

Основи цитології

Кандидат біологічних наук
Васько Людмила Віталіївна

**Клітина - найменша, елементарна
одиниця живого.**

**Клітина – основа розвитку, будови і
функцій усіх живих організмів**

**Кількість клітин у дорослому
організмі людини – 10^{13} , які можна
розділити на 200 типів.**

Загальна структурна організація клітини

1. Ядро (ядерна оболонка, хроматин, каріоплазма, ядерце, ядерний матрикс)

2. Цитоплазма

А. Гіалоплазма (цитозоль, структурований матрикс)

Б. Органели

Б1. Мембранні (плазмолема, мітохондрії, апарат Гольджі, лізосоми, гладка ЕПС, гранулярна ЕПС, мембранні пухирці)

Б2. Немембранні (рибосоми, мікротрубочки, центріолі, війки, джгутики, мікрофіламенти, проміжні філаменти)

3. Включення (трофічні, секреторні, пігментні, екскреторні)

Плазмолема

(рецепторно-бар'єрно-транспортна система клітини)

Структура:

- надмембранний комплекс (глікокалекс);
- елементарна біологічна мембрана (білково-ліпідний комплекс);
- підмембранний комплекс (кортикальний шар).

Функції:

- розмежувальна;
- міжклітинні інформаційні і структурні взаємодії;
- вибіркового транспорту речовин і часточок;
- забезпечення рухів клітини;
- підтримання форми клітини.

Елементарна біологічна мембрана

Сучасна модель молекулярної організації - рідинно-мозаїчна модель Зінгера-Ніколсона, згідно якої вона складається із:

- біліпідного шару;
- білків, які мозаїчно розміщені в бішарі ліпідів;

Функції біліпідного шару:

- бар'єр для більшості водорозчинних сполук та іонів;
- транспорт неполярних (жиророзчинних) речовин;

Функції білків:

- транспорт водорозчинних сполук та іонів;
- рецепторна;
- структурна.

Транспорт малих молекул

1. Пасивний (за градієнтом концентрації)

- проста дифузія;
- полегшена дифузія (мембранні канали і білки-переносники).

2. Активний транспорт (проти градієнта концентрації).

Транспорт макромолекул і часточок (ендо- і екзоцитоз)

Ендоцитоз:

- фагоцитоз (часточки діаметром більше 5 мкм);
- піноцитоз (неспецифічний і рецепторний).

Рецепторний ендоцитоз-вибірковий, концентруючий механізм, який дозволяє клітинам поглинати великі кількості молекул без поглинання великої кількості рідини.

Етапи:

- взаємодія речовини (ліганда) із рецептором на плазмолемі;
- переміщення рецептор-ліганд у ендоцитозну ямку;
- концентрування навколо ямки білка клатрину і утворення ендосоми.

Надмембранний комплекс

- глікопротеїди;
- гліколіпіди.

Функції:

- взаєморозпізнавання клітин (“візитна картка”);
- пристінкове травлення (в абсорбційних клітинах кишки);
- взаємодія із мікрооточенням (прикріплення до елементів міжклітинної речовини: волокон, базальної мембрани).

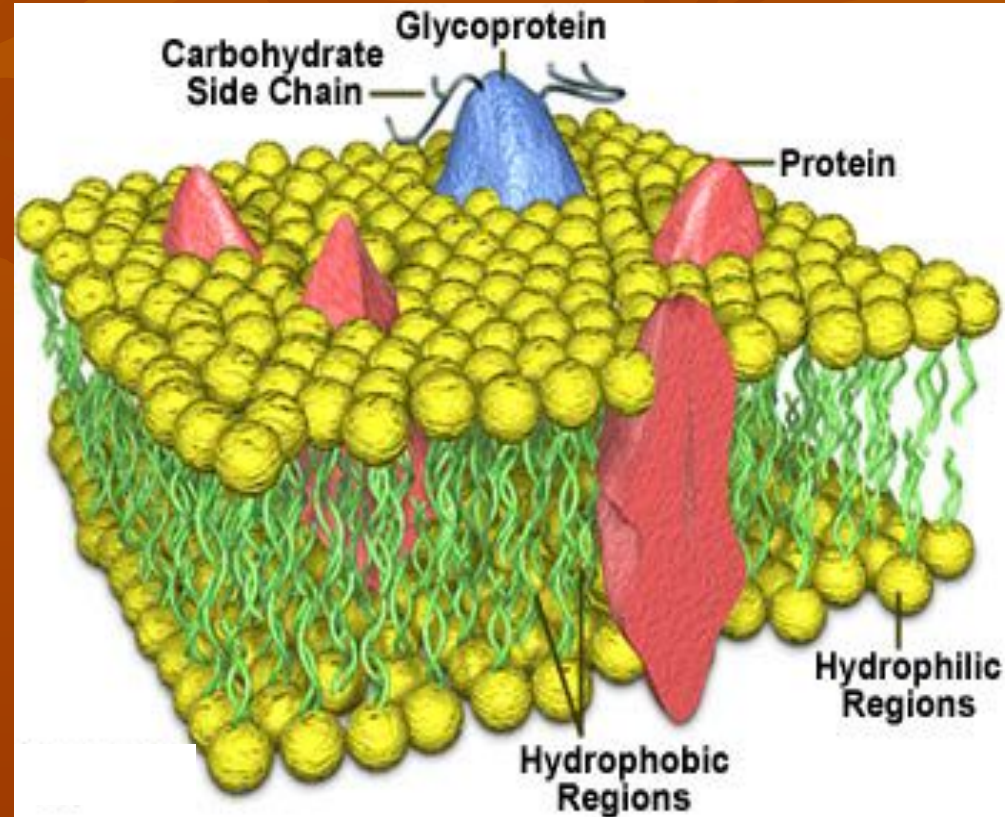
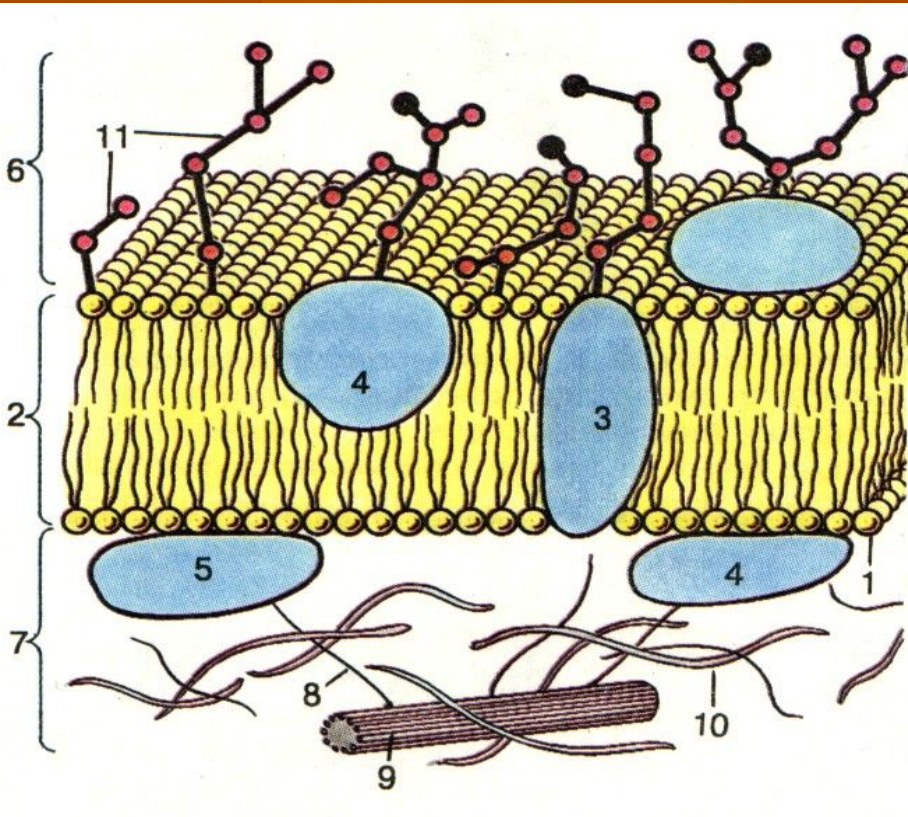
Підмембранний комплекс

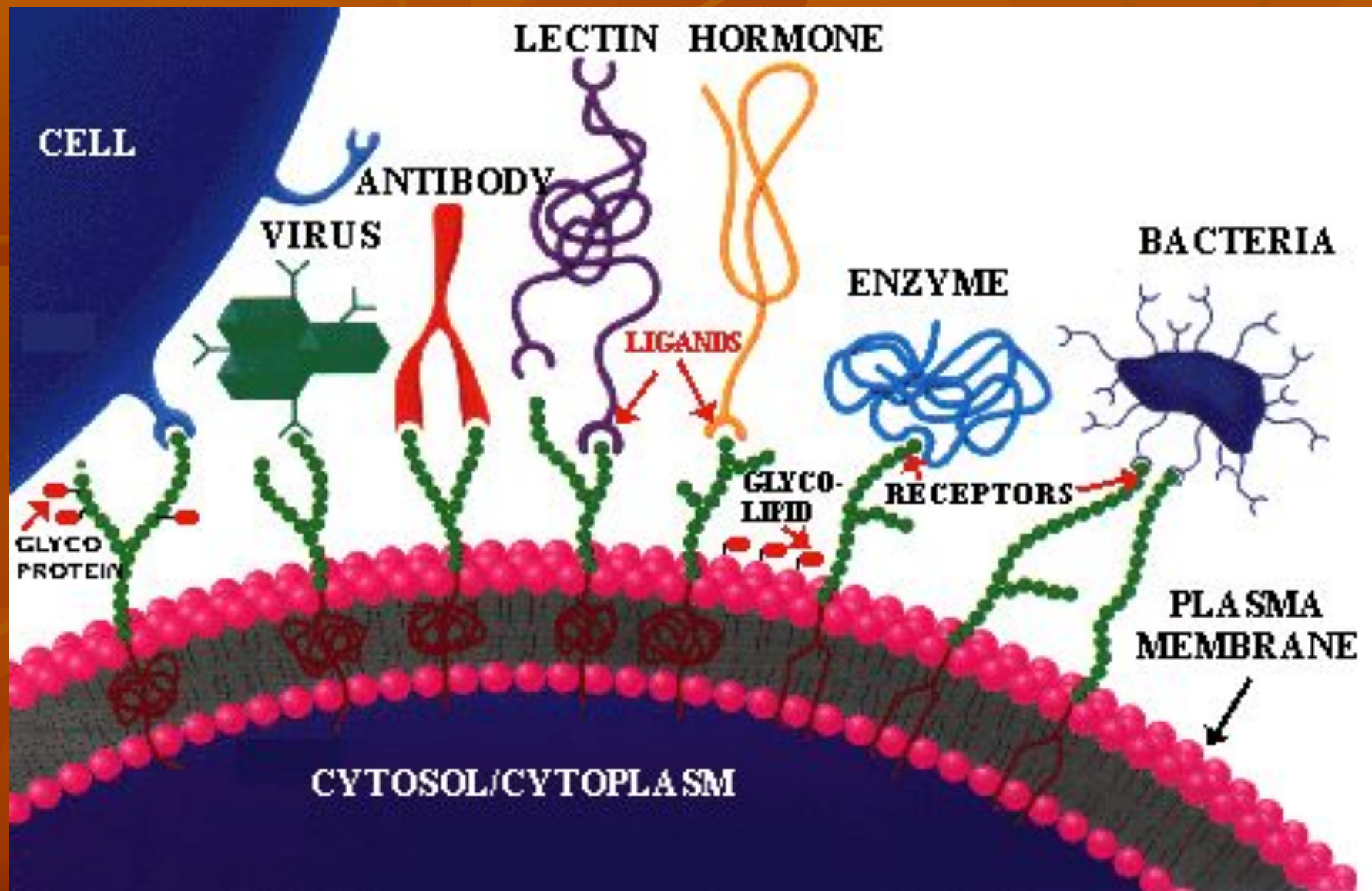
- Периферійний цитозоль
- мікротрубочки;
- мікрофіламенти.

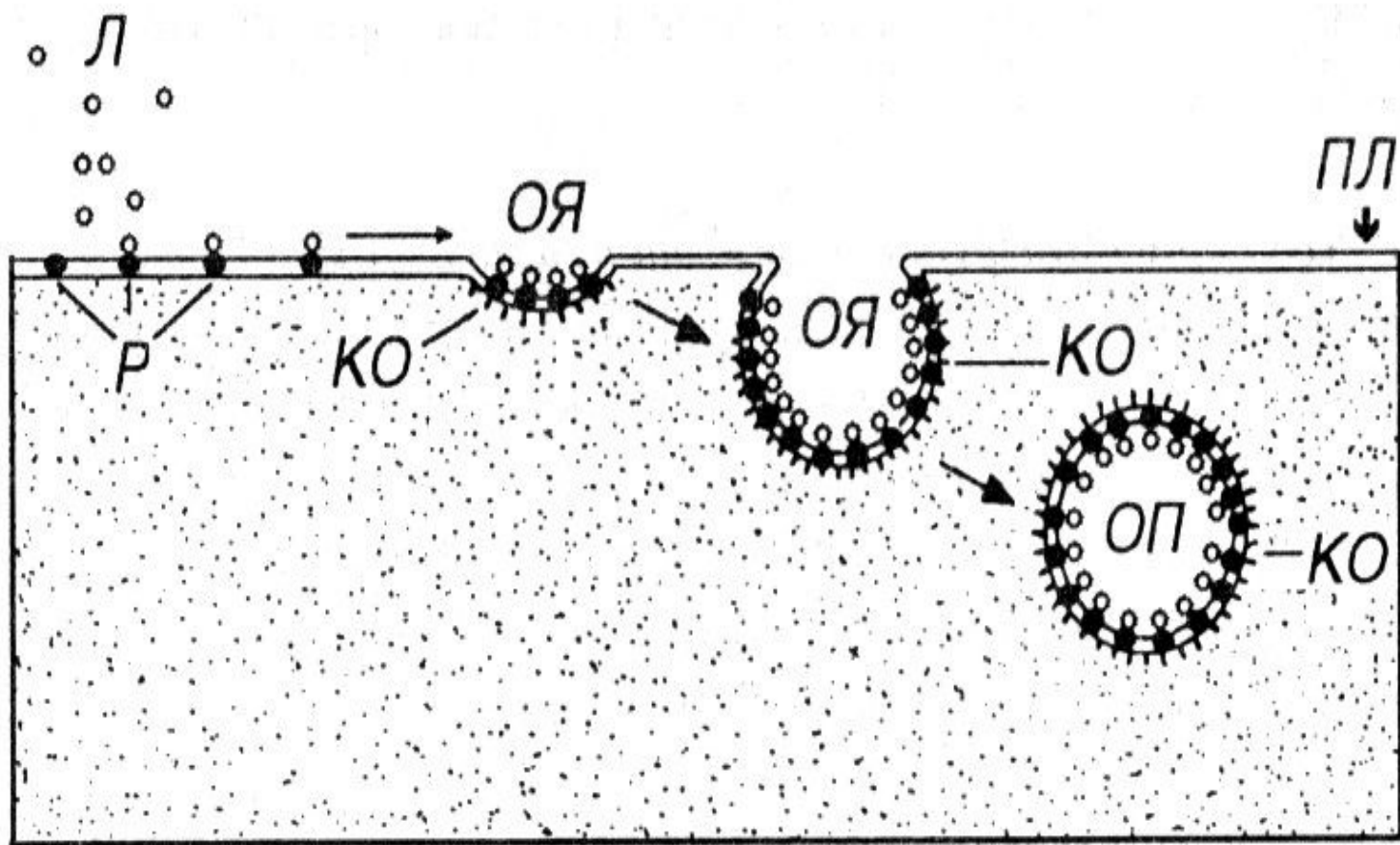
Функції:

- підтримання форми клітини;
- рухові (локомоторні) реакції клітини (утворення псевдоподій);
- реалізація процесів екзоцитозу.

Молекулярна організація плазмолеми







Рецепторно-опосредованный эндоцитоз. Пл - плазмолемма, Л - лиганд, Р - рецепторы, ОЯ - окаймленная ямка, ОП - окаймленный пузырек, КО - клатриновая оболочка.

Органели

За функціями розрізняють органели:

- системи синтезу і транспорту біополімерів (ЕПС, комплекс Гольджі, рибосоми);
- апарату внутрішньоклітинного перетравлення (ендосоми, лізосоми)
- опорно-рухового апарату(цитоскелету): мікротрубочки, мікрофіламенти, проміжні філаменти;
- системи енергозабезпечення клітини (мітохондрії).

Синтетичний апарат клітини

Рибосоми (субмікроскопічні немембранні органели, діаметр-15-30 нм)

- мала субодиниця (форма телефонної трубки);
- велика субодиниця (форма ковша).

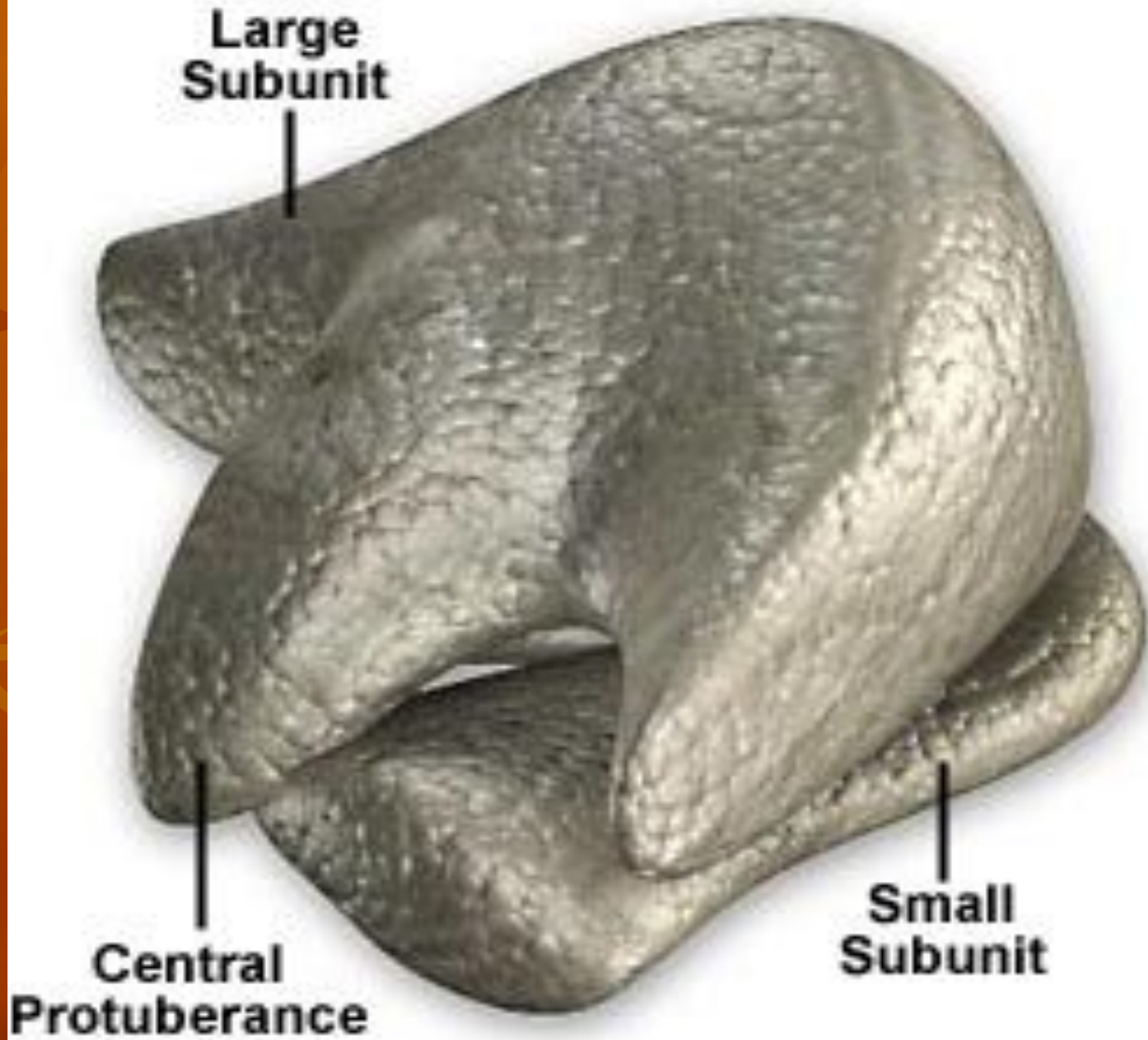
Хімічний склад:

- рРНК (50% маси) і 80 різновидів білків.

Локалізація у цитоплазмі:

- у гіалоплазмі (вільні рибосоми);
- на мембранах ЕПС (зв'язані рибосоми).

Ribosome Structure



Ендоплазматична сітка

(субмікроскопічна мембранна органела)

Гладенька ЕПС (агранулярна ЕПС)- трьохвимірна замкнута система мембранних трубочок і пухирців.

Функції:

- синтез і метаболізм ліпідів і полісахаридів;
- детоксикація шкідливих речовин;
- накопичення іонів кальцію;
- стероїдогенез.

Локалізація:

- клітини кіркової речовини наднирників;
- інтерстиційні клітини яєчка;
- лютеїноцити жовтого тіла яєчника;
- гепатоцити печінки;
- клітини і волокна м'язових тканин.

Гранулярна ендоплазматична сітка – трьохвимірною системою плоских мембранних цистерн і каналців, на зовнішній поверхні яких знаходяться рибосоми.

Функції:

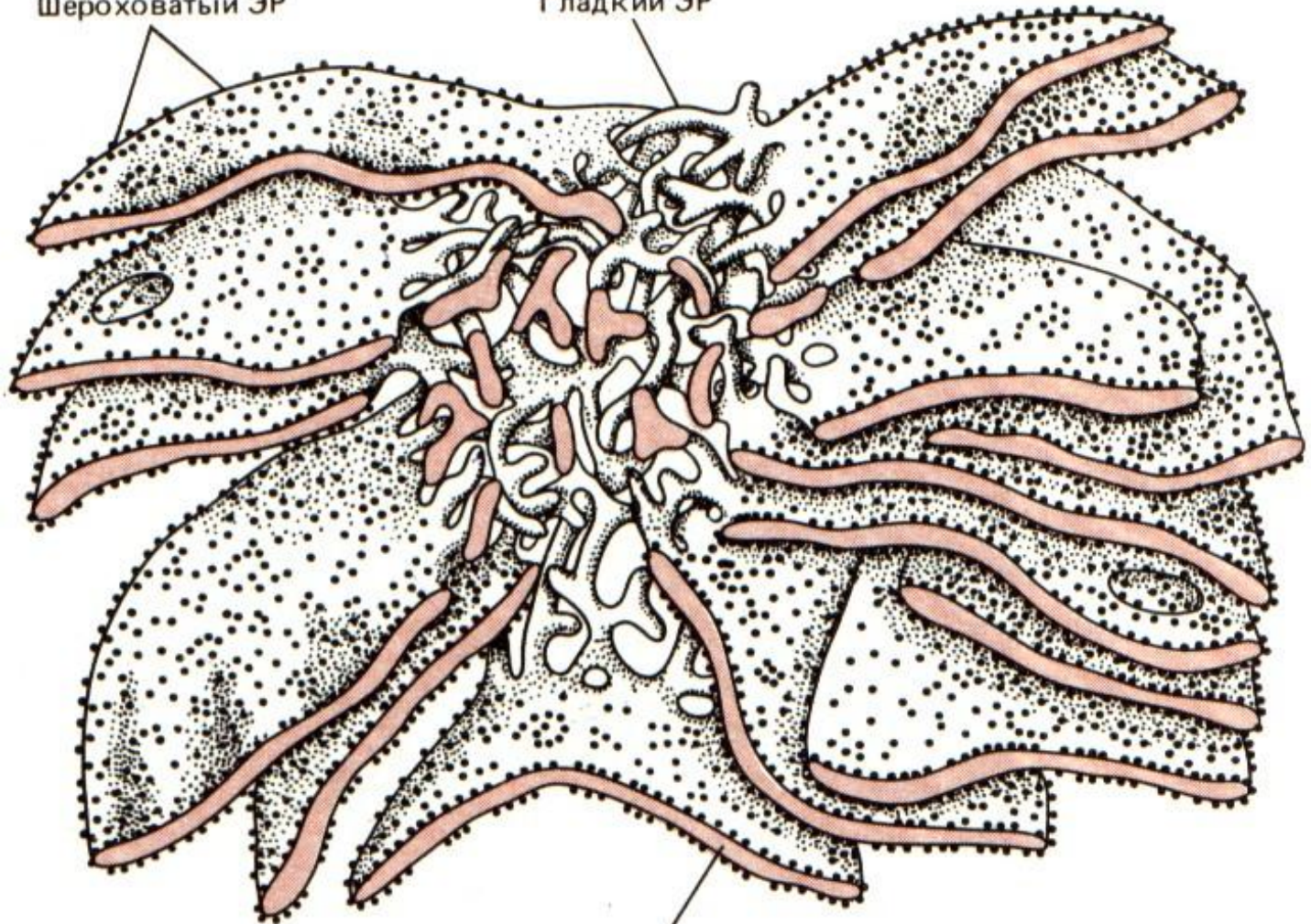
- синтез мембранних білків;
- синтез “експортних” білків;
- синтез лізосомальних ферментів;
- початкове глікозування і посттрансляційні зміни білків (гідроксилування, сульфатування, фосфорилування).

Локалізація:

- усі клітини окрім сперміїв, але найкраще розвинута у:
- клітинах залоз;
- фібробластах;
- плазмоцитах;
- нейронах (утворює хроматофільну субстанцію Ніссля).

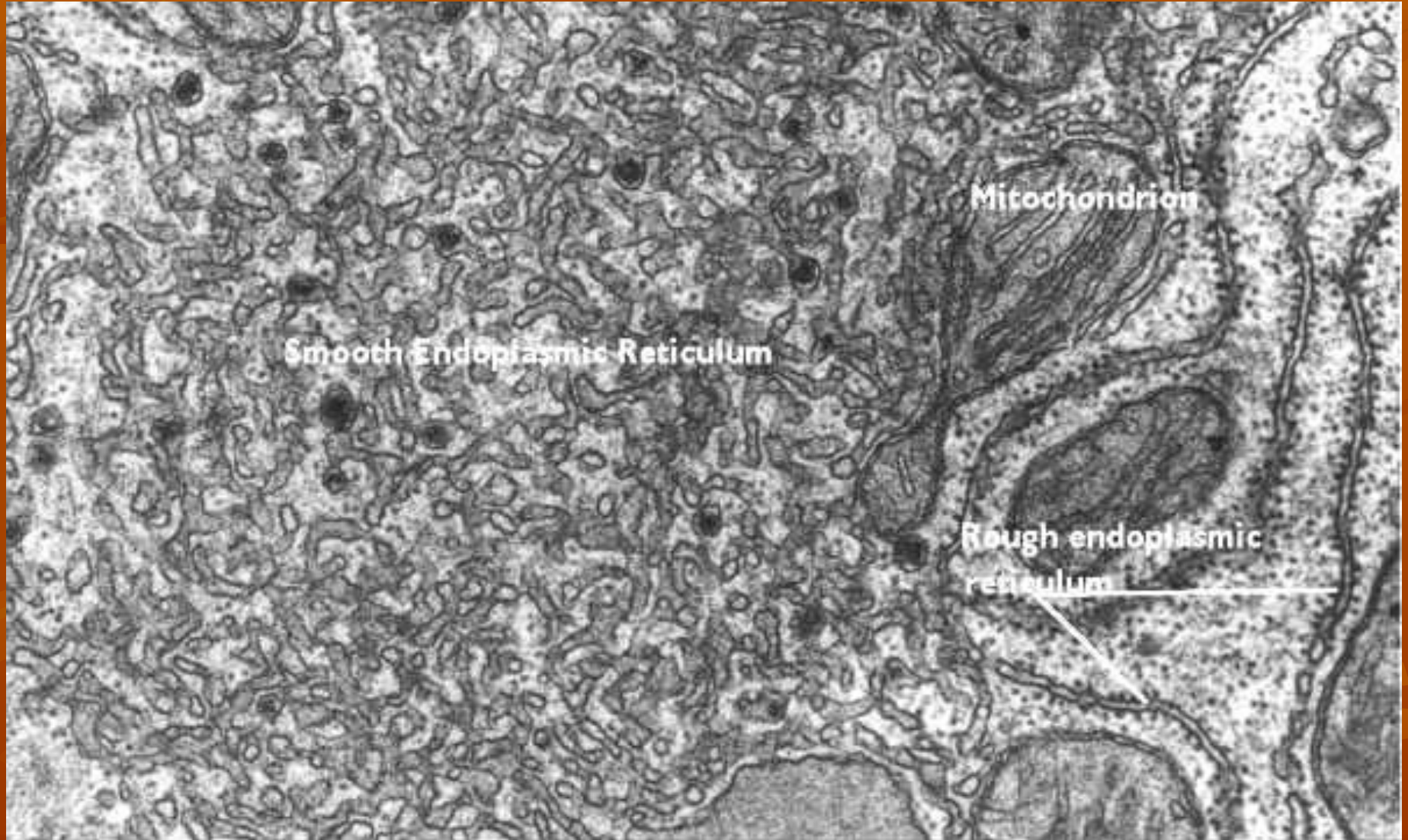
Шероховатый ЭР

Гладкий ЭР



Полость ЭР

Гладка ендоплазматична сітка



Комплекс Гольджі

(апарат Гольджі, пластинчастий комплекс)

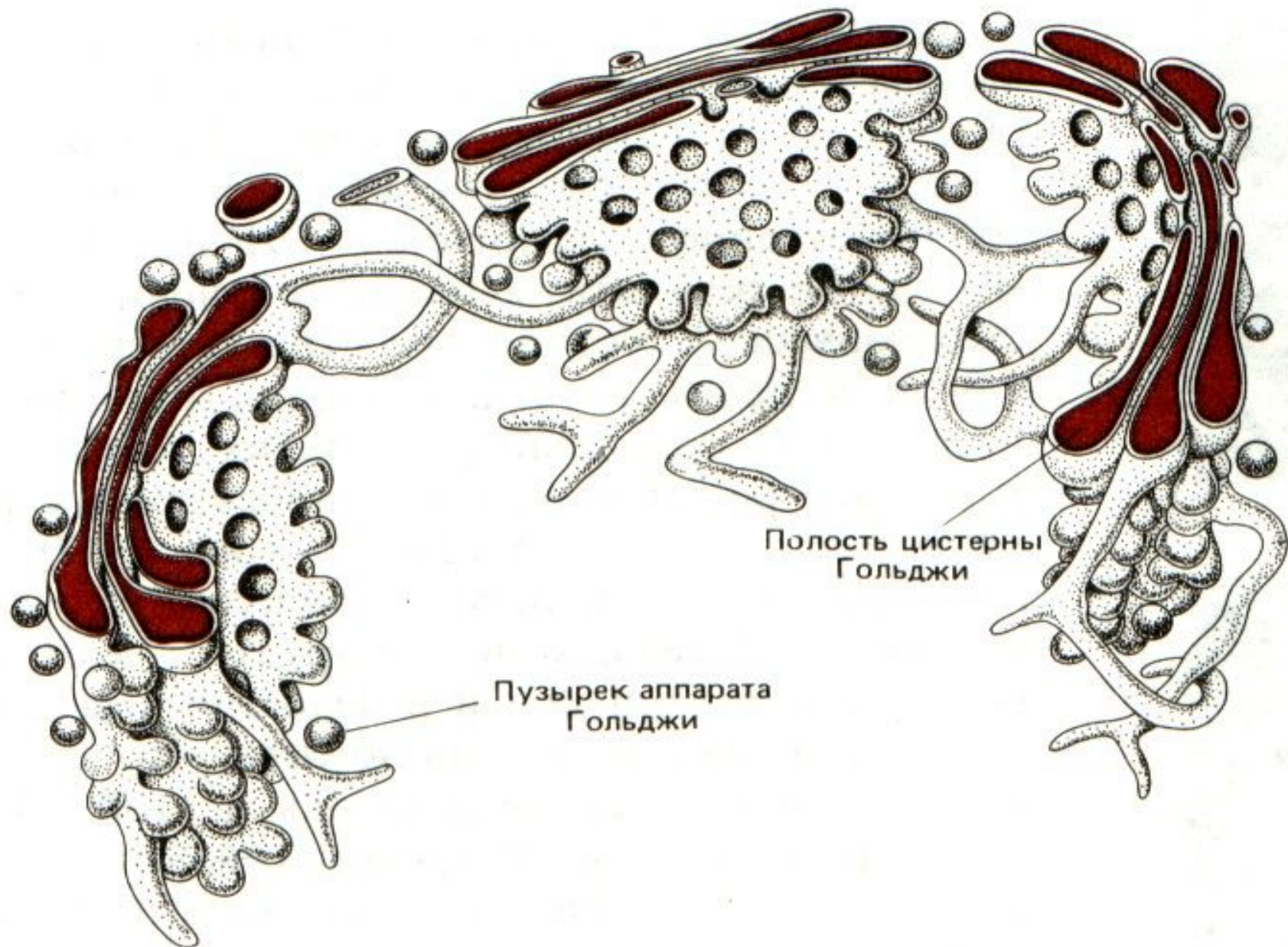
- Стопка плоских мішечків
- Транспортні пухирці
- Секреторні пухирці

Сукупність названих структур (3-30 елементів) називають *диктіосомою*, у якій розрізняють дві сторони:

- цис-сторона, яка є незрілою (випуклою), оберненою до ЕПС і зв'язаною із системою транспортних пухирців;
- транс-сторона, яка є зрілою (ввігнута), повернена до плазмолемми і зв'язана із системою секреторних пухирців.

Функції:

- хімічна модифікація (процесінг) білків (глюкозування, фосфорилювання, ацилювання, сульфатування);
- накопичення і сортування білкових молекул;
- синтез полісахаридів і глікопротеїнів (глікокалікса і слизу);

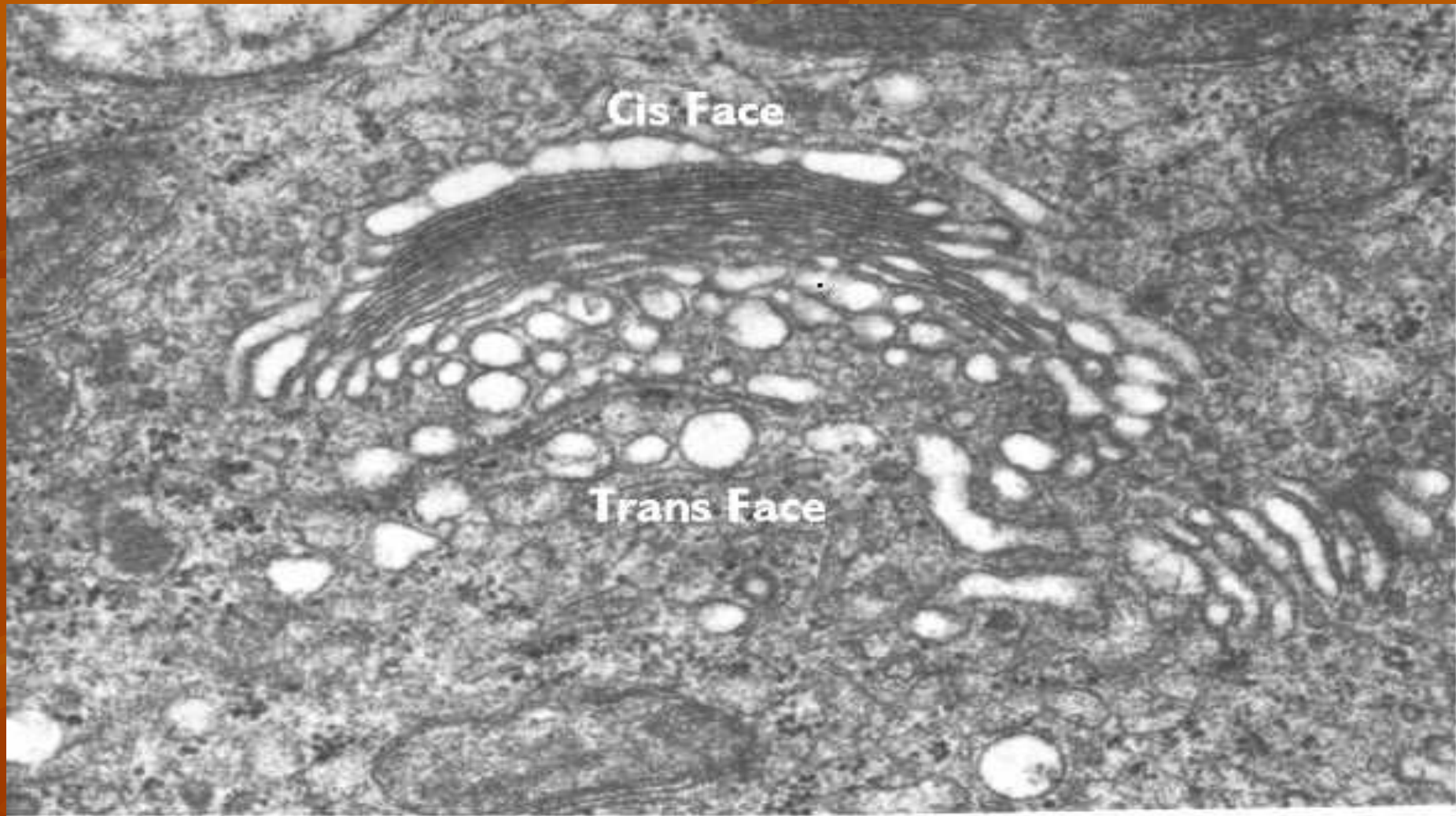


Комплекс Гольджі



200 нм

Комплекс Гольджі



- виведення готових секреторних продуктів;
- утворення первинних лізосом;
- новоутворення мембран органел і плазмолемі.

Апарат внутрішньоклітинного перетравлення

Ендосома- мембранний пухирець, який утворився в цитоплазмі в результаті ендоцитозу.

Ранні ендосоми (ендоцитозний матеріал з'являється через кілька хвилин після поглинання, розташовуються поблизу плазмолемі, не мають клатринової оболонки).

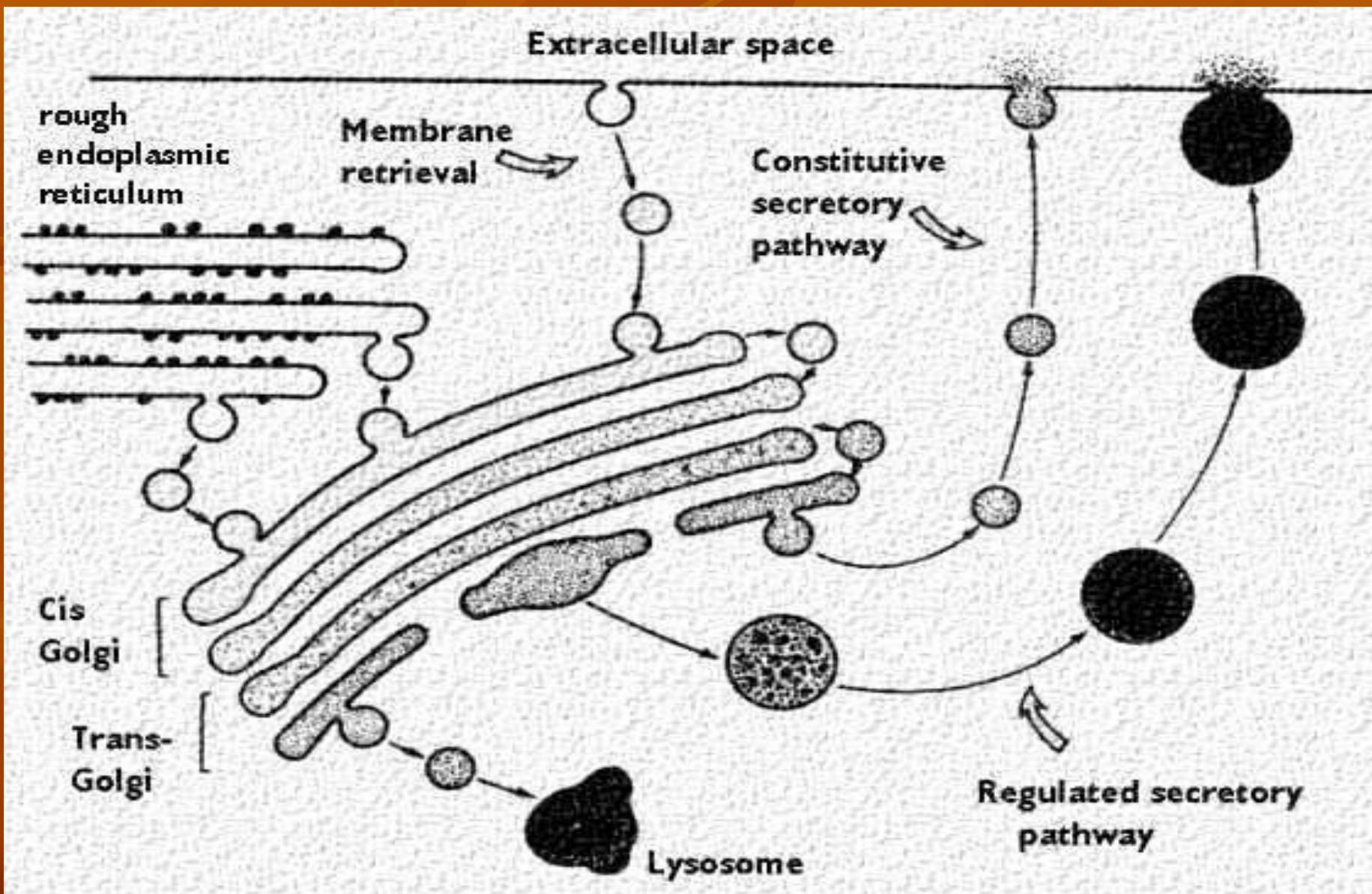
Пізні ендосоми (ендоцитозний матеріал з'являється через 20 хвилин після поглинання, перинуклеарні).

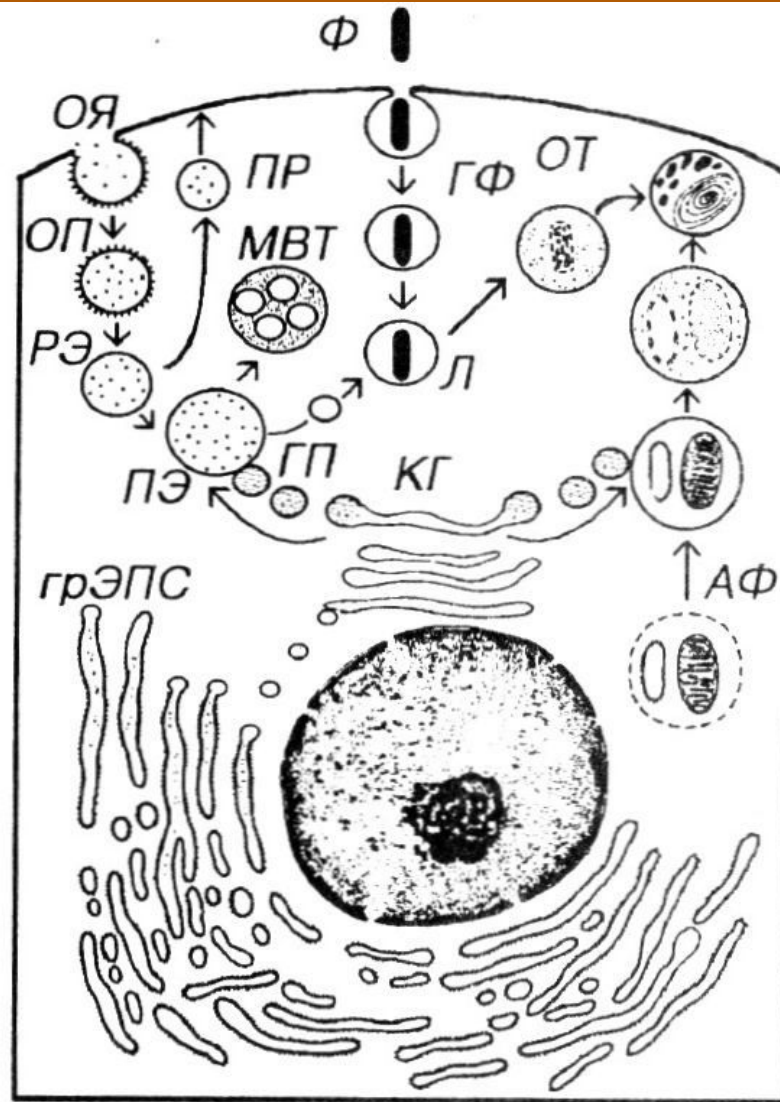
Лізосома – замкнений мембранний мішечок .

Первинні лізосоми (гідролазні пухирці) – містять понад 60 літичних ферментів у неактивному стані.

Вторинні лізосоми (ферменти активовані і контактують із розщеплюваними біополімерами).

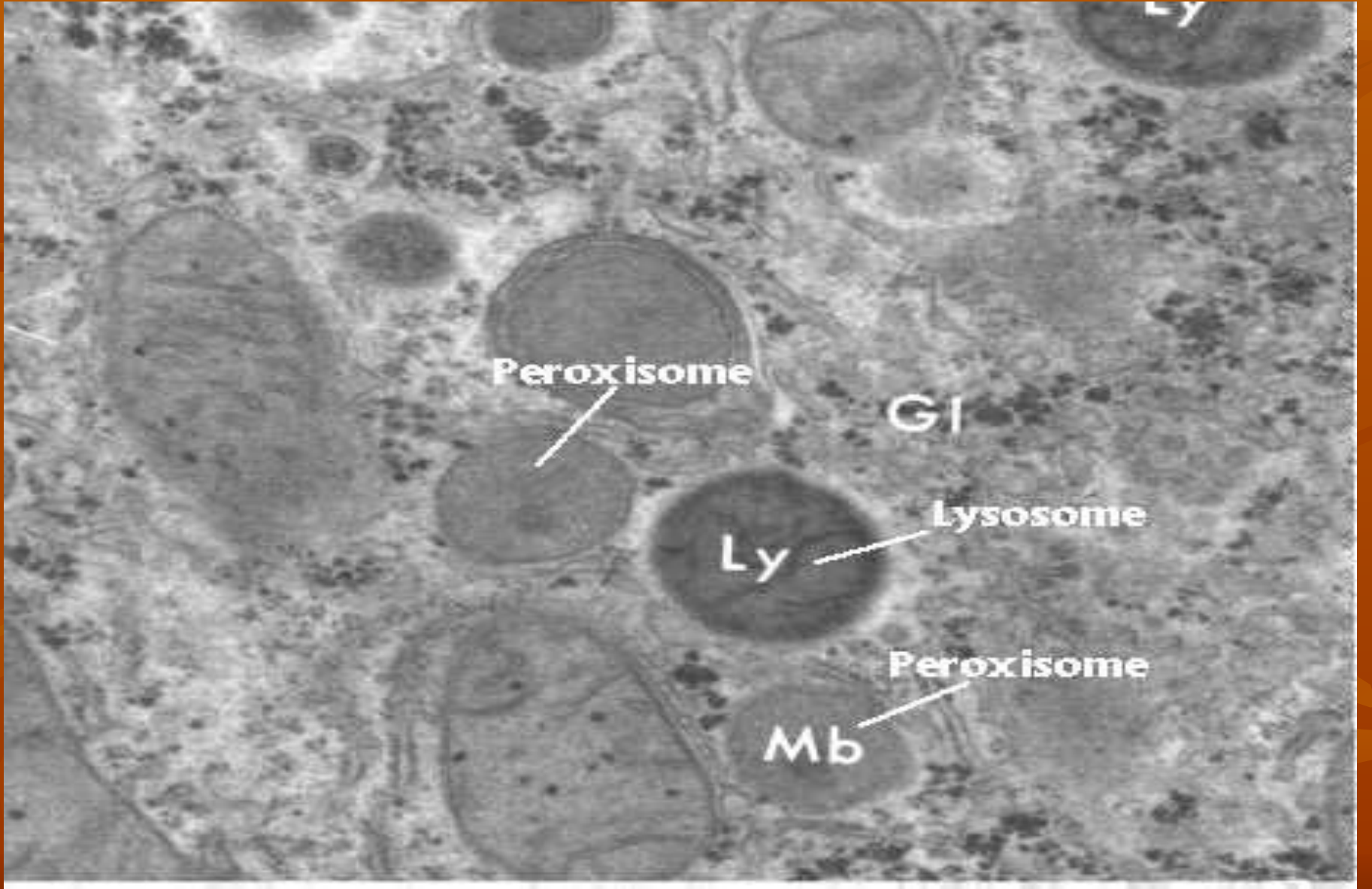
Залишкові тільця – (нерозщеплені залишки, оточені біомембранами).





Аппарат внутриклеточного переваривания: эндосомы и лизосомы.

КГ - комплекс Гольджи, ГП - гидролазные пузырьки, ОЯ - окаймленная ямка, ОП - окаймленный пузырек, РЭ - ранняя эндосома, ПР - пузырек рециклирования, ПЭ - поздняя эндосома, Л - лизосома, ГФ - гетерофагосома, АФ - аутофагосома, ОТ - остаточное тельце, МВТ - мультивезикулярное тельце.



Опорно-руховий апарат (цитоскелет)

Компоненти системи:

- 📌 Мікротрубочки
- 📌 Мікрофіламенти
- 📌 Проміжні філаменти

Функції:

- 📌 Підтримання і зміни форми клітини
- 📌 Розподіл і переміщення компонентів клітини
- 📌 Забезпечення рухів клітини
- 📌 Транспорт речовин і часточок (ендо- і екзоцитоз)
- 📌 Участь у міжклітинних контактах

📌 Мікротрубочки

📌 (довжина – 50 нм, діаметр – 25 нм)

- 📌 Молекулярна організація
- 📌 Білки (і тубуліни)

Локалізація і розміщення у клітині:

- сітка у цитоплазмі;
- пучки (відростки нейрона, мітотичне веретено);
- дублети (війки і джгутики) і триплети (базальні тільця, центріолі).

Мікротрубочки- лабільні структури, тобто можуть полімеризуватись і деполімеризуватись.

Утворення мікротрубочок відбувається в центрі організації мікротрубочок (ЦОМТ) – сателіти базальних тілець і клітинного центру і центромери хромосом.

Мікрофіламенти

(діаметр – 5-7 нм)

Молекулярна організація

-актин, який полімеризується у –актин

Функції: забезпечення скорочення мязових волокон, утворення основи мікроворсинок, забезпечення переміщення органел, участь в утворенні міжклітинних контактів.

Проміжні філаменти

(діаметр – 10 нм)

Це стабільні структури.

Хімічний склад залежить від типу клітини.

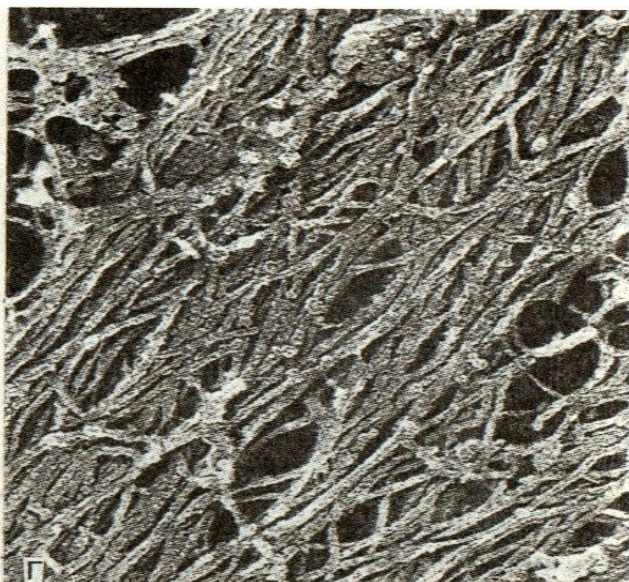
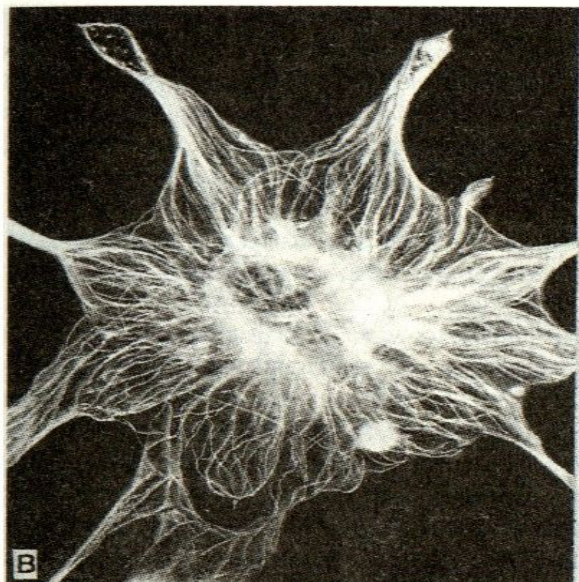
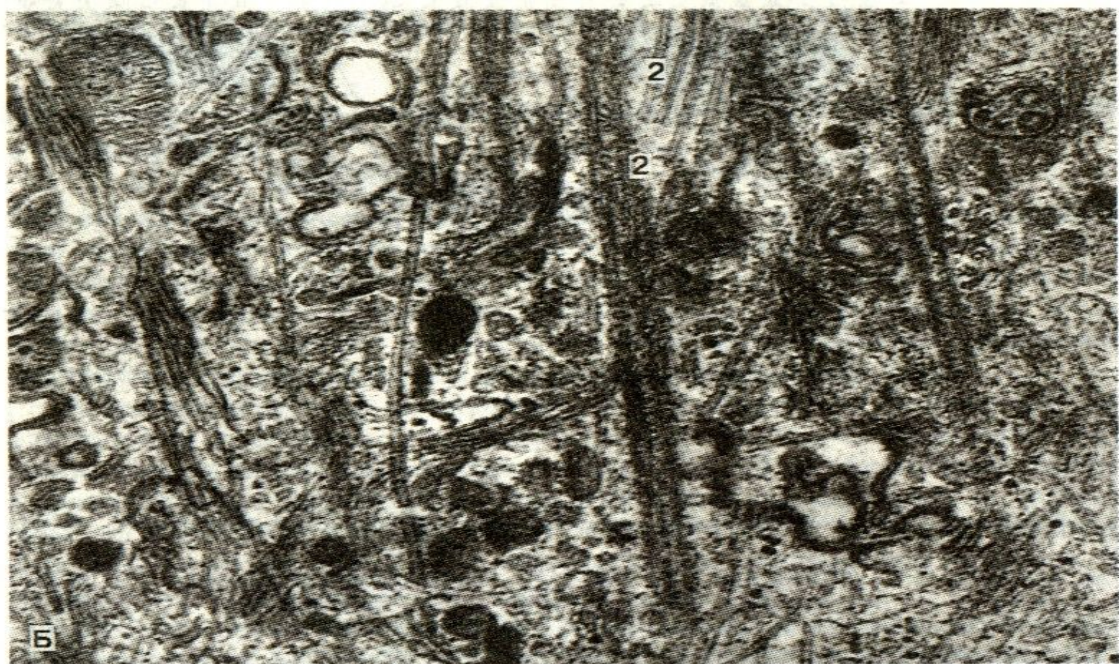
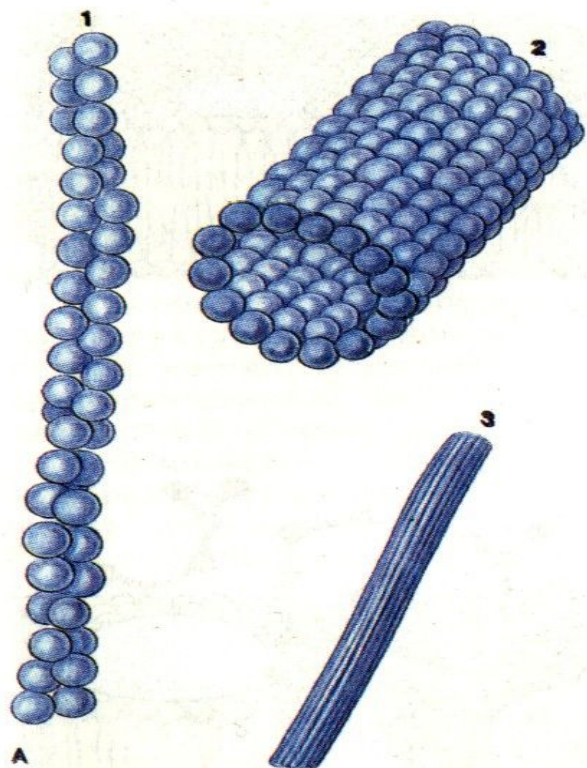
Функції:

- підтримуюча і опорна;
- участь в утворенні рогової речовини (епітелій);
- опорна для міофібрил.

Включення – непостійні, відокремлені структури цитоплазми, в яких нагромаджуються різні речовини.

Класифікація:

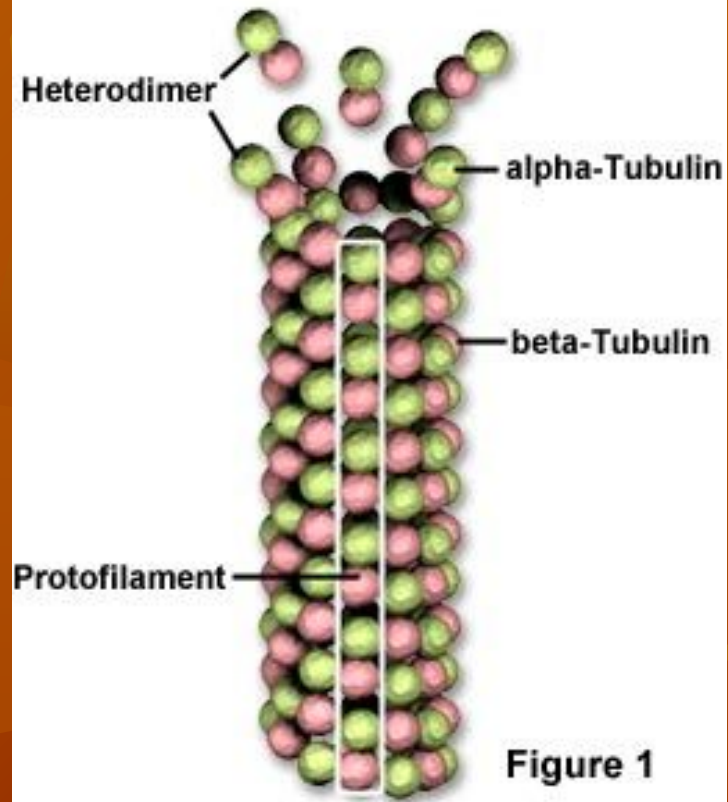
- трофічні (білкові, жирові, вуглеводневі);
- секреторні (мембранні пухирці, які містять ферменти, гормони);
- екскреторні (містять шкідливі речовини);
- пігментні (гемоглобін, меланін, ліпофусцин_).



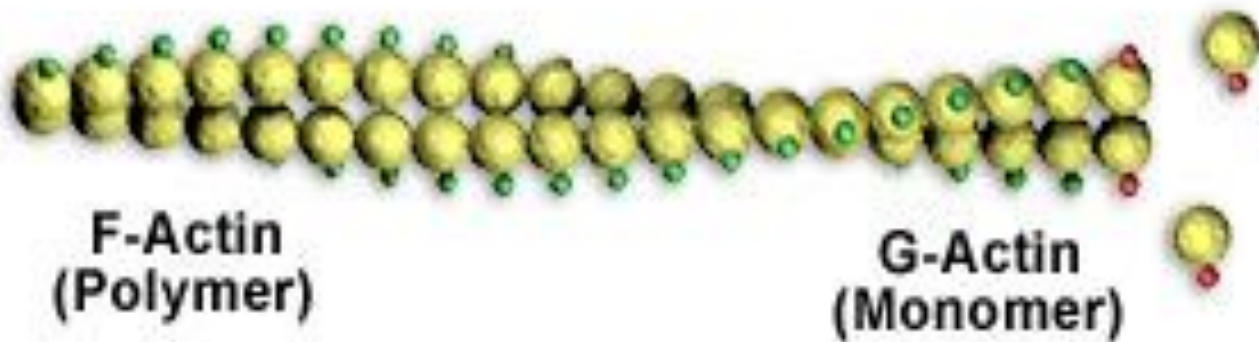
Микротрубочки и филаменты.

А — схема. Б — микротрубочки в клетках эпителия кишечника (ТЭМ, препарат К. А. Зуфарова). В — промежуточные филаменты (метод иммунофлуоресценции, препарат С. М. Светличной). Г — промежуточные филаменты (СЭМ). 1 — актиновая микрофиламента; 2 — микротрубочка; 3 — промежуточная филамента.

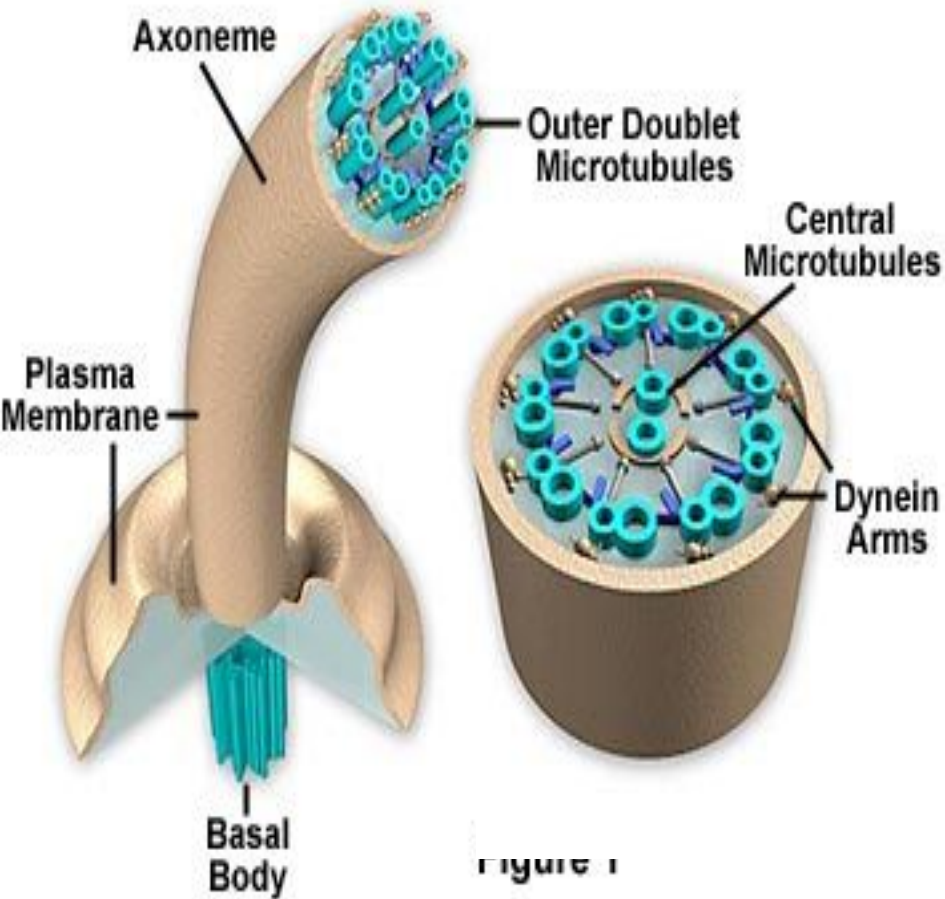
Microtubule Structure



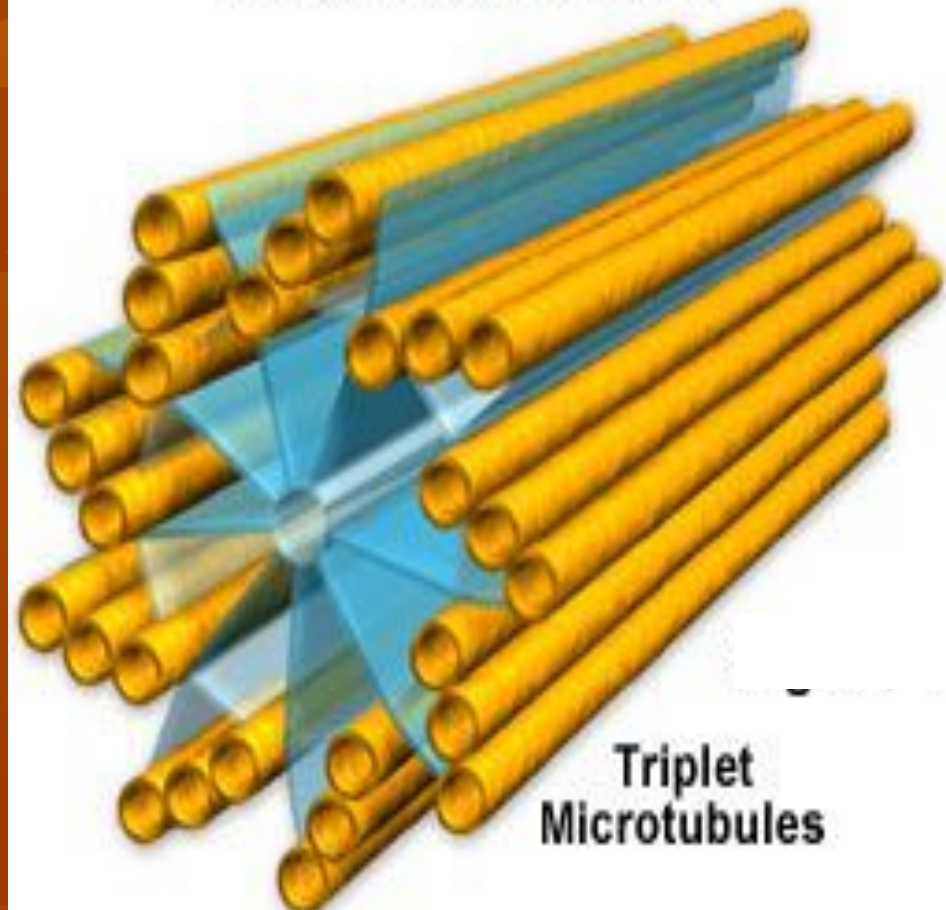
Microfilaments



Ultrastructure of Cilia and Flagella



Centriole Structure



Распределение промежуточных филаментов различных классов в клетках и тканях человека

Классы промежуточных филаментов	Типы клеток и тканей
<p><i>(цито-)кератиновые (монофиламенты)</i></p>	<p><i>эпителиальные</i></p>
<p><i>десминовые</i></p>	<p><i>мышечные ткани - гладкие (кроме миоцитов сосудов) и поперечнополосатые</i></p>
<p><i>виментиновые</i></p>	<p><i>различные клетки мезенхимного происхождения: фибробласты, макрофаги, остеобласты, хондробласты, эндотелий и гладкие миоциты сосудов</i></p>
<p><i>нейрофиламенты</i></p>	<p><i>нейроны</i></p>
<p><i>глиальные (содержат глиальный фибрилярный кислый белок)</i></p>	<p><i>глиальные клетки (астроциты, олигодендроглиоциты)</i></p>
<p><i>ламини (образуют кариоскелет)</i></p>	<p><i>все типы клеток</i></p>

Ядро клітини (каріолема)

Компоненти – ядерна оболонка, хроматин, ядерце, каріоплазма, ядерний матрикс.

Функції – збереження, реалізація і передача генетичної інформації.

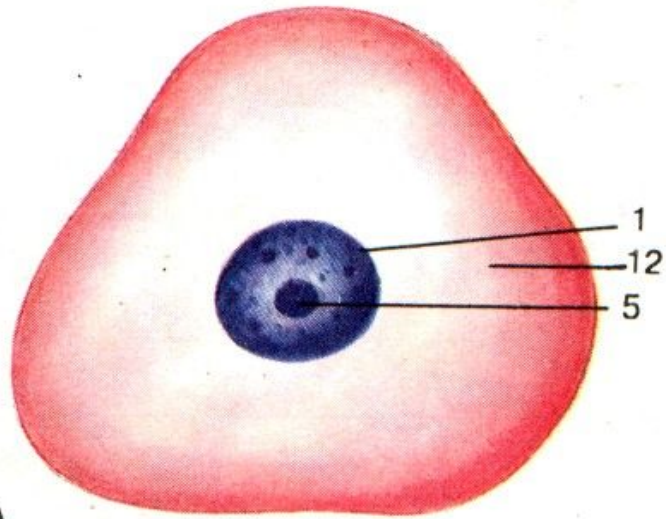
Ядерна оболонка (зовнішня мембрана, внутрішня мембрана, перинуклеарний простір, ядерні пори).

Функції:

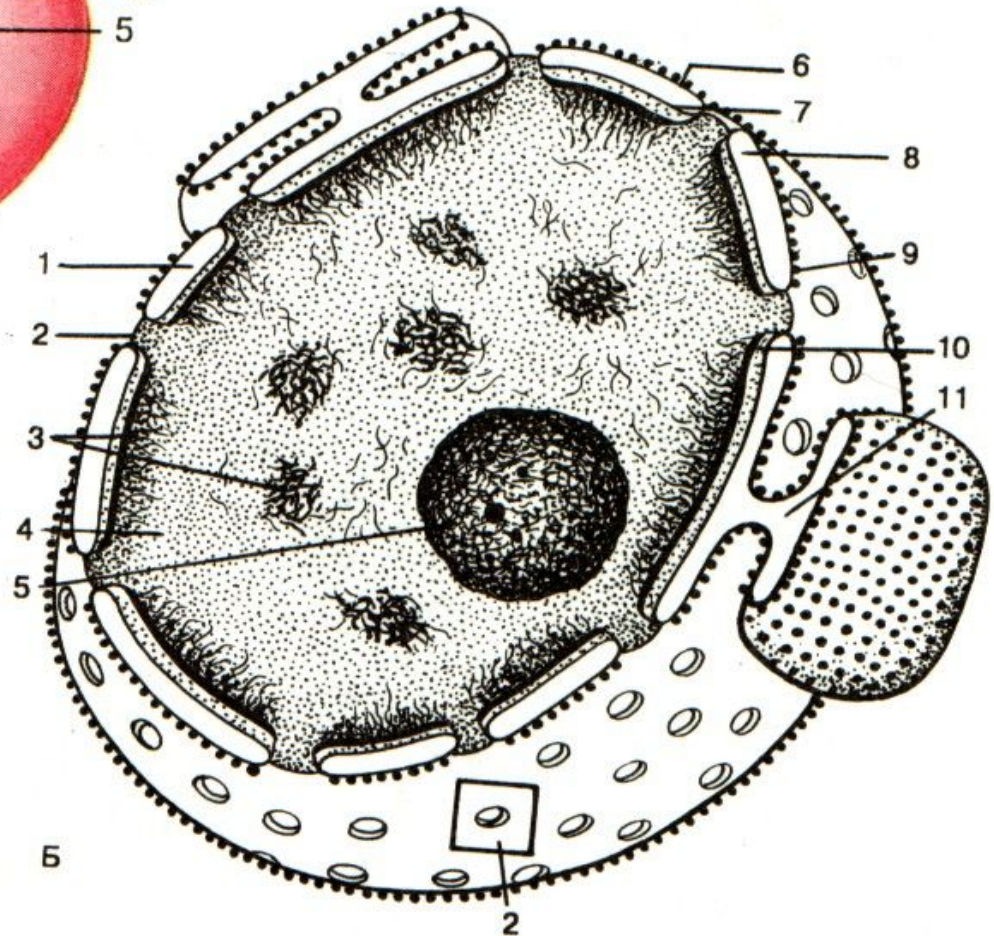
- забезпечення регуляції вибіркового транспорту;
- транспорт у цитоплазму субодиниць рибосом;
- активний транспорт у ядро білків, які мають особливу маркіровку.

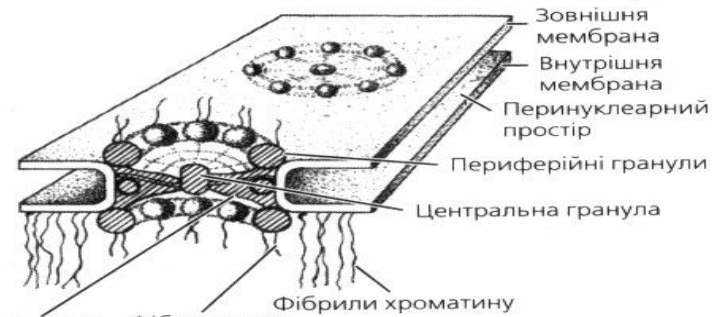
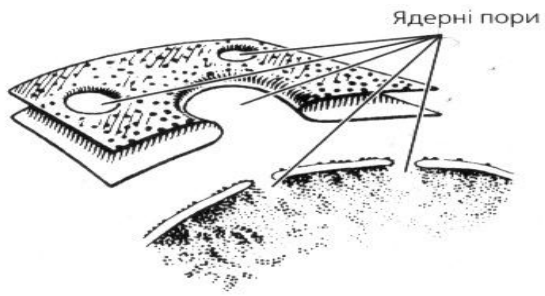
Хроматин- зерна і грудочки базофільного матеріалу. *Розрізняють:*

- еухроматин (деспіралізований, активний);
- гетерохроматин (спіралізований, неактивний).



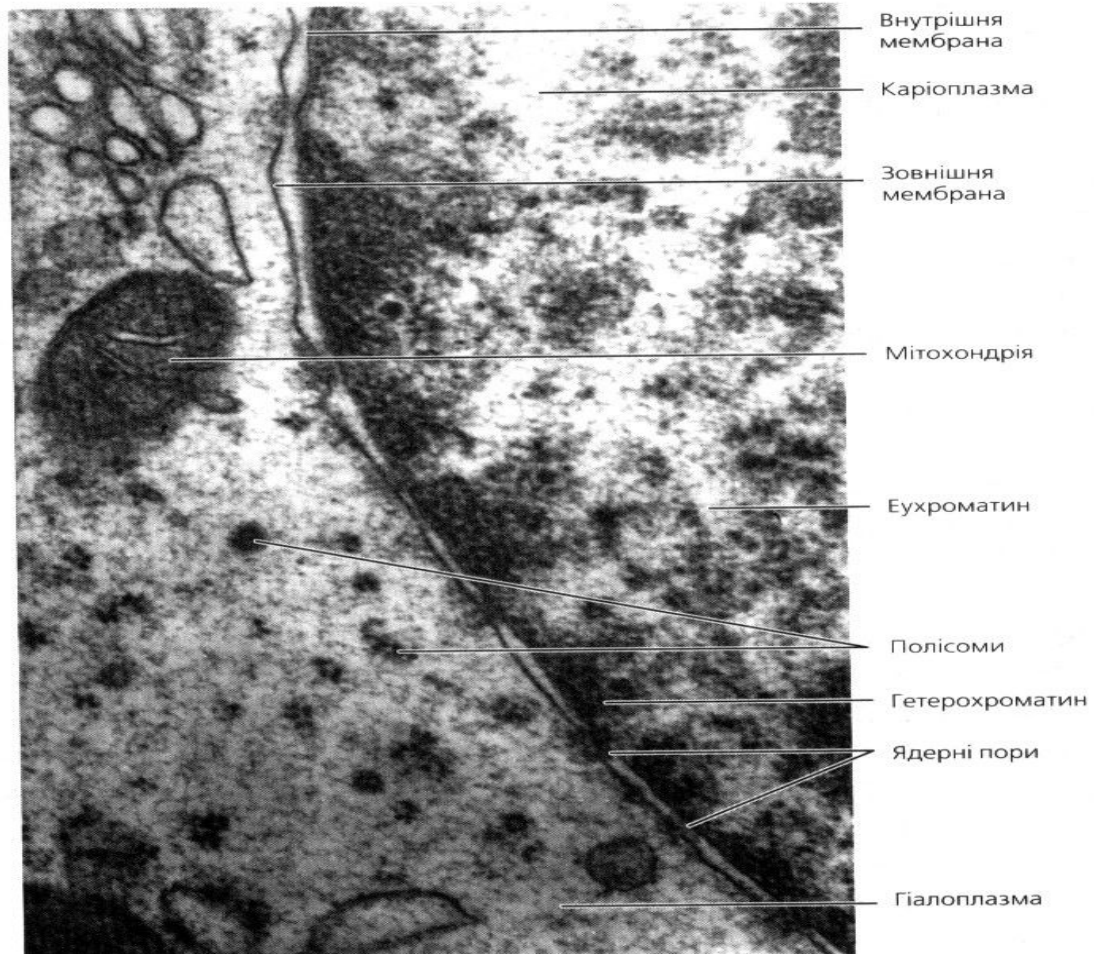
A

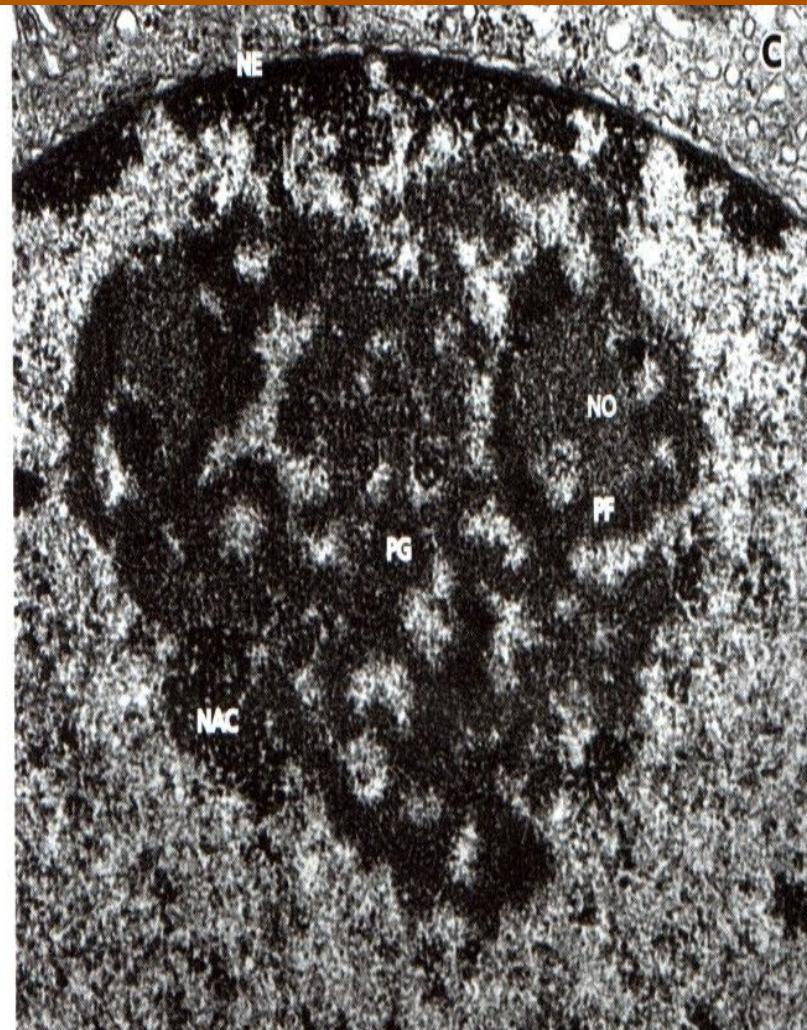
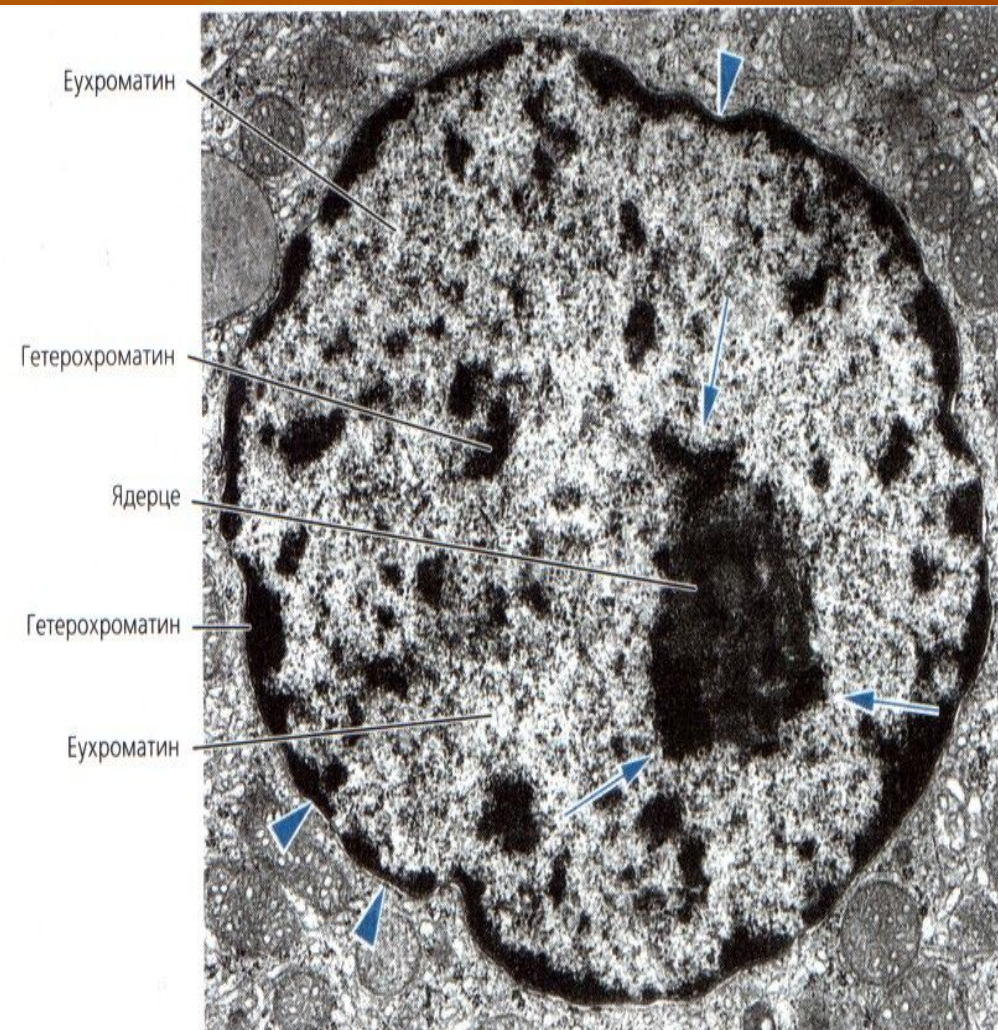




Б

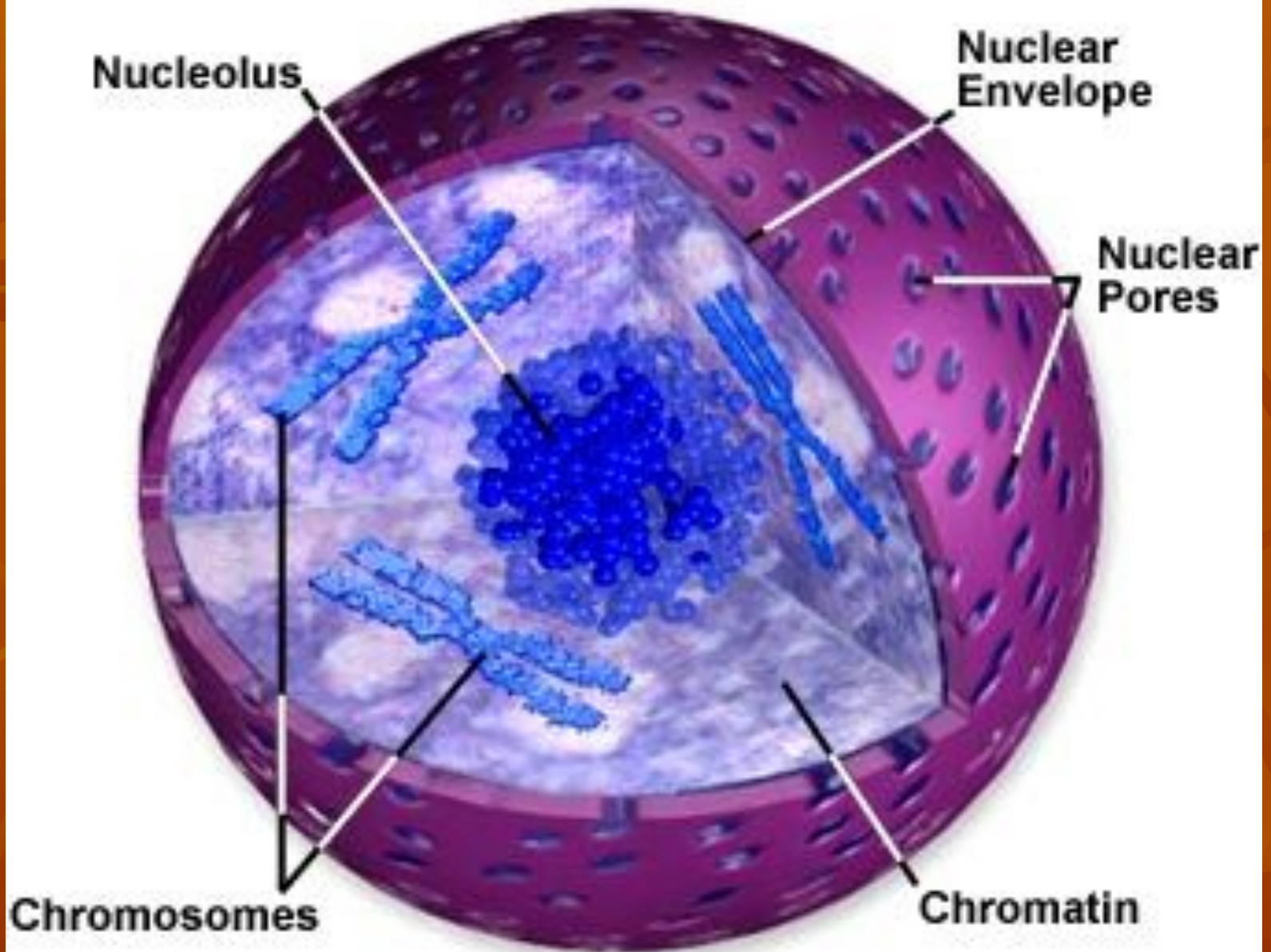
Діафрагма пори
Фібрили, що відходять від гранули

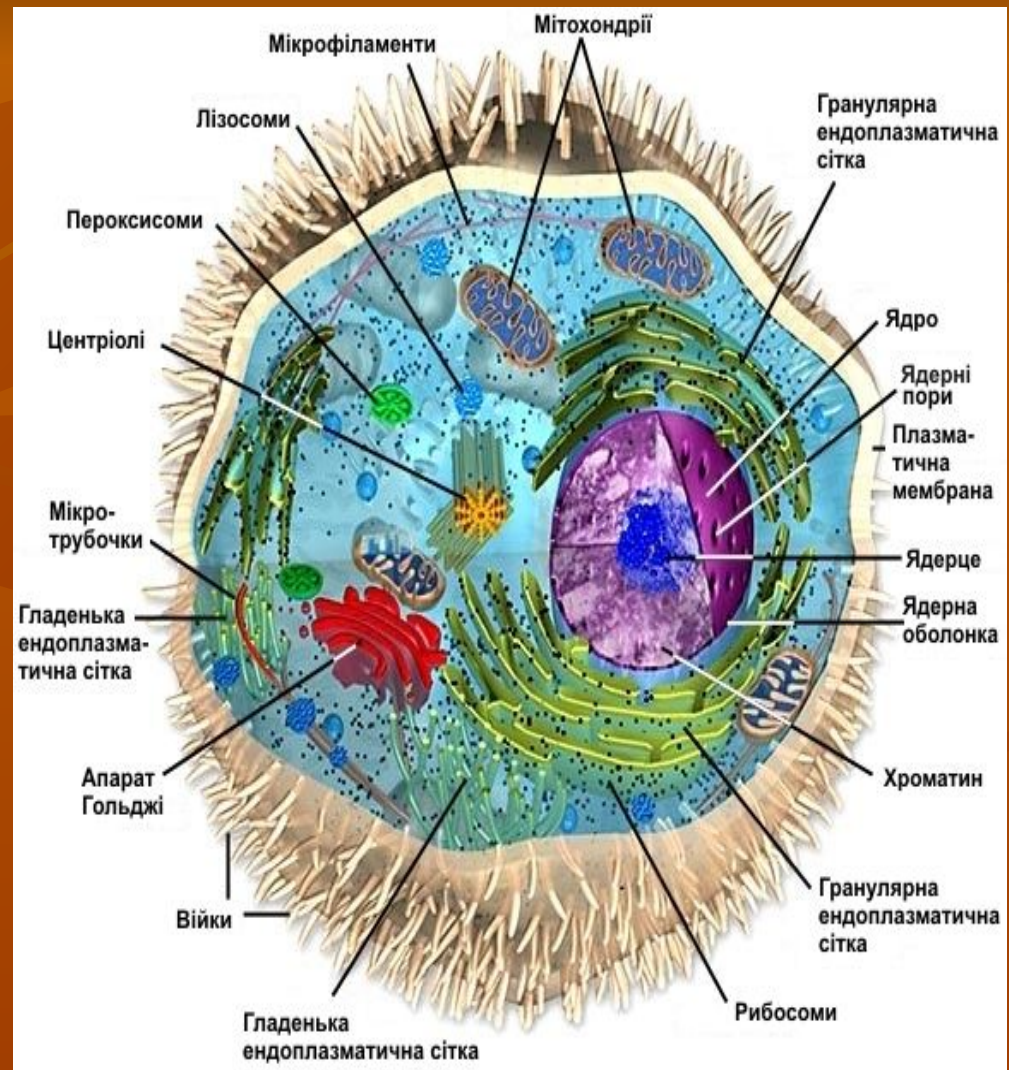
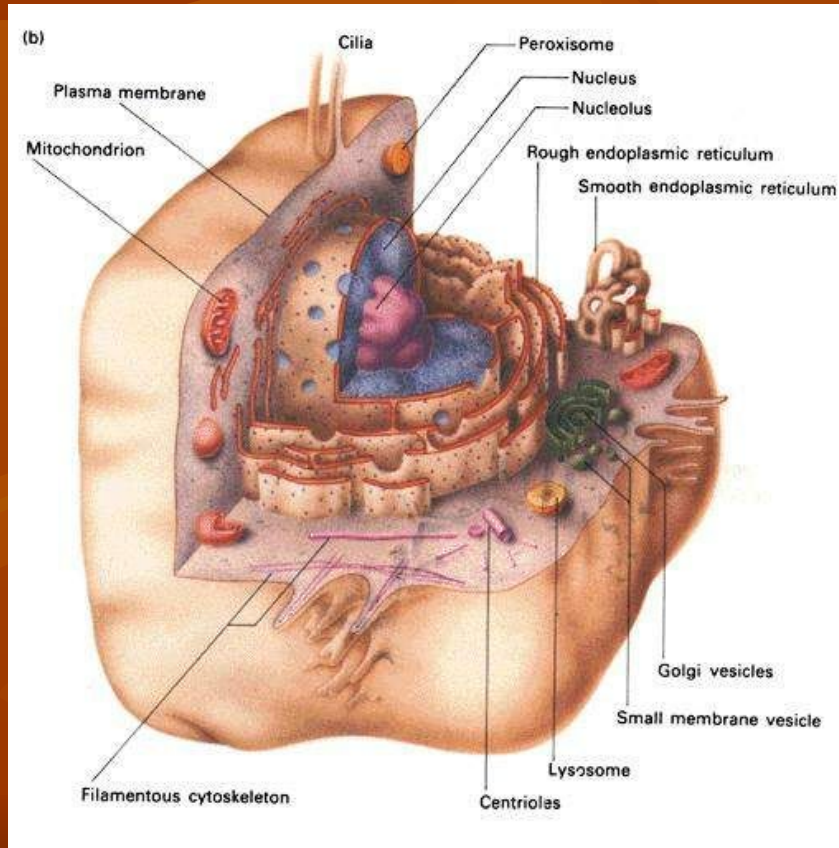




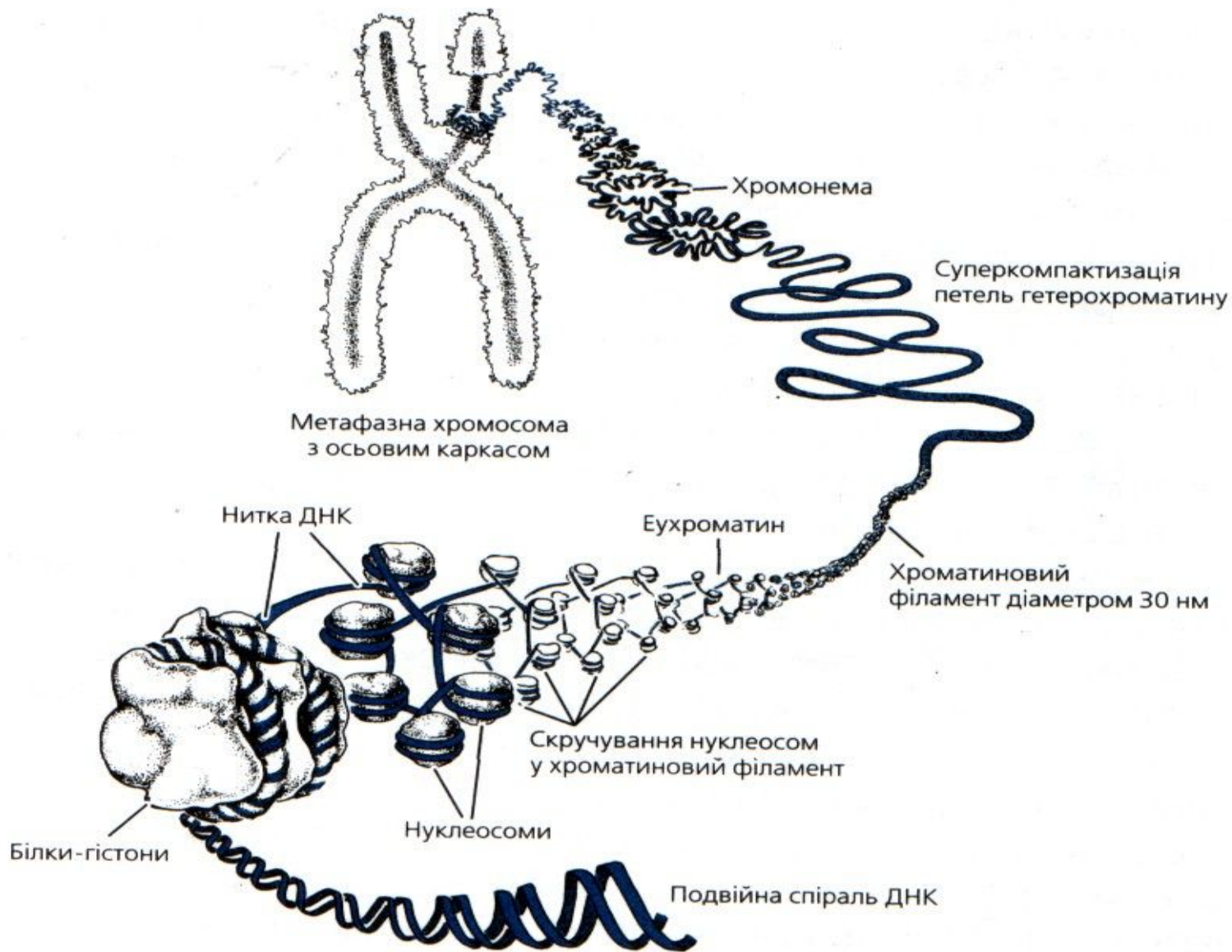
F

The Cell Nucleus





Рівні упаковки хроматина



Рівні упаковки хроматину

- Нуклеосомний (8 молекул гістонів, 2,5 оберти ДНК, діаметр -11нм)
- Хроматинова фібрила (діаметр – 30 нм)
- Петельні домени (діаметр – 300 нм)
- Метафазна хромосома (діаметр -1400 нм)

Ядерце – несамостійна структура ядра, утворюється спеціальними ділянками хромосом (вторинні перетинки). У людини такі ділянки є у 13-й, 14-й, 15-й, 21-й і 22-й хромосомах.

Функції- синтез рРНК і утворення субодиниць рибосом.

Клітинний цикл

-період життя клітини від ділення до ділення, або - від появи до смерті.

Етапи

1. Інтерфаза (пресинтетичний період, синтетичний період і постсинтетичний період).
2. Мітоз (профаза, метафаза, анафаза і телофаза).
3. Період репродуктивного спокою (диференціювання і виконання своїх функцій, виживання в умовах недостатності поживних речовин чи факторів росту, здійснення репарації пошкодженої ДНК, старіння, смерть).

Популяції клітин за здатністю до поновлення

1. Стабільні (не здатні до поновлення, до яких належать нерони та кардіоміоцити).
2. Популяції клітин, які можуть збільшувати свою чисельність (клітини печінки, щитоподібної залози, підшлункової залози, нирок).
3. Поновлюючі популяції (закономірне поновлення клітин). Прикладом таких популяцій є- епітелій ШКТ, епідермісу, клітини крові, кісткового мозку .

Характеристика періодів клітинного циклу

1. Пресинтетичний

- активний ріст клітини
- синтез білка та РНК
- синтез білків-активаторів синтетичного періоду

2. Синтетичний

- подвоєння (реплікація) ДНК
- синтез білків-гістонів

3. Постсинтетичний

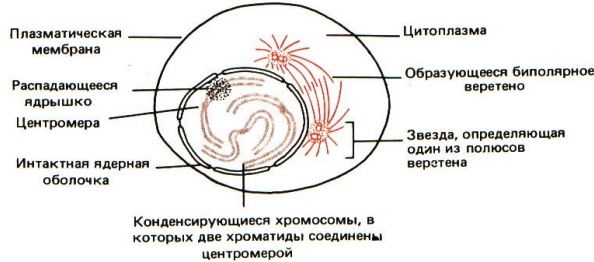
- дозрівання центріолей

- запасасться енергія
- синтез РНК і білка-тубуліна

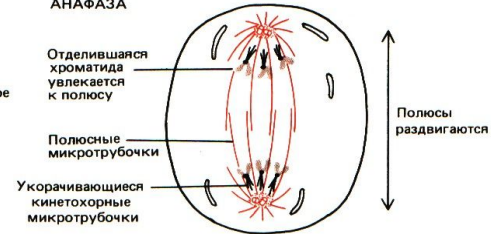
4.Мітоз

- А. Профаза (конденсація хроматина, зникнення ядерця, фрагментація каріолеми, подвоєння клітинного центру, розходження клітинних центрів).**
- Б. Метафаза (утворення в хромосомах кінетохорів, утворення кінетохорних мікротрубочок, максимальна спіралізація хроматину з утворенням метафазних хромосом і їх розміщення в екваторіальній площині).**
- В. Анафаза (розділення двох кінетохорів хромосом, рухи хроматид зі швидкістю 1 мкм за 1 хвилину до полюсів)**
- Г. Телофаза (зникнення кінетохорних мікротрубочок, полюсні мікротрубочки збільшують свою довжину, хроматин деконденсується, поява ядерця, утворення каріолеми, руйнування полюсних мікротрубочок, утворення скорочувального кільця).**

ПРОФАЗА



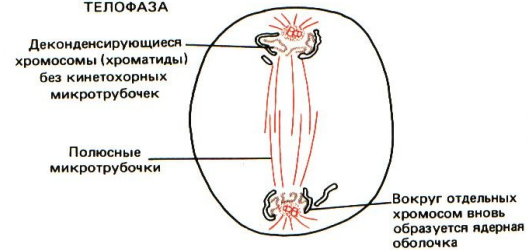
АНАФАЗА



ПРОМЕТАФАЗА



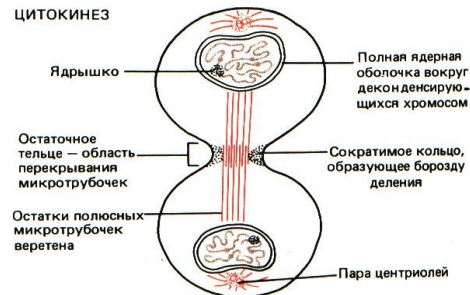
ТЕЛОФАЗА



МЕТАФАЗА



ЦИТОКИНЕЗ



Старіння клітин

Теорії старіння:

1. Гіпотеза помилок (мутації ДНК).
2. Теорія вільних радикалів (молекули з високою реакційною здатністю, які пошкоджують мембрани, ДНК, РНК).
3. Теорія поперечних зшивок (між молекулами білків, нуклеїнових кислот, які не можуть бути зруйнованими).
4. Гіпотеза мозкової регуляції (втрата здатності зберігати гомеостаз).
5. Аутоімунна теорія (В- і Т-лімфоцити руйнують власні клітини).

Ознаки старіння:

1. Морфологічні (каріопікноз, зникнення меж між клітинами, вакуолізація цитоплазми).
2. Фізико-хімічні (зменшення ступеня дисперсності колоїдів цитоплазми і ядра, збільшення вязкості цитоплазми та каріоплазми, більш легко здійснюється коагуляція білків).
3. Біохімічні (нагромадження ліпофусцину, зменшення вмісту води, зниження активності ферментів, зростання активності холестерину, пригнічення біосинтезу білка).

Смерть клітини

1. *Некроз* (“смерть від нещасного випадку”).

А. Причини (гіпертермія, гіпотермія, гіпоксія, ішемія, метаболічні яди, хімічні препарати, механічна травма і т.інше).

Б. Структурно-функціональні зміни (набряки цитоплазми і органел, пошкодження мембран внаслідок дії фосфоліпаз, пошкодження лізосом, розщеплення ДНК на фрагменти різної довжини, поява великої кількості грудочок гетерохроматину, пікноз ядра, каріорексис і лізис ядра).

2. *Апоптоз* (фізіологічна, запрограмована смерть клітини).

Це активний, генетично контрольований процес, регулюється внутрішньою програмою.

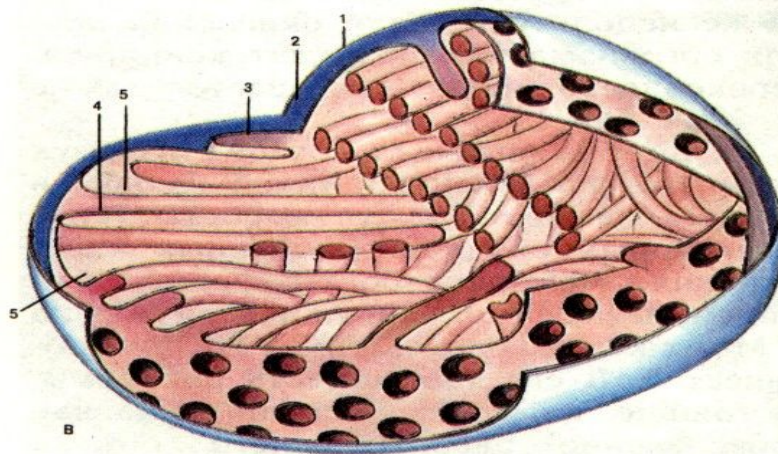
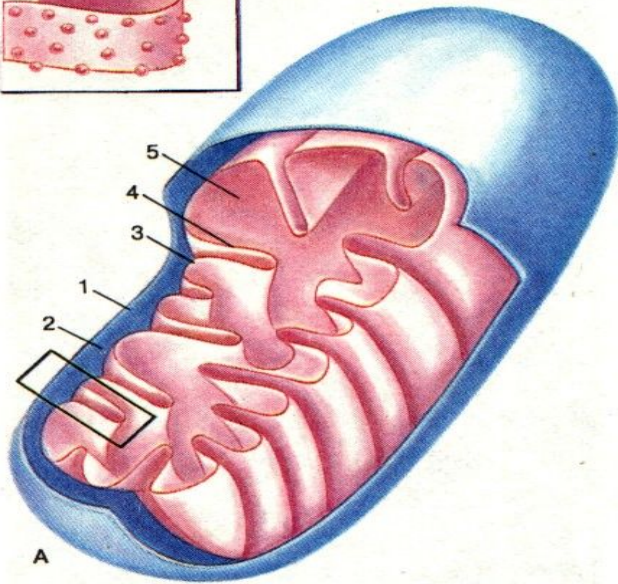
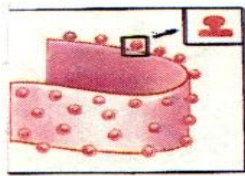
А. Причини апоптозу (порушення балансу регуляторних впливів, деякі інфекції, дія помірної інтенсивності пошкоджуючих факторів, вплив фізіологічних активаторів апоптозу- молекули FAS, глюкокортикоїди).

Б.Структурно-функціональні зміни при апоптозі:

- синтез ферментів, необхідних для запуску програми апоптозу;**
- втрата клітиною спеціалізованих структур (мікроворсинки, війки)**
- і міжклітинних контактів;**
- ущільнення ядра, цитоплазми;**
- розщеплення ДНК на нуклеосомні фрагменти, хроматин розташовується під каріолемою у вигляді півмісяця;**
- зміна форми клітини;**
- утворення апоптозних тілець, тобто клітина розсипається на масу дуже дрібних часточок, які покриті мембраною.**

Вміст клітини не виливається, запальна реакція відсутня.

Апоптозні тільця фагоцитуються сусідніми клітинами.



Митохондрии с пластинчатыми (А, Б) и трубчатыми (В, Г) кристами.

1 — наружная мембрана; 2 — межмембранное пространство; 3 — внутренняя мембрана; 4 — кристы; 5 — матрикс.



Внутрішня мембрана

Зовнішня мембрана

Кристи

Матрикс