І.О.Ликова

ЗАГАЛЬНА ЦИТОЛОГІЯ

ЛАБОРАТОРНИЙ

ПРАКТИКУМ

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет
імені Г.С. Сковороди

кафедра зоології

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ЗАГАЛЬНОЇ ЦИТОЛОГІЇ

Харків – 2017 р.

УДК 576.3(075.8)
ББК 28.05я73

Рецензенти: ***М.Ф. Ковтун***, доктор біологічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу еволюційної морфології хребетних Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України; ***Л.П. Харченко***, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри зоології Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди

Навчально-методичний посібник

Ликова Ірина Олександрівна

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
з загальної цитології

Ликова І.О. Лабораторний практикум з загальної цитології: навчальний посібник. – Харків, 2017. – 56 с.

Подано основні відомості про загальні правила роботи під час проведення лабораторних робіт з цитології та користування лабораторним обладнанням. Викладено методику проведення лабораторних робіт з загальної цитології з коротким попереднім описом теоретичних положень.

Для студентів І курсу спеціальностей: 014 Середня освіта (біологія), 091 Біологія денного відділення.

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією природничого факультету Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди (протокол №1 від 5.09.2017 року).

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1 5
Тема: ВИВЧЕННЯ БУДОВИ СВІТЛОВОГО МІКРОСКОПА, ТЕХНІКА ПРИГОТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ МІКРОПРЕПАРАТІВ ТА ПРАВИЛА МІКРОСКОПУВАННЯ. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЦИТОЛОГІЧНОГО РИСУНКУ 5
Лабораторна робота № 2 10
Тема: ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ І ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПРО- ТА ЕУКАРІОТИЧНИХ КЛІТИН 10
Лабораторна робота № 3 14
Тема: ПОВЕРХНЕВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ..14
Лабораторна робота № 4 19
Тема: СИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ..19
Лабораторна робота № 5 24
Тема: ВАКУОЛЯРНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ 24
Лабораторна робота № 6 29
Тема: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ 29
Лабораторна робота № 7 34
Тема: ОСНОВНІ БІОПОЛІМЕРИ ТА ЇХ ЛОКАЛІЗАЦІЯ В КЛІТИНІ 34
Лабораторна робота № 8 37
Тема: ОПОРНО-СКОРОТЛИВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ..37
Лабораторна робота № 9 42
Тема: СПАДКОВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ 42
Лабораторна робота № 10 47
Тема: ПОДІЛ КЛІТИН 47
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..54
ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ..55

Лабораторна робота № 1

Тема: ВИВЧЕННЯ БУДОВИ СВІТЛОВОГО МІКРОСКОПА, ТЕХНІКА ПРИГОТУВАННЯ ТИМЧАСОВИХ МІКРОПРЕПАРАТІВ ТА ПРАВИЛА МІКРОСКОПУВАННЯ. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЦИТОЛОГІЧНОГО РИСУНКУ

Мета роботи: ознайомитися з будовою і призначенням основних частин оптичного приладу – мікроскопа, засвоїти правила і прийоми роботи з ним, оволодіти навичками приготування тимчасових мікропрепаратів і правилами виконання цитологічного рисунку.

Матеріали і обладнання: мікроскопи, предметні і покривні скельця, стакани з водою, піпетки, препарувальні голки, пінцети, цибулина, марля, смужки фільтрувального паперу.

Питання для самостійної підготовки:

1. Будова мікроскопа та правила роботи з ним.
2. Методи дослідження клітин (світлова, фазово-контрастна, люмінесцентна, електронна мікроскопія, дослідження живих і фіксованих клітин).
3. Методика виготовлення тимчасового мікропрепарату.

Завдання 1 Записати до термінологічного словника нові терміни та вивчити їх значення: *окуляр, об’єктив, імерсійна система мікроскопа, світлова мікроскопія, фазово-контрастна мікроскопія, люмінесцентна мікроскопія, електронна мікроскопія, ангстрем, нанометр, мілімікрон.*

Завдання 2 Ознайомитися з будовою мікроскопа.

Мікроскоп – складний оптичний прилад, який дозволяє отримувати збільшене зображення об’єктів, які не можна побачити неозброєним оком. В світлових мікроскопах для освітлення використовують промені видимого спектру.

Основні елементи конструкції сучасних мікроскопів – механічна і оптична частини, освітлювальна система.

Механічна частина мікроскопа складається з штативу, предметного столика, револьвера, мікро- і макрогвинтів, тубусотримача.

Штатив є основою до якої прикріплені частини, що складають мікроскоп. Штатив складається з підставки (ніжки) і тубусотримача.

Револьвер може повертатися і служить для зміни об’єктивів.

Макрогвинт, або кремальєра – гвинт грубого піднімання або опускання тубусу для знаходження зображення об’єкта. Чітке зображення наводять за допомогою мікрогвинта. *Мікрогвинт* – найбільш тонка деталь в штативі мікроскопа, яка може бути легко пошкоджена при необережному поводженні.

Предметний столик необхідний для розміщення об’єкта, що вивчається. В центрі столика знаходиться отвір для проходження світла через об’єкт. На столику є спеціальні клеми для закріплення препарату.

Оптична частина представлена об’єктивами і окуляром, з’єднаних в металевій трубці – тубусі. На них нанесені цифри, які характеризують силу їх збільшення. *Об’єктиви* являють собою по-різному скомбіновані системи лінз. Обов’язковою частиною цих систем є плоско-випукла фронтальна (тобто напрямлена до об’єкта) лінза, діаметр якої тим менший, чим сильніше збільшення, що дає об’єктив.

Об’єктиви бувають сухими і імерсійними. Сухі об’єктиви дають збільшення 8х або 10х (слабкі), 20х (середні); 40х (сильні), і імерсійні – 60х, 90х (дуже сильні).

На об’єктивах, крім цифр збільшення, вказується ще так звана апертура, яка показує ступінь роздільної здатності об’єктива (здатності розпізнавати найменші деталі структури об’єкта) – від 0,30 у слабких до 1,30 у найбільш сильних.

При сухих об’єктивах між фронтальною лінзою і склом препарату знаходиться повітря. Скло має показник переломлення 1,520, який відрізняється від показника переломлення повітря. Тому, коли промінь світла виходить з скла в повітря, він відхиляється, і при дуже сильних об’єктивах, які мають досить малу відстань (тобто відстань між фронтальною лінзою і об’єктивом), більшість світлових променів відхиляється і не потрапляє в об’єктив, внаслідок чого поле зоре виявляється дуже темним. Тому найбільш сильні об’єктиви конструюються з розрахунком на поміщення між фронтальною лінзою і склом препарату такого середовища, яке б мало показник переломлення, близький до скла. Тоді промені світла, виходячи з скла, не відхиляються, потрапляють в об’єктив, і поле зору виявляється добре освітленим.

Таким середовищем є кедрова олія (показник переломлення 1,515). Крапля такої олії наноситься на скло препарату і в неї занурюють об’єктив. Ураховуючи те, що в імерсійних об’єктивах вільна відстань дуже мала, то робота з ними потребує особливої обережності; необережним рухом макро- чи мікрогвинта можна розбити препарат і пошкодити фронтальну лінзу об’єктива.

Лінзи об’єктива повинні бути ідеально чистими, тільки тоді зображення буде чітким. Бруд з об’єктивів (олію з імерсійних) змивають сірчистим ефіром чи ксилолом (спиртом не користуватись !).

Окуляри також бувають слабкі, сильні, середні і сильні. Найбільш часто вживаються окуляри 5х і 7х (слабкі), 10х (середній) і 15х (сильний).

Загальне збільшення, яке дається мікроскопом, дорівнює помноженню збільшень окуляра і об’єктива (ок.7 х об.8 = 56).

При роботі з мікроскопом слід ураховувати те, що тільки об’єктив збільшує об’єкт, а окуляр лише розтягує зображення, яке дається об’єктивом. Відповідно, для отримання більшого збільшення треба завжди віддати перевагу сильному об’єктиву, а не окуляру.

Освітлювальна система складається з рухомого *дзеркала*, необхідного для напрямлення світлових променів в бік досліджуваного предмета і *конденсора* – системи лінз, які збирають промені від дзеркала і концентрують їх на досліджуваному об’єкті. Відповідне положення конденсора вибирається за допомогою спеціального гвинта.

Конденсор має діафрагму, яка дозволяє регулювати рівномірне проходження світлових променів і забезпечувати потрібне освітлення об’єкта

Дзеркало має дві поверхні – плоску і ввігнуту. Для отримання більш інтенсивного освітлення при відсутності конденсора користуються ввігнутою поверхнею дзеркала. При роботі з великими і особливо імерсійними об’єктивами застосовують конденсор і плоске дзеркало.

У робочому зошиті позначити частини мікроскопу.

Завдання 3. Записати в робочий зошит та вивчити правила роботи з мікроскопом.

1. При переносі мікроскопа однією рукою беруть тубусотримач, а другою підтримують мікроскоп знизу.

2. Мікроскоп ставлять проти лівого плеча на відстані 10 см від краю стола і не пересувають його впродовж всього заняття.

3. Праворуч від мікроскопа розміщують альбом, ручки, олівці, робочий альбом, препарувальне обладнання.

4. Установка освітлення:

а) шляхом повертання револьвера поставити об’єктив малого збільшення (8х,10х), максимально підняти конденсор до рівня предметного столика;

б) повністю відкрити ірисову діафрагму конденсора;

в) поставити плоске дзеркало (при слабкому освітленні користуються увігнутим дзеркалом);

г) дивлячись в окуляр, повертати дзеркало до рівномірного освітлення поля зору. Таке освітлення повинно бути впродовж всього заняття;

5. Предметне скло з препаратом (покривним скельцем догори) кладуть на предметний столик і закріплюють клемами.

6. Фокусування:

а) дивлячись збоку, опустити тубус за допомогою макрогвинта так, щоб об’єктив був на відстані 1,5-2 см від предметного скла;

б) дивлячись в окуляр, повільно піднімають тубус макрогвинтом до появи зображення; переміщенням предметного скла відшукати і виставити по центру поля зору найбільш цікаве місце для вивчення; в окуляр необхідно дивитися лівим оком не примружуючи правого!;

в) остаточне фокусування досягається мікрогвинтом. Повертати мікрогвинт треба дуже повільно і не більше ніж на ½-3/4 повного оберту;

г) різкість зображення можна максимально поліпшити регулюванням діафрагми та положення конденсора.

7. Для переходу на більше збільшення, не змінюючи положення тубусотримача, повертають револьвер і виставляють необхідний об’єктив великого збільшення (20х,40х) і, дивлячись збоку, опускають тубус з

об'єктивом на 0,5 мм до поверхні предметного скла (обережно!). Дивлячись в окуляр за допомогою макрогвинта повільно піднімають тубус до появи зображення об'єкта. Чіткість зображення наводять мікрогвинтом.

8. Після закінчення роботи, лінзи протирають м'якою тканиною, об'єктиви переводять в неробочий стан. Для захисту від пилу, мікроскоп після роботи накривають поліетиленовим чи скляним ковпаком.

Завдання 4. Приготувати і розглянути під мікроскопом препарат епідерми соковитої луски цибулі. Роботу виконати за такою схемою:

- старанно протерти предметне скло і покривне скельце, нанести на предметне скло піпеткою краплю води.
- препарувальною голкою зняти невеликий шматочок шкірочки, яка покриває внутрішню частину лусочок цибулі, перенести її в краплю води;
- взяти покривне скельце і, притримуючи за краї, під гострим кутом, обережно накрити препарат. Надлишок води видалити фільтрувальним папером;
- розглянути мікропрепарат при малому, а потім при великому збільшенні, дотримуючись наведених вище правил мікроскопування;
- розібрати мікропрепарат, протерти марлею предметне скло і (дуже обережно!) покривне скельце. Перевести мікроскоп в неробочий стан.

Завдання 5. Для усунення характерних труднощів, які виникають при самостійному мікроскопуванні, розглянути нижченаведену таблицю:

Дефект	**Причина**	**Спосіб усунення**
Все поле зору затемнене	Недостатній світловий потік, що поступає в об'єктив	Максимально відкрити діафрагму, підняти конденсор, направити ввігнуте дзеркало до джерела світла і дивлячись в окуляр, повертати дзеркало до появи яскравого освітлення
Частина поля освітлена яскраво, частина затемнена	Об'єктив на зайняв фіксовано положення	Повернути револьвер з потрібним об'єктивом до упора
Мутне зображення об'єкта спостереження	Забруднені лінзи об'єктива чи окуляра. Забруднені предметне чи покривне стекла мікропрепарату	Протерти лінзи чи мікропрепарат
Мікропрепарат видний при малому, але не видний при великому	Мікропрепарат лежить покривним скельцем вниз, внаслідок чого вільна відстань (відстань від фронтальної лінзи об'єктива до об'єкта	Для запобігання псування об'єктива і мікропрепарату перевернути мікропрепарат

збільшенні	спостереження), яка дорівнює при великому збільшенні 1-2 мм, менша товщини предметного скла. Об'єктив впирається в предметне скло	покривним скельцем догори

<u>Завдання 6</u>. Ознайомитися з основними мірами довжин та співвідношеннями між ними, які застосовуються в цитології:

- 1 мікрометр (мкм), (мікрон) = 10^{-6} =10^{-3} мм = 10^{3} нанометрів (нм)
- 1 нм (мілімікрон)= 10^{-9} м = 10^{-6} мм
- 1 ангстрем (Å) = 10^{-9} м

Для уявлення про розміри деяких біологічних об'єктів розгляньте нижченаведену таблицю:

Соматична клітина середніх розмірів	10-20 мкм в діаметрі
Соматична рослинна клітина середніх розмірів	30-50 мкм в діаметрі
Хлоропласт квіткової рослини	5-10 мкм
Мітохондрія	до 7 мкм в довжину
Бактерія (кишкова паличка)	до 2 мкм в довжину
Рибосома	25 нм в діаметрі
Молекула ДНК	20-25 нм в товщину
Плазматична мембрана	75-100 Å в товщину
Мікротрубочки	25 нм в товщину
Вірус ящура	20-25 нм в діаметрі
Атом водню	0,1 нм в діаметрі

<u>Завдання 7.</u> Ознайомитися з правилами виконання цитологічного рисунку.

Зарисовування препарату має виключно важливе значення в процесі його виконання: при зарисовуванні можна більш детальніше розглянути препарат і звернути увагу на деталі, іноді дуже важливі, але які можуть залишитися непоміченими тільки при одному розгляданні препарату. Процес зарисовки вчить "читати" препарат, розуміти своєрідність і загальні риси в клітинах, глибше усвідомлювати їх морфологічні, генетичні і функціональні особливості. Завдяки рисунку препарат краще запам'ятовується, закріплюється його зорове уявлення і тим самим забезпечується краще і більш глибоке сприйняття фактичного матеріалу.

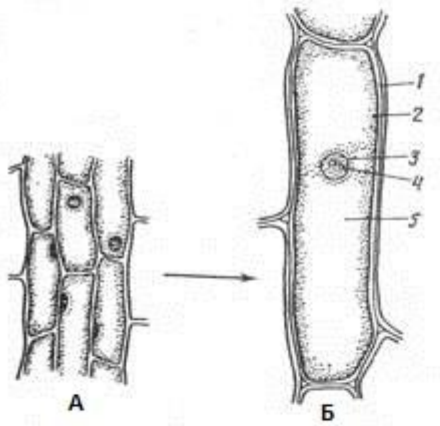
Зарисовування треба проводити безпосередньо з самого препарату, зразу в робочий альбом, без чернеток. Не можна при цьому користуватися готовими рисунками і таблицями. При зарисовуванні треба дотримуватися співвідношень в розмірах окремих частин об'єкту. В рисунку при можливості треба правдиво відобразити все, що спостерігається. Вивчення будь-якого цитологічного препарату починається з малого збільшення мікроскопа, де вибираються найбільш цікаві ділянки для детальнішого вивчення під великим збільшенням.

При виконанні рисунку, спочатку позначають основні елементи препарату і лише потім дорисовують деталі. Над рисунком вказують назву препарату, вид тварини, від якої взятий матеріал і збільшення, при якому виконаний рисунок. Позначення роблять виносними стрілками з цифрами і внизу у вигляді колонки дають пояснення цим цифрам.

<u>**Завдання 8.**</u> Зарисувати в робочий зошит препарат епідерми соковитої луски цибулі. Оформити рисунок за такою схемою:

Препарат 1. Клітини епідерми соковитої луски цибулі (*Allium cepa*)

Забарвлення: тимчасовий незабарвлений препарат



А – мале збільшення; Б – велике збільшення: 1– стінка клітини, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – ядерце, 5 – вакуоля.

<u>**Контрольні питання**</u>

1. Назвати основні частини мікроскопа, пояснити їх призначення. Що таке роздільна здатність мікроскопа?
2. Опишіть основні правила і порядок роботи з мікроскопом?
3. Як виготовити тимчасовий мікропрепарат?
4. Розкрийте суть основних методів цитологічних досліджень.
5. В чому полягають особливості електронної мікроскопії ? Які ви знаєте види електронних мікроскопів? Як готують матеріал для електронної мікроскопії?
6. В чому полягає важливість зарисовування цитологічного рисунку?

Лабораторна робота № 2

Тема: ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ І ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПРО- ТА ЕУКАРІОТИЧНИХ КЛІТИН

Мета роботи: ознайомитися з загальними закономірностями і особливостями будови прокаріотичних клітин (бактерій і ціанобактерій) і еукаріотичних клітин (грибів, рослин та тварин).

Матеріали і обладнання: мікроскопи, предметні і покривні скельця, стакани з водою, піпетки, пінцети, вушні палички, листя валіснерії, суспензія синьо-зелених водоростей (ностока чи мікроцистіса), суспензія дріжджів, готові мікропрепарати крові людини і жаби, демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Визначення поняття "клітина". Загальні принципи організації клітин.
2. Основні відмінності в будові про- і еукаріот.
3. Особливості будови бактеріальної клітини.
4. Особливості будови ціанобактерій.
5. Особливості будови грибної клітини.
6. Особливості будови рослинної клітини.
7. Закономірності будови тваринних клітин.
8. Різноманітність форми і функцій тваринних клітин.

Завдання 1. Записати до термінологічного словника нові терміни та вивчити їх значення: *хроматофор, хроматоплазма, центроплазма, муреїн, хітин, геміцелюлоза, лігнін, ціанофіцин, фікоеритрин, мезосома, нуклеоїд (генофор), глікокалікс, ламели.*

Завдання 2. Розглянути на демонстраційній таблиці схему будови бактеріальної клітини та дати повну характеристику її будови. В робочому зошиті зробити відповідні позначки.

Завдання 3. Розглянути під мікроскопом культуру сінної палички (*Bacillus subtilis*). Для цього на чисте предметне скельце нанести краплину сінного настою, додати краплину туші і покрити покривним скельцем. Зайву рідину прибрати фільтрувальним папером. Мікроскопувати на великому збільшенні.

Сінна паличка (*Bacillus subtilis*) – грампозитивна спороутворююча аеробна ґрунтова бактерія паличкоподібної форми. Розміри бактерій складають 2-5 × 0,4-0,6 мкм, тому легко мікроскопується на великому збільшенні мікроскопу. На препараті можна побачити поодинокі клітини або з'єднані в нитки (стрептобактерії) клітини сінної палички.

Зарисувати клітини сінної палички у робочий зошит та зробити відповідні позначки.

Препарат 1. Сінна паличка (*Bacillus subtilis*), тимчасовий препарат

Забарвлення: тушшю

1 – поодинокі клітини; 2 – стрептоформи; 3 – клітини з джгутиками; 4 – утворення спор.

Завдання 4. Для ознайомлення з будовою клітин ціанобактерій, краплю рідини з суспензією ностока чи мікроцистіса нанести на предметне скло, накрити покривним скельцем і розглянути під малим і великим збільшенням мікроскопа. На демонстраційній таблиці ознайомитися з схемою будови ціанобактерій.

На слайді розглянути електронні фотографії клітин ностока.

В робочому зошиті зробити відповідні позначки на схемі ультрабудови ціанобактерій.

Зарисувати в робочий зошит колонії ностока.

Препарат 2. Колонії ностока (*Nostoc*)

Забарвлення: тимчасовий незабарвлений препарат

1 – нитчасті колонії; 2 – слизові капсули; 3 – цитоплазма клітин.

Завдання 5. Для ознайомлення з будовою клітин грибів, краплю рідини з суспензією дріжджів нанести на предметне скло, накрити покривним скельцем і розгляньте під малим і великим збільшенням мікроскопа. На демонстраційній таблиці ознайомитися з схемою будови грибної клітини.

У робочому зошиті на схемі будови грибної клітини зробити відповідні позначки.

Зарисувати в робочий зошит морфологію клітин дріжджів та зробити відповідні позначки.

Препарат 3. Морфологія клітин дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae)*. Прижиттєве спостереження.

Забарвлення: Тимчасовий незабарвлений препарат.

1 – клітини дріжджів; 2 – клітинна стінка, 3 – ядро.

Завдання 6. Розглянути схему будови рослинної клітини та охарактеризувати особливості її будови. У робочому зошиті на схемі будови рослинної клітини зробити відповідні позначки.

Для знайомства з будовою рослинної клітини використовують лист валіснерії. З будь-якої сторони листа лезом надрізати шкірочку, шматочок якої здерти з листової пластинки, покласти в краплю води на предметне скло, обережно накрити покривним скельцем і розглянути при великому і малому збільшенні мікроскопа.

Клітини шкірочки валіснерії різноманітні за формою (витягнуті, ізодіаметричні, квадратні, багатокутні). *Оболонки* клітин тонкі, прозорі, щільно прилягають одна до одної. В клітинах багато зелених тілець – *хлоропластів, або хлорофілових зерен*. Вони мають форму двояко випуклої лінзи, фронтальна сторона якої завжди напрямлена до клітинної стінки. В деяких клітинах можна побачити *ядро* – світло-сіре тільце з добре помітним ядерцем. Якщо ядро знаходиться в центрі клітини, то воно округле, якщо розташоване поблизу стінки клітини – воно плоско-випукле.

При уважному спостереженні можна побачити, що пластиди і ядро переміщаються вздовж клітинних стінок навколо *центральної вакуолі*. Цей

рух називається *циклозом* і він відіграє важливу роль в обмінних процесах клітини.

Зарисувати будову клітин валіснерії в робочий зошит.

Препарат 4. Клітини валіснерії (*Vallisneria spiralis*). Прижиттєве спостереження.

Забарвлення: Тимчасовий незабарвлений препарат.

1 – оболонка клітини; 2 – хлоропласти; 3 – ядро; 4 – напрямок руху цитоплазми; 5 – цитоплазма.

Завдання 7. Розглянути схему будови тваринної клітини та охарактеризувати особливості її будови. У робочому зошиті на схемі будови тваринної клітини зробити відповідні позначки.

Для ознайомлення з будовою тваринної клітини розглянути готовий мікропрепарат крові жаби. Більшість клітин мазка належать *еритроцитам*. Це клітини овальної форми з овальним щільним ядром. Цитоплазма цих клітин забарвлена в оранжево-червоний колір. На мазку також можна побачити *лейкоцити*. Серед них можна розрізнити *еозинофіли* – округлі клітини, які більші за розмірами від еритроцитів, мають 3-4-сегментне щільне ядро і яскраво-оранжеву зернистість в цитоплазмі. Часто зустрічаються й інший різновид лейкоцитів – *лімфоцити*. Це округлі клітини, більш дрібні, ніж еозинофіли і еритроцити. Вони мають щільне округле ядро і вузьку кайму блакитної (базофільної) цитоплазми. Часто ці клітини мають короткі, неправильної форми псевдоподії.

Зарисувати в робочий зошит клітини крові жаби (Ченцов, стор. 38, рис. 13).

Препарат 5. Клітини крові земноводних. Мазок крові жаби.

Забарвлення: гематоксилін та еозин.

1 – еритроцити; 2 – лейкоцити; 3 – тромбоцити.

Для порівняння можна розглянути готовий мікропрепарат крові людини. Відмітити форму еритроцитів у людини і жаби. Звернути увагу, що еритроцити жаби, на відміну від цих клітин у людини, дещо витягнуті і мають ядра.

Завдання 8. У робочому зошиті заповнити таблицю «Порівняльна характеристика будови про- та еукаріотичних клітин».

Контрольні питання:

1. Назвіть основні положення "клітинної теорії".
2. Охарактеризуйте загальні принципи організації клітини.
3. Назвіть основні риси відмінності в будові про- і еукаріот.
4. Охарактеризуйте особливості будови бактеріальної клітини.
5. Охарактеризуйте особливості будови грибної клітини.
6. Охарактеризуйте особливості будови рослинної клітини.
7. Обґрунтуйте різноманітність форм і функцій тваринних клітин.
8. Назвіть основні закономірності будови тваринних клітин.

Лабораторна робота № 3

Тема: ПОВЕРХНЕВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: ознайомитися з ультраструктурою плазматичної мембрани, механізмом транспорту речовин в клітину та спеціальними структурами поверхневого апарату клітини, які забезпечують міжклітинні контакти.

Матеріали і обладнання: мікропрепарати війок епітеліальних клітин кишечнику беззубки, мікроворсинок епітелію тонкої кишки аксолотля, мікроскопи, таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Ультраструктура плазматичної мембрани.
2. Будова біліпідного шару цитоплазматичної мембрани. Амфіпотичні властивості фосфоліпідів.
3. Класифікація і функції білків, які входять до складу цитоплазматичної мембрани.
4. Функції плазматичної мембрани.
5. Транспорт речовин через мембрану.
6. Основні види і механізми функціонування міжклітинних сполучень.
7. Будова і функції глікокалікса.
8. Спеціалізовані структури цитоплазматичної мембрани.

Завдання 1. Записати до термінологічного словника нові терміни та вивчити значення: *плазмолема, глікокалікс, амфіпотичні молекули, гідрофобний, гідрофільний, протопласт, пелікула, ендоцитоз, екзоцитоз, піноцитоз, фагоцитоз, секреція, екскреція, плазмоліз, деплазмоліз, адгезія, десмосома, синапс, плазмодесма, дифузія, осмос.*

Завдання 2. Ознайомитися з ультраструктурою плазматичної мембрани.

На сьогодні загальновизнаною є думка про те, що структура мембрани підпадає під *рідинно-мозаїчну модель*, авторами якої є С.Дж. Сінгер і Г. Ніколсон (1972).

Згідно цієї моделі, цитоплазматична мембрана утворена мінливим ліпідним бішаром, в який вмонтовано білки. Разом вони утворюють рухому мозаїку. Отже, за цією моделлю мембрана є “рідкою”, лабільною, динамічною структурою, якій притаманна молекулярна асиметрія і мінливість.

При “біологічних” температурах мембранні ліпіди перебувають у розрідженому стані, який характеризується частковою впорядкованістю структури. Із зниженням температури вони переходять у кристалічний стан. “Рідка” структура мембран забезпечує свободу білкам, що є необхідним для

здійснення процесів транспорту електронів і речовин через мембрану. Ця властивість також зумовлює високу еластичність мембран.

За сучасними даними, білки, що входять до складу цитоплазматичної мембрани, можна умовно поділити на такі групи: інтегральні, які цілком занурені в мембрану, а подекуди пронизують її наскрізь; периферійні білки, частково занурені в гідрофобну ділянку, і поверхневі, що містяться на поверхні мембрани. Зв'язок інтегральних білків з ліпідами частково, а периферійних повністю визначається електростатичними взаємодіями. Поряд з цим деякі білки і ліпіди в мембрані можуть бути ковалентно зв'язаними.

На демонстраційній таблиці розглянути ультраструктуру плазматичної мембрани, на схемі в робочому зошиті зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Ознайомитися з механізмом транспорту речовин крізь цитоплазматичну мембрану.

Транспортна функція мембрани забезпечує трансмембранне переміщення молекул і речовин у клітину і з неї.

Виділяють *помолекулярне* і *мультимолекулярне* трансмембранне переміщення.

При *помолекулярному* переміщенні молекули або йони проходять крізь мембрану незалежно один від одного. Сюди відноситься:

а) проста дифузія – самостійне проникнення речовин крізь мембрану за градієнтом концентрації.

б) полегшена дифузія – речовини проходять крізь мембрану за градієнтом концентрації, але за допомогою спеціального білка – *транслокази*.

в) активний транспорт – речовини переносяться за допомогою спеціальної транспортної системи (насоси) проти градієнту концентрації.

При *мультимолекулярному* переміщенні за один акт переміщається одразу велика кількість молекул (або розчинені у воді або нерозчинені часточки). Сюди відноситься:

а) ендоцитоз – транспорт речовин в клітину. Розрізняють 2 різновиди: *піноцитоз* – захоплення і поглинання клітиною рідких розчинів (краплин) і *фагоцитоз* – переміщення в клітину твердих часточок.

б) екзоцитоз – транспорт речовин з клітини. Розрізняють 2 різновиди: *секреція* – мультимолекулярне виведення з клітини розчинених речовин і *екскреція* – виведення з клітини твердих часточок.

На схемі транспорту речовин крізь мембрану в робочому зошиті позначити: 1– просту дифузію; 2 – дифузію через мембранні канали; 3 – полегшену дифузію за допомогою білків-перемісників; 4 – активний транспорт.

Завдання 4. Ознайомитися з основними типами міжклітинних контактів. На демонстраційних таблицях розглянути основні типи міжклітинних контактів та зарисувати їх у робочий зошит.

Міжклітинний контакт визначає взаємодію сусідніх клітин за допомогою міжклітинного матриксу або спеціалізованими ділянками плазматичних мембран.

Міжклітинні контакти поділяють на три функціональні категорії:

а) адгезивні контакти, які механічно склеюють клітини (простий контакт, десмосоми, оперізуючі десмосоми і напівдесмосоми).

Простим контактом називають такий, при якому адгезія (злипання) поверхонь мембран забезпечується трансмембранними глікопротеїдами – кадгерінами. Між мембранами взаємодіючих клітин існує простір 15-20 нм. З боку цитоплазми до цієї зони не примикають ніякі інші спеціальні додаткові структури.

Десмосоми – являють собою невелику ділянку у формі бляшок або конопок, де між мембранами розташовується щільний шар, який утворений інтегральними мембранними глікопротеїдами – десмоглеїнами. Вони з'єднують клітини між собою. В зоні десмосоми з боку цитоплазми прилягає шар білка – десмоплакіна, з яким зв'язані пучки скоротливих актинових філаментів. Найчастіше десмосоми зустрічаються в епітеліях, кардіоміоцитах.

Оперізуючі десмосоми характерні для епітеліїв, що вистилають кишечник, ниркові канальці, протоки залоз, серцевого м'яза, гладеньких м'язових волокон. Зона злипання утворює поясок, або стрічку, яка оперізує клітину.

Напівдесмосоми – подібні до десмосом, але являють собою сполучення клітин з міжклітинними структурами.

Перелічені типи десмосом забезпечують механічний зв'язок між клітинами, завдяки ним, наприклад покривний епітелій, є одночасно жорсткою і еластичною тканиною. Вони проникні для водних розчинів, але не відіграють ніякої ролі в обмеженні дифузії.

б) замикаючі (ізолюючі) контакти, які не тільки механічно зв'язують клітини, а й роблять неможливим проходженням між ними молекул (сполучення типу "замок", щільний замикаючий контакт).

Контакт типу "замок" являє собою випячування поверхні плазматичної мембрани однієї клітини в інвагінат (вп'ячування) другої. Міжмембранний простір і цитоплазма в зоні "замків" мають такі ж характеристики, що і в зонах простого контакту. Такий тип міжклітинного сполучення характерний для багатьох видів епітеліїв, де він сполучує клітини в єдиний пласт, сприяючи їх механічному скріпленню.

Замикаючий, або щільний контакт характерний для одношарових контактів. Це зона, де зовнішні шари двох плазматичних мембран максимально зближені. Злиття мембран відбувається не по всій площі щільного контакту, а являє собою ряд точкових зближень мембран. Точки дотику мембран являють собою глобули, утворені інтегральними білками плазматичної мембрани.

в) провідні (комунікативні) контакти, через які проникають малі за розміром молекули з однієї клітини в іншу (щілинні контакти, хімічні синапси, плазмодесми і цитоплазматичні містки). Через щілинні контакти клітини можуть обмінюватися малими за розмірами молекулами, а у

хімічних синапсах клітини не мають безпосереднього зв'язку, хоч знаходяться дуже близько одна від одної.

Щілинні контакти (нексуси) вважаються комунікаційними сполученнями клітин. Вони приймають участь в прямій передачі хімічних речовин з клітини в клітину, що також забезпечує міжклітинну взаємодію. Для цих контактів характерне зближення плазмолеми двох сусідніх клітин на відстань 2-3 нм. В утвореній щілині знаходяться частки *коннексони,* що складаються з білку. Вони утворюють прямі міжклітинні канали, що проходять через мембрану і забезпечують транспорт речовин. Вони можуть закриватися і тим самим регулювати транспорт молекул між клітинами.

Синаптичний контакт (синапси) – ділянки двох клітин, спеціалізованої для односторонньої передачі збудження або гальмування від одного елемента до іншого. Цей тип контактів характерний для нейронів. Синапси утворюються на дендритах і аксонах. Міжнейронні синапси мають грушовидну форму. В місцях контактів мембрани клітин розділені синоптичною щілиною. Мембрана клітини, що передає збудження, в області синоптичного контакту називається пресинаптичною, мембрана, що сприймає імпульс – постсинаптичною. Тут є багато синаптичних пухирців, заповнених медіаторами. Їх вміст викидається в синоптичну щілину в момент проходження нервового імпульсу.

Плазмодесми. Цей тип контактів зустрічається у рослин. Плазмодесми – тонкі трубчасті цитоплазматичні канали, що сполучають дві сусідні клітини. Вони проходять через клітинну стінку, що розділяє клітини. Її функціональне значення велике і полягає в транспорті речовин.

Цитоплазматичні містки сполучають статеві клітини деяких тварин і забезпечують транспорт поживних речовин.

На схемах у робочому зошиті зробіть відповідні позначки.

Для ознайомлення з міжклітинними контактами рослинних клітин виготовте тимчасовий препарат клітин запасаючої тканини насіння хурми (*Diospyros Kaki* Thunb.). Для виготовлення препарату візьміть свіже або збережене у гліцерині насіння, зніміть шкірочку, лезом зробіть тонкий поперечний зріз запасаючої тканини (ендосперму) і помістіть його у краплину водного розчину йоду, накрийте покривним скельцем і промікроскопуйте на малому та великому збільшенні мікроскопу.

Клітини ендосперму мають багатокутну форму, щільно прилягають одна до одної, не мають міжклітинників. Клітини мають товсті оболонки (що обумовлено відкладанням в них геміцелюлози) між якими помітні міжклітинні пластинки. У багатьох клітинах помітні групи тонких канальців з плазмодесмами, які поєднують протопласти сусідніх клітин.

Препарат 1. Плазмодесми в оболонках клітин запасаючої тканини насіння хурми (*Diospyros Kaki* Thunb.)

З***абарвлення*:** йодид калію

Зарисувати препарат в робочий зошит і позначити:

1 – цитоплазма клітини; 2 – клітинна стінка; 3 – плазмодесми.

<u>Завдання 5.</u> Ознайомитися із спеціалізованими структурами плазматичної мембрани: мікроворсинками та війками.

Війки покриті плазмолемою і містять систему мікротрубочок, зв'язаних з базальним тілом. Якщо війка одна, то її називають *джгутиком*. Функції війок пов'язані з рухом. Війки характерні для миготливого епітелію безхребетних тварин, ним вистелені також деякі відділи повітряносних і сечостатевих шляхів хребетних.

Розгляньте під мікроскопом мікропрепарат війок епітеліальних клітин беззубки. Їх рух викликає безперервний потік води через ввідний сифон всередину мантійної порожнини. Користуючись описом препарату в практикумі (Ченцов, стор. 232, препарат 138) розглянутите об'єкт під мікроскопом і зарисувати його в робочий зошит. На рис. 140 розглянути ультраструктуру війок молюска.

Мікроворсинки найбільш часто зустрічаються на поверхні тваринних клітин. Це вирости цитоплазми, що обмежені плазмалемою і мають форму циліндра із заокругленою вершиною. Вони характерні для клітин епітелію та сполучних клітин (фібробласти, лейкоцити). Мікроворсинки збільшують площу клітини, що важливо для клітин, які приймають участь у всмоктуванні.

Для ознайомлення з мікроворсинками розглянути мікропрепарат епітелію тонкої кишки беззубки, користуючись описом препарату в практикумі (Ченцов, стор. 236, рис. 141). На рис. 142 розглянути ультраструктуру мікроворсинок.

Препарат 2. Мікроворсинки війчастого епітелію. Мантія беззубки.

З***абарвлення*:** залізний гематоксилін.

Зарисувати препарат в робочий зошит і позначити: 1 – високі циліндричні клітини епітелію; 2 – ядро; 3 – цитоплазма; 4 – мікроворсинки.

<u>Контрольні питання:</u>

1. Дайте характеристику основним функціям, які виконує клітинна мембрана.
2. Який з компонентів мембрани обумовлює властивість вибіркової проникності мембрани ?
3. Яку будову має ліпідний шар в мембрані ?
4. Яким чином проходять через мембрану великі білкові молекули і частки ?
5. Яка відмінність між іонними каналами та іонними насосами?.
6. Охарактеризуйте типи ендоцитозу та їхнє фізіологічне значення.
7. Які органели клітини мають одномембранну будову ?
8. Які органели клітини мають двомембранну будову ?
9. Які органели клітини мають немембранну будову ?
10. Як утворюються мембрани в клітині ?
11. Яку мають будову, хімічний склад і виконувані функції клітинна стінка і глікокалікс ?
12. Назвіть основні види і механізми функціонування основних типів міжклітинних типів сполучень.
13. Дайте характеристику спеціалізованим структурам плазматичної мембрани.

Лабораторна робота № 4

Тема: СИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: ознайомитися з будовою і функціями органоїдів, які забезпечують синтетичні процеси в клітині.

Матеріали і обладнання: мікроскопи, мікропрепарат «Апарат Гольджі в нервових клітинах спинального ганглію кошеня», демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Синтетичний апарат клітини.
2. Рибосоми: будова, молекулярна організація, функціональне значення.
3. Біосинтез білка на рибосомах.
4. Етапи процесу трансляції.
5. Рибосоми, що пов’язані з гранулярною ендоплазматичною сіткою.
6. Будова та функції гранулярної ендоплазматичної сітки.
7. Будова та функції гладенької ендоплазматичної сітки.
8. Зв'язок гранулярної ендоплазматичної сітки з комплексом Гольджі.
9. Будова і функції комплексу Гольджі.
10. Значення комплексу Гольджі у формуванні лізосом та ремоделюванні плазмолеми.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *компартмент, ергастоплазма, гранули Паладе, тільця Берга, тигроїд, полісоми, реплікація, транскрипція, трансляція, ініціація, пептидний зв’язок, елонгація, термінація, сегрегація.*

Завдання 2. За допомогою демонстраційних таблиць ознайомитися з будовою рибосом.

Рибосома – немембранна органела клітини, що складається з рРНК та рибосомних білків (протеїнів). Рибосома здійснює біосинтез білків транслюючи мРНК поліпептидний ланцюг. Таким чином, рибосому можна вважати фабрикою, що виготовляє білки, базуючись на наявній генетичній інформації. В клітині дозрілі рибосоми знаходяться переважно в компартментах для активного білкового синтезу. Вони можуть вільно плавати в цитоплазмі або бути прикріпленими до цитоплазматичного боку мембран ендоплазматичного ретикулуму чи ядра. Активні (ті що є в процесі трансляції) рибосоми знаходяться переважно у вигляді полісом.

Рибосоми прокаріотів та еукаріотів є дуже подібними за будовою та функцією, але відрізняються розміром. Вони складаються з двох субодиниць: однієї великої та однієї малої. Для процесу трансляції необхідна злагоджена взаємодія обох субодиниць, що разом становлять комплекс із молекулярною масою декілька мільйонів дальтон (Da). Субодиниці рибосом за звичай позначаються одиницями Сведберга (S), що є мірою швидкості седиментації під час центрифугування і залежать від маси, розміру та форми частинки.

Позначені в цих одиницях, велика субодиниця є 50S або 60S (прокаріотичні або еукаріотичні, відповідно), мала є 30S або 40S, і ціла рибосома (комплекс малої разом з великою) 70S або 80S.

Рибосома є органелою, на якій відбувається трансляція генетичної інформації закодованої в мРНК. Ця інформація втілюється в синтезований тут-же поліпептидний ланцюг. Рибосома несе двояку функцію: є структурною платформою для процесу декодування генетичної інформації з РНК, та володіє каталітичним центром відповідальним за формування пептидного зв'язку, так званим «пептидил-трансферазним центром».

Розглянути схему будови рибосоми в робочому зошиті і зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Розглянути процес біосинтезу білка на рибосомах.

У клітинах синтезуються мільйони різних білків, що відрізняються послідовністю розташування залишків амінокислот у поліпептидних ланцюгах, тобто первинною структурою. Інформація про те, яким повинен бути білок, закладена в ДНК у вигляді певної послідовності нуклеотидних залишків у полінуклеотидному ланцюгу.

Оскільки ДНК знаходиться в ядрі, а біосинтез білка відбувається на рибосомах, то ДНК передає інформацію щодо процесу синтезу білка через іРНК, яка синтезується на певній ділянці (гені) одного з нуклеотидних ланцюгів ДНК.

Процес біосинтезу РНК на матриці ДНК називають *транскрипцією*. Інформація передається за принципом комплементарності: у синтезованій іРНК послідовність нуклеотидів відповідає послідовності нуклеотидів в одному з полінуклеотидних ланцюгів ДНК (лише замість тимідинового нуклеотиду в іРНК міститься уридиновий нуклеотид). іРНК, діставши інформацію від ДНК, виходить з ядра і переміщується до рибосом.

В рибосомах на іРНК, як на матриці, відбувається синтез білка, первинна структура якого визначається інформацією, що іРНК дістала від ДНК. Процес передачі інформації з іРНК, яка закодована в певній послідовності нуклеотидів в її молекулі, на процес розміщення залишків амінокислот у білкових молекулах називається *трансляцією*.

Для синтезу білків використовуються активовані форми амінокислот, зв'язані з відповідними тРНК. Останні переносять їх до місця біосинтезу білка – рибосом. Процес сполучення амінокислот із "своїми" тРНК називають *рекогніцією*. Цей процес протікає за участю АТФ. Одна іРНК часто може бути зв'язана з декількома рибосомами, які утворюють поліребосому (*полісому*).

Розглянути в робочому зошиті схему біосинтезу білка і зробити відповідні позначення.

Охарактеризувати етапи біосинтезу білка. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 4. Розглянути етапи процесу транскрипції (біосинтезу білка).

Процес транскрипції включає три основні етапи – ініціацію, елонгацію та термінацію.

Ініціація полягає в утворенні ініціюючого комплексу та формуванні функціонально активної рибосоми з використанням енергії ГТФ. іРНК, яка містить інформацію про певний білок, зв'язується з малою субодиницею рибосоми та з ініціюючою амінокислотою, зв'язаною з відповідною тРНК. тРНК комплементарна з триплетом, який знаходиться в складі іРНК і сигналізує про початок білкового ланцюга.

Елонгація (ріст) білкової молекули полягає в тому, що тРНК доставляють до рибосоми амінокислоти й забезпечують їх сполучення з відповідним кодоном іРНК. До функціонального центру рибосоми (ФЦР, тобто ділянки рибосоми, де власне відбувається процес біосинтезу білка) наближається тРНК, зв'язана з амінокислотою. Кодовий триплет тРНК зв'язується з відповідним триплетом іРНК. У цей час надходить нова молекула тРНК з амінокислотою, відповідно до наступного триплету іРНК. Нова тРНК зв'язується з наступним триплетом іРНК. Між попередньою амінокислотою та новою виникає *пептидний зв'язок*. Попередня амінокислота відщеплюється від своєї тРНК і на новій тРНК "повисає" дві молекули амінокислот. Попередня тРНК відразу від'єднується від іРНК. Рибосома пересувається до наступного триплету. Тепер до реакційного центру надходить третя молекула тРНК і приносить нову амінокислоту. Третя тРНК приєднується до третього триплету іРНК. Дипептид, що утворився до цього, з'єднується з третьою амінокислотою і від'єднується від другої тРНК. Таким чином до третьої амінокислоти приєднані три амінокислоти.

Ці процеси постійно повторюються. Поступово відбувається синтез білкової молекули і рибосома ніби "повзе" по іРНК. Джерелом енергії всіх процесів служать молекули АТФ.

Термінація (закінчення синтезу) відбувається в той момент, коли рибосома підходить до того триплету іРНК, який сигналізує про закінчення поліпептидного ланцюга (УАА, УАГ, УГА). Після завершення синтезу ланцюга поліпептид звільнюється з рибосоми.

У цілому синтез білка, побудованого з 150-200 залишків амінокислот, на рибосомах триває 1-3 хв. Цей процес потребує витрати 24,2 ккал/моль енергії. Утворені поліпептиди, самовільно скручуються, утворюючи вторинну та третинну конформацію. Багато білків синтезуються у вигляді молекул-попередників, які потребують змін (модифікації) для набуття біологічної активності. Модифікація може полягати у видаленні певних ділянок поліпептидного ланцюга, приєднанні простетичної групи, об'єднання протомерів у олігомерний білок тощо.

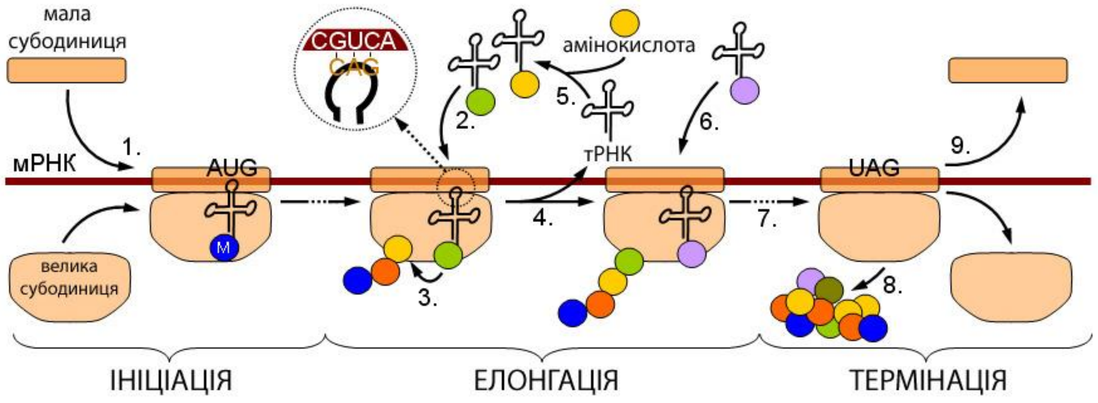


Рис. 1 загальна схема трансляції

Ініціація. 1. Розпізнавання стартового кодону (AUG), супроводжується зв'язуванням тРНК аміноацилированої метіоніном (М) і збіркою рибосоми з великої і малою субодиниць.

Елонгація. 2. Розпізнавання поточного кодону відповідною йому аміноацил-тРНК (комплементарна взаємодія кодону мРНК і антикодону тРНК збільшена). 3. Приєднання амінокислоти, принесеної тРНК, до кінця поліпептідного ланцюжка, що росте. 4. Просування рибосоми уздовж матриці, що супроводжується вивільненням молекули тРНК. 5. Аміноацилювання молекули тРНК, що вивільнилася, відповідній їй аміноацил-тРНК-синтетазою. 6. Приєднання наступної молекули аміноацил-тРНК, аналогічно стадії (2). 7. Рух рибосоми молекулою мРНК до стоп-кодона (в даному випадку UAG).

Термінація. Розпізнавання рибосомою стоп-кодона супроводжується (8) від'єднанням новосинтезованого білка і в деяких випадках (9) дисоціацією рибосоми.

Дати коротку характеристику етапам трансляції. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 5. Ознайомитися з ультрамікроскопічною будовою і функціями ендоплазматичного ретикулуму.

Ендоплазматична сітка (від грец. *endos* – внутрішній), або *ендоплазматичний ретикулум* (від лат. reticulum – сітка) – це мембранна органела, яка ділить цитоплазму на *компартменти* (від англ. *compartment* – відділ, відсік). Ендоплазматична сітка – це порожниста система у вигляді замкненої сукупності канальців і цистерн, утворених суцільною безперервною мембраною і заповнена матриксом. Матрикс – це пухкий матеріал помірної щільності (продукт синтезу). Ендоплазматична сітка відкривається в перинуклеарний простір – простір між двома мембранами каріолеми. Це – синтетичний і частково транспортний апарат цитоплазми, що забезпечує виконання клітиною складних функцій.

Розрізняють два види ендоплазматичної сітки: *гладку* (агранулярну, аЕПС), представлену трубочками, що анастомозують між собою, і *шорстку* (гранулярну, грЕПС), побудовану з цистерн, також з'єднаних між собою і вкритих полісомами.

Розглянути в робочому зошиті схему будови ендоплазматичного ретикулуму і зробити відповідні позначення.

В практикумі (Ченцов, стор. 90, рис. 49) ознайомитися з електронною мікрофотографією ЕПР в клітинах печінки.

Дати коротку характеристику локалізації і функціям ендоплазматичного ретукулуму в клітині. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 6. Ознайомитися з будовою апарату Гольджі.

Апарат Гольджі (комплекс або речовина Гольджі) існує в усіх рослинних і тваринних клітинах.

Апарат Гольджі представлений мембранними структурами, зібраними разом в невеликій зоні. Окрема зона скупчення цих мембран в рослинних клітинах називається діктіосомою, в тваринних клітинах апарат Гольджі має вигляд сітки.

Апарат Гольджі складається з трьох компонентів: системи сплющених цистерн, обмежених гладенькими мембранами; дрібних і досить щільних пухирців, які розташовуються на кінцях цистерн; крупних вакуолей, обмежених такими ж мембранами, як і цистерни. Вакуолі розташовані в середній частині цистерн ззовні або між ними.

Найбільш універсальною структурою апарата Гольджі є дрібні пухирці, з яких формуються так звані диктіосоми. *Диктіосоми* – це пакети численних цистерн з невеликою кількістю вакуолей. Вони можуть мати форму паличок, дисків, зерен, серповидних тіл тощо.

Розглянути у робочому зошиті схему будови комплексу Гольджі та зробити відповідні позначки.

Електронну мікрофотографію апарату Гольджі в епітеліальній клітині ворсинки кишечнику пацюка розглянути в практикумі (Ченцов, стор. 98, рис.54).

Для ознайомлення з локалізацією апарату Гольджі в тваринній клітині розглянути під мікроскопом мікропрепарат «апарат Гольджі в клітинах спинального ганглію кошеня».

На препаратах на світлому фоні виділяється чорна плетиста сітка, яка локалізується навколо ядра. Вона складається з анастомозуючих між собою ниток і перекладин. Іноді сітка щільно прилягає до ядра, в інших випадках вона розташовується дещо відступивши від нього. В інших клітинах апарат Гольджі не утворює сітки, а складається з окремих паличок, лусочок, фрагментів різноманітної форми, не зв’язаних між собою. Такі окремі чорні структури бувають розкиданими по всій цитоплазмі клітини. Розглянути препарат під мікроскопом і користуючись його описом в практикумі (Ченцов, стор. 95, препарат 51).

Препарат 1. Апарат Гольджі в клітинах спинального ганглію кошеня.

Забарвлення: імпрегнація осмієм

Зарисувати в робочий зошит і позначити: 1 – плазмолема; 2 – скупчення мембран (діктіосоми), які формують комплекс Гольджі; 3 – ядро клітини.

<u>Контрольні питання:</u>

1. Опишіть будову і функції рибосом.
2. Опишіть процес реплікації і транскрипції. Де вони відбуваються?
3. Які етапи біосинтезу білку відбуваються під час трансляції?
4. Що означає термін "компартмент"? Які компартменти в клітині ви знаєте?
5. Опишіть ультраструктуру та функції в клітині ЕПР.
6. Як відбувається сегрегація (обособлення) речовин, що синтезуються на рибосомах ЕПР?
7. Які особливості будови апарата Гольджі пов'язані з виконуваними функціями?

Лабораторна робота № 5

Тема: ВАКУОЛЯРНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: ознайомитися з вакуолярною системою клітини, з процесами внутрішньоклітинного перетравлення і будовою літичних органел.

Матеріали і обладнання: мікроскопи, мікрофотографії, демонстраційні таблиці, предметні і покривні скельця, стакани з водою, піпетки, препарувальні голки, пінцети, червона цибулина, розчин хлориду натрію, марля, смужки фільтрувального паперу.

<u>Питання для самостійної підготовки:</u>

1. Внутрішньоклітинне перетравлення. Літичні процеси в клітині.
2. Будова і функції гідролізних міхурців.
3. Ендосоми.
4. Будова і функції лізосом.
5. Типи лізосом.
6. Екзоцитоз.
7. Пероксисоми.
8. Вакуолі рослинних клітин.
9. Скоротливі вакуолі.

<u>Завдання 1</u>. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *вакуолярна система клітини (ВСК), літичні ферменти, ендосоми, пероксисоми, сферосоми, гідролазні міхурці, травна вакуоль, мультивезикулярні тільця, залишкові тільця, тонопласт, клітинний сік, тургор, нитки Гехта*.

Завдання 2. Ознайомитися з класифікацією літичних органел клітини.

Існує група органел, яку складають *міхурці*, оточені мембранами і заповнені матриксом, з набором ферментів, здатних розщеплювати речовини. Спільним для всієї групи цих органел є наявність *літичних ферментів,* склад яких може бути дуже різноманітним для різних органел. Другою спільною рисою даних органел є бар'єрна функція, відмежування їх вмісту від оточення. Усі ці органели в більшій чи меншій мірі беруть участь у внутрішньоклітинному розщепленні речовин, і тому їх називають *апаратом внутрішньоклітинного травлення*.

Всі органели, які містять кислі гідролітичні ферменти, називають *літичними*. Залежно від їх ферментного складу, функціональних можливостей і їх участі у внутрішньоклітинному перетравлюванні речовин ці органели підрозділяють на: гідролазні міхурці, великі і малі ендосоми, а також лізосоми, які в свою чергу поділяють на декілька видів.

Гідролазні міхурці – круглі мембранні органели з дрібнозернистим щільним матриксом, які містять літичні ферменти в неактивній формі. У більшості клітин вони мають невеликі розміри (до 50 нм), а в фагоцитах досягають до 500 нм. Гідролазні міхурці беруть участь у транспорті літичних ферментів із ендоплазматичної сітки, де ці ферменти синтезуються, в комплекс Гольджі, який їх модифікує і упаковує.

Ендосоми (від грец. endo – усередині і soma – тіло) – мембранні міхурці, що забезпечують перенесення макромолекул з поверхні клітин в лізосоми та їх частковий або повний гідроліз на стадіях, які передують лізосомальному рівню деградації. Таким чином, завдяки ендосомам забезпечуються транспорт речовин у клітині та початкове їх розщеплення. Ендоцитозний шлях перенесення речовин може відбуватися: (1) з повним розщепленням макромолекул, (2) лише з частковим їх розщепленням і (3) без змін.

Залежно від послідовності формування, а отже і розміщення в цитоплазмі клітин, ендосоми поділяють на ранні та пізні.

Ранні (периферичні) ендосоми – це мембранні міхурці, які відділилися від плазмолеми і містяться поблизу неї. У них в умовах слабокислого вмісту (рН 6,0) здійснюється обмежене перетравлення макромолекул протоплазми. Зокрема, тут відбувається відщеплення від рецепторів гормонів, факторів росту, речовин лігандів, роз'єднання антигена і антитіла тощо.

Пізні (перинуклеарні) ендосоми отримали свою назву від того, що вони утворюються пізніше, ніж ранні, і знаходяться в глибинних ділянках цитоплазми поблизу ядра. Вони відрізняються від ранніх більшими розмірами (600–800 нм), щільнішим матриксом. Пізні ендосоми здійснюють більш глибоке розщеплення лігандів, тобто продуктів, утворених з'єднанням специфічних молекул (гормонів, фактору росту тощо) з іншими компонентамим (металами, рецепторами, барвниками).

Шлях транспорту і деградації речовин у клітині є послідовним від ранньої ендосоми до пізньої і від неї до лізосоми.

Відрізняються ендосоми від лізосом набором ферментів і здатністю до перетравлювання речовин у клітині. Ендосоми містять менш активні ферменти,

які в основному здійснюють лише початкове розщеплення комплексів речовин, або повну їх деградацію у випадку речовин, що легко розщеплюються.

Лізосоми (з грец. *lysis* – розчинення, *soma* – тіло) – це полімерні мембранні органели, які знаходяться в клітинах майже всіх типів. В одноклітинних організмах їх роль полягає у внутрішньоклітинному травлені, у багатоклітинних – вони виконують функцію розщеплення чужих речовин до речовин самої клітини. Іншими словами, лізосоми – це органели, які забезпечують катаболічні процеси в потрібному місці у потрібний час.

Лізосоми мають вигляд міхурців, діаметром близько 0,5 мкм, оточених мембраною і заповнених гідролітичними ферментами, що діють у кислому середовищі (кислі гідролази). Ферментний склад лізосом дуже різноманітний, вони здатні розщеплювати біополімери різного хімічного складу: білки (гідроліз забезпечують протеолітичні ферменти), вуглеводи (гліколітичні ферменти), ліпіди (ліполітичні ферменти). У лізосомах виявлено також ендонуклеази, фосфоліпази, деякі фосфатази і сульфатази. У неробочому стані ферменти неактивні: 80% їх інактивовані глікозаміногліканами вмісту міхурців і 20% – мембранами. Функції лізосом – це аутоліз.

Види лізосом. В останній час класифікація лізосом уточнена. Так, міхурці, заповнені гідролітичними ферментами, яких раніше вважали первинними лізосомами, тепер називають пізніми (перинуклеарними) ендосомами. Виділяють різні види лізосом:

Фаголізосоми (фаголізоми), або *гетерофагосоми* утворюється шляхом поєднання пізніх ендосом або лізосом з фагосомами або піноцитозними міхурцями, які містять захоплений клітиною матеріал для внутрішньоклітинного перетравлювання. Активні ферменти в них безпосередньо контактують з біополімерами, які підлягають розщепленню. Процес розщеплення цих полімерів називається гетерофагією.

Аутофаголізосоми утворюються при злитті пізньої ендосоми або лізосоми з аутофагосомою, тобто міхурцем, який містить власні макромолекулярні комплекси клітини, наприклад, цілі клітинні органели, або їх фрагменти, які втратили функціональні здатності і підлягають дезінтеграції. Процес розщеплення цього матеріалу називають *аутофагією.*

Мультивезикулярними тільцями називають вакуолі з великою кількістю міхурців. Вони утворюються шляхом злиття ранніх ендосом з пізніми. Наявні в органелі ферменти забезпечують поступове руйнування внутрішніх міхурців.

Залишкові тільця – це оточені мембраною нерозщеплені частинки, що можуть тривалий час залишатися в цитоплазмі і тут утилізуватися або шляхом екзоцитозу виводитися поза клітину. У залишкових тільцях нагромаджується матеріал, розщеплення якого ускладнено; найчастіше це ендогенний пігмент коричневого кольору – ліпофусцин (“пігмент старіння” чи “зношування”).

Мієлінові фігури є автофагосомами з нагромадженим мембранним матеріалом, часто щільно концентрично упакованим, що довго залишається в клітині.

Дати характеристику функціям і вмісту літичних органел клітини. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 3. Розглянути в робочому зошиті схему утворення лізосом і секреторних гранул і зробити відповідні позначення.

Завдання 4. Ознайомитися з будовою і функціями пероксисом.

Пероксисоми (мікротільця) є органелами у вигляді міхурців діаметром 0,05–1,5 мкм, оточених мембраною і заповнених дрібнозернистим матриксом, що у центрі (серцевині) містить волокнисті та трубчасті структури і щільний кристалоїд. У пероксисомах виявлено ферментні системи, склад яких може дещо змінюватися. Основними з них є ферменти окиснення амінокислот та перекисного окиснення – каталаза і пероксидаза, оксидаза *d*-амінокислот і уратоксидаза. Серцевина відповідає ділянці конденсації ферментів.

Утворення пероксисом відбувається шляхом відбруньковування їх від агранулярної ЕС, ферменти їх синтезуються частково в гранулярній ЕПС, а частково – в гіалоплазмі. Цим органелам належить важлива роль у процесах внутрішньоклітинної детоксикації. Каталаза розщеплює пероксид водню (H_2O_2), який утворюється в процесах перекисного окиснення і є отруйним для клітин. Ферменти пероксисом забезпечують також розщеплення сечової кислоти, беруть участь в ряді катаболічних і анаболічних реакцій, в обміні амінокислот, поліамінів, оксалату, у регуліції обміну ліпідів. У пероксисомах печінкових клітин розщеплюється до 50% поглинутого етилового спирту.

Пероксисоми виявлені у найпростіших (амеби), у нижчих грибів (дріжджі), у вищих рослин в деяких ембріональних клітинах (ендосперм) і в зелених частинах, здатних до фото респірації. У вищих хребетних вони виявлені здебільшого в печінці і нирках.

Розглянути на демонстраційних таблицях електронну мікрофотографію пероксисом. Зарисувати будову пероксисом у клітинах печінки і листі тютюну в робочий зошит.

Завдання 5. Ознайомитися з будовою і функціями вакуолей рослинних клітин.

Вакуоля рослинної клітини є мембранним мішком, оточеним одинарною мембраною – тонопластом.

У рослинних клітинах, особливо дозрілих, клітини мають одну велику центральну вакуолю. Вся система вакуолей рослинної клітини у молодій клітині складається із системи канальців і пухирців. У міру росту і диференціації клітини вони збільшуються і зливаються в одну велику центральну вакуолю, яка може займати 70 - 95 % об'єму клітини. Рідина, що заповнює центральну вакуолю, називається *клітинним соком.* Це водяниста рідина з pH = 2...5, що містить розчинні у воді мінеральні й органічні солі, цукри, органічні кислоти, амінокислоти, білки, кисень, вуглекислий газ, деякі пігменти, токсичні та кінцеві продукти метаболізму.

У концентрований клітинний сік унаслідок осмосу вода надходить крізь тонопласт, після чого в клітині створюється відповідний тургорний тиск і цитоплазма притискається до клітинної стінки. Поглинання води в результаті відіграє важливу роль при розтягуванні клітин під час їх росту.

Вакуоля регулює водно-сольовий обмін та підтримує тургорний тиск у клітині. Інколи у вакуолях містяться пігменти, які називають антоціанами, червоного, пурпурового або синього забарвлення. Саме ці пігменти визначають забарвлення квітів, плодів, бруньок і восени листків. Це має велике значення для приваблювання комах, птахів та інших тварин, які беруть участь у запиленні рослин і рознесенні насіння.

Вакуолі рослинних клітин відіграють роль лізосом, тобто вони мають гідролітичні ферменти, які розщеплюють певні речовини. Після загибелі клітини тонопласт, як і всі мембрани, втрачає свою вибіркову проникність.

Крім того, у вакуолях можуть накопичуватися відходи життєдіяльності, токсичні речовини, латекс у вигляді молочно-білої емульсії, наприклад у кульбаби, бразильської гевеї, маку, та інші метаболіти.

Деякі складові частини клітинного соку є запасними поживними речовинами, що можуть використовуватися цитоплазмою, наприклад цукри, мінеральні солі, інулін.

Якщо клітина знаходиться у *гіпертонічному* розчині, концентрація якого більша за концентрацію клітинного соку, то швидкість дифузії води з клітинного соку буде перевищувати швидкість дифузії води в клітину з оточуючого розчину. Внаслідок виходу води з клітини об’єм клітинного соку скорочується, тургор зменшується. Зменшення об’єму клітинної вакуолі супроводжується відділенням цитоплазми від оболонки – відбувається *плазмоліз.*

Внаслідок плазмолізу форма плазмолізованого протопласту змінюється. Спочатку протопласт відходить від клітинної стінки лише в окремих ділянках, найчастіше по кутах – *кутовий* плазмоліз. Потім протопласт відходить від клітинних стінок, зберігаючи з ними зв’язок в окремих ділянках – *ввігнутий* плазмоліз. Поступово протопласт відривається від клітинної стінки по всій поверхні і приймає округлу форму – *опуклий* плазмоліз. Якщо у протопласта зв’язок з клітинною стінкою зберігається в окремих місцях, то при подальшому зменшенні об’єму протопласт приймає неправильну форму, залишається зв’язаний з оболонкою багаточисельними *нитками Гехта*. Такий плазмоліз має назву *судомного*.

Якщо плазмолізовану клітину помістити в гіпотонічний розчин, концентрація якого менша за концентрацію клітинного соку, вода з оточуючого середовища буде надходити всередину вакуолі. Внаслідок збільшення тиску клітинного соку на цитоплазму, вона повертається в початкоий стан – відбувається *деплазмоліз.*

У робочому зошиті розглянути на схемі типи плазмолізу і зробити відповідні позначення.

Завдання 6. Ознайомитися з явищем плазмолізу і деплазмолізу в рослинних клітинах. Для цього виготовити тимчасовий мікропрепарат живих клітин епідерми соковитої луски червоної цибулі, помістити її у краплину води на предметне скло і накрити накривним скельцем.

Препарат розглянути при малому і великому збільшеннях мікроскопа. Цитоплазма клітин притиснута до клітинних стінок. Клітини знаходяться в стані повного насичення водою – стан тургору.

З одного боку накривного скельця нанести кілька крапель розчину хлориду натрію, а з іншого – фільтрувальним папірцем відтягнути воду. Через 5-10 хвилин можна спостерігати відшарування цитоплазми від оболонки клітин, тобто *плазмоліз*.

Нанести кілька крапель води біля краю накривного скельця та відтягнути її фільтрувальним папірцем з іншого боку, змиваючи плазмолізуючий розчин. Роздивитися препарат під мікроскопом. Через 10-15 хвилин можна спостерігати явище *деплазмолізу* – повернення цитоплазми до оболонки клітини, тобто в її нормальний стан. Деплазмоліз відбувається повільніше, ніж плазмоліз.

Зарисувати клітини епідерми соковитої луски червоної цибулі у робочий альбом і зробити відповідні позначення:

Препарат 1. Явище плазмолізу в клітинах епідерми соковитої луски червоної цибулі

Забарвлення: тимчасовий незабарвлений препарат

А – клітини в стані тургору; Б – плазмолізовані клітини:

1 – клітинна стінка, 2 – вакуоля, 3 – клітинний сік.

Контрольні питання

1. Які органели клітини називають літичними?
2. Які ферменти містяться в літичних органелах?
3. Які види ліричних органел існують?
4. Де і як утворюються лізосоми?
5. Які функції в клітині виконують пероксисом?
6. Особливості будови рослинних вакуолей.
7. Які особливості будови і функцій скоротливих вакуолей у найпростіших?

Лабораторна робота № 6

Тема: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: ознайомитися з ультраструктурою мітохондрій і пластид та функціями, які вони виконують в клітині.

Матеріали і обладнання: предметні та покривні скельця, піпетки, препарувальні голки, леза, лист елодеї, розчин йодиду калію, мікропрепарат «Хондріосоми в клітинах печінки амфібії», мікроскопи, демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Морфологія мітохондрій: розмір, форма, компоненти.

2. Характеристика зовнішньої і внутрішньої мембран, міжмембранного простору, матриксу мітохондрій.

3. Загальна характеристика основних етапів енергетичного обміну: підготовчого, безкисневого, кисневого.

4. Стадії кисневого мітохондріального етапу енергетичного обміну.

5. Дихальний ланцюг і хеміосмотичний синтез АТФ у мітохондрії.

6. Будова і функції пластид.

7. Основні фази фотосинтезу.

8. Структурно-функціональна схожість та відмінність мітохондрій і хлоропластів при синтезі АТФ.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *хондріосома, хондріоплазма, мітохондріальний ретикулум, хондріом, кристи, промітохондрії, АТФ, дихальний ланцюг, гліколіз, цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса), окислювальне фосфорилювання, цитохроми, флавопротеїди, АТФ-аза, хроматофори, строма, ламели, тилакоїди, грани, пропластиди, перинюїд, хлоропласт, хромопласт, амілопласт, протеїнопласт, етіопласт.*

Завдання 2. Ознайомитися з ультрамікроскопічною будовою мітохондрій.

Мітохондрії були вперше виявлені в 1904 р. Ф. Мевесом в клітинах пиляків латаття. Вони являють собою округлі чи гантелеподібні тіла, розміри яких надзвичайно мінливі і значною мірою залежать від функціонального стану у клітин, осмотичного тиску і рН середовища. Мітохондрії збільшуються в гіпотонічних речовинах і зменшуються в гіпертонічних, а в кислому середовищі набувають пухирчастої форми. Товщина мітохондрії постійна (близько 1,5 мкм), у той час як довжина помітно коливається, досягаючи 7-10 мкм і більше.

Мітохондрії обмежені двома мембранами.

Міжмембранний простір, чи *перимітохондріальний простір*, заповнений основною безструктурною речовиною, що містить глобулярні білки і деякі ферменти. Зовнішня мембрана гладенька, а внутрішня утворює численні гребнеподібні складки – *кристи*. Вони істотно збільшують її поверхню, забезпечуючи площу для розміщення *мультиферментиних систем*. Мембрани відокремлюють від цитоплазми внутрішній вміст мітохондрій – *матрикс*. У матриксі містяться рибосоми і мітохондріальна ДНК, що має кільцеву будову.

Сучасні методи дозволили виявляти присутність особливих «*елементарних часток*» на внутрішній мітохондріальній мембрані. Це ферменти АТФ - синтетази, що забезпечують сполучення фосфорилювання АДФ із реакціями в дихальному ланцюзі.

В основі цих часток розташовані компоненти самого *дихального ланцюга*. Основна задача мітохондрій – синтез АТФ у результаті циклічного окислювання ди- і трикарбонових кислот і аеробних реакцій електронотранспортного ланцюга дихання.

Кількість мітохондрій варіює від десятків до десятків тисяч на клітину, змінюючись в онтогенезі, отже вона визначається рівнем метаболізму. У залежності від ділянки клітини, де необхідні електричні витрати, мітохондрії з течією цитоплазми переміщуються в ту чи іншу ділянку.

У робочому зошиті розглянути схему ультра будови мітохондрії та зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Розглянути під мікроскопом мікропрепарат хондріосом в клітинах печінки амфібії. При малому збільшенні в печінці помітні крупні п'яти-, шестигранні клітини, які розташовуються не дуже чітко вираженими рядами (тяжами). В кожній клітині є 1-2 ядра. Між рядами печінкових клітин часто зустрічаються кровоносні капіляри з тонкими стінками. У цитоплазмі на жовтуватому фоні чітко виступають червоно-рожеві мітохондрії, які мають округлу форму. Мітохондрії розсіяні в цитоплазмі у вигляді поодиноких тілець, рідко утворюючи скупчення. Серед зернистих мітохондрій іноді трапляються короткі палички. Мітохондрії можуть вишикуватися в короткі ланцюжки з декількох зерен.

Препарат 1. Хондріосоми в клітинах печінки амфібії

Забарвлення: по Альтману

Зарисувати препарат в робочий зошит позначити: 1 – гепатоцити; 2 – ядро; 3 – хондріосоми; 4 – клітини крові.

Завдання 4. Ознайомитися з будовою і функціями пластид.

Пластиди – це органели, властиві лише рослинним клітинам. Вони є гетерогенним сімейством органел, до якого входять пропластиди, хлоропласти, хромопласти, амілопласти, протеїнопласти та етіопласти.

У вищих рослин і деяких багатоклітинних водоростей пластиди утворюються з пропластид – дрібних тілець, які виявляють у меристематичних зонах. Це еліпсоїдні або сферичні структури діаметром 1–1,5 мкм. Залежно від місця розташування в рослині можуть формуватися пластиди різних типів.

Пропластиди – виступають в ембріональних клітинах промеристеми і меристеми. За будовою пропластиди нагадують мітохондрії, але відрізняються від них більшими розмірами і паралельним розміщенням внутрішніх мембран. Містять строму і дископодібні грани. Утворюються з недиференційованих зачатків пластид, які можуть інтенсивно ділитися. Спочатку вони круглі, згодом стають овальними. Це безбарвні, молоді стадії в розвитку всіх типів пластид.

Етіопласти – пластиди, характерні для листя, що виросло в темноті, а також для первинного листя та сім'ядолей проростаючого насіння. Їх можна розглядати як певні стадії розвитку хлоропластів. У етіопластах є багато компонентів хлоропластів, але не всі. Також у них немає справжніх тилакоїдів, а внутрішня мембрана утворює напівкристалічні структури – попередники тилакоїдів і ламел. Під дією світла етіопласти здатні швидко трансформуватися в хлоропласти.

Амілопласти – безбарвні пластиди, що не містять пігментів. Вони пристосовані для зберігання запасів крохмалю, і тому їх дуже багато в запасаючих органах – корінні, насінні, видозмінених стеблах, а також у клітинах кореневого чохлика. Крохмаль міститься безпосередньо в стромі амілопласту у вигляді зерен. В амілопластах бульб картоплі міститься по одному великому зерну діаметром до 100 мкм, а в амілопластах клітин кореневого чохлика таких зерен зазвичай вісім. В запасаючих тканинах функція амілопластів пов'язана із синтезом, зберіганням і мобілізацією крохмалю (яка здійснюється в періоди потреби рослини у вуглеводах, наприклад під час проростання). А от у кореневому чохлику вони є структурами, що сприймають гравітацію.

Хромопласти – нефотосинтезуючі забарвлені пластиди, що містять переважно червоні, помаранчеві та жовті пігменти (каротиноїди). Найбільша кількість хромопластів міститься в плодах (наприклад, томата й червоного перцю), у квітках, яскраве забарвлення яких приваблює комах і птахів, що сприяє запиленню рослин і поширенню насіння, а також у коренеплодах (наприклад, моркви). Найчастіше хромопласти розвиваються з хлоропластів і мають такі самі форму та розміри. Ці органели мають різну внутрішню будову залежно від виду рослини або тканин, у яких вони наявні.

Хлоропласти – зелені фотосинтезуючі пластиди. У вищих рослин вони локалізуються переважно в стовпчастій і губчастій паренхімі листя. У клітинах зелених тканин усіх інших видів також містяться хлоропласти. Кількість хлоропластів у клітині варіює в досить широких межах: від одного великого в багатьох одноклітинних водоростей (*Chlamidomonas, Chlorella*) і печінкових мохів (*Anthoceros*) до 300–400 у клітинах палісадної паренхіми листя покритонасінних рослин. Різними є також розміри та форма хлоропластів. У вищих рослин найчастіше вони є двоопуклими еліпсоїдами розміром 3–10 мкм.

Усі хлоропласти містять зелений пігмент хлорофіл, проте колір їх не завжди зелений. У деяких диких форм (бурі та червоні водорості) і культурних декоративних рослин (колеус, драцена, бегонія) їх зелене забарвлення відтіняється іншими пігментами. Головною функцією хлоропластів є *фотосинтез*. Світлові реакції фотосинтезу пов'язані із системою внутрішніх мембран хлоропластів. Саме в них міститься хлорофіл. Уся система мембран складається з безлічі плоских мішечків – *тилакоїдів*.

Тилакоїди утворюють скупчення – *ґрани*, схожі на купки монет. Ґрани сполучаються між собою плоскими одиночними шарами – *ламелами*. Внутрішній вміст хлоропласта називають стромою. У стромі відбуваються темнові реакції фотосинтезу. У ній міститься багато ферментів, ліпіди, цукри. Крохмаль накопичується в стромі у вигляді яйцеподібних зерен діаметром до 1,5 мкм, розташованих поблизу тилакоїдних мембран.

У робочому зошиті на схемі розглянути типи і будову пластид і схему будови грани хлоропласта та зробити відповідні позначення.

Завдання 5. Приготувати тимчасовий препарат листа елодеї (*Elodea canadensis* Mich.) і виявити асиміляційний крохмаль в клітинах. Для цього

свіжий лист елодеї, попередньо витриманий на світлі, помістити в розчин йоду у водному розчині йодиду калію, накрити покривним скельцем і розглянути при великому збільшенні мікроскопу.

При гарних умовах освітлення в хлоропластах відбувається активний фотосинтез і утворюється велика кількість асиміляційного крохмалю, який можна виявити за допомогою йодної реакції. Так як йод впливає на хлоропласти негативно, то вони виглядають більш розбухлими ніж у живій клітині. Всередині хлоропластів можна помітити зерна асиміляційного крохмалю, які від йоду мають темно-фіолетовий колір, а білкова строма, яка оточує крохмаль, стає бурою.

Препарат 2. Асиміляційний крохмаль в клітинах листа елодеї (*Elodea canadensis* Mich.)

Забарвлення: йодид калію

Зарисувати препарат в робочий альбом і позначити: 1 – оболонка клітини; 2 – ядро; 3 – цитоплазма; 4 – хлоропласти з асиміляційним крохмалем.

Завдання 6. Дати характеристику етапам енергетичного обміну клітини. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 7. Дати порівняльну характеристику мітохондрій і пластид. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 8. Охарактеризувати фази фотосинтезу. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Контрольні питання

1. Опишіть морфологію та ультраструктуру мітохондрій.
2. Які функції виконують мітохондрії?
3. Опишіть процеси гліколізу (анаеробного окислення) і фосфорилювання АДФ. Дайте характеристику циклу Кребса.
4. Як відбувається збільшення числа мітохондрій в клітині?
5. Які ви знаєте пластиди?
6. Опишіть будову хлоропластів.
7. Дайте характеристику основним фазам фотосинтезу.
8. Яку будову і функції мають хромопласти і лейкопласти?
9. Яке значення в клітині мають пропластиди?
10. Охарактеризуйте фотосинтезуючі структури прокаріотичних і нижчих еукаріотичних клітин.

Лабораторна робота № 7

Тема: ОСНОВНІ БІОПОЛІМЕРИ ТА ЇХ ЛОКАЛІЗАЦІЯ В КЛІТИНІ

Мета роботи: ознайомитися з основними хімічними групами біополімерів та їх локалізацією в клітині.

Матеріали і обладнання: мікроскопи, мікропрепарати «Жирові включення в клітинах печінки аксолотля», «Жовткові включення в бластомерах амфібії», «Гранули зимогену в клітинах підшлункової залози пацюка», «Пігментні включення в хроматофорах шкіри пуголовка», «Включення глікогену в клітинах печінки аксолотля», демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Визначення поняття "біополімер".
2. Включення цитоплазми клітин. На які функціональні групи їх можна розподілити?
3. Особливості будови і функцій вуглеводів.
4. Локалізація вуглеводів в клітині і їх значення в процесах обміну речовин.
5. Особливості будови і функцій жирів.
6. Синтез і розщеплення жирів в тваринній клітині.
7. Особливості будови і функцій білків.
8. Основні етапи біосинтезу білка.
9. Особливості будови і функцій нуклеїнових кислот.
10. Відмінності в будові ДНК і РНК.
11. Особливості будови і синтезу АТФ.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *цитохімія, біополімери, пептиди, денатурація, ренатурація, радикал, аміногрупа, водневий зв'язок, ковалентний зв'язок, глікозидний зв'язок, поліпептидний ланцюг, мономер, колоїдна система.*

Завдання 2. Розглянути препарат включень глікогену в клітинах печінки аксолотля.

Глікоген (тваринний крохмаль) – полісахарид, основний запасний вуглевод організму тварин і людини. За рахунок розщеплювання глікогену вивільняється енергія, необхідна для дихання та інших процесів клітинного метаболізму. Особливо багато його в печінці (до 20% сирої маси), в м'язах (до 4%) та нейронах. Надзвичайно великі запаси глікогену характерні для ендопаразитів – гельмінтів і найпростіших. Він також виявлений в деяких бактеріях, дріжджах і грибах.

Молекула глікогену побудована з залишків глюкози, з'єднаних глікозидними зв'язками.

Перед приготуванням мікропрепарату була проведена цитохімічна реакція (обробка фуксин-сірчистою кислотою (реактивом Шиффа)) і в клітинах паренхіми печінки глікоген має вигляд гранул, забарвлених в червоно-фіолетовий колір. Ці гранули розташовані по всій цитоплазмі клітини. Опис препарату міститься в практикумі (Ченцов, препарат 153, стор. 252).

Препарат 1. Включення глікогену в клітинах печінки аксолотля.

Забарвлення: по Бесту

Зарисувати включення глікогену в печінці аксолотля в робочий зошит і позначити: 1 – гепатоцити, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – включення глікогену.

В практикумі розглянути електронну фотографію включень глікогену (Ченцов, рис. 154, стор. 252).

Завдання 3. Розглянути препарат жирових включень в клітинах печінки аксолотля.

Жир в різних клітинах накопичується в різних клітинах організму. Велика кількість жирових включень відкладається в клітинах печінки, жирових клітинах сполучної тканини, чимало жирових крапель в цитоплазмі найпростіших, наприклад інфузорій. Процес відкладання жирів не пов'язаний з будь-якими органоїдами клітинами; вони відкладаються в основній речовині цитоплазми. Часто значна кількість жирових включень відкладається в клітинах внаслідок патологічних процесів (наприклад, при жировому переродженні печінки, серцевого м'яза та ін.).

На мікропрепараті, після цитохімічної реакції (обробка тканини чотирьохокисом осмію) видно, що в цитоплазмі гепатоцитів локалізуються чорні (після адсорбції осмію) жирові краплі. Ці краплі різного розміру, їх кількість також варіює. Опис препарату міститься в практикумі (Ченцов, препарат 151, стор. 250).

Препарат 2. Жирові включення в клітинах печінки аксолотля.

Забарвлення: фіксація осмієм, забарвлення карміном.

Зарисувати жирові включення в гепатоцитах в робочий зошит і позначити: 1 – гепатоцити, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – включення жиру.

В практикумі розгляньте електронну фотографію жирових включень (Ченцов, рис. 152, стор. 251).

Завдання 4. Розглянути мікропрепарат зимогену в клітинах підшлункової залози щура.

Зимоген – фермент – секрет білкової природи. В підшлунковій залозі є два відділи: зовнішньосекреторний і внутрішньосекреторний, або острівки. Фермент виробляється першим з них.

Мікропрепарат являє собою зріз через кінцевий відділ зовнішньої секреторної частини залози. Клітини конічної форми, ядро дещо зміщене від центра до однієї з сторін клітини, базальної ділянки. Ця частина більш розширена, апікальна – більш звужена. В апікальній частині помітні зерна зимогену. Вони забарвлені в червоний колір. Секрет знаходиться в різних

стадіях формування. Є зерна прозимогену, які забарвлені в зелений колір. Кількість секрету в клітинах різна, особливо багато зерен зимогену в стадії, яка передує його виділенню. В тих клітинах, де зимоген тільки починає утворюватися, він рівномірно розподілений в клітині. Коли секрету накопичується багато, він зосереджується біля апікального кінця, при цьому сильно відтісняючи ядро до базальної мембрани. Це секрет, що готується до виведення з клітини.

Опис препарату міститься в практикумі (Новиков, Святенко, препарат 15, стор. 25).

Препарат 3. Зимоген в клітинах підшлункової залози щура

***Забарвлення*:** гематоксилін

Зарисувати зерна зимогену в робочий зошит і позначити: 1 – клітини підшлункової залози, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – включення зимогену.

Завдання 5. Розглянути мікропрепарат білкових включень – жовткових пластинок в бластомерах яйця жаби.

Білкові включення трапляються в клітині рідше, ніж жири та полісахариди. На білкові гранули багата цитоплазма яйцевих клітин, де вони мають форму пластинок, кульок, дисків, паличок, що утворюють кристалоподібні структури. Білкові включення трапляються в гепатоцитах хребетних тварин, а також у клітина найпростіших, наприклад у інфузорій іхтіофтиріус, які паразитують на шкірі риб. У рослинних клітинах білкову природу мають алейронові зерна.

На мікропрепараті ядра клітин округлі або овальні, забарвлені сафраніном в червоний колір. Цитоплазма майже безкольорова, тому контури клітин краще помітні при затемненні поля зору. Жовткові пластинки забарвлені в яскраво-жовтий колір. Розмір жовткових пластинок варіює, бо вони поступово розчиняються, будучи енергетичним джерелом для ембріональних клітин. Тоді можна бачити як навколо жовткових пластин утворюється світла зона; це вакуоль, яка виникає в зв’язку з розчиненням в цитоплазмі жовткової пластинки.

Опис препарату міститься в практикумі (Новиков, Святенко, препарат 14, стор. 24).

Препарат 4. Жовткові включення в бластомерах амфібії.

Забарвлення: гематоксилін і пірофуксин.

Зарисувати жовткові включення в бластомерах в робочий зошит і позначити: 1 – бластомери, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – жовткові включення.

Завдання 6. Розглянути мікропрепарат пігментних включень в клітинах-меланофорах шкіри пуголовка.

Пігмент меланін забарвлює шкіру пуголовка в захисний темний колір і міститься в клітинах – меланофорах.

На препараті при малому збільшенні помітні меланофори – крупні пігментні клітини з відростками. При великому збільшенні в цитоплазмі тіл і

відростків можна побачити значну кількість глибок меланіну, які маскують ядра цих клітин.

Препарат 5. Включення меланіну в хроматофорах шкіри пуголовка.

Забарвлення: тотальний незабарвлений препарат.

Зарисувати включення меланіну в хроматофорах шкіри в робочий зошит і позначити: 1 – меланоцити, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – включення меланіну.

Завдання 7. Дати характеристику основним біополімерам та їх локалізації в клітині. Відповідь оформити у вигляді таблиці в робочому зошиті.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте біологічну роль вуглеводів.
2. Які структурні особливості вуглеводів забезпечують велике різноманіття полісахаридів?
3. Як будова вуглеводів пов'язана з їх біологічними функціями?
4. Де в клітині синтезуються і розщеплюються жири?
5. В чому особливості будови і властивостей молекули жиру і як ці особливості визначають найбільш важливі їх біологічні функції ?
6. Які особливості хімічної будови мають білки?
7. Які характеристики живого ви пов'язали б з властивостями білків ? Чим обумовлені різні біологічні властивості білків ?
8. Дайте характеристику основним етапам біосинтезу білків.
9. Що таке нуклеїнові кислоти ? Які функції в клітині вони виконують ?
10. Назвіть риси схожості і відмінності між білками і нуклеїновими кислотами. Вкажіть відмінності в будові ДНК і РНК.
11. Охарактеризуйте структуру і процес синтезу АТФ.

Лабораторна робота № 8

Тема: ОПОРНО-СКОРОТЛИВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: ознайомитися з структурними елементами цитоплазми, які утворюють опорно-скоротливий апарат клітини.

Матеріали і обладнання: мікроскопи, мікропрепарат «Міокард коня», демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. З яких елементів складається цитоскелет клітини?
2. Будова мікротрубочок, їх хімічний склад та локалізація в клітині.
3. Будова війки, джгутика та кінетосоми. Механізм утворення війок.
4. Будова та функції центріолей. Центріолярний цикл.

5. Будова мікрофіламентів, їх хімічний склад та локалізація в клітині.
6. Рух одноклітинних тварин і нем'язових клітин багатоклітинного організму.
7. Будова м'язових волокон. Механізм скорочення міофібрили.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *цитоскелет, мікротрубочки, мікрофіламенти, проміжні філаменти, міофібрили, саркомер, саркоплазма, тубулін, актин, міозин, актоміозин, кінетосома (базальне тіло), центр організації мікротрубочок, клітинний центр, міоцити, кардіоміоцити.*

Завдання 2. Розглянути на демонстраційній таблиці *цитоскелет* – ектоплазматичну фібрилярну систему клітини.

Цитоскелет – це система внутрішньоклітинних трубочок, яка відіграє важливу роль у підтримці форми клітини, у фіксації мембранних білків, у поділі клітини, при транспортуванні речовин, особливо везикул. Компоненти цитоскелету не мають мембран. До їх хімічного складу не входять фосфоліпіди. З'ясовано, що велику роль у побудові цитоскелету відіграють скоротливі білки актин і міозин (вони також є основними компонентами м'язів у тварин). Інший білок цитоскелету – кератин – є складовою частиною волосся і шерсті. До складу цитоскелету входить також білок тубулін. Всі ці білки відносяться до класу фібрилярних.

У робочому зошиті розглянути цитоскелет клітини та зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Розглянути на демонстраційній таблиці схему будови мікротрубочок.

Мікротрубочки – білкові внутрішньоклітинні структури, що входять до складу цитоскелету еукаріотів.

Мікротрубочки є циліндрами діаметром 25 нм з порожниною усередині. Їх довжина може бути від кількох мікрометрів до, ймовірно, кількох міліметрів (в аксонах нервових клітин). Їх стінка утворена димерами тубуліну. Мікротрубочки, подібно актиновим мікрофіламентам, полярні: на одному кінці відбувається самозбирання мікротрубочки, на іншому – розбирання. У клітинах мікротрубочки грають роль структурних компонентів і беруть участь в багатьох клітинних процесах, включаючи мітоз, цитокінез і везикулярний транспорт.

Мікротрубочки – структури, в яких 13 тубулінових α- та β-гетеродимерів укладені по колу полого циліндра. Один з кінців мікротрубочки, що називається позитивним кінцем (або плюс-кінцем), постійно приєднує до себе вільний тубулін. Від протилежного кінця – негативного (мінус-кінця) – тубулінові субодиниці відщеплюються.

У робочому зошиті розглянути схему будови мікротрубочки та зробити відповідні позначення.

Завдання 4. Ознайомитися з будовою війок і джгутиків.

Принципових відмінностей між війками і джгутиками немає. Коли на поверхні однієї клітини є досить багато волосовидних виростів незначної довжини, їх називають *війками*; якщо виростів мало і довжина їх значна, то вони називаються *джгутиками*.

У клітинах найрізноманітніших груп бувають і джгутики і війки. За допомогою джгутиків пересуваються всі одноклітинні тварини з підтипу Джгутикових, багато які бактерії, а також сперматозоїди. Війки є органоїдами руху усіх інфузорій; у ссавців і людини війки мають клітини епітелію дихальних шляхів, органів слуху та інших органів.

Усі джгутики і війки покриті мембраною, яка є продовженням зовнішньої цитоплазматичної мембрани і має таку ж тришарову будову. Під мембраною міститься 9 пар периферичних фібрил і дві непарні центральні фібрили. Проміжки між фібрилами заповнені гомогенною речовиною. Діаметр фібрил коливається від 250 до 500 Å.

У робочому зошиті розглянути схему поперечного зрізу через війку та зробити відповідні позначення.

Завдання 5. Ознайомитися з будовою центріолей.

Кожна центріоль під електронним мікроскопом має форму циліндра завдовжки близько 0,3-0,6 мк і діаметром 0,1-0,15 мк. Стінка циліндра складається з 9 груп мікротрубочок, а кожна група, в свою чергу, містить 3 мікротрубочки. Центріолі звичайно розміщені парами і лежать перпендикулярно одна до одної.

У робочому зошиті розглянути схему будови центріолі та зробити відповідні позначення.

Завдання 6. Розглянути на демонстраційній таблиці схему будови мікрофіламентів.

Мікрофіламенти – нитки білка актину не м'язової природи в цитоплазмі еукаріотичних клітин діаметром 4-7нм. Під плазматичною мембраною мікрофіламенти утворюють сплетіння, в цитоплазмі клітини формують пучки з паралельно орієнтованих ниток або тривимірний гель, формуючи цитоскелет. До їх складу входять, окрім актину, інші скоротливі білки: міозин, тропоміозин, актинін, що відрізняються від відповідних м'язових білків, а також специфічні білки (вінкулін, фрагмін, філамін, вілін тощо).

Мікрофіламенти знаходяться у динамічній рівновазі з мономерами актину. Мікрофіламенти є скоротливими елементами цитоскелету та безпосередньо беруть участь у зміні форми клітини при розплющуванні, прикріпленні до субстрату, амебоїдному русі, ендомітозі, формуванні кільця цитотомії у тваринних клітинах, підтриманні мікроворсинок у клітинах кишечнику безхребетних. До мікрофіламентів опосередковано прикріплюються деякі мембранні білки-рецептори.

У робочому зошиті розглянути схему будови актинового мікрофіламенту та зробити відповідні позначення.

Завдання 7. Ознайомитися з будовою міофібрили та механізмом скорочення м'язового волокна.

Міофібрили містяться в клітинах високо спеціалізованих м'язових волокон, які виконують функції м'язового скорочення.

Міофібрили мають численні і багато разів повторювані поперечні смуги, або *диски*. Ширші і темніші диски називають *А-дисками*, вужчі і світліші – *І-диски*. Ці диски закономірно чергуються між собою по всій довжині міофібрили (рис. 1).

Кожний А-диск ділиться на дві половини менш густою, ніж інші його ділянки, смугою, яка називається *зоною Н*, а посередині кожного І-диска проходить густіша смуга, або *пластина*, що позначається Z. Ділянка міофібрили, обмежена двома лініями Z, називається *саркомером* і становить одиницю будови і функціонування міофібрили. Проміжки між міофібрилами заповнені цитоплазмою, яка в м'язових клітинах називається *саркоплазмою*.

За даними електронного мікроскопа, основними елементами міофібрил є тонкі білкові нитки (міофіламенти або протофібрили) двох типів: товсті *міозинові* (утворені білком міозином) і тонкі *актинові* (утворені білком актином).

Товсті міофіламенти розташовані тільки в межах диска А, проходячи через диск. Тонкі міофіламенти тягнуться від диска І до диску Н. Вони заходять своїми кінцями в диск А, але не дуже далеко, а так, що між ними залишається вільна смуга, яка відповідає диску Н. У диску А кінці тонких фібрил містяться в проміжку між товстими фібрилами, що добре видно на схемі. Товсті і тонкі міофібрили зв'язані між собою поперечними містками. З такою будовою м'язового волокна якнайтісніше пов'язані сучасні уявлення про механізм скорочення поперечносмугастих м'язів. Припускається, що тонкі і товсті міофіламенти при скорочуванні м'яза не змінюють своєї довжини, але зміщуються, тобто немов ковзаються один відносно одного. Під час скорочення товсті міофіламенти залишаються в межах диска А, а тонкі переміщуються з диска І в диск А. Відстань між кінцями тонких міофіламентів зменшується. При великому скороченні м'яза зближуються також кінці товстих міофіламентів. Ця теорія м'язового скорочення має назву теорії "ковзаючих ниток".

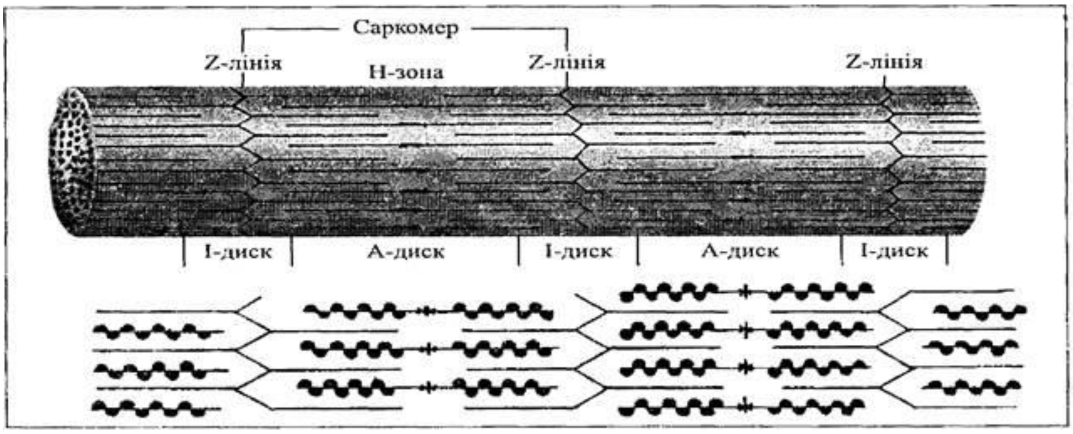


Рис. 1 Схема будови міофібрили

У робочому зошиті розглянути схему будови міофібрили та зробити відповідні позначення.

Завдання 8. Ознайомитися з будовою міофібрил на прикладі м'язових клітин – кардіоміоцитів, які забезпечують виконання основних функцій серцевого м'язу – скорочення. Для цього розглянути мікропрепарат міокарда коня. Міокард утворює сітку кардіоміоцитів, які в поздовжньому січенні майже прямокутні. Їх ядра мають овальну форму, навколо ядра помітна саркоплазма. Поперечна і поздовжня смугастість серцевого м'яза обумовлена міофібрилами. Специфічні контакти мають вигляд темних смуг і називаються вставними дисками. Опис препарату міститься в практикумі (Новіков, Святенко, препарат 88, стор. 146).

Препарат 1. Серцева м'язова тканина. Міокард коня.

Забарвлення: залізний гематоксилін.

Зарисувати поздовжній розріз серцевого м'яза в робочий зошит та позначити: 1 – кардіоміоцити; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – поперечна смугастість (а - світлі смуги; б - темні смуги); 4 – вставні диски.

Контрольні питання

1. Опишіть будову мікротрубочок, їх хімічний склад та локалізацію в клітині.
2. Що являє собою центр організації мікротрубочок. Як утворюються мікротрубочки?
3. Опишіть будову мікрофіламентів, їх хімічний склад та локалізацію в клітині.
4. Яку будову мають війки, джгутики та кінетосоми клітин еукаріотів ? Як утворюються в клітині війки ?
5. Опишіть будову та механізм скорочення міофібрил?
6. Як відбувається рух нем'язових клітин?
7. Охарактеризуйте амебоїдний і війковий рух у прокаріот них і еукаріот них клітин.
8. Яку будову мають центріолі? Що таке центріолярний (центріосомний) цикл?

Лабораторна робота № 9

Тема: СПАДКОВИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Мета роботи: вивчити будову та функції генетичного апарату клітини.

Матеріали та обладнання: мікроскопи, мікропрепарат "Стінка тонкого кишечнику коловодника великого", демонстраційні таблиці, відео фрагмент «Диференціація ентероцита».

Питання для самостійної підготовки:

1. Основні функції ядра. Загальний план будови.
2. Будова та функції каріолеми, будова і функції ядерних пор.
3. Будова і функції ядерця.
4. Еволюційні аспекти будови генетичних структур організмів.
5. Інтерфазні хромосоми. Еу- та гетерохроматин.
6. ДНК хромосом.
7. Хромосомні набори і зміни числа хромосом.
8. Особливості організації геному еукаріот.
9. Білки хроматину.
10. Рівні структурної організації хромосом.
11. Життєвий цикл клітини.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *кінетохор, каріолема, каріоплазма, ядерце, гетерохроматин, еухроматин, хромосома, хромомери, нуклеогістон, нуклеосома, "лампові щітки", клітинний цикл.*

Завдання 2. Розглянути на схемах і мікрофотографіях будову інтерфазного ядра.

Ядро клітини в інтерфазі, в період, коли вона не ділиться, характеризується наявністю таких складових, як *каріолема* (оболонка ядра), *каріоплазма* (ядерний сік), *ядерце і хроматин*, який є сукупністю інтерфазних хромосом тією чи іншою мірою деконденсованих, тобто потоншених.

У робочому зошиті розглянути схему будови інтерфазного ядра та зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Розглянути на схемах і мікрофотографіях будову каріолеми і ядерних пор.

Каріолема (від грец. – ядро і *lema – оболонка),* або *поверхневий апарат ядра* в інтерфазній клітині складається з трьох основних компонентів: ядерної оболонки, периферичної щільної пластинки і порових комплексів.

Каріолема є спеціалізованою частиною загальної мембранної системи цитоплазми, утворена сплющеними цистернами і має відповідно зовнішню і

внутрішню мембрани. Зовнішня мембрана безпосередньо переходить у мембрани грЕПС і на своїй поверхні містить рибосоми (полісоми) та сітку проміжних (віментинових) філаментів. Між мембранами знаходиться перинуклеарний простір, завширшки від 10 до 100 нм, який з'єднується з порожнинами ендоплазматичної сітки. Під внутрішньою мембраною міститься ядерна пластинка (ламіна) – сітка проміжних філаментів, яка є периферичною частиною структурованого матрикса ядра. Вона супроводжує внутрішню мембрану ядерної оболонки і тісно зв'язана з білковими глобулами порового комплексу. Щільна ядерна пластинка підтримує форму ядра, бере участь у: впорядкованій укладці хроматину ядра, структурній організації порових комплексів і формуванні каріолем при поділі клітин.

Ядерні пори займають 3–35% поверхні каріолеми, мають діаметр 120 нм і є складною гетерогенною білковою структурою. Мають октагональну симетрію, складаються зі зв'язаних між собою білкових глобул діаметром по 25 нм по 8 з кожного боку каріолеми, розміщених по периферії. Від них до центру сходяться фібрили, які формують перегородку (діафрагму). У діафрагмі знаходиться центральна глобула з каналом діаметром 9 нм.

Функції комплексу ядерної пори:

- забезпечення регуляції вибіркового транспорту речовин між цитоплазмою і ядром;
- активне перенесення в ядро деяких особливих білків;
- транспорт РНК, а можливо і субодиниць рибосом з ядра в цитоплазму.

У робочому зошиті розглянути схему ультрабудови ядерної пори та зробити відповідні позначення.

Завдання 4. Розглянути на схемах і мікропрепаратах локалізацію хроматину в інтерфазному ядрі.

У каріоплазмі мікроскопічно спостерігається хроматин, речовина, яка добре фарбується основними барвниками. *Хроматин* – це матеріал хромосом, дуже довга спіралізована довголанцюгова нитка ДНК, зв'язана з деякою кількістю РНК, гістонів та інших основних білків. Загальна довжина молекул ДНК всіх хромосом в ядрі клітини людини складає понад 2 м, а в S-періоді інтерфази 4 м.

Під світловим мікроскопом в ядрі видні хроматинові гранули, які є конденсованими ділянками хромосом. Конденсований хроматин недоступний для транскрипції отримав назву *гетерохроматину* (від грец. *heteros* – інший). Він міститься під каріолемою, навколо ядерця і розкиданий по каріоплазмі. Деконденсований хроматин, або *еухроматин* (від грец. *eu* – добрий) відкритий для транскрипції, бере участь у передачі генетичної інформації в інтерфазі.

У робочому зошиті розглянути структуру хроматину та зробити відповідні позначення.

Завдання 5. Розглянути на схемах і мікрофотографіях будову хромосоми.

Хромосоми – це основні функціональні ауторепродуктивні структури ядра, в яких концентрується ДНК і з якими зв’язана функція ядра. Хромосоми отримали назву від того, що в період мітотичного поділу, коли вони конденсуються, – добре забарвлюються основними барвниками (від грец. *chromos* – забарвлений, *soma* – тіло). В інтерфазному ядрі хромосоми частково деконденсовані і тому їх звичайно сумарно називають хроматином.

Хромосоми є дезоксирибонуклеопротеїдами (ДНП), тобто вони складаються з ДНК і білків, на які приходиться 60–70% від сухої маси хромосом.

Хромосома є паличкоподібною структурою, утвореною з двох субодиниць конденсованої ДНК разом з білковими глобулами. Розміщені хроматиди одна поряд з другою і з'єднані лише в одній ділянці, названій *первинною*, або *центричною перетяжкою*, яка ділить хромосому на два плеча. На центричній перетяжці d-хромосоми знаходиться *центромера* (центромер), з обох сторін якої містяться дископодібні структури – *кінетохори* (від грец. *kinetos* – рухомий, *chora* – простір). У метафазі кінетохори ініціюють формування хромосомних (кінетохорних) мікротубул мітотичного веретена.

На деяких хромосомах є ще *вторинні перетяжки*, які забарвлюються слабо основними барвниками. Розміщення їх і глибина різні в різних хромосомах, але постійні для кожної з них (їх у людини 5 пар). Називаються такі хромосоми організаторами ядерець, оскільки вони утворюють ядерця після мітотичного поділу клітини, під час якого ядерця зникають.

Теломери – це кінцеві ділянки хромосом, що мають специфічні особливості – полярність (монополярність). При хромосомних абераціях (перебудовах), коли хромосоми розриваються, окремі їх ділянки ніколи не з'єднуються з кінцем теломера.

Супутники (трабанти, або сателіти) є в окремих хромосомах (sat-хромосомах), мають різні розміри і форму; це круглі або видовжені тільця, з'єднані з рештою хромосоми тонкою хроматиновою ниткою.

У робочому зошиті розглянути схему будови хромосоми та зробити відповідні позначення.

Завдання 5. Ознайомитися з рівнями структурної організації хромосом.

У хромосомах розрізняють різні рівні їх організації:

Нуклеосомний рівень. Нуклеосома – структурна одиниця хромосоми в неконденсованому хроматині містить октамер гістонів, який складає її стержень. Навколо октамера накручені два витки ДНК. Гістони мають фізіологічно позитивний заряд завдяки наявності в них великої кількості амінокислот лізину та аргініну, а присутність фосфатних груп в нуклеотидах придає ДНК негативного заряду. Іонна взаємодія між позитивними зарядами гістонів і негативними ДНК, очевидно, є важливою силою стабілізації нуклеосом. До складу нуклеосоми входить від 10 до 60 нуклеотидних пар, які разом з молекулами гістонів складають утвори завтовшки 10 нм (за іншими

даними 11 нм). ДНК між двома нукеосомами має назву лінкерної і товщину 2 нм (рис. 1).

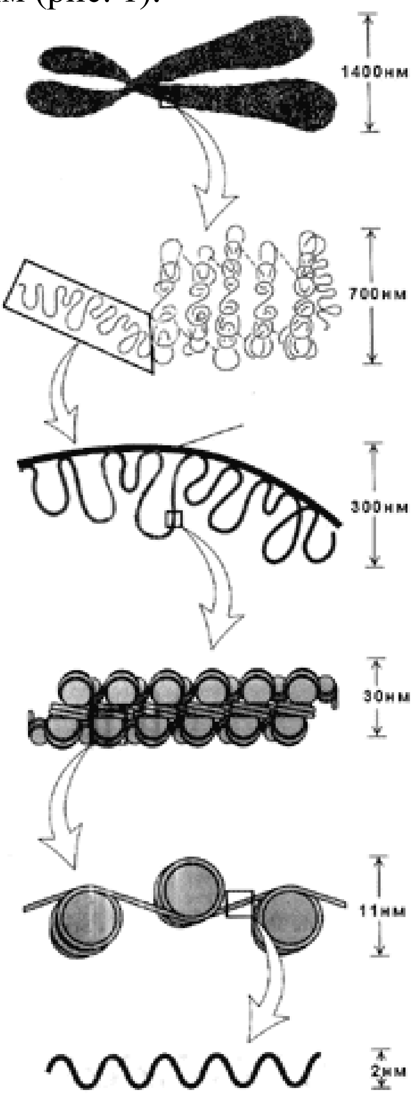


Рис. 1 Упаковка ДНК в хромосомі

Нуклеомерний рівень – більш конденсована ділянка хроматину – суперспіраль – діаметром 30 нм займає від 140–166 нуклеотидних пар.

Подальша конденсація (компактизація) ДНП здійснюється за допомогою ДНК-зв'язуючого гістона, веде до утворення *хромонем*, або хромонемних фібрил завтовшки від 300 до 700 нм.

Найвищий – *хромомерний* і *хромосомний* рівень організації хромосом (остаточна їх конденсація). Кожна мітотична хромосома утворює бічні петлі, сформовані ділянкою ДНП завтовшки близько 400 нм (типова хромосома людини може містити до 400 таких петель). Ці так звані петлеві домени ДНК мають середній розмір приблизно 86 тисяч пар нуклеотидів (т.п.н.) і прикріплюються у своїй основі до білкових скелетних структур ядра, а саме до ядерного матриксу або остову хромосом. Петлева будова хроматину складає основу для просторової організації генетичного матеріалу в клітинному ядрі і забезпечує належне функціонування геному.

У результаті остаточного ущільнення метафазна хромосома має товщину 1400 нм (рис. 1).

Охарактеризувати рівні структурної організації хромосом. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

Завдання 6. Ознайомитися із стадіями життєвого циклу клітини.

Період життя клітини між поділами і наступний поділ названо *клітинним циклом* (життєвим циклом клітин). Під *життєвим шляхом клітин* розуміють цикли різних подій, які включають утворення клітин, їх диференціацію, різні типи клітинного поділу, а також такі процеси, як диференціація, детермінація, атрофія і гіпертрофія та регенерація клітин. Завершується життєвий шлях клітин їх старінням і смертю, яка може виступати в різних формах.

Послідовність подій, що відбуваються між утворенням даної клітини і її поділом на дочірні, називається *клітинним циклом*, або *життєвим циклом клітини*. Він включає мітоз та інтерфазу (період між двома поділами).

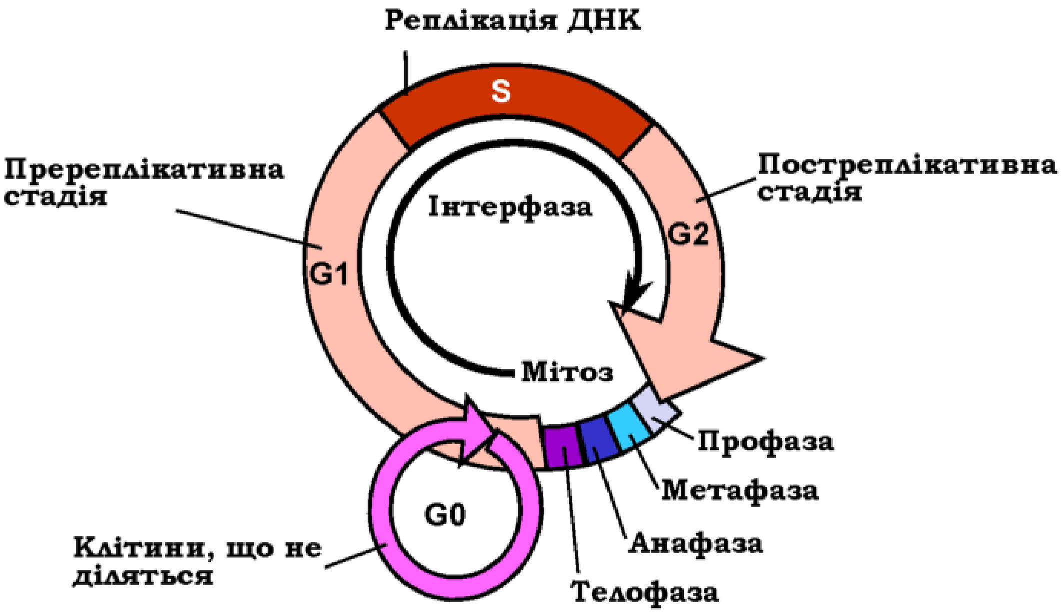


Рис. 2 Схема життєвого циклу клітини

Дати характеристику клітинному циклу. Оформити відповідь у вигляді таблиці в робочому зошиті.

Завдання 7. Розглянути мікропрепарат «Стінка тонкого кишечнику коловодника великого».

На малому збільшенні розглянути загальний вигляд стінки тонкого кишечнику, розташування ворсинок слизової оболонки і крипти у підслизовому шарі. На великому збільшенні розглянути ультрабудову крипт.

Крипти мають альвеолоподібну форму. На дні крипт розташовуються камбіальні клітини, в яких можна спостерігати фігури мітозу. Саме ці клітини є джерелом утворення всіх типів епітеліоцитів: облямованих ентероцитів, бокалоподібних екзокриноцитів, ендокриноцитів і клітин Панета. Камбіальні клітини весь час поділяються і є джерелом регенерації кишкового епітелію.

На апікальній частині ворсинок слизової оболонки можна чітко спостерігати диференційовані клітини – облямовані ентероцити і бокалоподібні екзокриноцити.

Препарат 1. Диференціація кишкових ентероцитів. Стінка тонкого кишечнику коловодника великого (*Tringa nebularia* Gun.).

Забарвлення: гематоксилін і еозин

Зарисувати препарат в робочий зошит і позначити: 1 – ворсинки, 2 – крипти, 3 – камбіальні клітини з фігурами мітозу, 4 – облямовані ентероцити, 5 – бокалоподібні екзокриноцити.

Контрольні питання

1. Назвати загальні структурно-генетичні ознаки всіх живих організмів Землі.
2. Специфічні особливості будови генетичного апарата про- та еукаріот.
3. Що собою являє ядерна оболонка?
4. Чи розрізняються в межах ядра хромосоми за будовою, функціями і складом?
5. Чи розрізняються в нормі набори хромосом однієї клітини від іншої в одному організмі?
6. Чи розрізняються за хімічними складом хромосоми і хроматин?
7. Яка з ядерних структур приймає участь в утворенні рибосом?
8. Які рівні структурної організації хромосом ви знаєте?
9. Які процеси відбуваються в ядрі протягом інтерфази?
10. Розкрийте особливості життєвого циклу диференційованих клітин.

Лабораторна робота № 10

Тема: ПОДІЛ КЛІТИН

Мета роботи: вивчити основні типи поділу клітин

Матеріали та обладнання: мікроскопи, мікропрепарати «Центросоми і ахроматинове веретено мітозу яйцеклітини аскариди коня», «Мітоз рослинної клітини», «Амітоз в клітинах епітелію», «Сім'яник щура», демонстраційні таблиці.

Питання для самостійної підготовки:

1. Репродукція клітини, її біологічне значення.
2. Види репродукції клітин.
3. Мітоз. Стадії мітотичного поділу.
4. Типи мітозу. Біологічне значення мітозу.
5. Мейоз. Особливості стадій мейотичного поділу.
6. Профаза I мейозу.
7. Біологічне значення мейозу.
8. Гаметогенез.
9. Ендорепродукція: ендомітоз і політенія
10. Амітотичний (прямий) поділ клітин.

Завдання 1. Записати до цитологічного словника нові терміни та вивчити їх зміст: *репродукція, мітоз, амітоз, мейоз, цитокінез (цитотомія), діакінез, хіазми, кросинговер, ампліфікація, репарація, кон'югація, ендомітоз, політенія, гаметогенез, зиготний (вихідний) тип мейозу, гаметний тип мейозу, проміжний (споровий) тип мейозу, партеногенез, андрогенез.*

<u>**Завдання 2.**</u> Вивчити стадії мітотичного поділу і типи мітозу.

Мітоз (від грец. *mitos* – нитка), або *каріокінез* (від грец. *karion* – ядро і *kinesis* – рух) чи *непрямий поділ* є основною формою репродукції клітин. Описуючи мітоз, виділяють чотири послідовні його стадії: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Профаза. Клітина припиняє виконувати специфічні функції в організмі. Тваринна клітина може змінювати форму та відокремлюватися. У профазі зміни відбуваються як у цитоплазмі, так і в ядрі клітини. Найважливіші ознаки профази – конденсація хромосом, розпад ядерець і початок формування веретена поділу.

У результаті руйнації цитоскелету вивільняються молекули тубуліна, з яких будується веретено поділу (ахроматинове веретено, мітотичне веретено). Центріолі починають розходитись до полюсів клітини. Кожна пара центріолей стає частиною мітотичного центру, від якого променями розташовуються мікротрубочки, утворюючи «зірку». Так починає утворюватись веретено поділу.

Ядерна оболонка під дією ферментів лізосом розпадається на дрібні фрагменти, поступово зменшуються і зникають ядерця. Хромосоми у зоні колишнього ядра спіралізуються. Спочатку вони розміщені хаотичним клубком, хоча вже видно, що кожна складається з двох спіралеподібних ниток – хроматид, які прилягають одна до одної по всій довжині, але сполучені між собою лише в ділянці первинної перетяжки (центромери). Потім вони коротшають і товщають, через деякий час їх уже добре видно у світловий мікроскоп, можна підрахувати їхню кількість, розглянути форму.

З кожного боку центромери у хромосом утворюються кінетохори, від яких простягаються кінетохорні нитки, таким чином, що кожна хромосома зв’язана з кожним з полюсів. Завершується утворення веретена поділу. Короткі ахроматинові нитки прикріплені одним кінцем до центромери, а іншим до центріолей, а довгі зв'язують обидва полюси веретена. За своїм хімічним складом це білки, які здатні до скорочення. Під дією протилежно направлених сил хромосома рухається до екваторіальної області.

Метафаза – триває досить довго. Усі хромосоми перестають рухатися і розташовуються таким чином, що їхні центромери лежать в одній площині, утворюючи так звану «метафазну пластинку» або «материнську зірку», перпендикулярно до ниток ахроматинової фігури. Вона тримається завдяки веретену поділу.

Кожна хромосома утримується завдяки парі кінетохорів та ниток, що йдуть до протилежних полюсів. Хромосоми в цей час мають найменші розміри, під мікроскопом добре видно, що вони складаються з двох сполучених між собою в первинній перетяжці хроматид.

У всіх соматичних клітинах певного організму міститься певна кількість хромосом. Число хромосом не залежить від організації виду і не обов’язково вказує на спорідненість. Але сукупність ознак хромосомного набору (каріотип) – форма, розміри – притаманна тільки певному виду рослин або тварин.

У кінці метафази завершується процес відокремлення сестринських хроматид одна від одної. Останнім місцем, де контакт між хромосомами зберігається, є центромера. Після поділу центроміри кожна хроматида стане самостійною дочірньою хромосомою. Метафаза різко закінчується разділенням двох кінетохоров кожної хромосоми.

Анафаза – триває декілька хвилин. В'язкість цитоплазми зменшується, парні хроматиди (це одна хромосома) майже одночасно розділяються і починають порівняно швидко переміщуватися до протилежних полюсів клітини. Кожна хроматида при цьому стає самостійною хромосомою. Хромосоми, що розходяться, мають форму зігнутих під гострим кутом ниток, причому місце згину розташоване в ділянці центромери і спрямоване до полюса клітини, а кінці хромосом – до її центру. Нитки ахроматинового веретена при цьому скорочуються. Кількість хромосом, які рухаються до протилежних полюсів, і їхня структура однакові. Рух усіх хромосом в анафазі розпочинається одночасно внаслідок скорочення ниток ахроматинової фігури. Наприкінці анафази починається їхня поступова деспіралізація.

Телофаза. У цій фазі завершуються процеси утворення двох дочірніх клітин з материнської. Телофаза починається після того, як дочірні хромосоми, що складаються з однієї хроматиди, досягли полюсів клітини і припинили рух. Після цього вони деспіралізуються, внаслідок чого утворюються клубки із довгих ниток, які переплітаються одна з одною, що характерно для ядра в період між поділами. Навколо кожного з клубків виникає ядерна оболонка, з'являються ядерця. Таким чином формуються дочірні ядра і набувають будови, характерної для клітини до поділу.

Нитки веретена поділу зникають. Клітина поділяється на дві частини (цитокінез) шляхом перешнурування в екваторіальній площині (у тварин) або шляхом утворення перетинки з мембран ендоплазматичної сітки (у рослин). Органели клітини при цьому (мітохондрії, комплекс Гольджі, рибосоми тощо) розподіляються між дочірніми клітинами.

Процес поділу цитоплазми називається **цитокінезом** і починається наприкінці анафази та в телофазі. Відбувається це таким чином. Мембрана в середній частині клітини (між двома дочірніми ядрами) починає втягуватись усередину в площині метафазної пластинки, утворюється борозна поділу, розташована симетрично, що забезпечує достатньо рівномірний розподіл цитоплазми та органоїдів. Вона поступово поглиблюється, поки не утворюється тонкий місток, який існує деякий час, поки не зруйнується, у результаті чого утворюються дві автономні молоді клітини. Після закінчення мітозу обидві дочірні клітини переходять у порівняно довгий період інтерфази.

Біологічне значення мітозу полягає в тому, що він забезпечує точну передачу спадкової інформації від материнських клітин дочірнім протягом будь-якої кількості послідовних клітинних циклів. При цьому зберігаються сталість як числа хромосом, так і вмісту молекул ДНК в ядрах дочірніх клітин. Таким чином, мітоз забезпечує стабільність каріотипів, є умовою

прояву спадковості і основою існування біологічних видів протягом зміни поколінь.

Дати характеристику стадіям мітотичного поділу. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

У робочому зошиті розглянути схему мітотичного поділу та зробити відповідні позначення.

Завдання 3. Вивчити мітоз в рослинних клітинах. На мікропрепараті клітин меристеми кінчика корінця цибулі знайти всі фази мітозу при великому збільшенні мікроскопа.

На препараті оболонка клітини виступає лише у вигляді тонких ніжних ліній. Ядро клітини завдяки забарвленню гематоксиліном добре помітне. Більша частина клітин знаходиться в стадії інтерфази. На цій стадії ядро добре оформлене, помітна його оболонка і темне, що інтенсивно забарвилось, ядерце. Місцями можна розрізнити зміни в ядрі, що розпочалися в процесі мітотичного поділу. Рухаючи препарат, відшукайте стадії мітозу, зарисуйте їх, розташувавши в тій послідовності, яка має місце при мітотичному поділі клітини. Використайте при цьому нижченаведений опис фаз і стадій поділу.

Профаза. Ядро дещо збільшене в розмірах. Оболонка ядра і ядерце поступово зникають. Зерна хроматину інтенсивно забарвлюються в чорний колір. Сполучуючись один з одним, зерна хроматину утворюють спочатку чіткоподібну, потім гладеньку хроматинову нитку, яка розташовується в клітині у вигляді клубка (стадія материнського клубка).

Метафаза. Хроматинова нитка розпалася на окремі шматочки – хромосоми, які поступово переміщаються на екватор клітини, оточуючи ахроматинове веретено (стадія материнської зірки). На препаратах цю стадію поділу можна впізнати по безладно розташованим хромосомам в цитоплазмі; оболонка ядра вже зникла. Знайти на препараті більш правильне розташування хромосом на екваторі (стадія екваторіальної пластинки) важко.

Анафаза. Розглянути на препараті поздовжнє розщеплення хромосом, що відбувається в цій фазі, також важко. Легше знайти хромосоми, що вже розщепилися. Вони утворюють так звані дочірні зірки (стадія подвійної або дочірньої зірки).

Телофаза. В клітині видно вже два дочірніх ядрах, які ще не повністю оформилися.

Розгляньте фотографію мітозу в клітині корінця цибулі в практикумі (Ченцов, стор. 189, рис. 112) та схему мітозу в підручнику (Трускавецький, стор. 160, рис. 87).

Препарат 1. Мітоз в клітинах меристеми кінчика корінця цибулі (*Allium* L.)

Забарвлення: гематоксилін

Процес мітозу в клітинах меристеми кінчика корінця цибулі зарисувати в робочий зошит і позначити: А – інтерфазна клітина, Б – профаза, В – метафаза, Г – анафаза, Д – телофаза, Є – цитокінез; 1 – оболонка клітини, 2 – ядро, 3 – хромосоми, 4 – веретено поділу.

Завдання 4. Визначити мітотичний індекс на мікропрепаратах меристеми кінчика корінця цибулі. Для цього на великому збільшенні мікроскопа (краще з масляною імерсією) розглянути декілька полів зору, підраховуючи в кожному окремому полі загальну кількість клітин і кількість мітозів. Дані сумувати і визначити кількість мітозів, які приходяться на 100 клітин. Скласти протокол підрахунків. Кількість мітозів виразити у відсотках. Результати підрахунків мітотичного індексу меристеми кінчика корінця цибулі оформити у вигляді таблиці в робочому зошиті.

Завдання 5. Вивчити мітоз в тваринній клітині. Для цього розглянути на мікропрепараті мітоз в яйцеклітинах аскариди. Зріз препарату проходить через тіло матки аскариди коня. Порожнина матки заповнена яйцеклітинами, які знаходяться на різних стадіях дроблення. Для вивчення треба вибрати поділ на стадії дроблення яйцеклітини чи двох бластомерів. На більш пізніших стадіях дроблення клітини дрібні і вивчення на них мітозу менш зручне.

При великому збільшенні видно, що цитоплазма яйцеклітини заповнена дрібними вакуолями і в ній лежить округле ядро. Ядро оточене оболонкою, містить ядерце і дрібні глибки хроматину. Навколо ядра знаходиться клітинний центр.

Мітотичний поділ яйцеклітини аскарид в принципі не відрізняється від мітозу в інших клітинах тварин. Але у аскариди добре видно веретено поділу, центріолі і сяяння (астросфера) навколо центріолей. Розглядаючи цей препарат, особливу увагу треба приділити стадіям метафази і анафази. На цих стадіях мітозу мітотичний апарат поділу виражений найбільш чітко.

Опис препарату міститься в практикумах (Ченцов, препарат 116, стор. 195; Новиков, Святенко, препарат 30, стор. 49).

Препарат 2. Мітоз в яйцеклітинах аскариди (*Ascaris lumbricoides* L.)

Забарвлення: гематоксилін

Зарисувати препарат в робочий зошит і позначити: 1 – хромосоми, 2 – цитоплазма, 3 – астросфера, 4 – веретено поділу, 5 – оболонка яйцеклітини.

Завдання 6. Розглянути мейотичний поділ та особливості перебігу його стадій.

Мейоз (редукційний поділ) веде до утворення клітин з гаплоїдним набором хромосом (від грец. *meiosis* – зменшення); поділ, при якому наполовину зменшується (редукується) кількість хромосом (з диплоїдного до гаплоїдного набору).

Найважливіші події мейозу:

- *редукція* числа хромосом до гаплоїдного (половинного) набору;
- комбінування (*рекомбінація*) батьківських і материнських хромосом;
- *кросинговер* – перехрест хромосом, при якому відбувається взаємний обмін між частинами хромонем і хромосом внаслідок розривів хроматид і поєднання кінців в іншому порядку.

Три форми мейозу:

- *початковий* (зиготний) – настає після запліднення (у водоростей і найпростіших), коли лише зигота диплоїдна, а її похідні гаплоїдні;

- *проміжний* (споровий) – між стадіями спорофіту і гаметофіту (в процесі спороутворення в рослин);

- *кінцевий* (гаметний) – при гаметогенезі (розвитку статевих клітин) у всіх багатоклітинних тварин і деяких найпростіших.

Мейоз включає два поділи та інтерфазу між ними. Перший поділ *гетеротипний* (від грец. *heteros* – інший), або *редукційний* (від лат. *reductio* – повернення, відновлення) значно відрізняється від мітозу. Другий поділ *екваційний* (від лат. *ecqualis* – такий же), або *гомеотипний* (від грец. *homoios* – подібний) проходить як мітоз, і відрізняється від нього лише за кількістю хромосом. Для інтерфази між цими двома поділами характерним є те, що в ній не відбувається реплікація ДНК (редуплікація хромосом).

Перший поділ мейозу має такі ж стадії як і мітоз, лише додається відповідне цифрове позначення: профаза–I, метафаза–I, анафаза–I, телофаза–I.

Другий поділ мейозу позначається відповідно: профаза–II, метафаза–II, анафаза–II, телофаза–II.

Кожний з двох поділів мейозу має свої відмінності. Особливість першого поділу полягає в незвичайному і складному проходженні профази–I. Найважливішою відмінністю профази–I мейозу від профази мітозу є *кон'югація* гомологічних хромосом з утворенням бівалентів.

Дати характеристику стадіям мейотичного поділу. Відповідь оформити у вигляді таблиці у робочому зошиті.

У робочому зошиті розглянути схему мейотичного поділу та зробити відповідні позначення.

<u>Завдання 7.</u> Вивчити особливості прямого поділу – амітозу.

Амітоз (від грец. *a* – заперечна частка і *mitos* – нитка), або прямий поділ повинен би приводити до появи двох клітин, однак часто він веде до утворення дво- або багатоядерних клітин. Звичайно амітотичний поділ починається зі зміни форми і числа ядерець, які можуть фрагментуватися. Потім або одночасно відбувається поділ ядра. Воно може перешнуровуватися на два, або фрагментуватися. Вважають, що амітотичний поділ здебільшого характерний для старіючих клітин, приречених на загибель, або тимчасових, як наприклад, в зародкових оболонках, які після виконання своїх функцій редукуються.

Розглянути прямий поділ тваринної клітини на прикладі епітеліальних клітин сечового міхура пацюка.

На малому збільшенні добре помітні клітини різної форми (від кулястої до гантелеподібної) – ядра епітеліальних клітин слизової оболонки сечового міхура. В великих неправильної форми клітинах знаходиться 1-3 та більше ядер. Ядра розглянути на великому збільшенні. Під час прямого поділу ядро залишається в інтерфазному стані, клітина продовжує функціонувати. Ядро витягується в довжину, утворюється перетинка, яка швидко розривається.

Клітина стає двоядерною. В подальшому може відбутися цитотомія. Часто вона затримується, або взагалі не відбувається, в наслідок цього виникають багатоядерні клітини. Інколи видно поділ ядерець, які подовжуються і перешнуровуються.

Препарат 3. Прямий поділ. Амітоз епітеліальних клітин. Клітини слизової оболонки сечового міхура пацюка.

Забарвлення: гематоксилін.

Зарисувати препарат в робочий зошит і позначити: 1) ядро, витягнуте в довжину; 2) перетинка; 3) двоядерна клітина; 4) цитотомія; 5) багатоядерна клітина.

Контрольні питання

1. Що таке репродукція клітин?
2. Які існують типи поділу клітини?
3. Опишіть основні фази мітотичного поділу.
4. Чим відрізняється амітоз від інших типів поділу клітини і для яких організмів він характерний?
5. Порівняйте особливості мітозу в рослинних і тваринних клітинах. Яке біологічне значення він має?
6. В чому різниця між поняттями “мітоз” і “клітинний цикл”?
7. Дайте характеристику клітинному циклу.
8. Охарактеризуйте особливості перебігу профази I мейозу.
9. В чому полягає біологічне значення мейозу?
10. В чому полягають основні відмінності сперматогенезу від оогенезу?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки. – М. : Мир, 1994.– в 3 томах.
2. Антипчук Ю.П. Гистология с основами эмбриологии. – М.,1983.
3. Заварзин А.А., Заварзин А.Д. Основы общей цитологии. – Ленинград : Издат.
4. Иванов И.Ф., Ковальский П.А. Цитология, гистология, эмбриология. М.: Колос, 1969. – 447 с.
5. Новиков А.И., Святенко Е.С. Руководство к лабораторным занятиям по гистологии с основами эмбрилогии. – М.: Просвещение, 1984.
6. Трошин А.С., Браун О.Д., Вахтін та ін. Цитологія. – К: Вища школа, 1972. – 260 с.
7. Трускавецький Є.С. Цитологія: Підручник. – К. : Вища школа, 2004. – 254 с.
8. Ченцов Ю.С. Общая цитология. М.: Изд-во МГУ, 1984. 350 с.
9. Ченцов Ю.С. Малый практикум по цитологии. М. Изд.-во Московского ун-та., 1977. – 288с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Геннис Р. Биомембраны: Молекулярная структура и функции. – М. : Мир, 1997. – 624 с.
2. Гистология. / Под ред. Афанасьева Ю.И., Юриной Н.А. – М.: Медицина, 2002.– 685 с.
3. Дзержинський М.Е. та ін. Загальна цитологія і гістологія. – К., 2010.
4. Дондуа А. К. Биология развития. – М., 2005.
5. де Дюв К. Путешествие в мир живой клетки. – М. : Мир, 1987. – 256 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., 1990.
7. Меркулов П.И. Курс патогистологической техники. –Л.: «Медицина»,1969. – 424с.
8. Микроскопическая техника. / Под ред. Д.С. Саркисова, Ю.Л. Перова. – М.: Медицина, 1996. – 544 с.
9. Ролан Ж.-К., Селеши А., Селеши Д. Атлас по биологии клетки. – М.: Мир, 1978.
10. Свенсон К., Уэбстер П. Клетка. – М.: Мир, 1980. – 303 с.
11. Фаллер Д.М., Шилдс Д. Молекулярная биология клетки.– Москва: Бином-Пресс, 2003. – 272 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. http://www.nature.com/nature/index.html
2. http://www.sciencedirect.com/science
3. http://www.geront.kiev.ua/psid.htm
4. http://elibrary.ru
5. https://www.scopus.com/
6. http://www.cell.com/
7. http://cytology.pro/
8. http://www.kumc.edu/instruction/medicine/anatomy/histoweb/
9. http://humbio.ru/humbio/cytology/0009bdc5.htm
10. http://www.medbook.net.ru/36.shtml

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ
до іспиту з навчальної дисципліни «Загальна цитологія»

1. Розкрийте суть основних методів цитологічних досліджень.
2. В чому полягають особливості електронної мікроскопії? Які ви знаєте види електронних мікроскопів? Як готують матеріал для електронної мікроскопії?
3. Назвіть основні положення "клітинної теорії".
4. Охарактеризуйте загальні принципи організації клітини.
5. Назвіть основні риси відмінності в будові про- і еукаріот.
6. Охарактеризуйте особливості будови бактеріальної клітини.
7. Охарактеризуйте особливості будови грибної клітини.
8. Охарактеризуйте особливості будови рослинної клітини.
9. Обґрунтуйте різноманітність форм і функцій тваринних клітин.
10. Назвіть основні закономірності будови тваринних клітин.
11. Дайте характеристику основним функціям, які виконує клітинна мембрана.
12. Який з компонентів мембрани обумовлює властивість вибіркової проникності мембрани?
13. Яку будову має ліпідний шар в мембрані?
14. Яким чином проходять через мембрану великі білкові молекули і частки?
15. Яка відмінність між іонними каналами та іонними насосами?
16. Охарактеризуйте типи ендоцитозу та їхнє фізіологічне значення.
17. Які органели клітини мають одномембранну будову?
18. Які органели клітини мають двомембранну будову?
19. Які органели клітини мають немембранну будову?
20. Як утворюються мембрани в клітині?
21. Яку мають будову, хімічний склад і виконувані функції клітинна стінка і глікокалікс?
22. Назвіть основні види і механізми функціонування основних типів міжклітинних типів сполучень.
23. Дайте характеристику спеціалізованим структурам плазматичної мембрани.
24. Опишіть будову і функції рибосом.
25. Опишіть процес реплікації і транскрипції. Де вони відбуваються?
26. Які етапи біосинтезу білку відбуваються під час трансляції?
27. Що означає термін “компартмент”? Які компартменти в клітині ви знаєте?
28. Опишіть ультраструктуру та функції в клітині ЕПР.
29. Як відбувається сегрегація (обособлення) речовин, що синтезуються на рибосомах ЕПР?
30. Які особливості будови апарата Гольджі пов’язані з виконуваними функціями?
31. Які органели клітини називають літичними?
32. Які ферменти містяться в літичних органелах?
33. Які види ліричних органел існують?
34. Де і як утворюються лізосоми?
35. Які функції в клітині виконують пероксисом?
36. Особливості будови рослинних вакуолей.
37. Які особливості будови і функцій скоротливих вакуолей у найпростіших?
38. Опишіть морфологію та ультраструктуру мітохондрій.
39. Які функції виконують мітохондрії?
40. Опишіть процеси гліколізу (анаеробного окислення) і фосфорилювання АДФ. Дайте характеристику циклу Кребса.
41. Як відбувається збільшення числа мітохондрій в клітині?
42. Які ви знаєте пластиди?
43. Опишіть будову хлоропластів.
44. Дайте характеристику основним фазам фотосинтезу.
45. Яку будову і функції мають хромопласти і лейкопласти?
46. Яке значення в клітині мають пропластиди?

47. Охарактеризуйте фотосинтезуючі структури прокаріотних і нижчих еукаріотних клітин.
48. Охарактеризуйте біологічну роль вуглеводів.
49. Які структурні особливості вуглеводів забезпечують велике різноманіття полісахаридів?
50. Як будова вуглеводів пов'язана з їх біологічними функціями?
51. Де в клітині синтезуються і розщеплюються жири?
52. В чому особливості будови і властивостей молекули жиру і як ці особливості визначають найбільш важливі їх біологічні функції ?
53. Які особливості хімічної будови мають білки?
54. Які характеристики живого ви пов'язали б з властивостями білків ? Чим обумовлені різні біологічні властивості білків ?
55. Дайте характеристику основним етапам біосинтезу білків.
56. Що таке нуклеїнові кислоти? Які функції в клітині вони виконують?
57. Назвіть риси схожості і відмінності між білками і нуклеїновими кислотами. Вкажіть відмінності в будові ДНК і РНК.
58. Охарактеризуйте структуру і процес синтезу АТФ.
59. Опишіть будову мікротрубочок, їх хімічний склад та локалізацію в клітині.
60. Що являє собою центр організації мікротрубочок. Як утворюються мікротрубочки?
61. Опишіть будову мікрофіламентів, їх хімічний склад та локалізацію в клітині.
62. Яку будову мають війки, джгутики та кінетосоми клітин еукаріотів ? Як утворюються в клітині війки ?
63. Опишіть будову та механізм скорочення міофібрил?
64. Як відбувається рух нем'язових клітин?
65. Охарактеризуйте амебоїдний і війковий рух у прокаріот них і еукаріот них клітин.
66. Яку будову мають центріолі? Що таке центріолярний (центріосомний) цикл?
67. Основні функції ядра. Загальний план будови.
68. Будова та функції каріолеми, будова і функції ядерних пор.
69. Будова і функції ядерця.
70. Інтерфазні хромосоми. Еу- та гетерохроматин.
71. ДНК хромосом.
72. Хромосомні набори і зміни числа хромосом.
73. Особливості організації геному еукаріот.
74. Білки хроматину.
75. Рівні структурної організації хромосом.
76. Життєвий цикл клітини.
77. Репродукція клітини, її біологічне значення.
78. Види репродукції клітин.
79. Мітоз. Стадії мітотичного поділу.
80. Типи мітозу. Біологічне значення мітозу.
81. Мейоз, форми мейозу. Особливості стадій мейотичного поділу.
82. Профаза I мейозу.
83. Біологічне значення мейозу.
84. Гаметогенез.
85. Ендорепродукція: ендомітоз і політенія
86. Амітотичний (прямий) поділ клітин.
87. Диференціація клітин: теорії клітинної диференціації, типи морфологічної диференціації клітин.
88. Детермінація і потенції клітин.
89. Старіння і смерть клітин. Явище апоптозу і некрозу.