни	
Церулоплазмін	Йони Купруму Cu^{2+}
Ретинол-зв'язуючий білок	Ретинол (вітамін А)
Вітамін D-зв'язуючий білок	Кальциферол (вітамін D)
Тироксин-зв'язуючий глобулін	Тироксин, трийодтиронін
Транскортин	Кортизол, кортикостерон, прогестерон
б-Глобуліни	
Трансферин	Йони Феруму Fe^{2+} , Fe^{3+}
Транскобаламін	Ціанкобаламін (вітамін B_{12})
Глобулін-зв'язуючий білок	Тестостерон, естрадіол

Транспорт ліпідів

Жири не розчиняються у воді й тому не можуть бути перенесені кров'ю в чистому вигляді. Вони утворюють ліпопротеїни, білкова частина яких забезпечує перенесення всього комплексу кров'ю (мал. 29.1).

Якщо баланс ліпідів у крові змінюється, виникають патологічні процеси, зокрема атеросклероз (мал. 29.2). Причинами таких порушень можуть бути ендокринні або спадкові захворювання, хвороби печінки, неправильне харчування, паління і надмірне вживання алкоголю.



Мал. 29.1. Будова ліпопротеїнів. Зовнішня оболонка ліпопротеїну складається з гідрофільних білків і фосфоліпідів, а внутрішнє ядро містить жири і жироподібні речовини



Мал. 29.2. Атеросклеротичні зміни у судинах

Ключова ідея

Завдяки транспортній функції крові здійснюються також її дихальна, екскреторна, регуляторна і захисна функції. Транспортна функція крові здійснюється як плазмою, так і форменими елементами крові. Основними транспортними білками плазми крові є альбумін, а- і в-глобуліни. Ліпіди переносяться плазмою крові у складі комплексів з білками — ліпопротеїнів.

Транспорт газів

Кровообіг у тварин виконує одну з найважливіших функцій — перенесення кисню від легенів до тканин, а вуглекислого газу — від тканин до легенів.

Ці гази можуть транспортуватися у плазмі крові як у розчиненому вигляді, так і за допомогою спеціальних переносників. Сполуки, що зв'язують і транспортують кисень і вуглекислий газ, називають дихальними пігментами. Такими дихальними пігментами є гемоглобін і гемоціанін. Вони перебувають у розчиненому стані (у гемолімфі безхребетних) або містяться в кров'яних клітинах — еритроцитах (у крові хребетних).

Дихальні пігменти є металопротеїнами — комплексами білків з атомами металічних елементів. Атоми металічних елементів відіграють ключову роль у приєднанні й транспортуванні кисню.

Кисень головним чином зв'язується і транспортується дихальними пігментами (у людини — гемоглобіном). Концентрація O_2 в плазмі крові дуже незначна, тому що цей газ погано розчиняється у воді.

Основна частина вуглекислого газу, навпаки, транспортується плазмою крові. Приблизно 90 % CO_2 , утвореного в тканинах, перетворюється на гідрокарбонат HCO_3^- , який легко розчиняється і транспортується у складі плазми крові. У легенях з гідрокарбонату знову утворюється CO_2 , який виводиться

назовні під час дихання. Деяка кількість вуглекислого газу (5 %) транспортується у розчиненому стані. Лише близько 5 % CO_2 зв'язується з гемоглобіном.

Гемоглобін

Гемоглобін — ферумовмісний білок кровоносної системи тварин, який оборотно зв'язується з киснем і забезпечує його перенесення від органів дихання до тканин. Крім того, гемоглобін бере участь у транспортуванні вуглекислого газу у зворотному напрямку.

У хребетних тварин гемоглобін міститься у червоних клітинах крові — еритроцитах. У більшості безхребетних він розчинений у плазмі крові.

За будовою гемоглобін є складним білком, що містить білкову частину — глобін — і ферумовмісну частину — гем (мал. 30.1).

Білкова частина гемоглобіну складається з чотирьох поліпептидних ланцюгів: α_1 , α_2 , β_1 і β_2 . Кожний ланцюг поєднаний з одним гемом, тобто з однією молекулою гемоглобіну зв'язуються максимально чотири молекули O_2 .

Форми гемоглобіну

У капілярах легенів кисень приєднується до гемоглобіну, утворюючи оксигемоглобін. Оксигемоглобін надає артеріальній крові червоного забарвлення. Поток крові еритроцити, що містять оксигемоглобін, доставляються до органів; тут кисень вивільняється і переходить у тканини. Віддавши кисень, гемоглобін зв'язує невелику кількість вуглекислого газу, переносячи його в легені. Сполуку вуглекислого газу з гемоглобіном називають карбгемоглобіном; він надає венозній крові темного відтінку.

Конкурувати з киснем за зв'язок з гемоглобіном може чадний газ CO . При цьому утворюється карбоксигемоглобін. Зв'язок CO з гемоглобіном у 240 разів міцніший, ніж з киснем, тому під час отруєння чадним газом передача кисню тканинам блокується.

Міоглобін

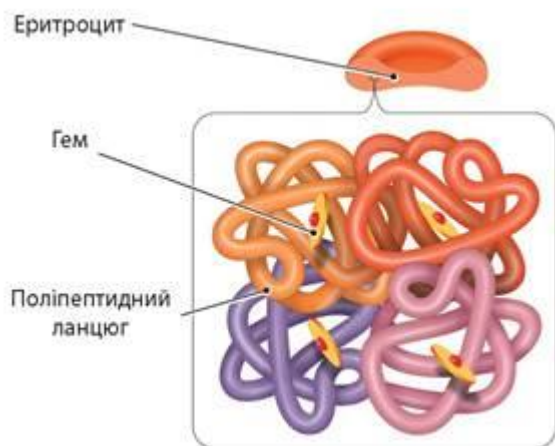
Міоглобін — ферумовмісний білок, що зв'язує кисень, який надходить до серцевих і скелетних м'язів у хребетних тварин і людини. Міоглобін є глобулярним білком, який складається з одного поліпептидного ланцюга, що несе гем з атомом Феруму (мал. 30.2).

Міоглобін зв'язує і зберігає кисень, створюючи в м'язах його резерв. Цей резерв витрачається у разі кисневого голодування, наприклад, під час інтенсивної роботи м'язів. Міоглобін надає м'язовим волокнам червоного кольору.

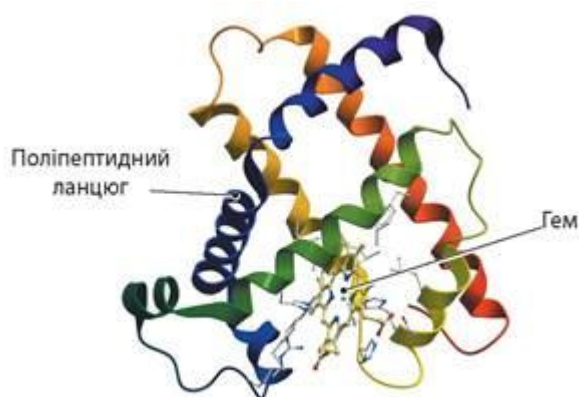
Гемоціанін

Гемоціанін — купрумовмісний білок, що зв'язує і переносить кисень у молюсків (головоногих, червононогих) та членистоногих (мечохвостів, павукоподібних, ракоподібних). Під час зв'язування кисню безкольоровий гемоціанін забарвлюється у блакитний колір.

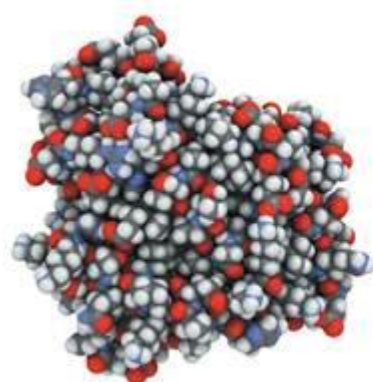
На відміну від гемоглобіну, молекули гемоціаніну розчинені в гемолімфі. Завдяки цьому мономери гемоціаніну можуть об'єднуватися в дуже великі комплекси (мал. 30.3). Ці комплекси дозволяють краще переносити O_2 , особливо в умовах з малим умістом кисню.



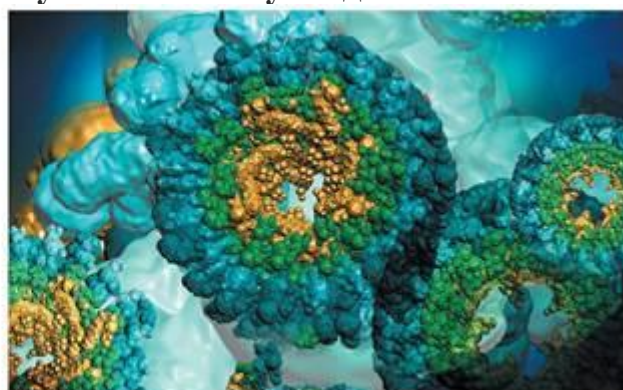
Мал. 30.1. Молекула гемоглобіну людини



Мал. 30.2. Молекула міоглобіну людини



Членистоногі



Молюск *Megathura crenulata*

Мал. 30.3. Приклади структури молекул гемоціаніну

Ключова ідея

Гази можуть транспортуватися у плазмі крові як у розчиненому вигляді, так і за допомогою переносників. Вуглекислий газ транспортується здебільшого плазмою крові. Транспорт кисню забезпечується дихальними пігментами гемоглобіном або гемоціаніном.