

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Кафедра водних біоресурсів

05-03-159М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни

«Гістологія і ембріологія водних тварин»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Водні біоресурси та
аквакультура» спеціальності 207 «Водні біоресурси та
аквакультура» денної і заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННІ
агроекології та землеустрою
Протокол № 5 від 19.11.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Гістологія і ембріологія водних тварин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водні біоресурси та аквакультура» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної і заочної форм навчання. [Електронне видання] / Полтавченко Т. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 41 с.

Укладач: Полтавченко Т. В. – кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри водних біоресурсів.

Відповідальний за випуск: Полтавченко Т. В. – кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри водних біоресурсів, завідувач кафедри водних біоресурсів.

Керівник групи забезпечення спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» Петрук А. М.

Попередня версія методичних вказівок 05-03-86

Зміст

Вступ	3
Лабораторна робота № 1. Гістологічні методи дослідження	4
Лабораторна робота № 2. Загальна будова клітин прокаріотів та еукаріотів	8
Лабораторна робота № 3. Будова і функції клітинних органел. Загальна організація тваринної та рослинної клітини	13
Лабораторна робота № 4. Статеві клітини. способи розмноження клітин	18
Лабораторна робота № 5. Статева система риб	24
Лабораторна робота № 6. Ембріогенез риб	27
Лабораторна робота № 7. Епітеліальна тканина	29
Лабораторна робота № 8. Нервова тканина	32
Лабораторна робота № 9. Сполучна тканина	36
Рекомендована література	41

© Т. В. Полтавченко, 2024

© НУВГП, 2024

Вступ

Дисципліна «Гістологія і ембріологія водних тварин» вивчає будову та функції еукаріотичних клітин, їх розмноження, будову та гістофізіологію тканин тваринних організмів, мікроскопічну будову органів, їх систем, апаратів, розвиток і будову статевих клітин, запліднення, ранні стадії ембріогенезу хребетних тварин. Вона є фундаментальною для опанування прикладних дисциплін, які формують спеціаліста з «Водних біоресурсів» та викладена у чотирьох розділах: цитологія, загальна гістологія, спеціальна гістологія і загальна ембріологія. До вивчення цих розділів студент повинен познайомитися з методами виготовлення гістологічних препаратів, будовою світлового мікроскопа та правилами користування ним.

Метою цієї науки є пізнання закономірностей будови і функції організму риб на різних рівнях структурної організації – клітинному, тканинному та органному.

Міждисциплінарні зв'язки: гістології та ембріології водних тварин є складовою частиною циклу фундаментальних дисциплін при підготовці бакалаврів зі спеціальності. Дисципліни, що передують вивченню гістології та ембріології водних тварин: зоологія (безхребетних, хордових), генетика, морфологія та фізіологія водних тварин, біохімія, гідрохімія водойм та біофізика організмів.

До числа дисциплін вивчення яких у подальшому базується на матеріалі зазначеної: рибництво природних водойм, рибництво штучних водойм, іхтіологія загальна та спеціальна, розведення риб. Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Лабораторна робота № 1. **ГІСТОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.**

Мета: *Ознайомитись з основними методами дослідження в цитології та гістології.*

Завдання: *Навчитися розрізняти в гістологічних препаратах і на електронограмах складові частини еукаріотичної клітини та їх структурні елементи.*

Обладнання та матеріали: *світлові мікроскопи, гістопрепарати, електронограми клітини, підручник, практикум, атлас, навчальні таблиці.*

Методика виготовлення цитологічних препаратів. Для успішного вивчення цитологічних препаратів важливим є знання методики їх підготовки.

З навчальною метою використовують як тимчасові, так і постійні препарати. Тимчасовими користуються одноразово, тоді як постійні можуть служити багато років.

Тимчасові цитологічні препарати мають ту перевагу, що їх легше і простіше виготовити. На них можна спостерігати живі клітини і тканини. Такі препарати виготовляють у вигляді мазків (наприклад, мазок крові), плівок (наприклад, плівка цибулі) чи розтягнутої пластинки пухкої тканини. Підготовлений належним чином об'єкт підфарбовують 0,1% розчином метиленової синьки або іншим барвником (нейтральним червоним, трипановим синім).

Після забарвлення препарат накривають накривним скельцем, тепер він готовий для вивчення під мікроскопом. Після взяття матеріалу (шматочка тканини завтовшки від 1 мм до 10 мм) його фіксують, щоб запобігти розкладанню.

Для цього використовують 5–20%-ий розчин формаліну або різні спирти чи складні суміші. Для виготовлення тонких зрізів (завтовшки від 5 мкм до 30 мкм) матеріал попередньо ущільнюють шляхом заморожування або просочування речовинами, які, ущільнюючись самі, роблять тканину придатною для різання.

Ріжуть на спеціальному апараті — мікротомі, який дає можливість отримати тонкі зрізи. Потім зрізи фарбують і

заключають між двома скельцями в спеціальне середовище, в якому вони зберігаються.

Для підвищення контрастності структур гістологічних та цитологічних препаратів служить методика фарбування об'єктів гістологічними барвниками, які **селективно (вибірково)** забарвлюють лише певні утвори, наприклад, ядра, еластичні мембрани, глікоген, ліпіди. Залежно від того, які фарби сприймає структура, її називають **базофільною** (якщо вона фарбується основними барвниками) чи **оксифільною** (при забарвленні кислими фарбами).

Метахромазія — це явище, коли певний утвір фарбується не в колір фарби, а в якийсь інший, тобто, коли між хімічними речовинами клітини і фарбою утворюються сполуки, що мають особливе забарвлення, не схоже на застосовану фарбу.

Класифікація цитологічних (гістологічних) фарб базується на вибірковості забарвлення тих чи інших структур.

Розрізняють декілька видів фарб. **Ядерні (основні) фарби:** гематоксилін — фарбує ядра в фіолетовий колір; сафранін — в яскраво-червоний; кармін — у червоний. **Цитоплазматичні (кислі, фонові) фарби:** еозин — забарвлює цитоплазму в рожевий колір, пікринова кислота — у жовтий, фуксин кислий — у червоний. **Спеціальні фарби:** орсеїн забарвлює еластичні елементи (волокна і мембрани) у вишнево-коричневий колір; судан I, II, III, IV — фарбує жири в оранжевий або коричневий колір (судан чорний B — у чорний); кармін за методикою Беста забарвлює глікоген у червоний колір.

Метод імпрегнації — це просочування тканин солями металів з наступним осадженням їх у вигляді дрібних металевих пилинок. Використовується для виявлення нервової тканини і клітинних границь.

Виготовлені таким чином препарати закладають у середовище (частіше в канадський бальзам) між двома скельцями (предметним і накривним), після чого вони стають придатними для вивчення під світловим мікроскопом.

Важливий момент при виготовленні препаратів для трансмісійного електронного мікроскопа — вибір фіксаторів.

Основним фіксатором є чотириокис осмію. Зневоднюють об'єкт у спиртах зростаючої міцності і заливають епоксидними смолами, які полімеризуються і тверднуть. У процесі підготовки об'єкта для дослідження під мікроскопом можуть виникати штучні утвори, які стають причиною отримання хибних результатів. Такі штучні утвори мають назву артефакти. Прикладом простих артефактів є пухирці повітря, осад фарби, волокна тканини які потрапляють під накривне скельце. Більш складні артефакти — це зміни форми клітини, виникнення щілин унаслідок надмірного ущільнення тканин при фіксації матеріалу тощо.

Світлова мікроскопія. Сучасні світлові мікроскопи — це складні оптичні системи. Для вивчення гістологічних препаратів найчастіше застосовують стандартні світлові мікроскопи, які дають можливість отримувати збільшення у 2500–3000 разів. Крім звичайного світлового мікроскопа, який залишається основним інструментом при вивченні клітин і тканин, для спеціальних цілей використовують **фазовоконтрастний, інтерференційний, поляризаційний та інші мікроскопи.**

У **фазовоконтрастному мікроскопі** використовується явище **дифракції**. Застосовується такий мікроскоп для вивчення живих об'єктів без їх фіксації та фарбування.

У **темнопільному мікроскопі** світло падає скісно і тут використовується ефект Гиндаля, коли структури стають видимими завдяки їх різкому свіченню на темному фоні. Метод може застосовуватися для вивчення живих клітин.

Флуоресцентна (люмінісцентна) мікроскопія використовує явище флуоресценції, свічення об'єкта, збуджене ультрафіолетовими променями. Розрізняють первинну, власну флуоресценцію, вторинну, або наведену, що збуджується флуорохромами.

Ультрафіолетова мікроскопія ґрунтується на принципі використання явища вибіркового поглинання ультрафіолетових променів речовинами. Різні речовини мають різні спектри поглинання цих променів, що дає можливість виявляти певні сполуки, наприклад, диференціювати ДНК і РНК.

Електронна мікроскопія. У ньому використовується як джерело світла потік електронів, який має значно коротшу довжину хвилі, ніж світловий мікроскоп.

Методи вивчення хімізму клітин. В останній час з метою вивчення хімічної структури клітин та їх компонентів використовується цілий ряд нових методів досліджень до яких належать *цитохімічні та гістохімічні методи*, які дають можливість виявляти локалізацію в клітині різних хімічних речовин, а також активність деяких ферментів.

Існує ряд кількісних оцінок клітинних структур.

Морфометричні методи — сукупність прийомів, які дають можливість кількісної оцінки параметрів клітинних структур.

Стереологічні методи дозволяють шляхом спеціальних прийомів і розрахунків визначити тривимірні параметри об'єктів, оцінюючи на зрізах їх лінійні і площинні виміри.

Існують напівавтоматичні та автоматичні методи аналізу зображень, які за допомогою комп'ютерів дають можливість швидко кількісно оцінити багато ознак на препараті та за їх сукупністю ідентифікувати ті чи інші структури.

Цитофотометрія — метод кількісного визначення вмісту різних речовин у клітині на основі вивчення спектрів поглинання ними світлових променів.

Диференціальне центрифугування — метод, який дає можливість виділити в достатньо чистому вигляді потрібну кількість органел, необхідних для їх повного біохімічного аналізу.

Методи дослідження живих клітин. Цінність методу культури тканин полягає в тому, що, з одного боку, об'єктом досліджень є клітина як природна модель-одиниця біологічної активності, що наближає умови експерименту до природних.

Комплексні методи вивчення клітин. Основні методики дослідження клітин показують багатство арсеналу методів у цитології й дають можливість здійснювати точний аналіз, починаючи зі структури клітини до молекулярної композиції окремих її частин.

Запитання для самоперевірки:

1. Методика виготовлення цитологічних препаратів.

3. Використання та застосування світлової мікроскопії.
4. Електронна мікроскопія, її застосування при гістологічних дослідженнях.
5. Методи вивчення хімізму клітин.

Лабораторна робота № 2. **ЗАГАЛЬНА БУДОВА КЛІТИН ПРОКАРІОТІВ ТА** **ЕУКАРІОТІВ.**

Мета: ознайомитись з особливостями загальної будови клітин прокаріотів та еукаріотів.

Завдання: отримати загальне уявлення про структуру та особливості організації клітини еукаріотичних та прокаріотичних організмів, визначити основні її структурні компоненти.

Обладнання та матеріали: світлові мікроскопи, гістопрепарати, електроннограми клітини, підручник, практикум, атлас, навчальні таблиці.

Загальні уявлення про клітину. Клітина - основна структурно-функціональна одиниця всіх живих організмів, елементарна біологічна система. Виняток становлять віруси, які є неклітинними формами життя. На клітинному рівні повністю проявляються всі основні риси життя: обмін речовин та енергії, здатність до розмноження, збереження й передача спадкової

Загальна характеристика клітини. Будь-яка клітина складається з поверхневого апарату, цитоплазми, органел та інших внутрішньоклітинних структур.

Поверхневий апарат клітини утворений плазматичною мембраною, над мембранними і під мембранними структурами. Він обмежує внутрішній вміст клітини, захищає його від впливів зовнішнього середовища, через нього здійснюється обмін речовин між клітиною та довкіллям.

Цитоплазма — це внутрішнє середовище клітини, що міститься між плазматичною мембраною і ядром. Вона являє собою колоїдний розчин органічних і мінеральних речовин. Внутрішнє середовище клітини характеризується відносною сталістю будови та властивостей (гомеостаз). Основа (матрикс)

цитоплазми - гіалоплазма (від грец. хіалос — скло та плазма - виліплений) становить складну безбарвну колоїдну систему клітини. У складі гіалоплазми є розчинні білки, РНК, полісахариди, ліпіди. В цитоплазмі певним чином розташовані клітинні структури (мембрани, органели, цитоскелет, включення тощо).

Органели - це постійні клітинні структури, які, виконуючи певні функції, забезпечують процеси життєдіяльності клітини (травлення, рух, зберігання та передачу спадкової інформації, синтез органічних сполук, їхній транспорт тощо). Органелами клітин рослин, тварин і грибів є *ядро, ендоплазматична сітка, рибосоми, лізосоми, клітинний центр, клітинні мембрани, різні типи вакуолей, джгутики, війки, псевдоподії (несправжні ніжки), мікротрубочки, мікрони-точки (мікрофіламенти), мітохондрії, пластиди тощо*. Одні з них укриті подвійною мембраною (ядро, хлоропласти, мітохондрії), інші - однією (вакуолі, лізосоми, ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі) або взагалі не мають мембранної оболонки (рибосоми, мікротрубочки, мікрофіламенти).

Клітинні мембрани - це тоненькі плівки (6-10 нм завтовшки) ліпопротеїдної природи (комплексні сполуки ліпідів з білками, крім яких у складі мембран можуть бути і глікопротеїди - вуглеводи, зв'язані з білками). Клітини вкриті плазматичною мембраною, яка входить до складу поверхневого апарату. Клітинні мембрани оточують більшу частину органел і поділяють цитоплазму з розташованими в ній органелами на окремі функціональні ділянки - компартменти.

Цитоскелет - це система мікротрубочок і мікрониточок, яка слугує опорою клітини і бере участь у її русі.

Включення - це запасні сполуки або продукти обміну речовин. Вони розташовані в цитоплазмі у вигляді крапельок ліпідів чи твердих кульок (гранул) крохмалю, глікогену та інших полісахаридів або білків. Є включення у вигляді кристалів (наприклад, солі щавлевої кислоти в клітинах пагонів щавлю).

Надмембранні та підмембранні комплекси клітин.

Клітинна оболонка загалом складається із зовнішнього шару, розміщеного над плазматичною мембраною, самої мембрани, а також деяких структур, розташованих під нею.

У тваринних клітин тонкий поверхневий шар - завтовшки кілька десятків нанометрів - називають глікокаліксом.

Глікокалікс (від грец. глікис — солодкий та лат. каллюм — товста шкіра) складається з глікопротеїдів (сполук білків з вуглеводами) і частково гліколіпідів (сполук ліпідів з вуглеводами), приєднаних до плазматичної мембрани. Він забезпечує безпосередній зв'язок клітин із зовнішнім середовищем; завдяки наявності у ньому ферментів може відбуватись позаклітинне травлення, через глікокалікс клітина сприймає подразнення. Крім того, він забезпечує зв'язок між клітинами. Оскільки його шар дуже тоненький, він не виконує опорної функції, притаманної клітинним стінкам рослин, грибів і прокаріот. Певної жорсткості оболонкам тваринних клітин може надавати пелікула, присутня в клітинах багатьох найпростіших (інфузорій, евглен тощо).

Пелікула (від лат. пелліс - шкіра) - це комплекс, що складається з плазматичної мембрани та структур, розташованих під нею у зміненому зовнішньому шарі цитоплазми (ектоплазмі). У різних організмів товщина та структура пелікули можуть варіювати. Найскладніша будова пелікули в інфузорій. У клітин прокаріот, грибів і рослин плазматична мембрана ззовні вкрита клітинною стінкою, структура та хімічний склад якої відрізняються у різних систематичних груп.

Клітинні стінки можуть дерев'яніти, тобто проміжки між волоконцями целюлози заповнюються особливою органічною сполукою — лігніном, що також сприяє виконанню опорної функції. Клітинна стінка містить пори, вистелені мембраною, через які проходять міжклітинні цитоплазматичні містки. Усі сполуки клітинної стінки синтезуються у самій клітині.

Через клітинні стінки рослин відбувається транспорт води і певних сполук. Проникність оболонок рослинних клітин можна проілюструвати на прикладі явищ плазмолізу та деплазмолізу. Якщо клітина опиняється у розчині, концентрація солей якого вища за концентрацію солей у цитоплазмі, то вода виходить з клітини.

Це спричинює явище *плазмолізу* - відокремлення пристінкового шару цитоплазми від щільної оболонки. Рослинна клітина, за умови, що цей процес відбувається повільно, тривалий

час може залишатися живою. Якщо клітина опиниться у розчині, концентрація солей якого буде нижчою за концентрацію солей у цитоплазмі, — спостерігатиметься зворотний процес - явище **деплазмолізу**, за якого вода буде надходити у клітину і внутрішньоклітинний тиск зростатиме.

У різних груп грибів структура і хімічний склад клітинної стінки мають певні відмінності. Основу її становлять різноманітні полісахариди (целюлоза, хітин, глікоген тощо), характерні для тієї чи іншої групи. Крім того, до складу клітинних стінок деяких грибів входять темні пігменти (меланіни), розчинні цукри, пептиди, амінокислоти, фосфати тощо.

До підмембранних комплексів клітин, крім згаданої вище пелікули, належать білкові утворення (мікротрубочки та мікрофіламенти), які становлять опору клітин (цитоскелет). Елементи цитоскелета виконують опорну функцію, сприяють закріпленню органел у певному положенні, а також їхньому переміщенню в клітині.

Мікрофіламенти (від грец. мікрос - маленький та лат. філаментум - нитка) - це тоненькі нитки (діаметр - 4-7 нм) зі скоротливих білків (актину, міозину тощо), які пронизують цитоплазму. Мікрофіламенти можуть утворювати плетиво під плазматичною мембраною. Вони беруть участь у зміні форми клітини, наприклад, під час її руху, а також під час поділу тваринних клітин. Пучочки мікрофіламентів одним кінцем прикріплюються до однієї структури (наприклад, мембрани), а другим - до іншої (різні органели, молекули біополімерів).

При збудженні клітини мікрофіламенти ковзають один відносно одного, зближуючи чи віддаляючи прикріплені до їхніх кінців структури.

Мікротрубочки - порожнисті циліндричні структури діаметром 10-25 нм, що складаються переважно з білка тубуліну (мол. 20). Вони беруть участь у формуванні веретена поділу еукаріотичних клітин, у внутрішньоклітинному транспорті речовин, входять до складу війок, джгутиків, центріолей. Як мікрофіламенти, так і мікротрубочки - полярні утворення, тобто їхні кінці (полюси) мають різні властивості: з одного кінця вони

постійно нарощуються, приєднуючи нові білкові молекули з гіалоплазми, а з іншого - ці молекули послідовно від'єднуються.

Взаємодія мембран в еукаріотичній клітині. Як вам відомо, в еукаріотичних клітинах є система внутрішньоклітинних мембран, які поділяють її на компартменти. Одна з функцій компартментів — забезпечення можливості одночасного здійснення багатьох несумісних біохімічних процесів. *Розрізняють такі основні клітинні компартменти: ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, мітохондрії, пластиди, лізосоми, ядро.*

Плазматична мембрана еукаріотичних клітин тісно пов'язана, а в певних місцях становить єдине ціле, з мембранами ендоплазматичної сітки. Вони поділяють клітину на велику кількість комірок, що відіграє важливу роль у регуляції внутрішньоклітинних ферментних систем, транспорті речовин та перебігу процесів обміну. Мембрани ендоплазматичної сітки безпосередньо пов'язані з мембранами комплексу Гольджі, який забезпечує зберігання, пакування і транспорт речовин, синтезованих на мембранах ендоплазматичної сітки або ним самим.

За допомогою комплексу Гольджі відтворюються різні мембранні структури клітини, зокрема лізосоми, формуються нові плазматичні мембрани і клітинні стінки під час поділу рослинних клітин. Лізосоми здатні зливатися з піноцитозними чи фагоцитозними пухирцями, мембрани яких, у свою чергу, виникають із плазматичної. З мембран ендоплазматичної сітки утворюється ядерна оболонка після поділу клітини. Так, зовнішня ядерна мембрана є продовженням мембрани ендоплазматичної сітки, і на її поверхні можуть розміщуватись рибосоми.

Мітохондрії та пластиди вкриті подвійною мембраною. Внутрішня мембрана утворює вгини. Ці органели само відтворюються поділом і не мають прямих зв'язків з іншими мембранними структурами клітини.

Таким чином, єдина мембранна система клітини становить комплекс мембранних структур, пов'язаних між собою просторово та функціонально.

Запитання для самоперевірки:

1. Загальне уявлення та характеристика клітини.
2. Назвіть складові частини клітини.
3. Ультраструктура і функції оболонки клітини.
4. Що входить до складу цитоплазми?
5. Критерії класифікації органел.
6. Які Ви знаєте мембранні органели?

Лабораторна робота № 3.
БУДОВА І ФУНКЦІЇ КЛІТИННИХ ОРГАНЕЛ.
ЗАГАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТВАРИННОЇ ТА РОСЛИННОЇ
КЛІТИНИ.

Мета: *Ознайомитись з особливостями будови та функціями клітинних органел, загальною організацією тваринної і рослинної клітини.*

Завдання: *Отримати загальне уявлення про структуру, особливості будови та організації клітин тваринних та рослинних організмів, визначити їх основні структурні компоненти.*

Обладнання та матеріали: *світлові мікроскопи, гістопрепарати, електронограми клітини, підручник, практикум, атлас, навчальні таблиці.*

Клітина - основна структурно-функціональна одиниця всіх живих організмів, елементарна біологічна система. Виняток становлять віруси, які є неклітинними формами життя. На клітинному рівні повністю проявляються всі основні риси життя: обмін речовин та енергії, здатність до розмноження, збереження й передача спадкової інформації нащадкам тощо.

Цитоплазма та її компоненти. Внутрішній вміст клітини, за винятком ядра, **називають цитоплазмою**. Цитоплазма становить собою неоднорідний колоїдний розчин - гіалоплазму з розташованими в ній органелами та іншими структурами. **Гіалоплазма** - це прозорий розчин органічних і неорганічних сполук у воді; частка останньої становить від 50 до 90%. З органічних сполук у гіалоплазмі переважають гідрофільні білки, поліпептиди, вільні амінокислоти, є також моно- та олігосахариди, полісахариди, ліпіди, різні типи РНК, окремі нуклеотиди.

Гіалоплазма як внутрішнє середовище клітини об'єднує всі клітинні структури і забезпечує їхню взаємодію. В ній відбувається транспорт речовин, перебігає частина процесів пластичного та енергетичного обміну. Гіалоплазмі властивий постійний рух.

У клітинах тварин цитоплазма може поділятися на екто- та ендоплазму. **Ектоплазма** - прозорий щільний шар цитоплазми, позбавлений більшості органел і включень. Він розташований під плазматичною мембраною і містить плетиво з мікрониточок. **Ендоплазма** (від грец. ендон -усередині) - внутрішній шар цитоплазми, меншої густини, ніж ектоплазма, який містить різноманітні органели і включення.

Клітинні включення - це непостійні структури, які то виникають, то зникають у процесі життєдіяльності клітини. Вони містяться у цитоплазмі чи клітинному соку вакуолей рослинних клітин у твердому або рідкому стані і можуть мати вигляд кристалів, зерен (гранул) чи краплин. Це насамперед запасні речовини.

У цитоплазмі клітин багатьох організмів є нерозчинні продукти обміну: солі сечової кислоти, кристали щавлевокислого кальцію (у клітинному соку шавлію, бегонії та інших рослин).

Одномембранні органели, їхня будова та функції. У клітині є органели, оточені мембранами: ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, вакуолі. **Ендоплазматична сітка** - це система порожнин у вигляді мікроскопічних каналців та їхніх потовщень, що сполучаються між собою і оточені мембраною. Діаметр каналців перевищує 50 нм, їхні потовщення (в діаметрі до 1 000 нм і більше) називають цистернами. Подібно до компонентів цитоскелета мембрани полярні: з одного кінця вони нарощуються, а з іншого-розпадаються на окремі фрагменти.

Розрізняють два види ендоплазматичної сітки — шорстку (гранулярну) та гладеньку (агранулярну). На мембранах шорсткої ендоплазматичної сітки розміщені рибосоми, які під час біосинтезу білка утворюють комплекси з РНК - полірибосоми (полісами). Гладенька ендоплазматична сітка не має на своїх мембранах рибосом. Вона є похідною від шорсткої, тому їхні мембрани безпосередньо переходять одна в одну. Мембрани

шорсткої ендоплазматичної сітки можуть сполучатися і з плазматичною мембраною.

На мембранах шорсткої ендоплазматичної сітки відбувається біосинтез білків. Ці мембрани також розподіляють синтезовані білки між різними частинами клітини, зокрема по них білки транспортуються до комплексу Гольджі або виводяться назовні.

На мембранах гладенької ендоплазматичної сітки синтезуються стероїдні гормони, ліпіди, вуглеводи, які можуть накопичуватись в її порожнинах. На них відбувається обмін деяких полісахаридів (глікогену). У порожнинах гладенької ендоплазматичної сітки (наприклад, у клітинах печінки) накопичуються токсичні сполуки, які знешкоджуються за участю окиснювальних ферментів і виводяться з клітини.

Комплекс Гольджі. Основною структурною одиницею цієї органели є стопка (від 5 до 20 і більше) плоских цистерн (мішечків), вкритих мембранами. Поряд з мішечками розміщені пухирці та каналці. Цистерни комплексу Гольджі, як правило, полярні: до одного полюса безперервно підходять пухирці, які відриваються від ендоплазматичної сітки і містять продукти синтезу. Вони зливаються з цистернами, віддаючи їм свій вміст. З іншого полюса цистерн відокремлюються пухирці, наповнені різними речовинами. Вони транспортують ці сполуки в інші ділянки клітини або виводять їх (секретують) за її межі.

Зокрема, комплекс Гольджі бере участь в утворенні лізосом, що містять гідролітичні ферменти, синтезовані на мембранах шорсткої ендоплазматичної сітки.

Функції комплексу Гольджі різноманітні. Насамперед у ньому накопичуються і певним чином змінюються деякі речовини (наприклад, білки), які потім ззовні вкриваються мембранами та секретуються. У комплексі Гольджі формуються лізосоми.

Отже, комплекс Гольджі бере участь у побудові плазматичної мембрани та інших клітинних мембран. Вони містять різноманітні гідролітичні ферменти, здатні розщеплювати органічні сполуки (білки, ліпіди, вуглеводи, нуклеїнові кислоти) і забезпечують процеси внутрішньоклітинного травлення. В клітині містяться різні типи лізосом, які відрізняються за особливостями будови.

Будова та функції мітохондрій. Мітохондрії - це двомембранні органели, які містяться в усіх еукаріотичних клітинах. Мітохондрії мають форму округлих тілець, паличок, ниток, іноді мітохондрії розгалужуються.

Поверхневий апарат мітохондрій складається з двох мембран - зовнішньої та внутрішньої. Зовнішня мембрана гладенька, вона відмежовує мітохондрію від гіалоплазми. Внутрішня мембрана утворює вгини всередину мітохондрій, які мають вигляд трубчастих або гребінчастих утворів - крист. Кристи можуть бути по-різному розташовані щодо поздовжньої осі мітохондрії, вони часто галузяться.

Будова та функції пластид. Пластиди- двомембранні органели клітин рослин і деяких тварин. Пластиди різноманітні за формою, розмірами, забарвленням, особливостями будови. У клітинах вищих рослин розрізняють три типи пластид: хлоропласти, хромопласти та лейкопласти.

Хлоропласти - пластиди, забарвлені в зелений колір завдяки пігменту хлорофілу. Як правило, хлоропласти мають видовжену форму. Внутрішня мембрана утворює складчасті вгини всередину матриксу: ламели та тилакоїди. Основна функція хлоропластів - здійснення фотосинтезу. **Лейкопласти** - безбарвні пластиди різноманітної форми. Від хлоропластів вони відрізняються відсутністю розвиненої ламелярної системи. Деякі лейкопласти майже повністю заповнені зернами крохмалю.

Хромопласти - пластиди, забарвлені в різні кольори - жовтий, червоний тощо. Вони надають певного кольору пелюсткам, плодам, листкам. Забарвлення хромопластів зумовлюють різні пігменти, які можуть накопичуватись у них в різній кількості.

Будова ядра. Ядро складається з поверхневого апарату та внутрішнього середовища (ядерного матриксу). Внутрішнє середовище ядра – ядерний матрикс — складається з ядерного соку (каріоплазми), ядерець, рибонуклеопротейдних комплексів і ниток хроматину.

Каріоплазма (від грец. каріон—ядро горіху) - внутрішній вміст ядра, в який занурені ядерця, хроматин і різноманітні гранули. За будовою та властивостями каріоплазма нагадує цитоплазму. В ній є

білкові фібрили завтовшки 2-3 нм, які формують внутрішній скелет ядра, що сполучає ядерця, нитки хроматину, ядерні пори тощо.

Ядерця розміщені у каріоплазмі більшості клітин еукаріот. Їхня кількість може бути різною - від одного до багатьох. Це щільні структури, які складаються з рибонуклеопротейдних фібрил (комплексів РНК з білками), внутрішньоядерцевого хроматину та гранул - попередників субодиноць рибосом.

Функції ядра. Ядро зберігає спадкову інформацію і передає її дочірнім клітинам під час поділу. В ядрах за участю ядерць формуються рибосоми, які потім надходять у цитоплазму і беруть участь у біосинтезі білків. Таким чином, завдяки реалізації спадкової інформації, закодованої у вигляді послідовності нуклеотидів молекули ДНК, ядро регулює біохімічні, фізіологічні та морфологічні процеси є клітині.

Рибосоми. Органели руху. Клітинний центр. Рибосоми — немембранні органели, які беруть участь у синтезі білка в клітинах. Це сферичні тільця діаметром близько 20 нм. Вони містять рРНК і білки, що взаємодіють між собою, утворюючи рибонуклеопротейдні комплекси. Рибосоми складаються з двох субодиноць, різних за розмірами: великої та малої. Кожна субодиноця являє собою єдиний рибонуклеопротейдний комплекс. Рибосомні субодиноці можуть роз'єднуватись між собою і сполучатися знову під дією певної концентрації іонів кальцію, деяких біологічно активних речовин тощо. Велика та мала рибосомні субодиноці сполучаються в рибосому поза ядром у місцях синтезу білків.

Органели руху. До органел руху клітини належать псевдоподії (несправжні ніжки), джгутики та війки. **Псевдоподії** - тимчасові вирости цитоплазми клітин деяких найпростіших або багатоклітинних тварин. Псевдоподії виникають завдяки рухові цитоплазми, що перетікає в певне місце клітини, утворюючи виріст. **Джгутики та війки** мають вигляд тоненьких виростів цитоплазми. Їхні внутрішня структура та діаметр подібні, а відрізняються вони за довжиною і характером рухів. Джгутики та війки відомі в одноклітинних організмів та в окремих клітин багатоклітинних.

Джгутики та війки вкриті плазматичною мембраною. Всередині цих органел розташована складна структура з мікротрубочок. На поперечному розрізі через джгутик або війку можна помітити дев'ять подвійних мікротрубочок на периферії та ще дві - в центрі.

Запитання для самоперевірки:

1. Цитоплазма та її компоненти.
2. Одномембранні органели, їхня будова та функції.
3. Ендоплазматична сітка та комплекс Гольджі.
4. Будова та функції пластид.
5. Складові компоненти ядра, його функції.

Лабораторна робота № 4. СТАТЕВІ КЛІТИНИ. СПОСОБИ РОЗМНОЖЕННЯ КЛІТИН.

Мета: *Ознайомитись з основними способами розмноження клітин: мітоз, амітоз та мейоз.*

Завдання: *Вивчити основні фази поділу клітин при статевому та без статевому розмноженні, зробити їх порівняльну характеристику.*

Обладнання та матеріали: *світлові мікроскопи, гістонпрепарати, електронограми, підручник, практикум, атлас, навчальні таблиці.*

Статеві клітини (гаметоцити). Серед статевих клітин розрізняють два різновиди — сперматозоїди та яйцеклітини. Як і соматичні клітини, вони побудовані з ядра та цитоплазми з органелами і включеннями. Особливі властивості гаметоцитів полягають у нездатності до поділу вмісту в ядрах гаплоїдного (половинного) набору хромосом.

Сперматозоїд — дозріла гаплоїдна чоловіча статеві клітина тварин, людини і багатьох рослин. Його відкрив А. Левенгук у 1677 р. в спермі ссавців, а як термін увів К. М. Бер у 1827 р.

Однією з основних властивостей сперматозоїдів є їх здатність до руху проти току рідини, основну роль в якому відіграє хвіст (джгутик). Розміри і форми сперматозоїдів у різних тварин і рослин дуже відрізняються.

Сперматозоїди складаються з *головки, шийки і хвостового відділу*. Більшу частину головки займає щільне, багате на

нуклеопротейні ядро, в якому локалізується спадковий матеріал. Сперматозоїди є гетерогенними, оскільки в їхніх ядрах містяться різні типи статевих хромосом. Одна половина їх містить Х-хромосому, а друга — У-хромосому. Статеві хромосоми мають генетичну інформацію, що визначає статеві ознаки самця. Від інших хромосом вони відрізняються великим вмістом гетерохроматину, розміром і будовою.

Яйцеклітина — жіноча статеві клітина, з якої в результаті запліднення чи партеногенезу розвивається новий організм. У ссавців її відкрив К. М. Бер (1827). Розміри яйцеклітини значно перевищують розміри сперматозоїда. Діаметр яйцеклітини може коливатися від 100 мкм до кількох сантиметрів і зумовлюється кількістю жовтка (включення цитоплазми), який є необхідним поживним матеріалом для розвитку зародка.

Яйцеклітини хребетних тварин мають овальну або кулясту форму. Вони здебільшого нерухомі, складаються з ядра і цитоплазми. Яйцеклітини вкриті кількома оболонками. Розрізняють первинну, вторинну і третинну оболонки. **Первинною** є цитоплазматична мембрана, яка наявна завжди. У багатьох тварин плазмолема яйцеклітини утворює складки або мікроворсинки, біля яких накопичується жовток. Таку оболонку називають **жовтковою**, або **вітеліновою**.

Вторинна оболонка є похідною від фолікулярних клітин яєчника і складається з них. Вона виконує трофічну і захисну функції, запобігає *поліспермії*, тобто заплідненню яйцеклітини багатьма сперматозоїдами. Відростки фолікулярних клітин тонкі, прозорі. Вони дотикаються до плазмолем і утворюють **блискучу зону**. Зовнішня частина вторинної оболонки, яка містить ядра, формує **променистий вінець**.

Третинні оболонки яйцеклітини формуються з матеріалу, що продукується клітинами яйцепроводу. Вони відіграють захисну і трофічну функції, беруть участь у газо- та мінеральному обміні зародка. Добре розвинені вони у птахів, плазунів, амфібій, деяких риб. Яйцеклітинам властива полярність, яка пояснюється нерівномірним розміщенням жовтка та інших цитоплазматичних структур. У зв'язку з цим в яйцеклітині розрізняють **анімальний і вегетативний полюси**.

Зовнішній шар цитоплазми яйцеклітини називають **кортикальним**. Він здійснює перенесення поживних речовин і бере участь у створенні оболонки зиготи, розвитку зародка на ранніх стадіях ембріогенезу, запобігає поліспермії. Класифікація яйцеклітин ґрунтується на кількості жовтка в них і його розміщенні у цитоплазмі. За кількістю жовтка яйцеклітини поділяють на три групи — маложовткові (**оліголецитальні**), яйцеклітини із середнім вмістом жовтка (**мезолецитальні**) та багатожовткові (**полілецитальні**).

За розміщенням жовтка в цитоплазмі розрізняють яйцеклітини з рівномірним розподілом жовтка (**ізолецитальні** або **гомolecитальні**) та з локалізацією жовтка біля одного з полюсів (**телolecитальні**). Ізолецитальні яйцеклітини характерні для ланцетника, голкошкірих і ссавців, телolecитальні — для амфібій, деяких риб, плазунів, птахів, яйцекладних ссавців.

Мітоз - непрямої розподіл, основний спосіб розподілу еукаріотних кліток. Біологічне значення мітозу складається в строго однаковому розподілі редукованих хромосом між дочірніми клітками, що забезпечує утворення генетично рівноцінних кліток і зберігає наступність у ряді клітинних поколінь. Тривалість мітозу в середньому 1-2 ч., різна для різних видів кліток.

Препарат 1. Мітоз рослинних клітин корінця цибулини (фарбування залізним гематоксином). При малому збільшенні мікроскопа розгляньте корінець цибулини і знайдіть в ньому зону розмноження в якій відбувається поділ клітин за допомогою мітозу (зверху від кореневого чохла). Поставте цю зону в центр поля зору і переведіть мікроскоп на велике збільшення. Користуючись цим збільшенням мікроскопа знайдіть у зоні розмноження інтерфазну клітину. Вона має кубічну або стовпчасту форму, велике ядро з одним чи двома ядрцями і грудочками хроматину, а також добре виражену оболонку.

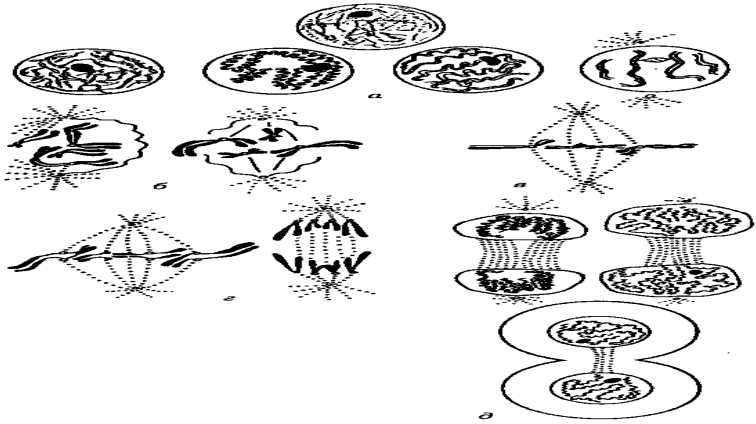


Рис. 1. Схема мітотичних фаз у тваринній клітині: *a* — профаза; *б* — прометафаза; *в* — метафаза; *г* — анафаза; *д* — телофаза.

У цій же зоні знайдіть клітини у фазах мітозу: профазі, метафазі, анафазі і телофазі. Замалюйте інтерфазну клітину і позначте в ній: 1 — оболонка; 2 — ядро; 3 — ядерце; 4 — цитоплазма.

Замалюйте також клітини у фазах мітозу: профазі (стадія пухкого клубка), метафазі (екваторіальна пластинка), анафазі (пізня стадія) і телофазі (дочірні клітини) підковоподібним або лопатевим ядром. Їх цитоплазма слабобазофільна.

Амітоз, або прямий поділ — це поділ інтерфазного ядра внаслідок перетяжки без утворення хромосом поза мітотичним циклом. Він може обмежуватися поділом ядра без цитокінезу і зумовлювати утворення двох- і багатоядерних клітин.

Розподіл генетичного матеріалу може бути рівномірним і нерівномірним. За рівномірного розподілу ДНК амітоз називають *генеративним*, а за нерівномірного — *дегенеративним*.

Третьою формою амітотичного поділу є *реактивний амітоз*, пов'язаний з реакцією клітин на подразнення, зумовлену ушкодженням тканини. Амітоз характерний для тканин органів, які завершили свою життєдіяльність згідно з кінцевими етапами диференціації.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика мітозу і амітозу

ВІДМІННІ ОЗНАКИ	МІТОЗ (непрямий поділ)	АМІТОЗ (прямий поділ)
Походження назви	Грець. mitos – нитка	Грець. а-не, без + mitos – нитка
Ядерна оболонка	Руйнується	Зберігається
Ядерця	Руйнуються	Зберігаються
Веретено поділу	Утворюється	Не утворюється
Хромосоми	Видимі в оптичний мікроскоп	Невидимі в оптичний мікроскоп
Хромосоми	Спіралізуються	Перебувають у робочому (деспіралізованому) стані
Розподіл ДНК	Точний	Неточний (клітини мають порушений набір хромосом)
Кількість дочірніх клітин	Дві	Дві або клітина не ділиться і залишається двоядерною
Тривалість життя дочірніх клітин	Нормальна	Як правило, швидко гинуть
Характерний	Для клітини рослин, тварин і грибів	Для деяких типів клітин (м'язові, епітеліальні)

Мейоз — особливий вид поділу, внаслідок якого відбувається редукція (зменшення) числа хромосом і перехід клітин з диплоїдного в гаплоїдний стан. Унаслідок мейозу утворюються статеві клітини. Мейоз містить два послідовних поділи, розділені інтеркінезом. Характерною особливістю першого поділу мейозу є складна і дуже розтягнута в часі профазя, яка відбувається в ядрі

сперматоцитів та овоцитів першого порядку (фактично в періоді росту). Основними процесами, які відбуваються у профазі I є: конденсація хромосом, зближення і *кон'югація* гомологічних пар з утворенням *бівалентів* та *кросинговер*.

У профазі розрізняють п'ять стадій: лептонему (лептотену), зигонему (зиготену), пахінему (пахітену), диплонему (диплотену) і діакінез.

Біологічне значення мейозу. Якби під час мейотичних поділів не зменшувалася кількість хромосом, то в кожному наступному поколінні при злитті ядер статевих клітин вона зростала б удвічі. Завдяки мейозу дозрілі статеві клітини одержують гаплоїдний набір хромосом. При заплідненні відновлюється диплоїдний набір, притаманний даному виду організмів. Так зберігаються постійні для кожного виду набір хромосом (каріотип) та кількість ядерної ДНК.

Обмін ділянками між гомологічними хромосомами, а також незалежне розходження гомологічних хромосом до різних дочірніх клітин, сприяє спадковій мінливості, оскільки з'являються нові комбінації різних станів певних генів.

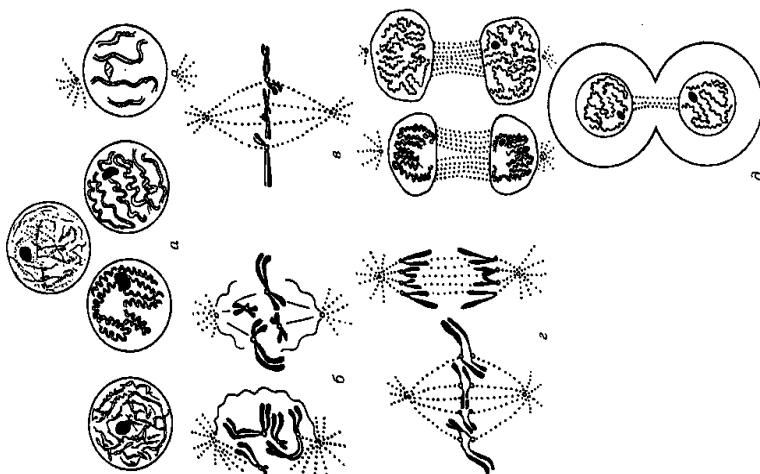


Рис. 2. Схема мейозу: 1-5 - профаза I; 6 - метафаза I (а) та анафаза I (б); 7 - телофаза I; 8 - другий поділ мейозу; 9 - чотири гаплоїдні клітини (білі хромосоми - батьківські, чорні - материнські).

З кожної пари гомологічних хромосом, які входять до хромосомного набору диплоїдних організмів, у гаплоїдному наборі статевих клітин міститься лише одна. Вона може бути батьківською, материнською, батьківською з ділянкою материнської або материнською з ділянкою батьківської.

Статеві клітини виконують функцію передачі спадкової інформації від особин батьківського покоління нащадкам. Порівняно з соматичними клітинами вони мають половинний набір хромосом, що забезпечує при їхньому злитті відтворення в заплідненій яйцеклітині типового для організмів набору хромосом.

Запитання для самоперевірки:

1. Статеві клітини. Будова сперматозоїда та яйцеклітини.
4. Процес мітозу та характеристика його основних стадій.
5. Амітоз. Порівняльна характеристика мітозу та амітозу.
6. Мейоз. Основні стадії мейозу.
7. Біологічне значення мейозу.

Лабораторна робота № 5. СТАТЕВА СИСТЕМА РИБ.

Мета роботи: *Ознайомитись з особливостями запліднення хрящових та кісткових риб, будовою їх статевої системи.*

Завдання: *Вивчити особливості запліднення хрящових та кісткових риб, будову їх статевої системи.*

Обладнання та матеріали: *постійні іхтіологічні препарати, роздатковий матеріал, плакати, схеми, пінцети, голки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, лотки.*

Система відтворення риб представлена статевими залозами або гонадами (у самців – сім'яники, у самок - яєчник) і вивідними протоками.

Круглороти мають примітивну систему відтворення. Вони всі роздільностатеві, мають непарні гонади у вигляді окремих долей. Вивідні протоки у них відсутні і зрілі статеві продукти через

розриви стінок гонади потрапляють спочатку в порожнину тіла, а потім через статеві пори надходять у сечостатевий синус і виводяться назовні. Запліднення у круглоротих зовнішнє. *Хрящові мають складну систему відтворення*, їм властиво внутрішнє запліднення, яйцеживонародження, а у деяких живородіння.

Самці хрящових риб мають парні насінники, від них відходять сім'явиносачі канали, які, пройшовши через передню частину нирок, потрапляють в вольфові канали. Передня частина видільної функції нирок не несе і перетворюється в придаток насінники. Вольфові канали на ранніх етапах розвитку виконують роль сечоводів і сім'япроводів, у дорослих риб, коли з'являються відокремлені сечоводи, тільки роль сім'япроводів.

У задній частині сім'япровода у статевозрілих самців утворюється розширення - насіннева бульбашка. Сім'япроводи правого і лівого боку відкриваються в порожнину сечостатевого сосочка. Поруч з ними туди ж відкриваються отвори тонкостінних порожніх нарости - насінневих мішків. Сечостатевий сосочок відкривається в порожнину клоаки. Формування чоловічих статевих клітин відбувається в каналцях сім'яників. Недоспілі сперматозоїди по сім'явидних каналцям потрапляють в передню частину нирки і в його каналцях дозрівають.

Зрілі сперматозоїди, пройшовши по сім'япроводу, скупчуються в насінєвих бульбашках і насінєвих мішках. Під час запліднення стінки сім'яних пухирців і насінєвих мішків скорочуються, і сперматозоїди викидаються в клоаку самця, а потім за допомогою птеригоподій (копулятивних органів) вводяться в клоаку самки (внутрішнє запліднення).

Самки хрящових риб мають парні яєчники, які у них відокремлені від яйцеводів. Роль яйцеводів у хрящових виконують мюллерові канали. Парні яйцепроводи відкриваються в порожнину тіла непарної лійкою. Дозріле яйце через розрив стінки фолікула випадає в порожнину тіла і через воронку в яйцепровід, де і відбувається його запліднення.

Кістковим риbam властивий повний поділ статевої та видільної систем. Вольфові канали виконують роль сечоводів, мюллерові канали повністю зредуковані. Більшість риб мають парні статеві

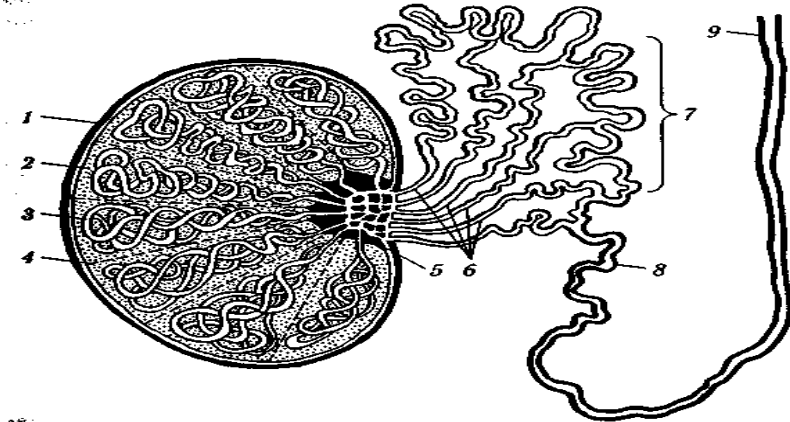
залози. Статевими протоками служать особливі короткі канали, які є задній подовженою частиною гонад.

Залежно від форми сім'яників і розташування вивідної протоки розрізняють наступні типи:

1) циприноїдного типу; поперечний переріз сім'яників округлий або овальний; насінневі каналці сильно розгалуджуються і відкриваються в вивідну протоку, що проходить уздовж його верхньої частини; ділянки насінневих каналців нагадують ампули, пляшечки (коропові, щукові);

2) перкоїдного типу; на поперечному зрізі мають форму трикутника; насінневі каналці розташовуються радіально і майже не розгалуджуються; вивідна протока перебуває з верхньої сторони сім'яника і глибоко занурена у його товщу (окуневі).

У більшості кісткових риб оболонка яєчника простягається у вигляді короткої протоки - яйцевода в сечостатевий синус або в самостійний статевий отвір. Запліднення у більшості кісткових риб зовнішнє, у небагатьох видів внутрішнє. При внутрішньому заплідненні самець вводить насіння в статеві шляхи самки за допомогою спеціальних органів: генітального сосочка, гоноподія.



Мал. 36. Схема будови сім'яника:

1 — білкова оболонка; 2 — часточка сім'яника; 3 — звивистий каналець; 4 — сполучнотканинна перетинка; 5 — сітка сім'яника; 6 — звивисті каналці; 7, 8 — протоки придатка сім'яника; 9 — сім'япровід

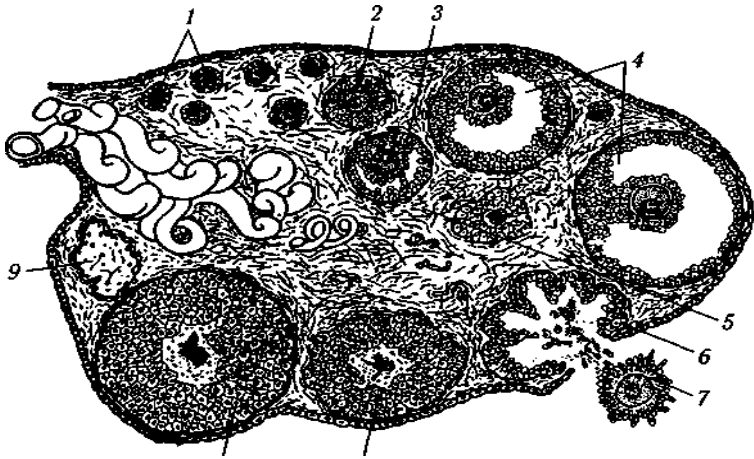


Рис. 3. Схема будови яєчника ссавця (за І. В. Алмазовим, 1978):

1 — примордіальний фолікул; 2 — ростучий багат шаровий фолікул;
 3 — пухирчастий фолікул; 4 — граафів пухирець; 5 — мозкова речовина;
 6, 8 — дегенерація фолікула (1-4, 6-8 — фолікули кіркової речовини яєчника); 7 — овуляція яйцеклітини; 9 — жовте тіло.

Запитання для самоперевірки:

1. Особливості статеві системи круглоротих видів риб.
2. Особливості статеві системи хрящових видів риб.

**Лабораторна робота № 6.
 ЕМБРІОГЕНЕЗ РИБ**

Мета роботи: *Ознайомитись з етапами ембріогенезу кісткових та хрящових риб.*

Завдання: *Вивчити особливості ембріогенезу кісткових та хрящових риб.*

Обладнання та матеріали: *постійні ембріологічні препарати, роздатковий матеріал, плакати, схеми, пінциети, голки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, лотки.*

Осіменіння і запліднення у кісткових риб зовнішнє (виключення складають коропозубі, бротулеві, скорпеніві). У **хрящових риб запліднення внутрішнє**, переважна більшість видів розмножується відкладанням невеликої кількості великих яєць у рогових капсулах або яйце живородінням. **Дроблення неповне, дискоїдалне** ділиться лише невелика частина анімального полюса яйцеклітини, формуючи дискобластулу. Він спочатку одношаровий, а згодом стає багатшаровим. Дно бластули утворене клітинами жовтка і називається **перибластом**.

Гастрюляція відбувається досить складно і поєднує в собі різні способи — інвагінацію, імміграцію і деламінацію. Вона починається з переміщення клітин до заднього краю зародкового диска, який підвертається, утворюючи два шари — екто- й ентодерму. Цю ділянку, в якій відбувається інвагінація клітинного матеріалу, навивають **крайовою зарубкою**.

Нервова трубка, як і в усіх хордових, формується з високих клітин ектодерми, розміщених по всій анімальній поверхні зародка. Утворюється нервова пластинка з нервовими валіками по краях. Прогинаючись, вона перетворюється на нервовий жолобок, а згодом - на нервову трубку. Решта ектодерми наростає на неї зверху і формує покриви зародка. Мезодерма по обидва боки від хорди утворює соміти (сегментовані зачатки), сегментні ніжки і спланхнотомі (несегментовані ділянки).

У зв'язку з великою кількістю жовтка зародок тривалий час лежить розпластаним на ньому. Кишкова ентодерма відкрита, черевна стінка не сформована. Згортання ентодерми в трубку первинної кишки сприяють процеси обростання екто-, енто- і мезодермальними листками запасів жовтка та утворення жовткового мішка, а також виникнення між зародком і позазародковим матеріалом тулубових складок, які відокремлюють зародок від жовтка у головній і хвостовій частинах.

Середня частина тулуба тривалий час з'єднана жовтковим стебельцем з порожниною жовткового мішка. **Жовтковий мішок** — тимчасовий орган зародка, що виконує здебільшого трофічну, дихальну та кровотворну функції. Наприкінці ембріогенезу, коли вичерпуються запаси жовтка, жовтковий мішок стає частиною

черевної стінки зародка або відпадає. У цей період завершуються процеси і диференціації тканини і розвитку органів зародка (гісто- та органогенез).

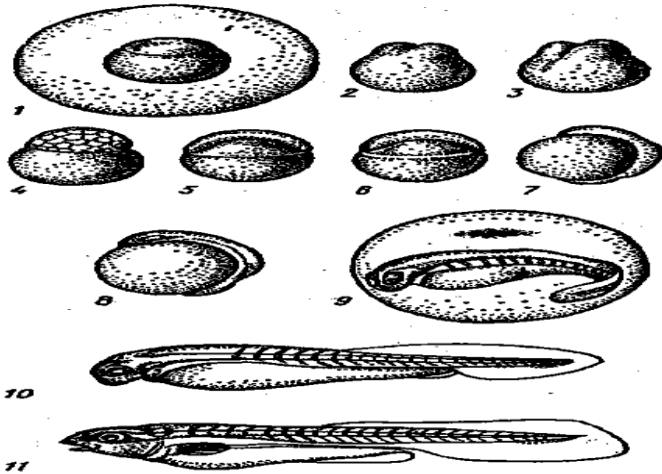


Рис. 4. Етапи ембріонального розвитку коропа.

1 – утворення перивітелінового простору і бластодиску, 2,3 – дроблення бластодиска від двох бластомерів до бластули, 4 – обростання жовтка бластодермою, гастрюляція, 5 – формування зародка, 6,7 – диференціація головної і тулубної частин зародку, 8 – відособлення хвостового відділу, початок руху зародку, 9 – стадія активного руху ембріону, формування зовнішніх органів, 10 – вилуплення із ікринки, 11 – формування личинки.

Лабораторна робота № 7. ЕПІТЕЛІАЛЬНА ТКАНИНА.

Мета роботи: *Ознайомитись з будовою, функціями та особливостями епітеліальної тканини водних організмів.*

Завдання: *Вивчити будову, функції та особливості епітеліальної тканини водних організмів.*

Обладнання та матеріали: постійні іхтіологічні препарати, роздатковий матеріал, плакати, схеми, пінцети, голки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, лотки.

Тканина - це історично утворена система клітин і деяких структур, яка має спільність будови, функції, розвитку.

Розрізняють 4 типи тканин: епітеліальна, сполучна, м'язева і нервова. Кожна розвивається із певних ембріональних зачатків, що і складає їх специфіку структури і функції.

Епітеліальна тканина є пограничною тканиною між організмом і довкіллям. Вона забезпечує захист організму від впливу зовнішнього середовища. Разом з тим крізь епітеліальну тканину здійснюється обмін речовин між організмом і довкіллям. Розрізняють кілька видів епітелію, але властивість межової структури є у кожному з них.

Епітелій вкриває всю зовнішню поверхню тіла, поверхню травного тракту, дихальних і сечостатевих шляхів, усі серозні оболонки порожнин тіла.

Із епітеліальної тканини побудовані нирки, майже усі залози організму, за винятком окремих відділів залоз внутрішньої секреції.

Епітеліальна тканина розвивається із усіх **трьох зародкових листків**. Із **ектодерми** утворюється епітелій шкіри, ротової порожнини, рогівки ока, найнижчих відділів сечостатевого шляху і залоз цих відділів. Із **ендодерми** розвивається епітелій, що вкриває внутрішню поверхню шлунково-кишкового тракту, його залози, печінка, підшлункова залоза. Із **мезодерми** виникає увесь епітелій серозних оболонок порожнин тіла і епітелій сечостатевих шляхів.

Епітелій виконує також функцію захисту (у шкірі захист від механічних впливів, у шлунку - від хімічних і частково механічних). У зв'язку з цим цілісність епітеліального покриву має дуже велике значення.

Епітелій, що утворює залози, продукує секрети і його називають секреторним. Одні залози виводять утворені ним речовини у зовнішнє середовище - на шкіру, у порожнину дихальних шляхів, рота, шлунково-кишковий тракт, порожнини

сечостатевих вивідних шляхів, інші виділяють ці речовини (гормони) у кров.

Секрети залоз мають дуже велике значення. Гормони впливають на обмін речовин. Секрет залоз ротової порожнини, шлункових залоз, кишкового епітелію, печінки, підшлункової залози беруть участь у процеси травлення, здійснюючи розщеплення речовин до їх складових, які можуть засвоюватися у травному апараті. **Виділяють велику кількість епітеліїв, бо вони мають різне походження і функції.** Але усі вони характеризуються спільними рисами:

1) Це пласт клітин, завдяки чому він може захищати нижні тканини від зовнішніх впливів і здійснювати обмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем; порушення цілісності пласта приводить до послаблення його захисних властивостей, до можливості проникання інфекції;

2) Епітелій розташований на базальній мембрані, яка відіграє велику роль у прониканні поживних речовин в епітелій з нижніх тканин;

3) Епітелій розташований на сполучній тканині, крізь яку до епітелію надходять поживні речовини;

4) Епітелій характеризується полярністю, тобто частини клітини (базальні), що лежать ближче до базальної мембрани, мають одну будову, а протилежні (апикальні) - мають іншу; у кожній частині клітини розташовуються різні її компоненти;

5) Епітелій має дуже високу здатність до регенерації (відновлення).

Класифікація епітелію. Існують різні класифікації епітелію. **Найчастіше епітелій класифікують за характером будови.**

Одно- і багат шаровий. У одношарового усі клітини лежать на базальній пластинці.

У багат шарового - лише нижній ряд торкається базальної пластинки. **До складу багат шарового епітелію входять різні клітини (циліндричні, шипуваті, плоскі), тому його називають поліморфним.** Одношаровий епітелій може бути одно- чи багаторядним. У однорядного клітини мають однакову форму (кубічні, циліндричні, плоскі) і розташовані у один ряд. Їх ядра розташовані на одній рівні.

У багаторядного епітелію клітини різної форми, ядра їх розташовані на різних рівнях, кількома рядами. **Епітеліальні клітини щільно сполучені одна з одною, що зумовлює міцність епітеліального пласта.** Сполучення відбувається за допомогою аморфної (безструктурної) речовини, яка лежить між ними. Міцність забезпечує і зв'язок клітин одна з одною за принципом “шип - гніздо” (видимі лише під електронним мікроскопом), тобто вирости однієї клітини впинаються у заглиблення іншої, сусідньої.

Спеціалізовані структури епітеліальних клітин виникають у зв'язку з особливостями їх функцій. Клітини можуть мати мікрворсинки, війки, джгутики, тонофібрили, вип'ячування мембрани у базальній частині клітини.

Мікрворсинки - дрібнесенькі вирости цитоплазми на вільній, не зв'язаній з базальною мембраною поверхні клітини. Мікрворсинки мають епітелії кишечника, каналців нирки, тобто клітини, які здійснюють всмоктування.

Війки - тонкі рухливі вирости поверхні клітин миготливого епітелію і епітелію статевих шляхів. Війки постійно і швидко скорочуються, завдяки чому створюється рух рідини (слизу).

Джгутики - є апаратом руху чоловічих статевих клітин, за будовою нагадують війки. **Тонофібрили** - нитчасті структури, які лежать у цитоплазмі клітин, забезпечують міцність епітеліальних клітин.

Запитання для самоперевірки:

1. Епітеліальна тканина організму, її особливості та основні функції.
2. Класифікація епітелію за будовою.
3. Спеціалізовані структури епітеліальних клітин, їх різновиди.

Лабораторна робота № 8. НЕРВОВА ТКАНИНА

Мета роботи: *Ознайомитись з будовою, функціями та особливостями нервової тканини живих організмів.*

Завдання: *Вивчити будову, функції та особливості нервової тканини водних живих організмів.*

Обладнання та матеріали: постійні іхтіологічні препарати, роздатковий матеріал, плакати, схеми, пінцети, голки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, лотки.

Нервова тканина — високодиференційована спеціалізована тканина організму, її складові здатні сприймати подразнення, перетворювати його на нервовий імпульс і проводити по ланцюгу клітин до робочих структур.

Нервова тканина забезпечує узгоджену діяльність усіх органів і систем організму, є основою його реакцій на зміни умов зовнішнього середовища — **рефлексів**. Вона утворює основну інтегративну та регуляторну системи організму — нервову, яка у більшості тварин і людини буває **центральною** (головний і спинний мозок) та **периферичною** (нерви, нервові вузли та закінчення).

До складу нервової тканини входять дві клітинні популяції — **нервові клітини (нейрони)** і **гліальні клітини (гліоцити)**, які формують єдину морфофункціональну систему. Нейрони здійснюють функцію збудження і проведення нервового імпульсу, а гліоцити забезпечують трофічну, механічну, ізоляційну та захисну функції. Сукупність останніх утворює **нейроглію**.

Нервові клітини. Нервові клітини, або нейрони - основна морфологічна і функціональна одиниця нервової тканини. Вони складаються з **тіла (перикаріону)** і **відростків**. Цитоплазму нейрона називають **нейроплазмою**. Сукупність волокнистих структур у цитоплазмі утворює **нейрофібрили**.

Залежно від кількості відростків нервові клітини поділяють на **уні-** (мають один відросток), **бі-** (з двома відростками) і **мультиполярні** (з трьома і більше відростками).

Згідно з морфологічною класифікацією, за формою перикаріону розрізняють **округлі, веретеноподібні, зірчасті, грушоподібні та пірамідальні** нейрони.

Залежно від функції під час здійснення рефлексу нервові клітини поділяють на **рецепторні (аферентні, або чутливі), асоціативні (вставні, або проміжні) й ефекторні (еферентні, або рухові, моторні)**. Рецепторні нейрони під дією певних факторів зовнішнього або внутрішнього середовища організму

генерують нервовий імпульс і передають його на іншу нервову клітину. Ефекторні нейрони, збуджуючись, передають імпульс на тканину робочого органа. Асоціативні нейрони забезпечують зв'язки між нейронами у рефлекторних дугах.

Нейроглія — допоміжна і важлива складова частина нервової тканини, яка пов'язана з нейронами генетично, морфологічно і функціонально. Це комплекс клітинних елементів, що виконують опорну, ізоляційну, трофічну, секреторну і захисну функції. У складі нейроглії розрізняють *макро-* та *мікроглію*. **Макроглія**, як і нейрони, утворюється з ектодерми, а **мікроглія** — з мезодерми і є похідною мезенхіми.

Макроглія. У складі гліоцитів макроглії, які розвиваються у нервовій трубці разом з нейронами, розрізняють **епендимоцити, астроцити та олігодендроцити.**

Епендимоцити формують такий різновид макроглії, як *епендима* (від лат. *epeniyuta* — верхня одежа). Вона добре розвинена у нижчих хордових та на ранніх етапах ембріогенезу в більшості хребетних.

Астроцити — клітини з відростками. Вони бувають *коротко-* (*протоплазматичні*) і *довгопроменеві* (*волокнисті*) та *перехідні*.

Олігодендроцити є найчисленнішою групою клітин центральної і периферійної нервової систем. Вони дуже різні за формою і функціональним значенням. Ці клітини оточують тіла нейронів та їхні відростки, входять до складу оболонки нервових волокон і закінчень, беруть участь в обміні речовин. Розміри олігодендроцитів невеликі, вони містять короткі, тоненькі розгалужені відростки.

Мікроглія — спеціалізована система макрофагів, яка виконує захисну функцію. Її клітини мають відростки, які утворюють численні розгалуження. Функцією клітин Гортгега є фагоцитоз залишків відмерлих нервових клітин чи інших сторонніх часточок. При запаленнях, травмах нервової тканини клітини макроглії стають круглими, втягують відростки і набувають здатності до амебоїдного руху. Клітини макроглії також беруть участь у синтезі імуноглобулінів та запасанні жиру.

Нервові волокна і нерви. Відростки нервових клітин разом з клітинами нейроглії, що їх оточують, утворюють *нервові волокна*.

Розміщені в них довгі відростки нейронів формують *осьові циліндри*. Ці клітини називають *нейролемоцитами*. Відповідно до складу нервових волокон і морфологічних особливостей їхньої будови розрізняють *мієлінові* і *безмієлінові* нервові волокна.

Нерви (нервові стовбури) утворені численними пучками мієлінових і безмієлінових нервових волокон, об'єднаних сполучною тканиною, яка утворює оболонки. Зовнішня оболонка нерва (*епіневрій*) побудована зі сполучної тканини, яка містить у великих кількостях колагенові волокна, фібробласти, жирові клітини. Оболонки, які покривають ці пучки нервових волокон, називають *периневрієм*. Сполучна тканина вростає також у середину нервових пучків і називається *ендоневрієм*.

Синапси і нервові закінчення. Синапси — спеціалізовані зони контакту нейронів між собою, що забезпечують одностороннє передавання нервового імпульсу. У синапсі розрізняють *пресинаптичний полюс* — кінцевий відділ першого нейрона, і *постсинаптичний полюс* — місце контакту другого нейрона з пресинаптичним полюсом першого. Вони розділені *синаптичною щільною*.

Синапси бувають з хімічною й електричною передачею. Залежно від того, які структурні компоненти нейронів взаємодіють між собою, розрізняють *аксосоматичні*, *аксодендритні* та *аксоаксональні синапси*. Крім того, між деякими нейронами виявлено *дендродендритні* та *дендросоматичні* контакти.

Нервові закінчення. Зв'язок нейронів з різними тканинами й органами встановлюється за допомогою нервових волокон, які утворюють у них *нервові закінчення*. Нервові закінчення є утворами досить складної будови. Вони містять не лише нервові волокна, а й тканини, в яких ці волокна закінчуються. Розрізняють *ефекторні* та *рецепторні* нервові закінчення.

До ефекторних кінцевих нервових апаратів належать рухові нервові закінчення посмугованих і гладких м'язів та секреторні закінчення залозистих органів. **Руховими** нервовими закінченнями скелетних м'язів є *моторні бляшки*, або *нейром'язові синапси*. Вони є комплексом взаємопов'язаних структур нервової й м'язової тканин. *Моторна бляшка* — це ефекторний апарат аксонів нервових клітин рухових ядер передніх рогів спинного мозку і

м'язових волокон. **Нейром'язовий синапс** складається з нервового полюса і м'язового полюса.

Рецептори - спеціалізовані кінцеві утвори дендритів чутливих нейронів, пристосовані до сприйняття подразнень навколишнього середовища і перетворення їх на нервові імпульси. Вони розміщені в посмугованій мускулатурі, шкірі, всіх органах тіла. Згідно з їхньою локалізацією виділяють дві групи рецепторів - **екстерорецептори**, які сприймають подразнення із зовнішнього середовища, і **інтерорецептори**, що розрізняють сигнали від власних тканин організму.

Залежно від характеру подразнень, які спричинюють збудження, чутливі нервові закінчення поділяють на **механорецептори** (сприймають дію механічних подразників), **барорецептори** (реагують на зміну тиску), **фоторецептори** (сприймають дію світла), **хеморецептори** (сприймають дію хімічних подразників), **терморецептори** (реагують на зміну температури).

Рефлекторна дуга. Сукупність нервових утворів, які беруть участь у здійсненні рефлексу, називають **рефлекторною дугою**. Найпростіші рефлекси здійснюються за допомогою спинного мозку, але без участі головного. Реакція починається з чутливого нервового закінчення на периферії. Це збудження передається до спинного мозку, де переробляється на рухливий імпульс, який спрямовується до м'яза чи залози. Рефлекс здійснюється за участю трьох типів нейронів — **чутливих** (рецепторних), **вставних** (асоціативних) і **рухових** (ефекторних).

Запитання для самоперевірки:

1. Нервова тканина, її склад та функції.
2. Синапс і нервові закінчення
3. Рефлекси і рефлекторна дуга.

Лабораторна робота № 9. СПОЛУЧНА ТКАНИНА.

Мета роботи: *Ознайомитись з будовою, функціями та особливостями сполучної тканини живих організмів.*

Завдання: *Вивчити будову, функції та особливості сполучної тканини водних живих організмів.*

Обладнання та матеріали: *постійні іхтіологічні препарати, роздатковий матеріал, плакати, схеми, пінцети, голки, мікроскоп, предметні та покривні скельця, лотки.*

Волокнисті сполучні тканини дуже поширені в організмі. У їхній міжклітинній речовині добре розвинена система волокон. Завдяки цьому волокнисті сполучні тканини виконують різні **механічні та формоутворювальні функції** — утворюють комплекс перегородок та прошарків усередині органів, входять до складу різних оболонок, утворюють зв'язки, сухожилля.

Залежно від співвідношення між складовими частинами міжклітинної речовини — волокнами та основною речовиною, а також відповідно до типу і характеру розміщення волокон розрізняють **пухку і щільну волокнисті сполучні тканини**.

Для пухкої сполучної тканини характерна кількісна перевага основної речовини над комплексом різноманітно зорієнтованих і пухко розміщених **колагенових й еластичних волокон**. **У щільній сполучній тканині** різко виявлена перевага волокон над основною речовиною.

Пухка сполучна тканина — найпоширеніша в організмі серед тканин. Вона міститься в усіх кровоносних і лімфатичних судинах, формує численні прошарки усередині органів, входить до складу шкіри та слизових оболонок, внутрішніх порожнистих органів. Пухка сполучна тканина складається з різних клітин і міжклітинної речовини, яка містить основну речовину та систему колагенових й еластичних волокон. Спеціалізованими клітинами у цій тканині є відносно осілі клітини — **фібробласти, фіброцити, ліпоцити** та ін.

Основними функціями сполучної тканини є трофічна, захисна і пластична. **Трофічна функція** полягає в участі її в обмінних процесах та регуляції живлення клітин, захисна — у здійсненні імунних реакцій. **Пластична функція** пов'язана з участю цієї тканини у відновлювальних процесах у разі пошкодження багатьох органів.

Фібробласти — найчисленніші постійні клітинні компоненти всіх видів сполучної тканини. Вони беруть участь у формуванні

міжклітинних структур, синтезуючи і виділяючи високомолекулярні речовини, потрібні як для будови волокон, так і для утворення аморфного компонента тканини. Розрізняють три види фіброblastів: *малодиференційовані, дозрілі та мюфіброblastи*.

Гістіоцити — вільні клітини у складі сполучної тканини, є найчисленнішою групою, яка може і вільно мігрувати. Вони належать до *системи мононуклеарних фагоцитів* (СМФ-системи).

Макрофагальна система — потужний захисний апарат, який забезпечує місцеві та загальні захисні реакції організму і регулюється нервовою й ендокринною системами.

Тканинні базофіли. Ці клітини виявлені у більшості хребетних і в усіх ссавців. Залежно від виду тварини та її органа кількість їх різна. Значна кількість тканинних базофілів є у підепітеліальній сполучній тканині шкіри травного каналу і дихальних шляхів.

Плазмоцити (плазматичні клітини) — округлі дрібні клітини, які стимулюють імунні реакції, що супроводжуються збільшенням у крові вмісту антитіл, за допомогою яких здійснюється знешкодження антигенів. Вони забезпечують гуморальний імунітет.

Жирові клітини (ліпо- й адипоцити). Жирові клітини спеціалізовані на синтезі та накопиченні в цитоплазмі ліпідів. **Адипоцити** досить поширені в пухкій сполучній тканині та найчастіше розміщені невеликими групами в напрямі дрібних кровоносних судин. У багатьох частинах організму тварин утворюються значні накопичення жирових клітин, які називають *жировою тканиною*.

Ліпоцити в ембріогенезі утворюються з клітин мезенхіми. **Пігментні клітини (меланоцити)**. Меланоцити, як правило, мають відростки. У їхній цитоплазмі міститься велика кількість темно-коричневих або чорних зерен пігменту *меланіну*. Такі клітини називають *хроматофорами*. Меланоцити трапляються у ростовому шарі епідермісу. У поєднанні зі сполучною та епітеліальною тканинами шкіри вони зумовлюють певне забарвлення зовнішнього покриву тварин і виконують захисну функцію.

Міжклітинна речовина пухкої сполучної тканини займає значну її частину. Вона містить основну речовину та колагенові й еластичні волокна, розміщені відносно пухко і невпорядковано. У міжклітинній речовині здійснюються різні ферментативні обмінні процеси, відбувається транспорт речовин і клітинних елементів, накопичення і перебудова волокон залежно від напряму дії механічних факторів. Крім того, тут розташовані чутливі нервові закінчення.

Колагенові волокна забезпечують механічну міцність тканини. У пухкій сполучній тканині вони мають вигляд стрічкоподібних тяжів, зорієнтованих у різних напрямках. Ці волокна не галузяться, не дуже розтягуються.

Еластичні волокна мають різну товщину (від 0,2 до 15 мкм). Це тонкі гомогенні нитки, які формують сітку. Вони у пучки не об'єднуються, міцність у них незначна, проте ці волокна стійкі проти нагрівання, дії лугів, кислот і ферментів. Усі проміжки між клітинами, волокнами і судинами, які є в пухкій сполучній тканині, заповнені безструктурною **основною речовиною** – желатиноподібною масою, яка може змінювати свою консистенцію і складається з глікозаміногліканів, протеогліканів, глікопротеїдів, води і мінеральних солей.

Важливим компонентом основної речовини є **гіалуронові кислота**. Ланцюги із залишків цієї кислоти формують своєрідну сітку, в якій знаходиться і циркулює тканинна рідина.

Основна речовина — продукт синтезу і виділення речовин клітинами. Ці речовини полімеризуються. Полімеризація і деполіаризація їх є фактором, який впливає на зв'язування води, транспорт та міграцію клітин.

Щільна сполучна тканина. У цій тканині волокна кількісно значно переважають основну речовину і клітини. Залежно від розміщення волокон та утворення з них пучків і сіток розрізняють два види щільної сполучної тканини — **неоформлену** та **оформлену**. У процесі ембріогенезу перший тип формується з мезенхіми дерматома, а другий — зі склеротома.

У **щільній неоформленій сполучній тканині** волокна утворюють систему пучків і сіток, які переплітаються. Найбільше цієї тканини міститься в шкірі, де вона відіграє опорну функцію.

Поряд з колагеновими волокнами в неоформленій сполучній тканині є сітка еластичних волокон, які формують судинно-нервові пучки та зумовлюють здатність тканинної системи до розтягування і повернення до початкового стану. Клітини цієї тканини переважно містять фібробласти і фіброцити.

Щільна **оформлена сполучна тканина** характеризується впорядковано розміщеними волокнами. Це відповідає дії механічного розтягування її в одному напрямі. Залежно від типу волокон, які переважають, розрізняють **колагенову** й **еластичну щільну оформлену тканини**.

Колагенова тканина міститься в сухожиллях. Вона складається з колагенових волокон, які паралельно зорієнтовані вздовж сухожилля. За допомогою прошарків пухкої сполучної тканини (**ендотендинію**) вони, у свою чергу, об'єднуються в пучки другого порядку. У складі великих сухожиль пучки волокон другого порядку формують більші утворення — пучки третього і четвертого порядків, оточені **перитендинієм**. Зовнішня частина останнього утворена щільно упакованими волокнами, а внутрішня — пухкою сполучною тканиною, багатою на нервові волокна і кровоносні судини.

Щільна оформлена еластична тканина утворена сіткою товстих витягнутих еластичних волокон. У щілиноподібних проміжках між ними знаходяться фіброцити, тоненькі колагенові фібрили, які переплітаються між собою. В окремих місцях містяться також широкі прошарки пухкої сполучної тканини, в якій є кровоносні судини та деякі клітини. Ця тканина трапляється у складі великих артеріальних судин, де вона представлена системою циркулярно розміщених мембран і еластичних сіток. Вона формує голосові та скелетні зв'язки.

Запитання для самоперевірки:

1. Сполучна тканина, її склад, функції та класифікація.
2. Пухка сполучна тканина.
3. Щільна сполучна тканина.

Список використаної літератури:

1. Клименко О. М. Особливості гістологічної будови імунної системи риб: атлас мікрофотографій : навч. посіб. / О. М. Клименко, А. О. Слюсаренко, Н. М. Присяжнюк ; М-во аграрної політики України, Білоцерківський національний аграрний ун-т. Біла Церква, 2011.
2. Долгов О. М. Загальна гістологія з основами ембріології : навчальний посібник. Вінниця : Віндрук, 2015. 124 с.
3. Цитологія, загальна гістологія та ембріологія: Практикум : навч. посібник / В. К. Напханюк, В. А. Кузьменко, С. П. Заярна, О. А. Ульянцева; За ред. В. К. Напханюка. Одеса : Одес. держ. мед. ун-т, 2002. 218 с.
4. Новак В. П., Мельниченко А. П. Цитологія, гістологія, ембріологія : навч. посібник. Біла Церква, 2005. 256 с.
5. Атлас гістології та ембріології промислових риб : навчальний посібник / М. С. Козій, І. М. Шерман, О. В. Лянзберг. Херсон : Видавець Гринь Д. С., 2017. 403 с.
6. Загальна гістологія і ембріологія риб / Козій М. С., Шерман І. М., Самойлюк В. В., Матвієнко Н. Н. : підручник. Херсон : Гринь Д. С., 2016. 484 с.
7. Клименко О. М. Особливості гістологічної будови системи виділення риб: атлас мікрофотографій : навч. посіб. / О. М. Клименко, Н. М. Присяжнюк, А. О. Слюсаренко ; М-во аграрної політики України, Білоцерківський національний аграрний ун-т. Біла Церква, 2010.
8. Клименко О. М. Особливості гістологічної будови шкіри та луски риб: атлас мікрофотографій : навч. посіб. / О. М. Клименко та ін. ; М-во аграрної політики України, Білоцерківський національний аграрний ун-т. Біла Церква, 2009.