

УДК 37.016
ББК 74.262.8
Ч-49

Серія «Олімпіади»
Заснована 2005 року

Автор:

Чернінський Андрій Олександрович, кандидат біологічних наук, науковий співробітник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, член журі Всеукраїнської біологічної олімпіади та Турніру юних біологів, автор та адміністратор Українського біологічного сайту

Чернінський А. О.

Ч-49 Олімпіадний мінімум. Біологія людини. — Х.: Вид. група «Основа», 2013. — 303, [1] с.: іл., табл. — (Серія «Олімпіади»).

ISBN 978-617-00-1744-4.

Посібник містить необхідний мінімум теоретичних відомостей з курсу біології людини для підготовки учнів до участі в біологічних олімпіадах. Наведено добірку завдань із відповідями тих типів, які використовуються на олімпіадах. Матеріали посібника можна використовувати для роботи в профільних класах і підготовки учнів до ЗНО.

УДК 37.016
ББК 74.262.8

ISBN 978-617-00-1744-4

© Чернінський А. О., 2011
© ТОВ «Видавнича група «Основа», 2013

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	9
1. ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	10
1.1. Хімічний склад організму людини	10
1.2. Будова клітин	14
Плазматична мембрана	14
Ядро	19
Цитоплазма	20
1.3. Тканини людського організму	23
Епітеліальні тканини	23
Тканини внутрішнього середовища	25
М'язові тканини	27
Нервова тканина	28
1.4. Органи й системи органів	28
1.5. Основні процеси функціонування клітин	30
Природа електричної активності збудливих клітин	30
Передача хімічних сигналів у клітину	38
Синаптична передача інформації	40
2. ГОМЕОСТАЗ І МЕХАНІЗМИ ЙОГО ПІДТРИМКИ	45
2.1. Поняття про гомеостаз	45
2.2. Нервова регуляція	47
Будова нейронів	47
Рефлекторна дуга	50
2.3. Гуморальна регуляція	52
Загальні принципи гуморальної регуляції гомеостазу	52
Основні ендокринні органи	53
2.4. Імунна регуляція	60
2.5. Взаємозв'язок трьох систем регуляції	64
3. СИСТЕМА КРОВІ	65
3.1. Склад і властивості крові	65
3.2. Формені елементи крові	67
Еритроцити	67
Транспортування кров'ю дихальних газів	68
Лейкоцити	70
Тромбоцити	72
3.3. Зсідання крові	73
3.4. Групи крові	75
3.5. Основні хвороби системи крові	78

4. КРОВОНОСНА СИСТЕМА	79
4.1. Будова й робота серця	79
Будова серця	79
Серцевий цикл	80
Автоматія	82
Регуляція серцевої діяльності	84
4.2. Рух крові по судинах	85
Типи кровоносних судин	85
Організація судинного русла	88
Характеристики кровотоку	91
Обмінні процеси в капілярах	93
Регуляція роботи кровоносних судин	94
4.3. Методи дослідження серцево-судинної системи	95
Електрокардіографія	97
4.4. Захворювання серцево-судинної системи	98
5. ЛІМФАТИЧНА СИСТЕМА	100
6. ДИХАЛЬНА СИСТЕМА	102
6.1. Будова дихальної системи	102
6.2. Зовнішнє дихання	104
Механізм вентиляції легень	104
Кількісні характеристики дихання	105
Газообмін у легенях	107
6.3. Регуляція дихання	107
6.4. Захворювання дихальної системи	109
7. ТРАВНА СИСТЕМА	111
7.1. Травлення в ротовій порожнині	113
Слиновиділення	114
Ковтання	115
7.2. Травлення в шлунку	116
Фази шлункової секреції	118
Досліди І. П. Павлова	119
7.3. Травлення в тонкій кишці	120
Підшлункова залоза	120
Печінка	122
Основна частина тонкої кишки	123
7.4. Травлення в товстій кишці	126
7.5. Захворювання травної системи	127
8. ОБМІН РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ	129
8.1. Обмін речовин	130
Обмін білків	130
Обмін вуглеводів	131
Обмін ліпідів	131
Водно-сольовий обмін	132

8.2. Енергетичний обмін	133
8.3. Харчування	134
Вітаміни	135
9. ВИДІЛЬНА СИСТЕМА	139
Будова нирки. Нефрон	139
Робота нефрона	140
Регуляція роботи нирок	143
Інші органи, що беруть участь у виділенні	144
Захворювання органів видільної системи	144
10. ШКІРА	145
11. ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА	148
11.1. Система скелета	148
Будова кісток	148
З'єднання кісток	150
Організація скелета людини	150
11.2. М'язова система	156
Будова скелетних м'язів	157
Класифікація м'язів	160
Основні скелетні м'язи тіла людини	160
Регуляція роботи м'язів	162
Механізм скорочення м'язового волокна	162
Особливості енергетики скелетних м'язів	166
11.3. Гігієна опорно-рухового апарату	167
12. РОЗМНОЖЕННЯ Й ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ	169
12.1. Будова статевих органів	169
Чоловіча статева система	169
Жіноча статева система	171
12.2. Основні процеси, пов'язані з розмноженням людини	172
Менструальний цикл	173
Запліднення і вагітність	175
Вагітність і пологи	176
12.3. Гігієна статевих органів	177
12.4. Періодизація життя людини	177
13. НЕРВОВА СИСТЕМА	181
13.1. Периферичний відділ нервової системи	181
13.2. Центральна нервова система. Спинний мозок	185
13.3. Центральна нервова система. Головний мозок	189
Загальна будова головного мозку	189
Черепномозкові нерви	190
Довгастий мозок	192
Задній мозок	193

Середній мозок	194
Ретикулярна формація	196
Проміжний мозок	197
Кінцевий мозок	198
14. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ	202
14.1. Поняття про аналізатори	202
14.2. Зоровий аналізатор	204
Сприйняття світла	206
Центральна обробка зорової інформації	208
Порушення зору	209
14.3. Слуховий аналізатор	211
Будова слухової системи	211
Механізм сприйняття звуків	213
Центральна обробка слухової інформації	215
14.4. Гравітаційний аналізатор	216
14.5. Соматовісцеральний аналізатор	217
14.6. Нюховий аналізатор	220
14.7. Смаковий аналізатор	221
15. БІОЛОГІЯ ПОВЕДІНКИ ЛЮДИНИ	224
15.1. Загальні уявлення про поведінку людини	224
15.2. Умовні рефлекси	225
Формування умовних рефлексів	225
Гальмування умовних рефлексів	230
Значення умовних рефлексів	232
15.3. Біологічні основи психіки людини	233
Пам'ять	234
Емоції	236
Стрес	238
Увага	240
Перша і друга сигнальні системи	241
Свідомість	243
ПІДСУМОК	245
ЛІТЕРАТУРА	246
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	247
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	257
Частина 1. Загальні уявлення про організм людини. Гомеостаз	257
Частина 2. Кровоносна, лімфатична, дихальна системи	269
Частина 3. Травлення, обмін речовин, виділення, розмноження, опорно-руховий апарат	278
Частина 4. Нервова система, сенсорні системи, психофізіологія	289
Відповіді на тестові завдання	302

ПЕРЕДМОВА

Книга, яку ви тримаєте в руках, описує будову й роботу людського організму. Вона орієнтована насамперед на учнів старших класів, які цікавляться біологією та планують пов'язати своє життя з цією наукою, тобто на майбутніх науковців, медиків, психологів — фахівців усіх сфер, де можуть знадобитися біологічні знання.

У посібнику повноцінно розкрито всі теми, що стосуються біології людини, шкільної програми з біології та програми зовнішнього незалежного тестування. Книга починається з розгляду основ біології людини — процесів, які відбуваються на клітинному рівні. У другому розділі розглянуто загальні принципи регуляції життєдіяльності організму. У подальших розділах викладено сучасні відомості про будову й функціонування основних систем організму людини: кровоносною, дихальною, травною, видільною, статевою, нервовою тощо. Опис нормальної роботи кожної системи супроводжується стислими відомостями стосовно її гігієни й найбільш поширених хвороб. В останньому розділі описано сучасні уявлення про біологічні основи поведінки і психіки людини. Анатомічні терміни наводяться відповідно до Українського стандарту Міжнародної анатомічної номенклатури, що полегшить підготовку до навчання в медичних ВНЗ. Книга супроводжується тестовими завданнями, частину яких було використано під час теоретичного туру Всеукраїнської олімпіади з біології.

На жаль, у традиційному паперовому підручнику неможливо розмістити сучасні наочні матеріали, як, наприклад, відео-, аудіофрагменти, інтерактивні засоби навчання тощо. А без таких матеріалів часто буває важко сприйняти опис процесів, які відбуваються в організмі людини. Для розв'язання цієї проблеми ми вирішили подати разом із текстом посібника посилання на ресурси мережі Інтернет. Ви знайдете їх у формі чорно-білих візерунків на зразок того, що є на цій сторінці. Це двовимірний штрих-код, у якому закодоване посилання на веб-сторінку, — QR code. Зчитати QR-код можна кількома способами, найбільш простим і зручним із яких є використання смартфона або планшетного комп'ютера. Є чимало безкоштовних програм, які вміють розпізнавати ці коди. Якщо ви не знайомі з цією технологією, детальні інструкції та посилання на програми для зчитування кодів можна знайти на офіційній сторінці

автора книги: <http://blacknick.info/book-human/>. QR-коди містять посилання на анімовані схеми, фрагменти навчальних фільмів та інтерактивні ігри, які допоможуть опанувати складні теми посібника.

Автор хоче висловити подяку людям, які допомогли у створенні цієї книги, — співробітникам Київського національного університету імені Тараса Шевченка С. А. Крижановському та Н. В. Скрипник за слушні зауваження до оригіналу, а також авторам тестових завдань олімпіади, і в першу чергу В. І. Комаренку.

Розуміючи, що ця книга не є ідеальною, автор просить надсилати відгуки й зауваження електронною поштою на адресу book-human@blacknick.info або звичайною — на адресу 03022, Київ-22, а/с 115, Чернінському А. О.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АДФ — аденозиндифосфатна кислота
- АКТГ — адренокортикотропний гормон
- АТФ — аденозинтрифосфатна кислота
- ГПСП — гальмівний постсинаптичний потенціал
- ДНК — дезоксирибонуклеїнова кислота
- ЕПС — ендоплазматична сітка
- ЗПСП — збуджувальний постсинаптичний потенціал
- МПС — мембранний потенціал спокою
- ПД — потенціал дії
- РНК — рибонуклеїнова кислота
- СПР — саркоплазматичний ретикулум
- ТТГ — тиреотропний гормон
- цАМФ — циклічний аденозинмонофосфат
- ЦНС — центральна нервова система
- ШОЕ — швидкість осідання еритроцитів

1. ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Організм людини складається з великої кількості клітин, які є елементарними одиницями будови й функціонування. Процеси, що відбуваються на рівні клітин, є основою роботи цілого організму та його частин. Клітини відтворюються шляхом поділу клітин-попередників, ніколи не утворюючись заново. Розмноження людини також пов'язане з формуванням і функціонуванням спеціалізованих клітин.

Як і всі справжні багатоклітинні організми, організм людини не є простим скупченням клітин. Між ними існують складні взаємовідносини, спрямовані на узгодження процесів їхньої діяльності. Така координація функціонування різних складових організму є необхідною для забезпечення їх інтеграції в цілісну біологічну систему, якою є організм.

1.1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Тіло людини, як і тіла інших живих організмів, складається з різних хімічних речовин. За особливостями будови і властивостями виділяють **органічні** й **неорганічні** речовини. Органічні речовини мають основу, утворену ланцюжками атомів Карбону, сполучених ковалентними зв'язками. Неорганічні речовини не мають карбонової основи у своїх молекулах.

Основною неорганічною речовиною організму людини є **вода** (H_2O), на яку припадає 60 % маси тіла. 7 % маси тіла припадає на інші неорганічні сполуки, а 33 % — на органічні речовини.

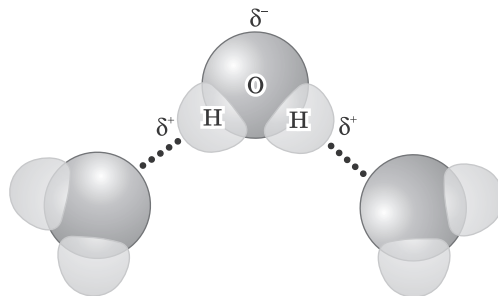


Рис. 1. Водневі зв'язки між молекулами води

Молекули води є полярними — атом Оксигену в їхньому складі має негативний заряд, тоді як атоми Гідрогену, навпаки, позитивний (рис. 1). Це обумовлює одну з важливих особливостей води — вона є добрим розчинником для полярних молекул. На основі здатності до розчинення у воді виділяють **гідрофільні** (добре розчинні) і **гідрофобні** (погано розчинні) сполуки. Як розчинник вода є середовищем для перебігу багатьох хімічних реакцій. Окрім цього, вона може вступати в певні реакції або утворюватися в них. Через добру розчинність у воді різних речовин вона бере участь у їх транспортуванні, переносячи поживні речовини, продукти обмінних процесів, регуляторні речовини тощо. Вода також бере участь у виконанні механічної функції, послаблюючи тертя між різними поверхнями (наприклад, у суглобах) або забезпечуючи амортизацію в разі ударів тощо.

З інших неорганічних речовин найбільше значення для функціонування організму людини мають неорганічні йони — позитивно (катіони) або негативно (аніони) заряджені частки, здатні вступати в хімічні реакції. Найчастіше трапляються:

- йони Кальцію (Ca^{2+}), що беруть участь у важливих внутрішньоклітинних процесах, забезпеченні м'язового скорочення, зсіданні крові, входять до складу твердої речовини кісток тощо;
- фосфатний аніон (залишок фосфатної кислоти, PO_4^{3-}), який може приєднуватися до різноманітних органічних молекул, змінюючи їхні властивості;
- йони Калію (K^+), Натрію (Na^+) і Хлору (хлорид-аніон, Cl^-), які беруть участь у підтримці збудливості нервової і м'язової тканин.

Органічні речовини, які входять до складу організму людини, належать до таких основних класів, як білки, ліпіди, вуглеводи та нуклеїнові кислоти.

Білки — це великі полімерні сполуки, номерами яких є амінокислоти.

Особливістю білків є їхня здатність формувати в просторі найрізноманітніші складні тривимірні структури. Залежно від цього білки можуть виконувати різні функції. Переважна кількість хімічних реакцій та інших процесів у організмі людини здійснюється з допомогою й за участі білкових молекул. До основних функцій білків належать:

- ферментативна — деякі білки каталізують біохімічні реакції, істотно пришвидшуючи їх або взагалі роблячи можливими;
- рухова — наприклад, в основі м'язового скорочення лежить зміна структури особливих білків;



- транспортна — деякі білки здатні зв'язувати й переносити певні речовини;
- захисна — особливі білки беруть участь у здійсненні більшості імунних реакцій;
- регуляторна — деякі білки регулюють процеси розвитку й функціонування організму;
- рецепторна — спеціальні білки здатні вибірково розпізнавати певні речовини.

Ліпіди є різноманітними за хімічною будовою речовинами, до яких належать жирні кислоти та їхні похідні. Жирними кислотами називають органічні кислоти з порівняно довгим (від чотирьох атомів) нерозгалуженим карбоним скелетом. Як правило, ліпіди погано розчинні у воді й добре розчинні в неполярних розчинниках.

За хімічною будовою виділяють прості й складні ліпіди. До простих відносять жирні кислоти, жирні спирти (наприклад, холестерол). **Холестерол** бере участь у регуляції стану мембран. Його хімічні похідні (стероїдні речовини) можуть бути сигнальними сполуками, зокрема гормонами. Серед складних ліпідів виділяють групу **ацилгліцеридів** — естерів жирних кислот і триатомного спирту гліцеролу. Залежно від кількості естерних зв'язків розрізняють моноацилгліцериди, діацилгліцериди та триацилгліцериди. Останні називаються **жирами**. Зберігаючись у жировій сполучній тканині, вони виконують запасальну функцію, їх хімічне розщеплення супроводжується виділенням значної кількості енергії. Підшкірна жирова тканина виконує функцію термоізоляції та механічного захисту. Іншою важливою групою складних ліпідів є **фосфоліпіди** — основа біологічних мембран. За хімічною природою вони є естерами, утвореними залишками жирних кислот, фосфатної кислоти та додаткових сполук (часто нітрогеновмісних). Більшість фосфоліпідів організму людини має у своїй структурі залишок гліцеролу. Одним із найбільш поширених фосфоліпідів організму людини є **фосфатидилхолін**. Він є естером гліцеролу, двох жирних кислот, фосфатної кислоти та нітрогеновмісної сполуки — **холіну**. До фосфоліпідів, які не містять у своєму складі залишку гліцеролу, належить група **сфінгомієлінів**. Вони є важливим компонентом мієлінових оболонок нервових волокон. Залишки жирних кислот фосфоліпідів мають переважно гідрофобні властивості, натомість залишок фосфатної кислоти та додаткові сполуки є гідрофільними. Унаслідок цього молекули фосфоліпідів



є **амфільними**, тобто проявляють як гідрофільні, так і гідрофобні властивості. Це важливо для утворення ними біологічних мембран.

Вуглеводи — це хімічні сполуки із загальною формулою $C_n(H_2O)_m$. Вони можуть бути як мономерними, так і полімерними сполуками.

В організмі людини вони виконують такі функції:

- енергетичну — наприклад, розщеплення глюкози є основним джерелом енергії для клітин;
- захисну — деякі полімерні вуглеводи утворюють слизи, які захищають стінки органів від хімічних і механічних впливів;
- запасальну — наприклад, глюкоза може накопичуватися в різних клітинах у формі полімерної сполуки — глікогену;
- рецепторну — деякі вуглеводи, пов'язані з молекулами клітинної мембрани, є необхідними для взаємодії різних клітин та їх ідентифікації;
- структурну — рибоза й дезоксирибоза входять до складу нуклеїнових кислот.

Нуклеїнові кислоти є полімерними сполуками, мономерами яких є складні молекули — нуклеотиди.

До складу нуклеотидів входять вуглеводи (рибоза або дезоксирибоза), нітрогеновмісна сполука й залишок фосфатної кислоти. Розрізняють такі основні типи нуклеїнових кислот — **дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК)** та **рибонуклеїнові кислоти (РНК)**. ДНК міститься в ядрі клітин. Її основною функцією є зберігання спадкової інформації як послідовності нуклеотидів різних типів. РНК синтезується матричним способом на основі молекули ДНК, відтак її структура закодована в структурі ДНК. Розрізняють кілька форм РНК. Їх усіх об'єднує участь у процесі синтезу білка на основі інформації, закодованої в ДНК. Деякі нуклеотиди виконують у клітинах окремі важливі функції. Так, **аденозинтрифосфатна кислота (АТФ)** є універсальним внутрішньоклітинним носієм енергії. Після відщеплення від АТФ одного залишка фосфатної кислоти виділяється велика кількість енергії, що може бути використана клітиною для здійснення певних хімічних реакцій. У результаті утворюється аденозиндифосфатна кислота (АДФ). Ресинтез АТФ із АДФ і фосфатної кислоти здійснюється переважно в мітохондріях.



1.2. БУДОВА КЛІТИН

Клітини людського організму перебувають в оточенні **міжклітинної речовини** (або міжклітинної рідини). Шляхом обміну з нею клітини отримують поживні речовини і кисень та віддають продукти життєдіяльності (метаболіти) і вуглекислий газ. Від хімічного складу міжклітинної рідини істотно залежить перебіг хімічних процесів у клітині, а отже, її функціонування. Слід зауважити, що міжклітинна речовина не є простим оточенням клітин: вона утворюється внаслідок діяльності клітин, а її властивості визначаються складом речовин, які синтезуються клітинами.

Плазматична мембрана

Зовні клітина обмежена **плазматичною мембраною** (плазмалемою) (рис. 2). Її основу утворює подвійний шар з фосfolіпідів. Структура молекули фосfolіпиду така, що вона має невелику гідрофільну голівку (залишки гліцеролу, фосфатної кислоти й додаткової сполуки) й один або два довгі гідрофобні хвости (залишки жирних кислот). Найбільш поширеним фосfolіпідом мембран є фосфатидилхолін (лецитин). Також до складу мембран можуть входити фосфатидилетаноламін (цефалін), фосфатидилсерин та інші менш поширені ліпіди. Плазматичні мембрани клітин різних типів можуть відрізнятися за складом фосfolіпідів. Деякі ліпіди мембрани можуть зв'язуватися з вуглеводами, утворюючи **гліколіпіди**, або з білками. Голівками фосfolіпідів мембран орієнтовані до водного середовища внутрішнього вмісту клітини або позаклітинного простору. Орієнтовані один до одного залишки жирних кислот двох фосfolіпідних шарів утворюють гідрофобну товщу мембрани. Така організація мембрани робить практично неможливою дифузію крізь неї полярних молекул, у тому числі йонів. Це обумовлює виконання плазматичною мембраною **бар'єрної функції**. Слід зауважити, що описана будова характерна не тільки для плазматичної мембрани, а й для інших внутрішньоклітинних мембран.

Окрім фосfolіпідів, до складу плазматичної мембрани входить значна кількість білків — близько 50 % від маси мембрани. Оскільки білкові молекули є, як правило, більшими за розмірами, ніж фосfolіпідні, на один білок у складі плазмалемі припадає близько 50 фосfolіпідів. Кількість і, особливо, склад мембранних білків суттєво варіюють залежно від функцій конкретної

клітини. За розміщенням виділяють білки, що пронизують товщу мембрани (**інтегральні**), та білки, що розміщені переважно з внутрішнього чи зовнішнього боку мембрани (**периферійні**). Мембранні білки пов'язані з вуглеводами, такі молекули називаються **глікопротеїнами***. Вуглеводна частина глікопротеїнів та гліколіпідів утворює зовнішній шар клітини — **глікокалікс**.

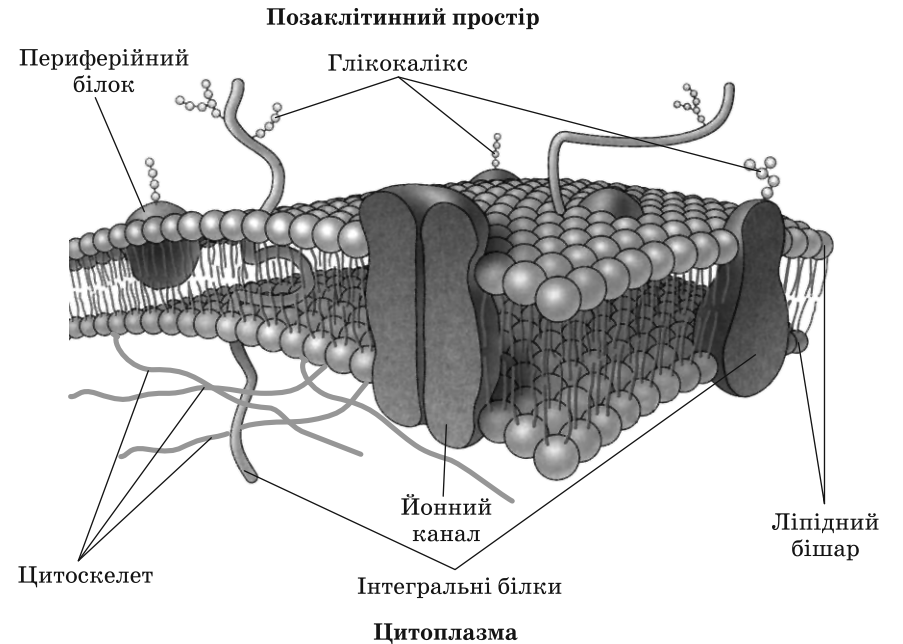


Рис. 2. Будова плазматичної мембрани клітини

Білки плазматичної мембрани можуть виконувати такі функції:

- адгезивну — зв'язують (об'єднують) різні клітини;
- забезпечують транспортування крізь мембрану певних хімічних речовин;
- є молекулярними мітками для ідентифікації клітин певного типу;
- розпізнають певні позаклітинні речовини;
- є ферментами.

* Глікозильованими, тобто сполученими з вуглеводами, є всі мембранні білки. Для спрощення викладення матеріалу ми будемо говорити про мембранні білки, розуміючи під цим відповідні глікопротеїдні комплекси.

Важливе значення має здатність мембрани забезпечувати транспортування крізь неї певних хімічних речовин. Рух речовин, який не вимагає витрат енергії АТФ, називається **пасивним**. На відміну від нього, транспорт речовин, пов'язаний із витратами енергії, називається **активним**.

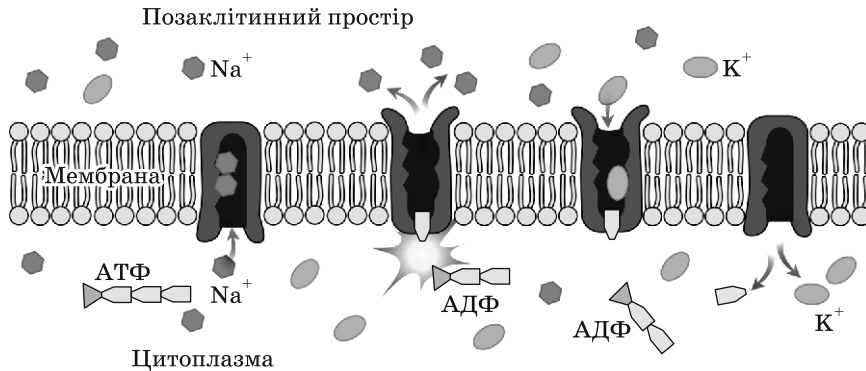


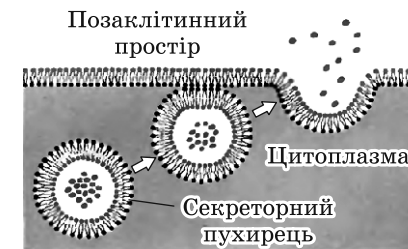
Рис. 3. Принцип роботи молекули Na^+/K^+ -насоса

Найпростішим варіантом пасивного транспорту є проста дифузія (з місць із більшою концентрацією до місць із меншої її концентрацією). У такий спосіб крізь мембрану здатні проникати в першу чергу неполярні молекули, зокрема ліпідної природи. З неорганічних речовин крізь мембрану добре дифундують кисень і вуглекислий газ. З органічних речовин таку здатність мають стероїдні речовини (зокрема, гормони стероїдної природи). Для транспортування крізь мембрану полярних речовин необхідні білкові молекули-переносники. Неорганічні йони здатні рухатися через білкові йонні канали. Цей тип транспорту відіграє важливу роль у забезпеченні збудливості нервових і м'язових клітин тощо. Також спеціальні переносники необхідні для потрапляння в клітину молекул глюкози. Пасивний рух речовин із допомогою молекул-переносників називають полегшеною дифузією.

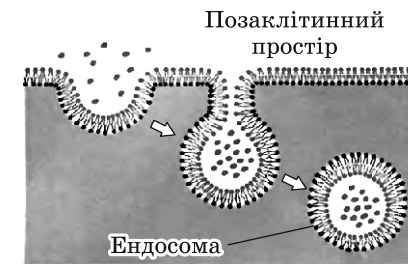
У деяких випадках необхідно здійснювати транспорт речовин із місця з меншою концентрацією до місць із більшою концентрацією. Цей процес потребує витрат енергії, а тому є активним. Прикладом може



бути Na^+/K^+ -насос (рис. 3). Він викачує з клітин йони Натрію, а з позаклітинного простору вносить у клітину йони Калію. Цей транспорт здійснюється проти градієнтів концентрації зазначених йонів. Відповідно, Na^+/K^+ -насос для своєї роботи потребує енергії АТФ. Розщеплення однієї молекули АТФ супроводжується виведенням із клітини трьох йонів Натрію та внесенням до клітини двох йонів Калію. Робота цього насоса призводить до підтримки на певному рівні трансмембранної концентрації йонів Na^+ і K^+ , що є необхідним для нормального функціонування всіх клітин.



А



Б

Рис. 4. Мембранний транспорт: А) екзоцитоз; Б) ендоцитоз

Особливими типами активного транспорту є переміщення речовин у складі мембранних пухирців, які утворюються або шляхом інвагінації плазматичної мембрани, або всередині клітини внаслідок роботи певних її структур (рис. 4). Якщо вміст пухирця вивільняється з клітини, це називається **екзоцитозом**. У такий спосіб із клітин можуть вивільнятися синтезовані нею ферменти, гормони, медіатори тощо. Поглинання клітиною речовин із позаклітинного простору шляхом інвагінації плазматичної мембрани

називається **ендоцитозом**. Розрізняють **піноцитоз** — поглинання рідких речовин, і **фагоцитоз** — поглинання твердих часточок. Фагоцитоз відіграє значну роль, зокрема, у поглинанні клітинами імунної системи чужорідних клітин. Ендоцитоз також може бути засобом зменшення поверхні плазмалеми або видалення з мембрани певних її структурних компонентів.

Мембрани сусідніх клітин взаємодіють між собою й інколи можуть утворювати характерні структури. **Щілинні контакти** утворені ділянками двох мембран за участі особливих білкових структур — конексонів (рис. 5). Конексон формує пору, і такі пори однієї мембрани прилягають до пор сусідньої мембрани, забезпечуючи можливість для транспортування між клітинами гідрофільних сполук. З допомогою щілинних контактів утворені контакти між збудливими клітинами (наприклад, у серцевому м'язі).

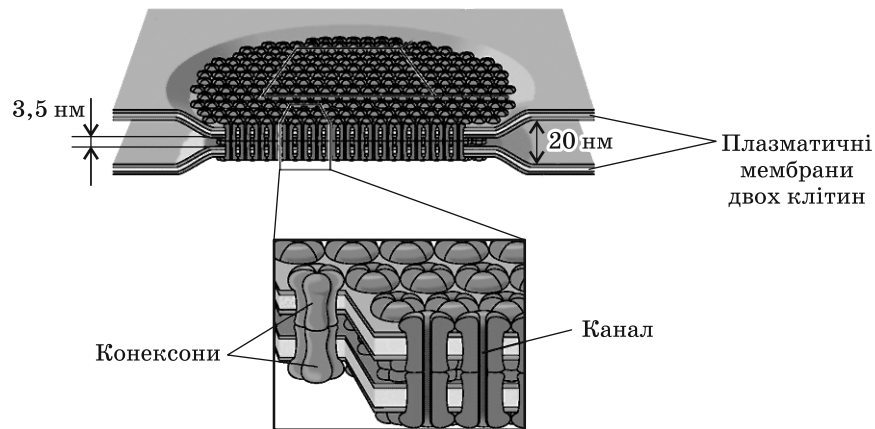


Рис. 5. Будова щілинного контакту

Щільний контакт також є місцем тісного контакту двох мембран, проте, на відміну від щілинного контакту, між двома клітинами не відбувається транспортування речовин. Щільні контакти утворюються між клітинами в тих ділянках організму, де необхідно унеможливити проходження речовин у міжклітинному просторі, наприклад між клітинами епітелію кишечника. **Десмосоми** — це потовщені ділянки двох мембран, що контактують. Вони, подібно до щільних контактів, беруть участь у прикріпленні клітин одна до одної й не дають можливості міжклітинного транспорту.

У внутрішньому вмісті клітин виділяють **цитоплазму** та **ядро** (рис. 6).

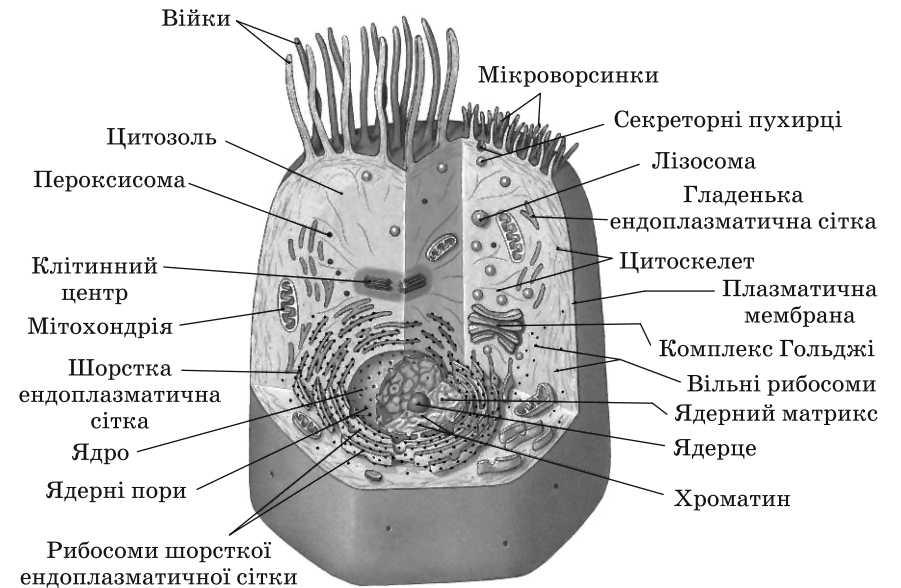


Рис. 6. Будова усередненої клітини організму людини

Ядро

Ядро є двомембранною структурою, основною функцією якої є зберігання спадкової інформації, закованої в структурі молекул **дезоксирибонуклеїнових кислот (ДНК)**. Молекули ДНК зв'язані з білками, і такий комплекс має назву **хроматин**. У період поділу клітин хроматин ущільнюється й формує компактні утвори, добре помітні у світловий мікроскоп, — **хромосоми**. Між поділами хромосоми розплетені для забезпечення доступу до ДНК білкових ферментів, які беруть участь у зчитуванні з них інформації. У ядрах клітин людського організму, які не перебувають на стадіях поділу, міститься 46 молекул ДНК (23 пари). Під час поділу вони утворюють 46 хромосом. З них 44 утворюють подібні за будовою пари — гомологічні хромосоми. Остання, 23-тя, пара хромосом бере участь у визначенні статі організму, у жінок обидві хромосоми з цієї пари є гомологічними (Х-хромосоми), а в чоловіків вони є різними (одна Х-хромосома й одна Y-хромосома).

Ядро оточене подвійною мембраною, у якій є складні комплекси **ядерних пор**. Кожен такий комплекс утворений близько ста білками, що формують канал, через який відбувається транспортування великих молекул білків і рибонуклеїнових кислот (РНК).

Основний процес, який відбувається в ядрі, — це зчитування генетичної інформації з ділянок, які називаються **генами**. Спеціалізовані ферменти синтезують на матриці ДНК молекули РНК. Цей процес називається **транскрипцією**. Молекули РНК транспортуються через ядерні пори до цитоплазми, де беруть участь у синтезі білкових молекул. Структура білка обумовлена структурою гена, по якому цей білок було синтезовано.

Деякі клітини організму людини, наприклад еритроцити, можуть утрачати ядро під час дозрівання. Такі клітини не здатні до поділу.



Цитоплазма

У цитоплазмі розрізняють рідку частину — **цитозоль** — і компактні структури. Постійні цитоплазматичні структури називають **органелами**, а структури, які можуть утворюватися і зникати, — **включеннями**.

Органели поділяють на мембранні й немембранні.

Важливим компонентом цитозолю є **цитоскелет** — система білкових **мікротрубочок**, **мікрофіламентів** (або **мікрониток**) та **проміжних філаментів**, що пронизує всю цитоплазму, контактує з плазмалемою та ядерною оболонкою. Цитоскелет підтримує форму клітини, забезпечує її зміни, бере участь у організації рухів клітин, організовує переміщення органел усередині клітини, процеси екзоцитозу й ендоцитозу. З цитоскелетом пов'язаний **клітинний центр (центросома)**, основними складовими якого є дві **центріолі** — короткі циліндри з мікротрубочок, розташовані під прямим кутом одна до одної. Центросома розміщена поблизу ядра, вона є центром організації мікротрубочок цитоскелета й виконує важливу роль у поділі клітин.

До немембранних органел належать **рибосоми і клітинний центр**. Рибосоми — це невеликі тільця розміром 22–32 нм, які складаються з двох субодиниць. До складу рибосом входять білки й рибосомальні РНК (рРНК). Функцією рибосом є участь у трансляції — утворенні поліпептидних ланцюгів на основі матричної РНК (мРНК), на яку переписано інформацію з ДНК. У ньому також

здіянні транспортні РНК (тРНК), що транспортують до місця синтезу білка у зв'язаному вигляді амінокислоти, з яких, власне, і будується білкова молекула. Синтезований поліпептидний ланцюг підлягає ряду перетворень, що називаються посттрансляційними модифікаціями, внаслідок чого утворюється кінцевий білок. Рибосоми в клітині можуть або бути вільними в цитозолі, або бути прикріпленими до мембран ендоплазматичної сітки.

До мембранних органел належать ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, пероксисоми, мітохондрії.

Ендоплазматична сітка (або ендоплазматичний ретикулум, ЕПС) — це сукупність мембранних трубочок і каналців, що пронизує суттєву частину цитоплазми клітин. Розрізняють гладеньку (агранулярну) і шорстку (гранулярну) ЕПС. До мембран шорсткої ЕПС із цитоплазматичного боку можуть прикріплюватися рибосоми, які синтезують у порожнину трубочок білкові молекули. Основною функцією цього типу ЕПС є участь у синтезі білків, здійснення їх посттрансляційних модифікацій, транспортування синтезованих речовин у мембранних пухирцях до комплексу Гольджі. До основних функцій гладенької ЕПС відносять обмін ліпідів, у тому числі синтез стероїдних речовин (у тих клітинах, які його здійснюють), обмін вуглеводів і депонування йонів Кальцію. Останнє особливо важливо для забезпечення функціонування м'язових клітин (*див. розділ 11.2*).

Комплекс Гольджі (або апарат Гольджі) — набір пласких мембранних цистерн, розташований поблизу клітинного ядра. Комплекс Гольджі функціонально пов'язаний з ЕПС і бере участь в обробці та сортуванні синтезованих нею білків. Мембранні пухирці, що від'єднуються (відбруньковуються) від цистерн ЕПС, транспортують новосинтезовані білки до комплексу Гольджі. Останній здійснює певні перетворення білкових молекул і пакує їх у мембранні пухирці відповідно до функціонального призначення. Білки, які експортуються з клітини (наприклад, ферменти або гормони), переміщуються в секреторні пухирці. Ферменти, які здійснюють гідроліз різноманітних речовин («клітинне травлення»), пакуються в лізосоми. Клітини, які синтезують багато білків, мають розвинені шорстку ЕПС і комплекс Гольджі.

Лізосоми — це мембранні пухирці, всередині яких містяться ферменти, здатні розщеплювати практично всі полімерні органічні сполуки до мономерних. Лізосоми здійснюють руйнування шляхом гідролізу компонентів поглинутих шляхом фагоцитозу чужорідних клітин, а також «старих» відпрацьованих клітинних компонентів. Формуються лізосоми в комплексі Гольджі.

Пероксисоми — мембранні пухирці, що містять ферменти, які здійснюють окиснення різних речовин, а також інші реакції, зокрема, пов'язані з обміном жирних кислот.

Мітохондрії — структури витягнутої овальної форми, вони мають дві мембрани — зовнішню і внутрішню. Внутрішня мембрана має численні вирости — кристи. Вони є необхідними для збільшення поверхні внутрішньої мембрани без збільшення розмірів мітохондрій. Простір, обмежений внутрішньою мембраною, називається **мітохондріальним матриксом**. Особливістю мітохондрій є те, що в них є власні молекула ДНК і рибосоми, а відтак вони здатні синтезувати власні білки. Незважаючи на це, для роботи мітохондрій необхідні деякі білки, що кодуються ядерною ДНК. У мітохондріях відбуваються основні процеси, які постачають клітину енергією у формі АТФ. Відповідно до цього, клітини, у яких інтенсивно відбуваються процеси життєдіяльності (клітини печінки, головного мозку, м'язів), мають відносно більше мітохондрій. Основним джерелом енергії для синтезу АТФ є розщеплення глюкози. Початкові етапи цього процесу відбуваються в цитоплазмі, де глюкоза без участі кисню розщеплюється до пірвіноградної кислоти (або пірватату). Цей процес називається **гліколіз**. Унаслідок розщеплення шляхом гліколізу однієї молекули глюкози утворюються дві молекули пірвіноградної кислоти та дві молекули АТФ. Пірвіноградна кислота далі транспортується всередину мітохондрій, де підлягає подальшому розщепленню. У матриксі мітохондрій відбувається ряд біохімічних реакцій, що має назву **цикл Кребса**. У його результаті органічні сполуки розщеплюються до вуглекислого газу й атомів Гідрогену. При цьому внаслідок розщеплення двох молекул пірватату утворюються чотири молекули АТФ. Атоми Гідрогену, які утворилися в гліколізі й циклі Кребса, за участі спеціальних молекул-переносників нуклеотидної природи транспортуються до внутрішньої мембрани мітохондрій, на якій відбуваються завершальні етапи енергетичного обміну (див. розділ 8.2). У результаті цих реакцій відбувається синтез АТФ з АДФ і фосфатної кислоти, а принесений Гідроген разом із киснем утворює воду. Кисень, який ми поглинаємо з повітря в легенях, витрачається саме на цьому етапі. Сукупність зазначених реакцій називається **окисним фосфорилуванням**. Розщеплення однієї молекули глюкози супроводжується синтезом на внутрішній мембрані мітохондрій 32 молекул АТФ, що значно перевищує ефективність гліколізу (дві молекули АТФ). Це робить мітохондрії основним джерелом внутрішньоклітинної енергії.

1.3. ТКАНИНИ ЛЮДСЬКОГО ОРГАНІЗМУ

За особливостями структурно-функціональної організації клітин і міжклітинної речовини в організмі людини виділяють чотири основні типи тканин: **епітеліальні, тканини внутрішнього середовища, м'язові, нервова**.

Епітеліальні тканини

Епітеліальні тканини вкривають поверхню тіла й формують слизові оболонки, відмежовуючи організм від зовнішнього середовища (у тому числі й порожнини травної трубки) (рис. 7). Також до епітеліальних відносять тканини, що формують залози. Особливістю епітеліальних клітин є їх **поляризованість** — відмінність у будові частин клітини, орієнтованих до зовнішнього середовища та власне організму.

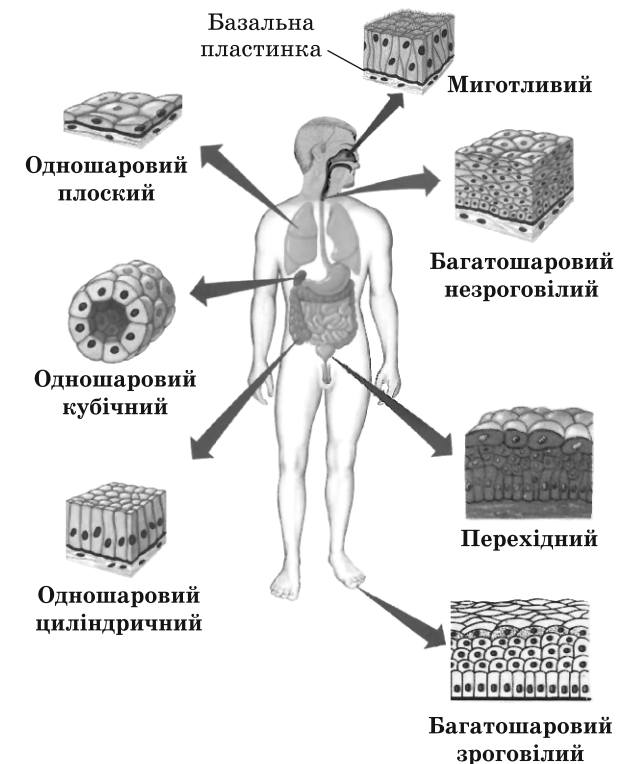


Рис. 7. Будова й розташування в організмі епітеліальних тканин