

Міністерство охорони здоров'я України
Запорізький державний медичний університет
Кафедра медичної біології, паразитології та генетики

Приходько О.Б., Ємець Т.І.,
Малєєва Г.Ю., Гавриленко К.В., Андрєєва О.О.

МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННИЙ ТА ОРГАНІЗМОВИЙ РІВНІ
ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ
навчально- методичний посібник
для студентів 1 курсу медичного факультету
спеціальність "стоматологія"

Запоріжжя 2017 р

Навчально-методичний посібник для аудиторної та позааудиторної роботи студентів 1 курсу медичного факультету, спеціальність "стоматологія", з медичної біології склали:

Приходько Олександр Борисович	завідувач кафедри, доктор біологічних наук
Ємець Тетяна Іванівна	доцент, кандидат фармацевтичних наук
Малєєва Ганна Юріївна	асистент
Гавриленко Ксенія В'ячеславівна	асистент
Андрєєва Олександра Олександрівна	асистент

Рецензенти:

Завідувач кафедри біологічної хімії та лабораторної діагностики Запорізького державного медичного університету, доктор хімічних наук, професор Александрова К.В.

Професор кафедри патологічної фізіології Запорізького державного медичного університету, доктор медичних наук Абрамов А.В.

План
практичних занять модуля 1
«Молекулярно-клітинний та організмний рівні
організації життя».

<i>№ п/ п</i>	<i>ТЕМА</i>	<i>Кількість годин</i>	<i>Дата</i>
	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 <i>Молекулярно – клітинний рівень організації життя</i>	16	
1.	Оптичні системи в біологічних дослідженнях	2	
2.	Морфологія клітин про- та еукаріот	2	
3.	Молекулярні основи спадковості. Характеристика нуклеїнових кислот. Будова генів про- та еукаріот	2	
4.	Організація потоку інформації в клітині. Регуляція експресії генів	2	
5.	Морфологія хромосом. Каріотип людини. Життєвий цикл клітини. Мітоз	2	
6.	Розмноження на організмовому рівні	2	
7.	Біологічні особливості репродукції людини. Гаметогенез	2	
8.	Підсумковий контроль змістового модуля 1	2	
	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 <i>Закономірності спадковості та мінливості</i>	10	

9.	Закономірності успадкування генів. Закони Менделя	2	
10.	Взаємодія генів. Множинний алелізм	2	
11.	Генетика статі. Розв'язування задач	2	
12.	Хромосомна теорія спадковості	2	
13.	Мінливість у людини як властивість життя і генетичне явище	2	
	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 Методи вивчення спадковості людини Спадкові хвороби	8	
14.	Основи генетики людини. Методи генетики людини: генеалогічний, близнюковий	2	
15.	Молекулярні хвороби. Біохімічний метод і ДНК-діагностика	2	
16.	Цитогенетичний метод. Хромосомні хвороби. Популяційно-статистичний метод. Медико-генетичне консультування	2	
17.	Підсумковий контроль модуля 1	2	

**ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПРОТОКОЛІВ
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

- *Всі рисунки та схеми треба робити олівцем*
- *При рисуванні об'єкта дослідження треба дотримувати його форму, колір, співвідношення розмірів його частин*
- *Позначення на рисунках, які вказані у роботі, потрібно робити цифрами, а потім розшифровувати їх*
- *Заповнювати таблиці, робити підписи під рисунками і схемами треба ручкою*
- *Наприкінці заняття протоколи підписуються викладачем*
- *Заняття зараховується у тому разі, якщо протокол оформлений своєчасно та за ВСІМА ПРАВИЛАМИ!*

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Молекулярно–клітинний рівень організації життя

ЗАНЯТТЯ №1.

1. ТЕМА: ОПТИЧНІ СИСТЕМИ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

2. **Актуальність теми.** Біологія – комплексна наука про живу природу і теоретична база для медицини. Під час біологічних досліджень необхідно визначати тонку структуру об'єктів живої природи. Це зумовило розвиток мікроскопічної техніки, яка широко використовується для вивчення різних біологічних об'єктів, що становлять інтерес також для медицини.

3. **Мета заняття.** Навчитися користуватися світловим мікроскопом при вивченні мікроскопічних об'єктів, виготовляти тимчасові препарати.

4. **Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.**

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Вивчення будови мікроскопу і правил роботи з ним.

Прочитайте та запам'ятайте!

Основні системи мікроскопу та їх призначення

Системи	Що входить	Призначення
Механічна система	штатив – предметний столик – тубус – револьвер – макрогвинт – мікрогвинт – гвинт конденсору –	опора для мікроскопу для розміщення препарату для розташування окуляру місце розташування об'єктивів орієнтовне наведення на фокус точне наведення на фокус регулювання освітлення

Оптична система	окуляри – об'єктиви –	збільшення об'єкту збільшення об'єкту
Освітлювальна система	дзеркало – конденсор – діафрагма –	спрямування світлових променів концентрування світлових променів регулювання ширини пучка світлових променів

Правила користування мікроскопом

- 1.** Встановити мікроскоп до лівого плеча з тим, щоб правою рукою робити малюнки у зошиті для протоколів. Центруйте об'єктив малого збільшення шляхом оберту револьверу доки не почуєте клацання.
- 2.** Дивлячись в окуляр лівим оком (праве відкрите), повертайте дзеркало у напрямку променів світла до максимально яскравого та рівномірного освітлення поля зору.
- 3.** Покладіть препарат на предметний столик мікроскопу накривним склом наверх. Об'єкт, який ви будете розглядати, мусить знаходитись точно під об'єктивом малого збільшення.
- 4.** Дивлячись збоку на препарат, опустіть тубус за допомогою макрогвинта так, щоби відстань між фронтальною лінзою об'єктиву та накривним склом препарату була близько 0,5 см. Потім, дивлячись в окуляр, за допомогою макрогвинта підніміть тубус до появи чіткого зображення. Встановіть оптимальне освітлення за допомогою конденсора. Для переведення на велике збільшення, об'єкт, що вивчається, встановіть у центр поля бачення. Дивлячись збоку на препарат, обертом револьвера встановіть об'єктив великого збільшення. Для точного фокусування повертайте мікрогвинт **не більше, ніж на півоберта**. Якщо об'єктив спирається на накривне скло, підніміть тубус за допомогою макрогвинта так, щоб відстань між фронтальною лінзою об'єктива та препаратом була менше 1 мм. Дивлячись в окуляр, повільно підіймайте тубус до появи зображення.

Щоб не зіпсувати препарат, опускаючи тубус, слідкуйте за відстанню між фронтальною лінзою та накривним склом.

5. Закінчивши роботу, переведіть мікроскоп на мале збільшення, зніміть препарат, а потім – у неробочий стан.

Для закріплення знань будови мікроскопу та правил роботи з ним, виконайте завдання:

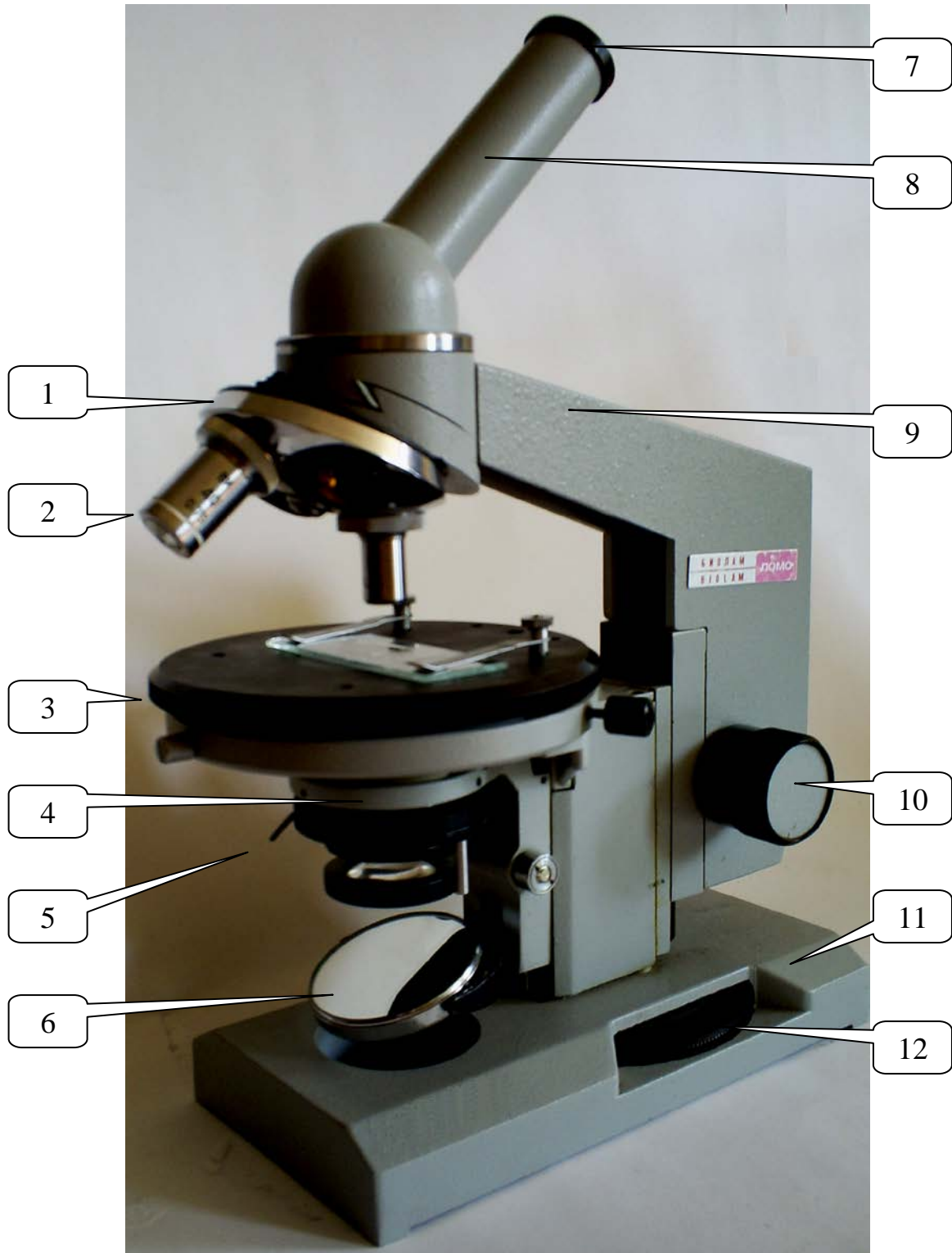


Рис. № 1. Світловий мікроскоп

На рисунку цифрами позначені частини мікроскопу. Запишіть назви цих частин.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____
11. _____
12. _____

Робота №2. Виготовлення тимчасових препаратів

А) Перехрест волоконць шерсті.

Піпеткою наберіть води зі склянки і капніть у центр предметного скла. Візьміть декілька волоконць шерсті і покладіть їх у краплю води. Потім візьміть за бічні грані накривне скельце і покладіть його на волоконць шерсті. Покладіть виготовлений препарат на предметний столик мікроскопу і роздивіться об'єкт на малому та великому збільшенні. Зарисуйте перехрест волоконць шерсті.

В) Клітини плівки цибулі.

Зніміть пінцетом тонку плівку зі шматочка цибулі і покладіть її на предметне

скло. Додайте краплю розчину Люголя і накрійте накривним скельцем. Роздивіться препарат на малому та великому збільшенні. Зарисуйте 2-3 клітини. На малюнку позначте ядро, оболонку, цитоплазму, вакуолі.

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Штатив, предметний столик, тубус, револьвер, макрогвинт, мікрогвинт, гвинт конденсора, окуляр, об'єктив, дзеркало, конденсор, діафрагма.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Мікроскопи.
2. Матеріали для виготовлення тимчасових препаратів.

ЗАНЯТТЯ №2.

1. ТЕМА: МОРФОЛОГІЯ КЛІТИН ПРО- ТА ЕУКАРІОТ

2. Актуальність теми. У середині ХХ ст. в біології склалось уявлення про рівні організації життя. На заняттях з біології студенти знайомляться з проявом основних властивостей живого на цих рівнях. В даній темі вивчається клітинний рівень. Знання будови, функцій клітин є фундаментом для подальшого вивчення клінічних і медико-біологічних дисциплін (анатомії, гістології, мікробіології, фізіології). Лікар в практичній діяльності широко використовує ці знання.

3. Мета заняття. Вивчити будову клітини як елементарної одиниці життя; уявити взаємозв'язок будови і функції органів. Давати порівняльну характеристику прокариотичної та еукаріотичної клітин.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення

заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Будова мікроскопу і робота з ним.
2. Характеристика основних рівнів організації життя.
3. Основні етапи розвитку клітинної теорії та її сучасні положення.
4. Прокаріотичні організми. Особливості будови.
5. Еукаріотичні організми. Структура і функція компонентів еукаріотичної клітини.

Рівні організації живого

Завдяки розвитку біологічних наук у ХХ ст. з'явилося вчення про рівні організації органічного світу, які характеризують одну із основних властивостей живого – упорядкованість. Рівень організації живого – це відносно однорідний біологічний комплекс, об'єднаний просторовими та часовими параметрами. Кожний рівень характеризується елементарною структурною одиницею та елементарним біологічним явищем.

Виділяють наступні рівні організації біологічних систем:

1. Молекулярно-генетичний – найнижчий рівень організації живого. Елементарна одиниця цього рівня – ген. Саме на цьому рівні здійснюється передача спадкової інформації за рахунок редуплікації ДНК (виняток становлять лише РНК-вмісні віруси). Порушення редуплікації ДНК призводять до змін спадкової інформації (мутацій), що забезпечує еволюційні процеси. Крім нуклеїнових кислот, важливими органічними сполуками живої матерії також є молекули білків, вуглеводів та ліпідів. У всіх організмів біологічна енергія запасується у молекулах аденозинфосфорних кислот (АТФ, АДФ, АМФ).

2. Субклітинний. Певні молекули утворюють сталі за будовою та функціями компоненти клітини: ядра, мембрани, органоїди. Продуктом життєдіяльності клітин є включення: крапельки жиру, гранули крохмалю, глікогену, білка та інше.

3. Клітинний. Більшість організмів нашої планети мають клітинну

структуру. Клітина – це єдина елементарна система, в якій проявляються основні закономірності живого (самооновлення, самовідтворення, саморегуляція). Це одиниця будови, функції, розмноження, розвитку та патології організму. Розрізняють прокаріотичні та еукаріотичні клітини.

4. Тканинний. З появою багатоклітинних тварин та рослин виник тканинний рівень. **Тканина** – це сукупність клітин та міжклітинної речовини однакових за походженням, будовою та функціями. У багатоклітинних організмів тварин органи утворені 4 типами тканин, а в багатоклітинних рослин – 5 типами.

5. Організмий. Елементарна одиниця цього рівня – організм, елементарне явище – процес онтогенезу, коли відбувається реалізація генотипу у фенотип. Це найбільш різноманітний рівень.

6. Популяційно-видовий. Елементарною одиницею цього рівня є популяція – сукупність особин одного виду, яка відносно ізольована. У популяції відбувається процес мікроеволюції (утворення нових видів на основі природного добору). Таким чином, популяція – одиниця еволюції.

7. Біосферно-біогеоценотичний – це найвищий рівень організації живої природи. Елементарна структура – біогеоценоз. Елементарне явище – кругообіг речовин, енергії та інформації, обумовлений життєдіяльністю організмів. Весь комплекс біогеоценозів утворює живу оболонку Землі – біосферу. Таким чином, ієрархічна структура є ознакою високої упорядкованості біологічних систем.

Будову та життєдіяльність клітини вивчає наука цитологія. Народження та розвиток цієї науки пов'язані з винаходом мікроскопу. У 1665 році англійський дослідник Роберт Гук вивчив зріз пробки під мікроскопом. Він відкрив клітинну будову рослинних тканин. Роберт Гук запропонував термін «клітина» (лат. cellula), але він бачив під мікроскопом не живі клітини, а оболонки мертвих клітин. Голландець Антоні ван Левенгук відкрив та описав одноклітинних тварин, бактерії, еритроцити і сперматозоїди хребетних тварин. У 1839 році німецький зоолог Теодор Шванн та німецький

ботанік Маттіас Шлейден сформулювали основні положення клітинної теорії:

- всі організми складаються з клітин;
- клітини тварин і рослин подібні за будовою;

Німецький вчений Рудольф Вірхов у 1858 році видав книгу «Целюлярна патологія», яка забезпечила подальший розвиток клітинної теорії. Він стверджував, що:

- 1) нові клітини утворюються з материнської клітини шляхом поділу;
- 2) поза клітинами нема життя.

Подальші біологічні дослідження підтвердили справедливість цих положень, але ця книга має значення і для розвитку медицини. Вірхов пояснював, що всі патологічні зміни організму є наслідками змін у будові клітин. Таким чином, він започаткував нову науку патологію – основу теоретичної та клінічної медицини.

Сучасні положення клітинної теорії:

- 1) клітина – елементарна одиниця будови та розвитку всіх живих організмів;
- 2) клітини всіх організмів подібні за хімічним складом та основними процесами життєдіяльності;
- 3) кожна нова клітина утворюється з материнської клітини шляхом поділу;
- 4) у багатоклітинних організмів клітини спеціалізуються і утворюють тканини. З тканин утворюються органи, які зв'язані між собою і підпорядковуються нервовій, гуморальній та імунній регуляції.
- 5) Клітини багатоклітинних організмів тотипотентні - будь-яка клітина багатоклітинного організму володіє однаковим повним генетичним матеріалом цього організму та відрізняються за рівнем експресії окремих генів, що призводить до їх диференціювання.

Організми поділяють на ***прокаріоти*** та ***еукаріоти***.

Клітини **прокаріот** мають просту будову. Вони не мають типового ядра та мембранних органоїдів. Зверху клітина вкрита клітинною стінкою. Під нею знаходиться плазматична мембрана. В цитоплазмі прокаріот знаходяться рибосоми, включення, нуклеоїд. Нуклеоїд – це кільцева

молекула ДНК, яка прикріплюється до внутрішньої поверхні плазматичної мембрани. ДНК – спадковий матеріал клітини.

Прокаріоти – це *бактерії* та *ціанобактерії*. Це одноклітинні та колоніальні організми. Вони живуть у воді, ґрунті, в організмах рослин, тварин, людини. Бактерії мають різну форму клітин: кулясту (коки), паличкоподібну (бацили) та інші. Деякі бактерії мають органоїди руху – джгутики.

Живлення: автотрофне та гетеротрофне.

Дихання: аеробне та анаеробне.

Розмноження: безстатеве та статеве (кон'югація).

При несприятливих умовах деякі прокаріоти здатні утворювати спори.

Еукаріоти – це організми, клітини яких мають ядро.

Це 3 царства: Рослини, Гриби, Тварини.

Еукаріоти – одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми. Основні компоненти клітин – це: поверхневий апарат, цитоплазма та ядро.

Поверхневий апарат

До його складу входять: плазматична мембрана, надмембранні та підмембранні структури. **Функції:** захищає клітину від несприятливих впливів довкілля, забезпечує обмін речовин та енергії між клітинами та середовищем, що її оточує.

Клітини еукаріот обмежені **плазматичною мембраною**. Це напівпроникний ліпідний бішар з вбудованими білками. Структура плазматичної мембрани **рідинно-мозаїчна**. До складу мембран входять ліпіди, білки та вуглеводи.

Фосфоліпіди – сполучення жирних кислот та гліцерину, які мають фосфатну групу. Молекули фосфоліпідів мають полярну (гідрофільну) голівку і два неполярних (гідрофобних) хвоста. Вони утворюють бішар мембрани, де всередині знаходиться гідрофобна зона. Вона забезпечує напівпроникність мембрани.

Гліколіпіди – сполучення ліпідів та вуглеводів, які забезпечують

рецепторну функцію та приймають участь в утворенні глікокаліксу.

Холестерин – стероїдний жир, кількість якого забезпечує ступінь рідинності мембрани.

Білки, які входять до складу мембран, не утворюють суцільного шару, а розташовані у вигляді мозаїки з глобул. При цьому одні знаходяться тільки на поверхні, а інші частково або повністю занурюються у бішар ліпідів. Розрізняють:

– **інтегральні білки**, які знаходяться у бішарі ліпідів. Їх амінокислоти взаємодіють з фосфатними групами та жирними кислотами. Білки, які пронизують мембрану наскрізь, називаються **трансмембранними**. Наприклад, білки іонних каналів, рецепторні білки.

– **периферичні білки** розташовані на зовнішньому або внутрішньому боці бішару. Вони з'єднані полярними зв'язками з голівками фосфоліпідів та інтегральних білків. Наприклад, рецепторні білки зовнішньої поверхні, білки цитоскелету внутрішньої поверхні.

Компартментація – це просторовий розділ клітини внутрішніми мембранами на ділянки (відсіки), у яких одночасно проходять різні хімічні реакції. Наприклад: розпад речовин у лізосомах, синтез АТФ у мітохондріях.

Рецептори – це сигнальні білкові молекули, які розташовані на плазматичних мембранах. Їх функція – забезпечити відповідну реакцію клітини на зміни середовища. Рецептори представлені трансмембранними білками, які мають спеціальну ділянку для з'єднання з активними молекулами (гормонами, ферментами та ін.).

Розрізняють внутрішньоклітинні рецептори, які розташовані на мембранах органоїдів, та рецептори, які знаходяться на поверхні клітини плазматичної мембрани. Серед них виділяють рецептори двох типів:

- зв'язані з каналами клітини;
- не зв'язані з каналами.

Рецептори, **зв'язані з каналами клітини**, після взаємодії з гормонами, нейромедіаторами сприяють утворенню каналу та ефект відповіді

безпосередній, швидкий, короткий.

Рецептори, *не зв'язані з каналами клітини*, взаємодіють в основному з ферментами. Тут ефект – опосередкований, уповільнений, але більш тривалий. Функції таких рецепторів лежать в основі навчання та пам'яті.

Кожна клітина у багатоклітинному організмі має свій специфічний набір рецепторів. Це дозволяє реагувати на різноманітні сигнали. Одна й та сама сигнальна молекула може викликати у різних клітинах різні ефекти.

Функції мембрани:

- обмежує цитоплазму клітини та захищає клітину від несприятливих умов навколишнього середовища;
- підтримує осмотичний тиск;
- поділяє клітину на компартменти;
- приймає участь у процесах обміну речовин з навколишнім середовищем;
- сигнальна функція;
- на мембрані відбувається синтез деяких органічних речовин.

Над плазматичною мембраною тваринних клітин знаходиться *глікокалікс*, який складається зі сполук білків та ліпідів з вуглеводами. ***Функції:*** зв'язок клітин між собою та з навколишнім середовищем, вибіркового транспорту речовин, примембранне травлення.

Підмембранні структури

Мікротрубочки та мікрофіламенти складаються із скоротливих білків та утворюють цитоскелет клітин.

Мікротрубочки – порожнисті циліндри. Вони формують веретено поділу, приймають участь у внутрішньоклітинному транспорті речовин, утворюють джгутики, війки, центріолі.

Мікрофіламенти утворюють цитоскелет клітин, розташовані під плазматичною мембраною. Забезпечують скорочення м'язових волокон, зміну форми клітин, організацію контактів з іншими клітинами, формування пучків підтримки мікрівосинок, амебоїдні рухи клітин, екзо- та ендоцитоз.

Цитоплазма – внутрішнє середовище клітини. До її складу входять

органічні та неорганічні сполуки, органели, включення та цитоскелет.

Орґаноїди клітини – диференційовані ділянки цитоплазми, які виконують певну функцію. Їх ділять за структурою на **мембранні** та **немембранні**, за функціями – на орґаноїди **загального** і **спеціального** призначення (джгутики, війки, скоротлива і травна вакуолі, акросома та інші).

Мембранні орґаноїди

а) Одномембранні орґаноїди:

Ендоплазматична сітка – це система мікроскопічних каналів та порожнин, які обмежені мембраною. Вона поділяє клітину на ділянки, в яких протікають різні фізіологічні процеси. ЕПС транспортує та накопичує речовини у клітині. Мембрана ЕПС з'єднується з мембраною ядра та зовнішньою мембраною. Розрізняють два види ЕПС: **гранулярну** та **агранулярну**. На мембранах гранулярної ЕПС є рибосоми. На них відбувається синтез білка. На мембранах агранулярної ЕПС проходить синтез вуглеводів та ліпідів.

Комплекс Гольджі знаходиться біля ядра. У тваринній клітині – це система порожнин, яка обмежена мембраною. На кінцях порожнин знаходяться крупні та дрібні пухирці.

Функції:

- концентрація речовин, зневоднення;
- накопичення, хімічні зміни, формування глобулярних білків, активація ферментів, пакування в пухирці;
- виведення секреторних продуктів;
- утворення лізосом, пероксисом, вакуолей.

Лізосоми – це пухирці вкриті щільною мембраною. В середині лізосом знаходяться ферменти, які розщеплюють білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти. Ферменти лізосом руйнують:

- частки, які потрапляють у клітину шляхом фагоцитозу, мікроорганізми;
- деякі компоненти клітини, цілі клітини чи групи клітин.

Дисфункція лізосом може призводити до розвитку хвороб нагромадження. Наприклад: хвороба Тея-Сакса – ідіотія, викликана тим, що в клітинах цілком відсутній фермент гексозамінази А.

Пероксисоми – дрібні сферичні тільця, вкриті мембраною. Утворюються в комплексі Гольджі, містять в основному ферменти які руйнують перекис водню, що утворюється при окисленні деяких органічних речовин і є дуже шкідливим для клітин. Пероксисоми беруть участь в β -окисленні жирних кислот з утворенням двох вуглеводневих фрагментів, які використовуються в якості будівельного матеріалу в інших відділах клітини. У людини найбільш розвинені пероксисоми клітин печінки і нирок, де відбуваються реакції детоксикації шкідливих речовин. Наприклад, в клітинах печінки пероксисоми знешкоджують поглинений алкоголь, перетворюючи його в оцтовий альдегід. У пероксисомах жири можуть перетворюватися у вуглеводи, відбувається дезамінування амінокислот, здійснюється метаболізм пуринових азотистих основ і протікає безліч інших реакцій.

б) Двомембранні органоїди:

Мітохондрії мають вид гранул, паличок, ниток. Вони обмежені двома мембранами – зовнішньою та внутрішньою. Зовнішня мембрана гладенька. Внутрішня мембрана утворює численні складки – **кристи**. В середині мітохондрій знаходиться напіврідка речовина – **матрикс**. Тут містяться молекули ДНК, і-РНК, т-РНК, рибосоми. В матриксі синтезуються мітохондріальні білки. Основна функція мітохондрій – синтез АТФ (на кристах). Розмножуються мітохондрії поділом.

В еукаріотичних клітинах весь генетичний матеріал знаходиться у ядрі. Інтерфазне **ядро** складається з ядерної оболонки, каріоплазми, хроматину та ядерця.

Ядерна оболонка складається з двох мембран, між якими знаходиться перинуклеарний простір. Перинуклеарний простір через канали ЕПС зв'язує каріоплазму і цитоплазму. Оболонка ядра пронизана багаточисельними порами, які можуть змінювати свій розмір.

Каріоплазма містить воду, хроматин, білки-ферменти, р-РНК, т-РНК, і-РНК, ядерні білки.

Ядерце містить велику кількість р-РНК, білки. Тут утворюються субодиниці рибосом. Ядерця утворюються на вторинних перетяжках акроцентричних хромосом (ядерцеві організатори).

Функції ядра:

1. Збереження спадкової інформації в молекулах ДНК.
2. Реалізація спадкової інформації шляхом синтезу білків, що забезпечують підтримання всіх життєвих процесів клітини.
3. Передача спадкової інформації шляхом реплікації ДНК, утворення хромосом та їх ділення.

Процеси, які відбуваються в ядрі: реплікація, транскрипція всіх видів РНК, процесинг, репарація, утворення рибосом.

Генетичний матеріал в інтерфазному ядрі знаходиться у вигляді **хроматину** (комплекс ДНК та білків у співвідношенні 1:1). До складу хроматину входять гістонові та негістонові білки. **Гістонові білки** (основні, їх всього 5 видів) виконують структурну функцію. **Негістонові** білки-ферменти (кислі, їх більше 100 видів) беруть участь у процесах, які відбуваються на ДНК (реплікація, транскрипція, репарація).

Під час поділу клітин з хроматинових ниток формуються хромосоми, які відіграють головну роль у цьому процесі, тому що вони забезпечують передачу спадкової інформації від одного покоління до другого і беруть участь в регуляції клітинного метаболізму. До складу хромосом еукаріотичних клітин входять ДНК, білки, невелика кількість РНК та іони Mg^{2+} і Ca^{2+} . Хромосоми можуть знаходитися у 2-х структурно-функціональних станах:

1) **Деспіралізованому** – в клітині, яка не ділиться хромосом не видно, виявляються лише грудочки та гранули хроматину.

2) **Спіралізованому** – на час поділу клітини хроматин конденсується і при мітозі хромосоми добре помітні.

На різних ділянках хромосоми спіралізація хроматину неоднакова. З цим пов'язана різна інтенсивність забарвлення окремих ділянок хромосоми. Більш спіралізовані та інтенсивно забарвлені ділянки (*гетерохроматин*) виконують *структурну функцію*. Менш спіралізовані та слабо забарвлені ділянки (*еухроматин*) виконують *інформативну функцію*.

Немембранні органоїди

Рибосоми – це мікроскопічні, округлі тільця, які виявлені в клітинах усіх організмів. Вони складаються з двох субодиниць: *великої* та *малої*. Рибосоми знаходяться на мембранах гранулярної ЕПС, мітохондріях, пластидах чи вільно розташовані в цитоплазмі. До складу рибосом входять білки та р-РНК. Функція рибосом – це синтез білка. Рибосоми утворюються в ядерцях.

Клітинний центр – це органоїд клітин тварин, який знаходиться біля ядра та відіграє важливу роль під час поділу клітини. Клітинний центр складається з 2 центріолей, від яких радіально розходяться мікротрубочки. **Центріолі** мають вигляд порожнього циліндра, який складається з дев'яти комплексів мікротрубочок, по три в кожному. Під час поділу клітини центріолі розходяться до полюсів, а з мікротрубочок формується веретено поділу.

4.2 Матеріали для самоконтролю:

1. На якому рівні спостерігається найбільша різноманітність форм життя?

- А. Молекулярно – генетичному
- В. Організмівому
- С. Клітинному
- Д. Біогеоценологічному
- Е. Популяційно-видовому

2. До немембранних органоїдів клітини відносять:

- А. Органели вакуолярної системи

- В. Гранулярну ЕПС
- С. Рибосоми
- Д. Комплекс Гольджі
- Е. Агранулярну ЕПС

3. Яке із зазначених положень, що доповнило клітинну теорію, належить Р. Вірхову?

- А. Ядро – обов'язкова структура клітини
- В. Кожна клітина обмежена оболонкою
- С. Кожна клітина – з клітини
- Д. Цитоплазма – головна структура клітини
- Е. Оболонка клітини – її основна структура

4. Під світловим мікроскопом у клітинах ціанобактерій не було виявлено структурно оформленого ядра. До якого типу організації клітин їх можна віднести?

- А. Прокаріоти
- В. Еукаріоти
- С. Віруси
- Д. Бактерії
- Е. Бактеріофаги

5. Революційне слугує для переключення:

- А. Об'єктивів
- В. Окулярів
- С. Просвіту ірисової діафрагми
- Д. Висоти тубусу над предметним столиком
- Е. Положення дзеркала

6. Назвіть авторів клітинної теорії:

- А. Р. Гук
- В. Г. Харді та В. Вайнберг
- С. М. Шлейден та Т. Шванн
- Д. А. Левенгук

Е. Д.Уотсон та Ф.Крик

7. Агранулярна ЕПС виконує наступні функції:

- А. Хемосинтез
- В. Синтез білків
- С. Синтез нуклеїнових кислот
- Д. Синтез вуглеводів
- Е. Утворення рибосом

8. Назвіть особливості будови мітохондрій:

- А. Обмежені однією мембраною
- В. Мають грани
- С. Мають вирости – тилакоїди
- Д. Мають вирости – кристи
- Е. Мають вирости – ламели

9. Клітини прокариот:

- А. Мають типове ядро
- В. Не мають рибосом
- С. Мають лізосоми
- Д. Не мають типового ядра
- Е. Мають пластиди

10. Одномембранні органоїди – це:

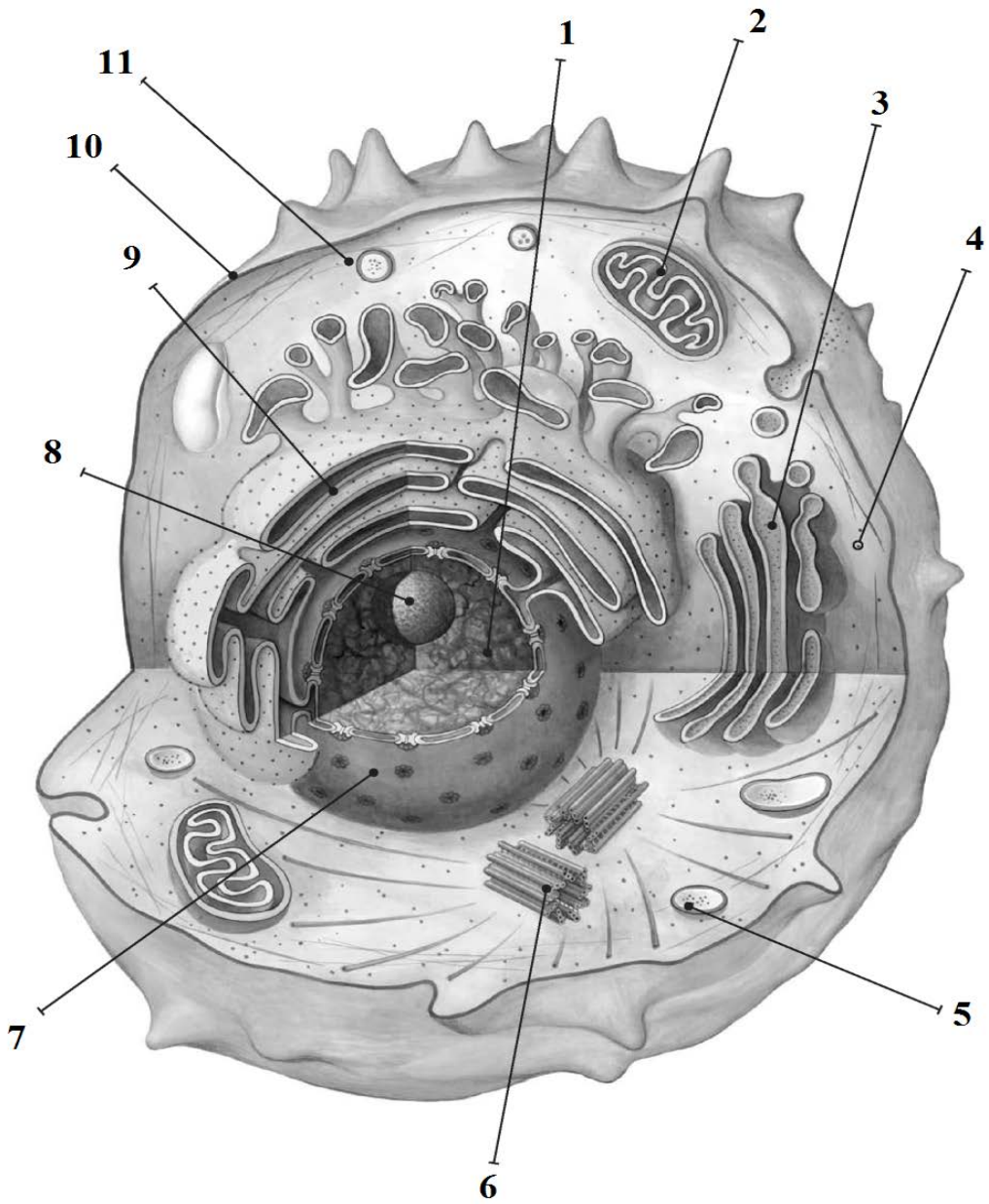
- А. ЕПС, апарат Гольджі
- В. ЕПС, рибосоми
- С. Мітохондрії, лізосоми
- Д. Пластиди, рибосоми
- Е. Клітинний центр, рибосоми.

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота № 1. Будова тваринної клітини.

Розгляньте рисунок тваринної клітини. Запишіть назви органоїдів.



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____

Робота № 2. Органоїди клітини та їх функції.

Заповніть таблицю.

Назва органоїду	Кількість мембран	Функції
<i>Мітохондрії</i>	2	синтез АТФ
<i>Ендоплазматична сітка</i>		
<i>Комплекс Гольджі</i>		
<i>Лізосоми</i>		
<i>Пероксисоми</i>		
<i>Вакуолі</i>		
<i>Рибосоми</i>		
<i>Клітинний центр</i>		
<i>Мікротрубочки</i>		
<i>Мікрофіламенти</i>		

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. Якщо ви починаєте вивчення препарату зразу на великому збільшенні

(ок. 10х об. 40), то ви не зможете його побачити. Чому? Як досягнути мети?

2. Відомо, що старіючі епітеліальні клітини шкіри злущуються. Куди зникають старіючі клітини у внутрішніх органах? Які органоїди клітини причетні до їх видалення?

Терміни для запам'ятовування:

Клітина, тканина, прокаріоти, еукаріоти, нуклеоїд, плазматична мембрана, клітинна мембрана, компартменти, цитоплазматичний матрикс, ЕПС, Комплекс Гольджі, лізосоми, пероксисоми, мітохондрії, ядро, ядерця, еухроматин, гетерохроматин, рибосоми, клітинний центр, мікотрубочки, мікрофіламенти.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.
3. Комп'ютери

ЗАНЯТТЯ №3.

1. ТЕМА: МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ. ХАРАКТЕРИСТИКА НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ

2. Актуальність теми. Нуклеїнові кислоти забезпечують процеси синтезу білка, а цим, в свою чергу, визначається характер обміну речовин, закономірності росту та розвитку, явища спадковості та мінливості. Порушення у структурі нуклеїнових кислот призводять до патологічних змін організму.

3. Мета заняття. Вивчити структуру ДНК, будову різних видів РНК. Вивчити принципи перебігу основних молекулярно–генетичних процесів в клітині: реплікації та репарації. Вивчити будову генів про- та еукаріот.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Характеристика нуклеїнових кислот: ДНК та РНК.
2. Реплікація та репарація ДНК.
3. Ген як одиниця спадкової інформації.
4. Будова генів про- та еукаріот.
5. Генетичний код, його властивості.

Розрізняють два види нуклеїнових кислот: **ДНК і РНК**.

ДНК – це біополімер, який складається з двох спіралью закручених один навколо одного, антипаралельних ланцюгів. Мономер молекули ДНК – **нуклеотид**. Нуклеотид ДНК складається із залишків:

- Азотистих основ – аденіну (А), тиміну (Т), цитозину (Ц), гуаніну (Г);
- Дезоксирибози ($C_5H_{10}O_4$);
- Ортофосфатної кислоти (H_3PO_4);

Між нуклеотидами одного ланцюга – ковалентний фосфодієфірний зв'язок (дезоксирибоза – ортофосфатна кислота).

Модель ДНК у 1953 р. запропонували Д.Уотсон та Ф.Крик. Вони встановили, що нуклеотиди двох ланцюгів з'єднуються водневими зв'язками. Ці зв'язки виникають між комплементарними нуклеотидами: А та Т – два зв'язки, Г і Ц – три зв'язки.

Е. Чаргаф встановив, що в молекулі ДНК кількість аденіну дорівнює кількості тиміну, а кількість гуаніну – кількості цитозину, тобто $A=T$ і $G=C$. Звідси висновок, що $A+G=T+C$.

Співвідношення $G+C/A+T$ у різних видів відрізняється та називається **коефіцієнтом специфічності**. Для бактерій він дорівнює 0,45 – 0,28, а для рослин, тварин та людини – 0,45 – 0,94.

ДНК знаходиться в цитоплазмі прокаріот, в ядрі, мітохондріях, пластидах еукаріот.

Функції ДНК:

- Зберігає спадкову інформацію;
- Передає спадкову інформацію.

Властивості ДНК:

- Здатність до самоподвоєння (реплікації). Реплікація відбувається в S – періоді інтерфази.
- Репарація (лат."відновлення") – самоліквідація пошкоджених ділянок ДНК.

РНК – це біополімер, який складається з одного ланцюга. Мономер молекули РНК – **нуклеотид**. Нуклеотид РНК складається із залишків:

- Азотистих основ – аденіну (А), урацилу (У), цитозину (Ц), гуаніну (Г);
- Рибози ($C_5H_{10}O_5$);
- Ортофосфатної кислоти (H_3PO_4);

Розрізняють три основні **типи РНК**, які відрізняються будовою та функціями:

- **Матрична РНК (м-РНК)** чи **інформаційна (і-РНК)** – переносить інформацію від ДНК до місця синтезу білка.
- **Транспортна РНК (т-РНК)** – складається з 75 – 90 нуклеотидів, має форму листка конюшини. Вона приєднує та транспортує амінокислоти до місця синтезу білка. У клітині є 61 вид т-РНК. Кожна з них має антикодон, за допомогою якого вона приєднується до комплементарного кодону м-РНК.

- **Рибосомальна РНК (р-РНК)** – крупна молекула (3000-5000 нуклеотидів), входить до складу рибосом. Існує всього три види р-РНК.

У 1998 році Е. Файр та К. Мелло відкрили два типи малих молекул РНК – мікро-РНК (**miRNA** – завдовжки близько 70 нуклеотидів) і малі інтерферуючі РНК (**siRNA** – довжиною 21-25 нуклеотидів). Малі РНК зв'язуються зі специфічними послідовностями інших молекул РНК клітини і підвищують або знижують їх біологічну активність. Така система РНК-інтерференції виконує важливу роль у захисті клітин від «паразитуючих» генів – транспозонів і вірусних генів, а також в регуляції розвитку, диференціювання і експресії генів у цілому.

Реплікація ДНК

Відбувається **напівконсервативним шляхом** перед поділом клітини. За допомогою ферментів ланцюги материнської молекули розкручуються, руйнуються водневі зв'язки. До материнських ланцюгів комплементарно приєднуються вільні нуклеотиди. Утворюються дві дочірні молекули ДНК.

В процесі реплікації беруть участь різні ферменти:

- ДНК-топоізомерази розкручують молекулу;
- ДНК-геліказа розкручує ланцюги ДНК;
- ДНК-полімераза та РНК-праймаза каталізують утворення нових ланцюгів;
- ДНК-полімераза – руйнує РНК-затравки, а лігаза з'єднує фрагменти Оказакі.
- Швидкість реплікації ДНК складає 50 нуклеотидів у секунду (у еукаріотів) і до 2000 нуклеотидів у секунду (у прокаріотів).

Етапи реплікації:

1. Ініціація:

- а) розпізнавання точки ініціації (особлива послідовність нуклеотидів)
- б) розкручування та розходження ланцюгів ДНК з утворенням реплікативної вилки
- в) синтез лідируючого ланцюга у напрямку 5'→3' починається з утворення РНК-праймера за допомогою білка праймази
- г) синтез ланцюга, що запізнюється теж починається з утворення РНК-праймера та окремих ділянок – фрагментів Оказакі.

2. Елонгація:

- а) нарощування ланцюга ДНК шляхом приєднання нуклеотидів до 3'→5' кінця ланцюга. Таким чином, утворюються нові ланцюги ДНК за участю ферменту ДНК-полімерази в присутності іонів металів Mg^{2+} або Mn^{2+}
- б) РНК-праймери видаляються ДНК-полімеразою, яка має також екзонуклеазну активність, вона також заповнює прогалини між фрагментами Оказакі, а фермент лігаза їх зшиває.

3. Термінація: завершення процесу реплікації.

Кожний дочірній ланцюг ДНК скручується з материнським ланцюгом у подвійну спіраль. Так утворюються дві молекули ДНК ідентичні до материнської. Вони формуються окремими фрагментами (**репліконами**) по довжині хромосоми.

Репарація – це здатність клітин до виправлення пошкоджень у молекулі ДНК. За часом проходження у клітинному циклі розрізняють репарацію:

- **дореплікативну** – відновлення ДНК до її подвоєння;
- **реплікативну** – самокорекція ДНК під час реплікації;
- **постреплікативну** – видалення пошкоджених ділянок, але часто це призводить до зміни гена та передачі дефектної ДНК нащадкам.

За механізмами протікання репарації виділяють **неексцизійну** (світлову) та **ексцизійну** (вирізаючу) репарації.

Неексцизійна репарація – виправлення пошкоджень ДНК, які виникли тільки під дією ультрафіолетових променів. Утворюються димери не комплементарних основ (Т – Г, Ц – Ц і т.д.). На світлі активується фермент ДНК- фотоліаза, що з'єднується з пошкодженою ДНК. Фермент роз'єднує зв'язки в димерах та відновлює молекулу ДНК.

Ексцизійна репарація – виправлення пошкоджень ДНК, що виникли в результаті дії іонізуючої радіації, хімічних речовин та інших факторів. При цій репарації вирізаються димери, або вирізається пошкоджена одноланцюгова ділянка ДНК, а комплементарний ланцюг використовується як матриця для нового синтезу. Після цього відбувається репаративний комплементарний синтез за участю ДНК-полімерази.

Порушення репарації призводить до тяжких спадкових хвороб у людини. Наприклад: пігментна ксеродерма, синдром передчасного старіння.

Ген – це одиниця спадковості організмів.

Вперше одиницю спадковості назвав «спадковим фактором» Г. Мендель у 1868 р.

У 1909 р. І. Йогансен ввів у науку термін «ген» для позначення одиниці спадковості.

Т. Морган та його колеги вважали, що «ген» – це ділянка хромосоми, яка відповідає за проявлення певної ознаки.

Тільки коли вчені довели, що гени складаються із ДНК, з'явилося визначення: «ген – лінійна ділянка ДНК, що кодує білок». Потім встановили, що не всі гени кодують білки. Також було встановлено, що гени еукаріот переривчасті. Вони мають кодуючі ділянки – **екзони** та некодуючі – **інтрони**. Є гени, які можуть змінювати своє положення у хромосомах (**транспозони**). Структура генів дуже складна, тому сучасне визначення гена наступне:

Ген – це ділянка ДНК, яка є необхідною і достатньою для повноцінного синтезу функціональної молекули РНК. Структурна одиниця гена – пара нуклеотидів.

Ген – це ділянка ДНК, що включає:

- а) промотор** – частина гена, до якої приєднується фермент транскрипції (РНК-полімераза);
- б) ділянка, що транскрибується** (кодуюча частина гена). Містить інформацію про послідовність нуклеотидів у молекулі РНК;
- с) термінатор** – частина гена, що дає сигнал про завершення транскрипції.

Кожна інтерфазна хромосома містить одну молекулу ДНК, в якій у лінійному порядку розташовується багато генів. Загалом, геном людини містить 3,2 млрд. нуклеотидних пар, де розташовано 31780 генів. Майже половина геному представлена багатьма копіями, тобто послідовностями ДНК, що повторюються, а переважна частина складається з некодуючих послідовностей. Геноми еукаріот представлені ядерною, мітохондріальною та пластидною ДНК, при цьому враховується тільки ДНК гаплоїдного набору хромосом.

Структура генів прокаріот – це безперервні послідовності кодуючих

нуклеотидів. Лінійні розміри гена відповідають розмірам структурного білка.

У еукаріот структура гена мозаїчно-переривчаста. Кодуючі послідовності нуклеотидів (екзони) розділяються некодуючими (інтрони). Всередині одного гена можуть проходити функціональні взаємодії окремих ділянок. У еукаріот довжина гена значно більша за розміри кодуючого ним білка.

У генотипі будь-якого організму є **структурні** та **регуляторні гени**. Структурні гени обумовлюють синтез білків, тРНК, рРНК, мікро-РНК, а гени-регулятори впливають на активність структурних генів. У клітинах багатоклітинного організму є повний набір генів даного виду, але в різних типах клітин (м'язові, нервові та ін.) функціонує тільки невелика кількість структурних генів, а саме ті, які визначають властивості даної клітини, тканини, організму в цілому.

Класифікація генів:

1. активні в усіх клітинах (гени реплікації, транскрипції, трансляції та ін.)
2. активні у клітинах певного типу, більшість генів у яких репресована.

Спадкова інформація записується в молекулах нуклеїнових кислот за допомогою **генетичного коду**. Це послідовність нуклеотидів, яка визначає порядок розташування амінокислот у поліпептиді.

Властивості генетичного коду:

1. **Триплетність** (кожна амінокислота в поліпептиді кодується трьома нуклеотидами у ДНК);
2. **Надмірність** (одну амінокислоту можуть кодувати декілька різних триплетів);
3. **Однозначність** (кожний триплет кодує одну певну кислоту);
4. **Універсальність** (код однаковий для всіх організмів);
5. **Колінеарність** (послідовність триплетів визначає порядок розташування амінокислот);
6. **Унікальність** (розташування кодонів в ДНК притаманне тільки певному організму);

7. **Лінійність** (триплети розташовані лінійно);

8. **Неперервність** (між нуклеотидами відсутні фізичні інтервали);

9. **Неперекривність** (в молекулі ДНК кожний нуклеотид входить лише до якогось одного кодону);

10. **Стартовість** (синтез поліпептиду починається з триплету АУГ);

11. **Термінація** (кінець синтезу поліпептиду; це «стоп-кодони»: УАА, УАГ, УГА,).

12. **Однонаправленість** (зчитування інформації відбувається тільки у напрямку від 5'-кінця до 3'-кінця).

Генетичний код

Перша основа	Друга основа				Третя основа
	У	Ц	А	Г	
У	Фенілаланін	Серин	Тирозин	Цистеїн	У
	Фенілаланін	Серин	Тирозин	Цистеїн	Ц
	Лейцин	Серин	«Стоп»	«Стоп»	А
	Лейцин	Серин	«Стоп»	Триптофан	Г
Ц	Лейцин	Пролін	Гістидин	Аргінін	У
	Лейцин	Пролін	Гістидин	Аргінін	Ц
	Лейцин	Пролін	Глутамін	Аргінін	А
	Лейцин	Пролін	Глутамін	Аргінін	Г
А	Ізолейцин	Треонін	Аспарагін	Серин	У
	Ізолейцин	Треонін	Аспарагін	Серин	Ц
	Ізолейцин	Треонін	Лізін	Аргінін	А
	Метіонін	Треонін	Лізін	Аргинин	Г
Г	Валин	Аланін	Аспарагінова к-та	Гліцин	У
	Валин	Аланін	Аспарагінова к-та	Гліцин	Ц
	Валин	Аланін	Глутамінова к-та	Гліцин	А
	Валин	Аланін	Глутамінова к-та	Гліцин	Г

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Функції ДНК:

А. Синтез білка

В. Триплетність

С. Специфічність

D. Збереження спадкової інформації

E. Синтез вуглеводів

2. Утворення всіх видів РНК у клітині здійснюється:

A. У ядрі

B. На рибосомах

C. На мембранах ЕПС

D. У пероксисомах

E. У лізосомах

3. Вкажіть речовини, які входять до складу одного нуклеотиду:

A. Пентоза, залишок фосфорної кислоти, азотиста основа

B. Гексоза, залишок фосфорної кислоти, азотиста сполука

C. Амінокислота, фосфатна група, тимін

D. Триоза, азотиста кислота, урацил

E. Тетроза, фосфатна група, аденін

4. Яке твердження є вірним? ДНК – це:

A. Одноланцюгова, спірально закручена молекула

B. Дволанцюгова, антипаралельна, лінійна молекула

C. Дволанцюгова, паралельна, спірально закручена молекула

D. Дволанцюгова, антипаралельна, спірально закручена молекула

E. Одноланцюгова, лінійна молекула

5. Відновлення пошкодженої ділянки молекули ДНК за допомогою специфічного ферменту по непошкодженому ланцюгу. Це явище має назву:

A. Репарація

B. Дуплікація

C. Реплікація

D. Ініціація

E. Термінація

6. Встановлено, що послідовність триплетів нуклеотидів точно

відповідає послідовності амінокислотних залишків у поліпептидному

ланцюгу. Як називається така особливість генетичного коду?

- A. Колінеарність
- B. Надлишковість
- C. Триплетність
- D. Універсальність
- E. Неперекривність

7. Довжина одного нуклеотиду уздовж вісі ДНК - 0,34 нм. Яку довжину має ген, який кодує інсулін, якщо відомо, що до його складу входить 51 амінокислота?

- A. 50 нм
- B. 60 нм
- C. 35 нм
- D. 75 нм
- E. 52 нм

8. Чому генетичний код універсальний?

- A. Містить інформацію про будову білка
- B. Триплетний
- C. Єдиний для всіх організмів
- D. Кодує амінокислоти
- E. Колінеарний

9. Одна амінокислота кодується:

- A. Одною азотистою основою
- B. Двома азотистими основами
- C. Трьома азотистими основами
- D. Одним поліпептидом
- E. Двома поліпептидами

10. Два полінуклеотидні ланцюги ДНК з'єднуються між собою:

- A. Пептидними зв'язками
- B. Водневими зв'язками
- C. Енергетичними зв'язками

Д. Іонними зв'язками

Е. Ковалентними зв'язками

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Будова фрагмента молекули ДНК

Зарисуйте схему будови фрагмента молекули ДНК (2-3 пари нуклеотидів).

Позначте один нуклеотид і назвіть його складові, а також хімічні зв'язки між ними.

Робота №2. Реплікація ДНК

Зарисуйте схему реплікації молекули ДНК. Вкажіть напрямок реплікації.

Робота №3. Розв'язування задач

1) Некодуєчий ланцюг молекули ДНК має таку будову: ГАГ АГГ ЦГТ ТГА ЦГГ. Визначте будову відповідної частини молекули білка, синтезованої за участю кодуєчого ланцюга ДНК.

Рішення:

2) Фрагмент кодуєчого ланцюга ДНК має такий нуклеотидний склад: Г–Г–Ц–А–Т–А–А–Ц–Г–Ц–Т. Визначте: **а)** послідовність розміщення нуклеотидів у некодуєчому ланцюзі ДНК та вміст (у відсотках) кожного нуклеотида в даному фрагменті; **в)** довжину і масу фрагмента, якщо молекулярна маса нуклеотида – 345 а.о.м., а довжина – 0,34 нм.

Рішення:

3) Фрагмент молекули білка міоглобіну містить амінокислоти у такому порядку: Ала-Глу-Тир-Сер-Глн. Визначте структуру ділянки ДНК, яка кодує цю послідовність амінокислотних залишків.

Рішення:

4) Фрагмент молекули ДНК містить 348 цитидилових нуклеотидів, що складає 20% їх загальної кількості. Скільки нуклеотидів кожного виду містить ген?

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. У штучне поживне середовище внесли мічений урацил і через деякий час його було виявлено переважно у рибосомах і поряд з ними. Дайте пояснення цьому явищу.
2. У штучне поживне середовище, де вирощуються клітини, внесли розчин тиміну з радіоактивною міткою. Через деякий час мітку виявили у ядрі. Як можна це пояснити?

Терміни для запам'ятовування:

Нуклеїнові кислоти, ДНК, РНК, нуклеотид, реплікація, репарація, ген, генетичний код.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №4.

1. ТЕМА: ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОКУ ІНФОРМАЦІЇ В КЛІТИНІ. РЕГУЛЯЦІЯ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ

2. Актуальність теми. Біосинтез білка забезпечує процеси самооновлення організму. Порушення біосинтезу білка відбувається через недостатнє забезпечення поживними речовинами та за наявності низки патологічних станів.

3. Мета заняття. Засвоїти молекулярні механізми реалізації генетичної інформації в клітині, а також її регуляцію у про - та еукаріотів. Вивчити особливості процесу трансляції та її етапи.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Організація потоку інформації в клітині.
2. Біосинтез білка та його етапи:
 - а) транскрипція: ініціація, елонгація, термінація;
 - б) процесинг, сплайсинг;
 - в) трансляція: ініціація, елонгація, термінація;
 - г) посттрансляційна модифікація білків.
3. Регуляція експресії генів.

Процес біосинтезу білка в еукаріотів можна представити у вигляді схеми ДНК→про-і-РНК→і-РНК→поліпептидний ланцюг→білок.

Етапи біосинтезу білків:

Транскрипція (лат. transcriptio - переписування). Це синтез в ядрі клітини молекули-попередниці і-РНК (про-і-РНК) за програмою ДНК.

Транскрипція проходить в три етапи: ініціація, елонгація, термінація.

1. Ініціація. Під дією ферменту подвійна спіраль ДНК розкручується. Фермент РНК-полімераза приєднується до промотора ДНК та із вільних нуклеотидів починається синтез про-і-РНК на матричному ланцюзі ДНК.

2. Елонгація – процес нарощування полінуклеотидного ланцюга.

3. Термінація – закінчення синтезу про-і-РНК, коли фермент досягає паліндрому дволанцюгової шпильки, яка складається з послідовностей нуклеотидів, що читаються однаково в обох ланцюгах у напрямках 5'→3'.

Ділянка ДНК, що містить промотор, послідовність нуклеотидів, що транскрибуються і термінатор, називається **транскриптом**.

Процесинг – дозрівання РНК. У еукаріот процесинг складається з трьох операцій:

1. Кепування – модифікація 5'-кінця про-іРНК шляхом приєднання гуанозинмонофосфату, потім його метилювання і утворення 7-метилгуаніну. Кеп захищає 5'-кінець від деградації, бере участь у процесингу, транспортує мРНК в цитоплазму та ініціює трансляцію

2. Сплайсинг – вирізання інтронів і зшивання лігазами екзонів

3. Поліаденілування – приєднання до 3'-кінця polyA послідовності, яка забезпечує термінацію транскрипції.

Утворюється і-РНК або м-РНК. Із ядра вона надходить до рибосом ЕПС.

Трансляція. Це синтез поліпептиду за програмою м-РНК. Трансляцію розділяють на 3 етапи: **ініціація, елонгація, термінація**

1. Ініціація

1) м-РНК з'єднується з малою субодиницею рибосоми.

2) До стартового кодону м-РНК (АУГ) комплементарно приєднується своїм антикодоном (УАЦ) т-РНК(1) з амінокислотою метіонін. Реакція приєднання амінокислоти до т-РНК називається **рекогніцією**. Між кодоном та антикодоном формуються водневі зв'язки. Утворюється **комплекс ініціації: мала субодиниця рибосоми+і-РНК+т-РНК+формілметіонін**.

3) До цього комплексу приєднується велика субодиниця рибосоми. Утворюється функціонально активна рибосома. В рибосомі одночасно можуть знаходитися тільки два кодони м-РНК.

2. Елонгація – процес подовження пептидного ланцюга.

1) До другого кодону комплементарно приєднується наступна т-РНК(2) з певною амінокислотою. Між двома амінокислотами утворюється **пептидний зв'язок**.

2) т-РНК(1), яка прийшла раніше, виходить з рибосоми і може приєднувати нову амінокислоту.

3) рибосома рухається в напрямку 5'→3', м-РНК і т-РНК(2) з дипептидом переміщується в ній на один кодон. До третього кодону м-РНК підходить т-РНК(3) з наступною амінокислотою і т.д.

3. Термінація – закінчення синтезу відбувається коли рибосома дійшла до

«стоп-кодону» і весь комплекс – м-РНК, мала і велика частини рибосоми, т-РНК, білок – розпадається, але за необхідності він знову може збиратися для нового синтезу білка. Весь процес трансляції йде за допомогою додаткових, приблизно 50, спеціальних білків: чинників ініціації, елонгації, термінації. У загальних рисах процес трансляції однаковий у всіх організмів. Багато антибіотиків є специфічними інгібіторами трансляції у мікроорганізмів. Так, стрептоміцин утруднює зв'язування стартової т-РНК із м-РНК, тобто, пригнічує ініціацію білкового синтезу, а тетрациклін – елонгацію.

Посттрансляційна модифікація білків. Синтезований поліпептид – це практично прямолінійна молекула, якій не властива метаболічна активність. Далі він самостійно або за допомогою допоміжних білків набуває вторинної, третинної та інших структур. Первинна структура білка повністю визначає всі ці структури. Новий поліпептидний ланцюг потрапляє в цитоплазму, порожнину ЕПС або апарат Гольджі, де завершується формування білкової молекули. В процесі дозрівання відбуваються просторові та хімічні перетворення і білки набувають специфічних властивостей та функціональної активності. Процес синтезу білка потребує великих витрат енергії АТФ.

Результатом участі білків в метаболізмі є розвиток ознак. Таким чином, процес біосинтезу білка здійснюється в чотири етапи:

1. Транскрипція.
2. Посттранскрипційні процеси (процесинг, сплайсинг).
3. Трансляція.
4. Посттрансляційні процеси (формування вторинної, третинної та четвертинної структури білка).

Регуляція активності генів

Функціональна одиниця організації генетичного матеріалу прокариотів, яка включає гени, що кодують послідовно працюючі білки називається ***оперон***. Він починається і закінчується регуляторними ділянками — промотором

(початок) і термінатором (кінець). До складу оперону прокаріотів входять структурні гени, які кодують білки, що здійснюють послідовно етапи біосинтезу певної речовини. Регуляторними елементами є наступні:

Промотор – ділянка зв'язування фермента (ДНК-залежна РНК-полімераза), що здійснює транскрипцію.

Оператор – ділянка зв'язування регуляторного білка-репресора, який в активному стані блокує оператор, а в пасивному – ні;

Термінатор – ділянка в кінці оперону, що сигналізує про припинення транскрипції.

Регуляція здійснюється спеціальними регуляторними білками, які закодовані у генах - регуляторах. В процесі регуляції беруть участь і сполуки небілкової природи – **ефектори**. Вони здатні взаємодіяти з білком-регулятором та змінювати його здатність з'єднуватись із оператором, та можуть, або сприяти початку синтезу і-РНК, або ні. Якщо білок-регулятор не дає ферменту приєднатися до промотору, він називається **білок-репресор**. Якщо білок-регулятор сприяє приєднанню ферменту до промотору, то його називають **білок-активатор**. В залежності від результатів такої взаємодії серед **ефекторів** розрізняють **індуктори**, які сприяють транскрипції та **репресори**, які їй перешкоджають.

Регуляція активності генів у еукаріот більш складна. Тому що процес транскрипції включає процесинг та розмежовується у просторі із трансляцією та посттрансляційними процесами. Регуляція активності генів у клітинах еукаріот відбувається на різних рівнях, як на рівні хроматину, так і на рівні генів. Конденсований хроматин (гетерохроматин) не транскрибується, а для еухроматину (неконденсований) транскрипція характерна. Вона може посилюватися, або послаблюватися інсуляторами (специфічні чергування нуклеотидів між окремими петлями хроматину), які зв'язуються із специфічними білками. Важливу регуляторну роль грають метилування ДНК та модифікація гістонів.

На рівні генів, які кодують білки, регуляція відбувається за рахунок складних структурних ділянок ДНК, розташованих перед стартом транскрипції. Це так звані мотиви: ТАТА, ЦЦААТ і ГГГЦГГ, які необхідні для зв'язування ферменту ДНК-залежної РНК-полімерази. У складі різних генів кількість мотивів коливається від 2 до 9.

У промоторній ділянці генів також виявлено регуляторні елементи, які назвали енхансери (підсилювачі) та сайленсери (послаблювачі). Вони виявляють дистантну дію на процес транскрипції та локалізуються у різних ділянках геному.

Регуляторні функції також виконують специфічні ферменти та білкові фактори («цинкові пальці», «лейцинова застібка – блискавка»).

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. У процесі транскрипції у еукаріот відбувається:

- A. Синтез і –РНК
- B. Синтез поліпептиду
- C. Синтез вуглеводів
- D. Синтез про-і-РНК
- E. Репарація ДНК

2. Назвіть етапи синтезу білкової молекули у еукаріот:

- A. Транскрипція, процесинг, трансляція, сплайсинг, посттрансляційна модифікація.
- B. Транскрипція, трансляція, посттрансляційна модифікація, сплайсинг
- C. Транскрипція, процесинг, трансляція, посттрансляційна модифікація
- D. Трансляція, транскрипція, процесинг, посттрансляційна модифікація
- E. Транскрипція, трансляція, сплайсинг, процесинг, рекогніція

3. В яких органоїдах клітини пептидний ланцюг перетворюється на білок?

- A. Клітинний центр
- B. Лізосоми
- C. Вакуолі

D. Пластиди

E. Комплекс Гольджі

4. Що таке комплекс ініціації при трансляції?

A. Мала субодиниця рибосоми + і-РНК + т-РНК – метіонін

B. Велика субодиниця рибосоми + І-РНК – валін

C. Мала субодиниця рибосоми + т-РНК – метіонін

D. Мала субодиниця рибосоми + і-РНК + велика субодиниця + лізин

E. Мала субодиниця рибосоми + стартовий кодон і-РНК

5. Клітини, що належать одній людині, здатні одночасно синтезувати різні білки. Це можливо тому що:

A. Синтезовані білки здобувають у процесі самозборки різну структуру

B. Одночасно у клітинах транскрибуються різні ділянки ДНК

C. Клітини одного організму мають різну ДНК

D. У клітинах постійно відбуваються різні мутації

E. У клітинах одного організму по-різному відбувається біосинтез білка

6. Визначте антикодони для т-РНК, які беруть участь у синтезі білка, кодованого таким фрагментом ДНК: АЦГ ГГТ АТГ

A. ТГЦ ЦЦА ТАЦ

B. УГЦ ЦЦА УАЦ

C. АЦГ ГГТ АТГ

D. АЦГ ГГУ АУГ

E. ГТГ ЦУЦ ААУ

7. Амінокислотні залишки у поліпептиді з'єднуються зв'язком:

A. Водневим

B. Іонним

C. Пептидним

D. Дисульфідним

E. Макроергічним

8. Транскрипція відбувається в:

A. Цитоплазмі

- В. Ядрі
- С. Ядерці
- Д. Мембранах ЕПС
- Е. Рибосомах

9. Елонгація трансляції – це процес:

- А. Подовження полінуклеотидного ланцюга
- В. Подовження і-РНК
- С. Приєднання рибосом
- Д. Подовження пептидного ланцюга
- Е. Зборка рибосом

10. Як називається процес дозрівання РНК?

- А. Сплайсинг
- В. Елонгація
- С. Термінація
- Д. Модифікація
- Е. Процесинг

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Етапи біосинтезу білка еукаріотів.

Дайте назву процесам та вкажіть де вони відбуваються.

- | | |
|--|---|
| 1. ДНК | → про-і-РНК – ... |
| 2. про-і-РНК | → м-РНК – ... |
| 3. м-РНК | → субодиниці рибосом – ... |
| 4. т-РНК | → аміноацил т-РНК – ... |
| 5. рибосома + м-РНК
+ аміноацил т-РНК | → поліпептид – ... |
| 6. поліпептиди | → специфічні білки з різними
функціями – ... |

Робота №2. Розв'язування задач.

1. Визначте кількість нуклеотидів ДНК, що кодують білок з 500 мономерів, якщо 20% нуклеотидів входять до складу інтронів.

Рішення:

2. Один ланцюг ДНК складається з 1640 нуклеотидів, з яких інтронні ділянки складають 240, 120 та 320 нуклеотидів. Скільки амінокислот кодує дана ДНК?

Рішення:

3. На одному з ланцюгів ДНК синтезована і-РНК, у якій А-30%, Г-10%, У-26%, Ц-34%. Визначте вміст (у відсотках) нуклеотидів в ДНК.

Рішення:

4. Білок інсулін складається з 51 амінокислоти. Що важче: білок чи ген, який його кодує? Молекулярна маса амінокислоти – 100 а. о. м.

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Транскрипція, транскрипт, процесинг, кепування, сплайсинг, поліаденілування, трансляція, рекогніція, посттрансляційна модифікація, оперон, промотор, оператор, термінатор, ефектор, білок-репресор, білок-активатор, індуктор, репресор.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №5.

1. ТЕМА: МОРФОЛОГІЯ ХРОМОСОМ. КАРІОТИП ЛЮДИНИ. ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ КЛІТИНИ. МІТОЗ

2. Актуальність теми. Розмноження – одне з основних властивостей живого. З розмноженням клітин (проліферацією), пов'язані ріст і поновлення багатьох структур багатоклітинного організму. Розмноження клітин шляхом мітозу утворює дві генетично ідентичні клітини. Керування поділом клітин, вивчення впливу на нього різних факторів (типу тканини, фізіологічного стану організму, зовнішніх факторів) має велике практичне

значення у медицині. Вивчення каріотипу людини у нормі та патології дозволяє розробити методи діагностики хромосомних хвороб.

3. Мета заняття. Вивчити будову хромосом, методи дослідження каріотипу людини та принципи класифікації хромосом. Ознайомитися з життєвим циклом клітин. Навчитися аналізувати зміни клітин та їх структур під час життєвого циклу та значення порушення мітозу.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Рівні упакування генетичного матеріалу.
2. Каріотип людини. Правила хромосом.
3. Організація клітини у часі. Клітинний цикл.
4. Мітоз, фази мітозу, характеристика.
5. Біологічне значення мітозу.
6. Поняття про мітотичну активність тканин.
7. Амітоз. Порушення мітозу.

Хроматин клітини може знаходитись на декількох *рівнях організації або упакування.*

Нуклеосомний. Тонка нитка нуклеопротеїду складається з нуклеосом.

Нуклеосома – це частина, що містить диски з 8 молекул білків-гістонів (H_{2B} , H_{2A} , H_3 , H_4), на яку накручується ділянка ДНК, що складається з 140 пар нуклеотидів. Вона робить 2 оберти навколо нуклеосоми і вкорочується приблизно в 7 разів. ДНК має негативний заряд, а нуклеосома – позитивний, що забезпечує міцний зв'язок між ними. Між нуклеосомами знаходиться ДНК, довжиною в 60-100 пар нуклеотидів.

Нуклеомерний. Відбувається подальше вкорочення ДНК за рахунок зближення 8-10 нуклеосом, завдяки дії ще одного гістонового білка H_1 . Утворюються *нуклеомери*. Довжина ДНК зменшується в 6-10 разів.

Хромомерний (хромонемний, петлеподібний). Нуклеомери збираються в групи, утворюючи хромомери. Довжина ДНК зменшується в 10-30 разів та утворюються хромонеми.

Метафазний. Щільно упакована хромонема у вигляді дисків утворює метафазну хроматиду. Загалом довжина ДНК зменшується в 10 тисяч разів.

Кожна хромосома складається з двох хроматид, які з'єднані між собою **первинною перетяжкою** (центромерою). Вона поділяє хромосому на 2 плеча. На центромері розташовуються спеціальні білки, що утворюють **кінетохори**, до яких під час поділу клітини прикріплюються нитки веретена. Кінці плечей називаються **теломерами**. Вони не дозволяють з'єднатися хромосомам між собою. **Центромера** може мати різне розташування, від цього залежить форма хромосом. Розрізняють:

- **Метацентричні** – мають рівні чи майже рівні плечі;
- **Субметацентричні** – мають плечі різної довжини;
- **Акроцентричні** – мають паличкоподібну форму, з дуже коротким другим плечем. Маленькі плечі часто мають вторинну перетяжку.
- **Телоцентричні** – мають тільки одне плече з центромерою на кінці (патологічні).

Деякі хромосоми мають вторинні перетяжки, які відокремлюють ділянки хромосом (**супутники**). Такі хромосоми називають ядерцевими організаторами.

Хромосомні набори еукаріот підлягають таким **правилам**:

- 1. Правило постійності кількості хромосом** (число хромосом та характерні особливості їх будови – видова ознака).
- 2. Правило парності хромосом**(хромосоми, які відносяться до одної пари, називаються гомологічними: вони мають однаковий розмір і будову).
- 3. Правило індивідуальності хромосом** (кожна пара характеризується своїми особливостями).
- 4. Правило неперервності хромосом** (хромосоми, здатні до

авторепродукції під час поділу клітини).

В ядрах клітин тіла (соматичних клітинах) міститься повний, подвійний набір хромосом. Такий набір називається **диплоїдним** і позначається **2n**. В ядрах статевих клітин з кожної пари гомологічних хромосом присутня лише одна. Такий набір називається **гаплоїдним** і позначається **n**.

Диплоїдний набір хромосом клітини, який характеризується їх числом, розмірами та формою, називається **каріотипом**.

Ідіограма – це систематизований каріотип, коли хромосоми розташовуються у порядку зменшення їх довжини.

Нормальний каріотип людини – 46 хромосом або 23 пари. З них 22 пари – хромосоми однакові у чоловіків і жінок (**аутосоми**) і одна пара – статеві хромосоми (**гетерохромосоми**). У жіночому організмі – XX, а у чоловічому – XY

Життєвий цикл клітини – це період онтогенезу від народження клітини (ділення) до загибелі або наступного поділу.

Клітинний (мітотичний) цикл – це період життя клітини від одного поділу до другого. Цей цикл складається з трьох головних стадій:

- Інтерфаза
- Мітоз (каріокінез)
- Цитокінез.

Інтерфаза – це період між поділами клітини. Він включає три етапи:

1) **Пресинтетичний (G₁)** – відбувається синтез РНК і структурних білків. За їх рахунок відновлюються та диференціюються органоїди клітини після мітозу. Клітина росте. Хромосоми складаються з однієї хроматиди. Набір генетичного матеріалу **2n2c**, де **n** – кількість хромосом, **c** – кількість ДНК.

2) **Синтетичний (S)** – відбувається редуплікація ДНК, синтез ядерних білків (гістонів). Тепер кожна хромосома складається з двох хроматид, **2n4c**.

3) Постсинтетичний (G₂) – йде синтез АТФ, РНК, білків веретена поділу. Діляться мітохондрії та хлоропласти. Центріолі подвоюються, починає утворюватись веретено поділу. Генетичний матеріал – **2n4c**.

Мітоз складається з 4-х фаз:

1) Профаза – хромосоми скручуються, вкорочуються, потовщуються. Хроматиди відштовхуються і поєднані лише в області центромери. Ядерця та ядерна мембрана руйнуються. Хромосоми потрапляють у цитоплазму. В цей же час центріолі розходяться до полюсів клітини. Навколо кожної центріолі утворюється веретено поділу (зірка). В клітинах вищих рослин немає центріолей. Веретено поділу будується від полюсів клітини. Генетичний матеріал – **2n4c**.

2) Метафаза – хромосоми прикріплюються своїми центромерами до ниток веретена поділу. Вони вишиковуються на екваторі в одну лінію, їх добре видно і в них Х-подібна форма, **2n4c**.

3) Анафаза – кожна центромера розщеплюється на дві, хроматиди відходять одна від одної. Нитки веретена поділу розтягують дочірні хромосоми до протилежних полюсів, **4n4c**.

4) Телофаза – хромосоми деспіралізуються, подовжуються та їх вже не видно. Нитки веретена руйнуються. У кожного полюсу навколо хромосом утворюється ядерна оболонка, з'являється ядерце, **2n2c**. Телофаза завершується цитокінезом.

Цитокінез – це поділ цитоплазми між двома дочірніми клітинами. Набір генетичного матеріалу в кожній клітині – **2n2c**. Поділ цитоплазми у клітинах тварин відбувається шляхом вгинання мембрани від периферії до центру.

Значення мітозу:

1) **Генетична стабільність.** В результаті мітозу утворюються дві дочірні клітини, які містять стільки ж хромосом, скільки їх було в батьківській клітині.

2) **Ріст.** У результаті мітозів кількість клітин в організмі збільшується.

3) Лежить в основі **нестатевого розмноження, регенерації та заміщення клітин.**

У складних багатоклітинних організмах рослин і тварин клітини окремих органів і тканин характеризуються різною **мітотичною активністю**. Дослідження клітинного поділу засобами радіоавтографії дало можливість розділити всі тканини на три категорії клітинних комплексів:

- **стабільні** – практично не діляться (нервові тканини);
- **що ростуть** – частина клітин здатна до мітозу (м'язи);
- **що оновлюються** – всі клітини діляться. Кількість знов утворених клітин дорівнює кількості відмерлих (епітелій шкіри).

Мітотична активність залежить від виду тканини та її функції, віку та стадії розвитку організму.

Амітоз або прямий поділ клітин відбувається шляхом поділу ядра перетяжкою без утворення веретена поділу. Характерний для клітин із зниженою мітотичною активністю (клітини, що старіють або патологічні). Під час амітозу зберігається інтерфазний стан ядра, добре видно ядрце і ядерну оболонку. Реплікація ДНК відсутня. Спадковий матеріал розподіляється випадково.

Ендомітоз – збільшення кількості хромосом. Виникає в результаті того, що після поділу хромосом, поділ ядра не відбувається. Так утворюються поліплоїдні ядра. При ендомітозі клітини продовжують свою життєдіяльність. Так, наприклад, утворюються двоядерні клітини печінки людини.

Політенія – збільшення кількості хромосом. Утворюються гігантські хромосоми (виявлені у слинних залозах личинок двокрилих).

Порушення мітозу призводять до утворення клітин з різними каріотипами. Порушення будови веретена поділу призводить до некратного збільшення або зменшення числа хромосом у соматичних клітинах. Це викликає різні захворювання.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Який вид хроматину є функціонально активним в інтерфазній клітині?

- A. Факультативний гетерохроматин
- B. Конститутивний гетерохроматин
- C. Еухроматин
- D. У-хроматин
- E. Х-хроматин

2. На якій стадії клітинного циклу гомологічні хромосоми досягають полюсів клітини, деконденсуються, навколо них формується ядерна оболонка, відновлюється ядерце?

- A. Профаза
- B. Метафаза
- C. Телофаза
- D. Прометафаза
- E. Анафаза

3. Ділянки хромосом, до яких приєднуються нитки веретена поділу, називають:

- A. Плече
- B. Теломера
- C. Кінетохор
- D. Вторинна перетяжка
- E. Супутник

4. На якій фазі клітинного циклу можуть виникнути політенні хромосоми?

- A. Метафазі
- B. Профазі
- C. Інтерфазі
- D. Телофазі
- E. Анафазі

5. У культурі клітин злоякісної пухлини спостерігали поділ клітин, при якому ядро поділилося шляхом утворення перетяжки без утворення ахроматинового апарату. Такий поділ називається:

- A. Політенія
- B. Мейоз
- C. Мітоз
- D. Ендомітоз
- E. Амітоз

6. У який період мітотичного циклу відбувається подвоєння ДНК?

- A. Інтерфаза
- B. Телофаза
- C. Профаза
- D. Метафаза
- E. Анафаза

7. До якого типу клітин за здатністю до поділу відносяться клітини печінки?

- A. Стабільні
- B. Генеративні
- C. Що ростуть
- D. Що оновлюються
- E. Соматичні

8. Який набір генетичного матеріала на стадії анафази мітозу?

- A. $2n2c$
- B. $n2c$
- C. $2n4c$
- D. $4n4c$
- E. nc

9. Як називається фаза мітотичного циклу, на якій вивчають каріотип людини?

- A. Інтерфаза

- В. Анафаза
- С. Цитокінез
- Д. Телофаза
- Е. Метафаза

10. На якій стадії мітотичного циклу хромосоми розходяться до полюсів клітини?

- А. Анафаза
- В. Телофаза
- С. Інтерфаза
- Д. Метафаза
- Е. Профаза

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Типи хромосом людини.

Вивчіть за мікрофотографією метафазної пластинки з культури лімфоцитів типи хромосом людини. Знайдіть всі типи, Зарисуйте в альбом протоколів по одній хромосомі, мета-, субмета- та акроцентричну зі супутником. На одній хромосомі позначте центромеру, плечі, вторинну перетяжку, супутник.

Робота №2. Мітотичний цикл клітини.

Вивчіть за таблицею схему мітотичного циклу диплоїдної клітини (2n). Знайдіть та зарисуйте стадії інтерфази, про-, мета-, ана-, телофази, вказавши назву періоду, кількість хромосом і ДНК. Зверніть увагу на хромосоми на стадії метафази.

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. Під час порушення мітозу у клітині (культура тканини людини) хроматиди однієї із хромосом не розійшлися у дочірні ядра, а попали в одне ядро. Скільки хромосом буде в ядрах дочірніх клітин?
2. У ядрі соматичної клітини людини 46 хромосом. Скільки хромосом буде в клітині на стадії завершення телофази мітозу? Чи зміниться маса ДНК і обсяг генетичної інформації?
3. У ядрі клітини шкіри людини 46 хромосом. Скільки хромосом буде в клітині на стадії анафази мітозу?

Терміни для запам'ятовування:

Рівні організації хроматину, центромера, кінетохор, теломера, супутник, каріотип, ідіограма, аутосоми, гетерохромосоми, життєвий цикл клітини, мітотичний цикл, інтерфаза, мітоз, цитокінез, амітоз, ендомітоз, політенія.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Мікроскопи.
2. Тестові завдання.
3. Навчально-методичний посібник

ЗАНЯТТЯ №6.

1. ТЕМА: РОЗМНОЖЕННЯ НА ОРГАНІЗМОВОМУ РІВНІ

2. Актуальність теми. Розмноження забезпечує морфогенетичну безперервність у ряду поколінь. Завдяки розмноженню відбувається розвиток та наступність життя на всіх рівнях його організації. В основі статевого розмноження, яке пов'язане з утворенням і розвитком статевих клітин, лежить мейоз.

3. Мета заняття. Пояснити механізми перебігу мейозу при I та II поділах, їх біологічне значення.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Розмноження – основна властивість живого. Форми розмноження.
2. Мейоз: цитологічні та генетичні закономірності.
3. Значення мейозу.

Розмноження – це здатність організмів відтворювати собі подібних.

Форми розмноження:

I. Нестатеве.

• У одноклітинних:

1. Бінарний поділ – в основі лежить мітоз, утворюється дві клітини (саркодові, джгутикові, інфузорії).
2. Шизогонія або множинний поділ (малярійний плазмодій).
3. Брунькування (бактерії, дріжджі).
4. Спороутворення (водорості, гриби).

• У багатоклітинних:

1. Вегетативне – розмноження групою клітин.

a. Брунькування (гідра);

b. Фрагментація (кільчасті черви);

c. Поліембріонія – розвиток з однієї зиготи декількох організмів (їздці, броненосці, монозиготні близнюки у людини);

d. Вегетативними органами (корінь, лист).

2. Спорами – розмноження спеціалізованою клітиною(мохи, папороті).

II. Статеве.

• У одноклітинних:

1. Кон'югація – статевий процес, при якому нові особини не утворюються, а лише відбувається обмін генетичною інформацією (інфузорія).

2. Копуляція – дві особини перетворюються на гамети, з'єднуються і утворюють зиготу (малярійний плазмодій). Зустрічається три види копуляції:

– *ізогамія* – зливаються рухомі, однакові за розміром гамети;

– *анізогамія* – зливаються рухомі, але різні за розміром гамети;

– *овогамія* – зливаються гамети: велика нерухома (яйцеклітина) і дрібна рухома (сперматозоїд).

• У багатоклітинних – копуляція. Розвиток гамет відбувається у статевих залозах. Сперматозоїди утворюються в сім'яниках, а яйцеклітини в яєчниках.

III. Партеногенез – особлива форма статевого розмноження. Це розвиток організмів із незаплідненої яйцеклітини. Буває природним та штучним. Природний – облігатний (обов'язковий) та факультативний.

Мейоз – це спосіб утворення статевих клітин еукаріот, в результаті якого хромосомний набір зменшується в два рази. Мейоз відбувається при утворенні сперматозоїдів та яйцеклітин у тварин і при утворенні спор у більшості рослин.

Мейоз складається з двох послідовних поділів:

- *Редуційного*
- *Еквацийного.*

Інтерфаза – I. Відбувається редуплікація ДНК. Кожна хромосома складається з двох хроматид, **2n4c.**

Редуційний поділ складається з 4-х фаз:

1) **Профаза–I.** Профаза –I складається з 5 стадій:

- *Лептонема* – стадія довгих, тонких, слабо спіралізованих хромосом.
- *Зигонема*– стадія попарного зближення гомологічних хромосом (кон'югація). Утворюються біваленти (тетради).
- *Пахінема*– стадія товстих ниток. Гомологічні хромосоми з'єднуються в біваленти. Між гомологічними хромосомами відбувається кросинговер (обмін алельними генами).
- *Диплонема* – гомологічні хромосоми починають відштовхуватися.
- *Діакінез*– відштовхування гомологічних хромосом продовжується, але вони ще з'єднані своїми кінцями.

Наприкінці *профази-I* хромосоми максимально спіралізовані, центріолі мігрують до полюсів. Навколо кожної центріолі утворюється веретено поділу. Ядерця і ядерна мембрана розчиняються. Хромосоми потрапляють в цитоплазму, **2n4c.**

2) **Метафаза–I.** Біваленти хромосом вишиковуються з обох боків від екватору. Нитки веретена поділу прикріплюються до центромер кожної хромосоми тільки з одного боку, **2n4c.**

3) **Анафаза–I.** Нитки веретена поділу скорочуються і цілі хромосоми розходяться до полюсів клітини, **2n4c.**

4) **Телофаза–I.** Хромосоми деспіралізуються, потоншуються та їх вже не видно. Нитки веретена руйнуються. У кожного полюсу навколо хромосом утворюється ядерна оболонка, з'являється ядерце. Цитоплазма ділиться, утворюється дві клітини. Набір генетичного матеріалу в кожному ядрі – **n2c.**

Таким чином, у результаті редукційного поділу утворюється дві клітини з різною спадковою інформацією, в яких набір хромосом – гаплоїдний, а кількість ДНК ще подвоєна (кожна хромосома складається з двох хроматид).

Інтерфаза – 2. Коротка. В ній відсутній S-період.

Екваторіальний поділ складається з 4-х фаз:

1) Профаза–II. Хромосоми спіралізуються, вкорочуються, потовщуються. Центріолі розходяться до полюсів клітини. Навколо кожної центріолі утворюються веретено поділу. Ядерця та ядерна мембрана руйнуються. Хромосоми потрапляють в цитоплазму, **n2c**.

2) Метафаза–II. Хромосоми вишиковуються на екваторі. Нитки веретена поділу прикріплюються до їх центромер з обох сторін.

3) Анафаза–II. Кожна центромера поділяється на дві. Хроматиди відходять одна від одної. Нитки веретена поділу відтягують дочірні хромосоми до протилежних полюсів, **2n2c**.

4) Телофаза–II. Хромосоми деспіралізуються, подовжуються та їх вже не видно. Нитки веретена руйнуються. У кожного полюса навколо хромосом утворюється ядерна оболонка, з'являється ядерце. Відбувається цитокінез. В результаті мейозу з одної клітини з диплоїдним набором хромосом утворюється 4 клітини з гаплоїдним набором хромосом, **nc**.

Значення мейозу:

1) В результаті мейозу статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом. Це забезпечує постійну кількість хромосом для кожного виду.

2) Мейоз забезпечує комбінативну мінливість організмів за рахунок:

- кросинговеру.
- незалежного комбінування негомологічних хромосом (анафаза–I).

3) В результаті мейозу всі клітини відрізняються комбінацією гомологічних хромосом і складом генів в них.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. В якій фазі мейозу відбувається кон'югація гомологічних хромосом?

- A. Лептонема профазі-I
- B. Профаза-II
- C. Зигонема профазі-I
- D. Метафаза-I
- E. Діакінез профазі-I

2. Назвіть фазу мейозу, в якій кількість генетичного матеріалу $2n4c$ та біваленти хромосом вишиковуються по обидві сторони від екватору:

- A. Анафаза-I
- B. Метафаза-I
- C. Телофаза-II
- D. Профаза-II
- E. Анафаза-II

3. В ядрі соматичної клітини мушки дрозофіли – 8 хромосом. Скільки хромосом буде у клітині на стадії анафази-2?

- A. 8
- B. 16
- C. 4
- D. 32
- E. 64

4. Яка кількість генетичного матеріалу у телофазі-I мейозу?

- A. nc
- B. $2n4c$
- C. $n2c$
- D. $4n4c$
- E. $2n2c$

5. У людини в анафазі-I мейозу на кожному полюсі клітини знаходиться:

- A. 46 хромосом, 92 молекули ДНК

В. 92 хромосоми, 92 молекули ДНК

С. 23 хромосоми, 46 молекул ДНК

Д. 92 хромосоми, 46 молекул ДНК

Е. 46 хромосом, 46 молекул ДНК

6. Назвіть способи статевого розмноження:

А. Кон'югація та шизогонія

В. Партеногенез та фрагментація

С. Брунькування та стробіляція

Д. Кон'югація та копуляція

Е. Поліембріонія та копуляція

7. На якій стадії мейозу дочірні хромосоми розходяться до полюсів клітини?

А. Анафаза-I

В. Метафаза-I

С. Телофаза-II

Д. Профаза-2

Е. Анафаза-II

8. Кросинговер відбувається у:

А. Профазі-I

В. Профазі-II

С. Метафазі-I

Д. Телофазі-II

Е. Інтерфазі-I

9. Редукція хромосомного матеріалу відбувається на стадії:

А. Метафазі-I

В. Метафазі-II

С. Телофазі-II

Д. Анафазі-I

Е. Профазі-I

10. Скільки клітин утворюється з одної материнської клітини в

результаті мейозу?

- A.1
- B.2
- C.3
- D.4
- E.8

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Порівняльна характеристика мітозу та мейозу.

Заповніть таблицю:

Ознака	Мітоз	Мейоз	
		Перший поділ	Другий поділ
<i>Особливості профазі</i>			
<i>Особливості метафазі</i>			
<i>Особливості анафазі</i>			
<i>Особливості телофазі</i>			
<i>Для яких клітин властивий</i>			
<i>Кількість клітин, що утворюється з одної материнської клітини</i>			

Робота №2. Види розмноження.

Заповніть таблицю:

Види розмноження		У кого відбувається
Нестатеве: • у одноклітинних	Мітоз на 2 особини	
	Множинний поділ (шизогонія)	
	Брунькування	
	Спороутворення	
• у багатоклітинних	Брунькування	
	Спороутворення	
	Поліембріонія	
	Вегетативне	
Статеве: • у одноклітинних	Кон'югація	
	Копуляція	
	а.	
	б.	
	в.	
• у багатоклітинних	Без запліднення	
	Із заплідненням	

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. До якої форми розмноження відноситься поліембріонія, чи зустрічається вона у людини?
2. Двоє чоловіків (монозиготні близнюки) одружилися з двома жінками (теж монозиготні близнюки). В кожній сім'ї народилось по хлопчику. Чи будуть вони схожі між собою, як монозиготні близнюки?
3. Чому кон'югацію називають статевим процесом, а не розмноженням?

Терміни для запам'ятовування:

Розмноження, поділ, поліембріонія, кон'югація, копуляція, партеногенез, мейоз, лептонема, зигонема, пахінема, кросинговер, диплонема, діакінез, диктіотена.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №7.

1. ТЕМА: БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕПРОДУКЦІЇ ЛЮДИНИ. ГАМЕТОГЕНЕЗ

2. Актуальність теми. Людині, як біологічному виду, притаманне статеве розмноження. Проте, на відміну від тварин, цей процес має не тільки біологічний характер, а й набуває соціального значення. Знання біологічних особливостей репродукції людини та впливів на неї соціальних факторів дуже важливе для кожної людини.

3. Мета заняття. Навчитися трактувати особливості репродукції людини у зв'язку з її біосоціальною суттю; вивчити механізм гаметогенезу, з'ясувати характерні відмінні риси ово- та сперматогенезу та особливості запліднення.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1 Теоретичні питання до заняття:

1. Статеві клітини. Будова, функції.
2. Гаметогенез: сперматогенез, овогенез.
3. Запліднення. Особливості репродукції людини.

Статеві клітини (гамети) виконують функцію передачі спадкового матеріалу від батьків до нащадків.

Сперматозоїди – чоловічі статеві клітини. Вони мають здатність рухатися (забезпечують зустріч гамет), мікроскопічні розміри.

Сперматозоїди ссавців складаються з *головки, шийки і хвоста*. На передньому кінці *головки* знаходиться *акросома* (видозмінений апарат Гольджі). Акросома виділяє ферменти, які розчиняють оболонки яйцеклітини. Основну масу головки займає ядро. Цитоплазми мало, вона знаходиться у рідинно-кристалічному стані. В *шийці* знаходяться центріоль та спіральна нитка, яка утворена мітохондріями. *Хвіст* виконує активні рухи.

Яйцеклітина – жіноча статеві клітина. Нерухома, великих розмірів, кулястої форми. Містить поживні речовини (жовток) для розвитку зародка, а також всі типові органоїди клітини. Яйцеклітина має специфічні оболонки, що виконують захисні функції і перешкоджають проникненню в неї декількох сперматозоїдів. Вони також полегшують імплантацію зародка в стінці матки. Яйцеклітина оточена плазматичною мембраною, а зовні покрита блискучою оболонкою, яка складається з мукополісахаридів. На ній знаходиться фолікулярна оболонка, що представляє собою мікроскопічні ворсинки фолікулярної клітини. Вона грає найважливішу захисну і поживну функцію.

Процес формування статевих клітин (гамет) називається *гаметогенез*.

Сперматогенез

Сім'яник складається з безлічі каналців. Кожний каналець складається з декількох шарів клітин. Кожний шар – це послідовність стадій розвитку сперматозоїдів.

1. Зона розмноження. Зовнішній шар клітин – це **сперматогонії** (мають велике ядро та невелику кількість цитоплазми). Ці клітини діляться шляхом мітозу, завдяки чому сім'яник збільшується у розмірах, **2n2c**. Коли настає статеві зрілість, частина сперматозоїдів продовжує ділитися шляхом мітозу, а друга частина клітин переходить в зону росту.

2. Зона росту. Збільшуються розміри клітини за рахунок збільшення кількості цитоплазми. Вони називаються **первинними сперматоцитами**,

2n4c.

3. Зона дозрівання Відбувається два поділи мейозу. З кожного первинного сперматоциту утворюється два вторинних сперматоцити (Мейоз-1) **n2c**, а потім чотири сперматиди (Мейоз-2) **nc**.

4. Зона формування. Із сперматид формуються сперматозоїди, nc.

У диких тварин сперматогенез відбувається тільки у визначений час року. У свійських тварин та людини сперматогенез відбувається постійно.

Овогенез

1. Стадія розмноження. Овогонії (мають велике ядро і невелику кількість цитоплазми) інтенсивно діляться шляхом мітозу. На п'ятому місяці ембріогенезу людини в яєчниках утворюється до 6-7 млн. овогоніїв. У людини ця стадія завершується ще до народження. На шостому місяці ембріогенезу значна частина овогоніїв гине. Генетична формула овогоніїв – **2n2c**.

2. Стадія росту. Відбувається ріст овогоній, утворюються первинні овоцити. В яєчниках дівчаток при народженні їх близько 300-400 тисяч. Коли настає статевая зрілість, овоцити збільшуються в розмірі. В них накопичується жовток, жир, пігменти. Кожний овоцит оточується дрібними фолікулярними клітинами, які живлять його. Генетична формула – **2n4c**.

3. Стадія дозрівання. Первинні овоцити вступають в стадію дозрівання, починається профаза мейозу I, яка зупиняється на стадії диктіотени. Окремі овоцити періодично продовжують призупинений мейоз. Цитоплазма неоднаково розподіляється між дочірніми клітинами. З первинного овоциту утворюється вторинний овоцит (містить майже всю цитоплазму) та напряме тільки першого порядку (Мейоз I) **n2c**. У жінок овуляція відбувається на стадії метафази II. Під час овуляції стінка фолікула лопається і овоцит потрапляє у черевну порожнину, а потім у маткові труби. Мейоз завершується лише в разі запліднення. Із вторинного овоцита утворюється незріла яйцеклітина, nc та напряме тільки другого порядку

(Мейоз-2). Паралельно, напрямне тільки першого порядку іноді ділиться на два напрямних тільки другого порядку.

У людини, як і в усіх плацентарних ссавців, періоди розмноження і росту яйцеклітин відбуваються у фолікулах яєчників. Період дозрівання яйцеклітин відбувається у маткових трубах. Тут проходить запліднення на стадії вторинного овоциту. Мейоз завершується після проникнення сперматозоїда у яйцеклітину. Загалом за репродуктивний період у жінок утворюється близько 400 яйцеклітин.

Запліднення – це процес злиття двох гамет з утворенням зиготи, з якої розвивається новий організм.

Розрізняють два етапи:

1. Дистантний – включає направлену міграцію та активацію. Направлена міграція здійснюється за рахунок таксису. Активація сперматозоїдів відбувається в жіночих статевих шляхах: яйцеклітини виділяють у навколишнє середовище хімічні речовини.

2. Контактний – проникнення сперматозоїда відбувається завдяки акросомній реакції. При контакті гамет оболонка акросоми руйнується. Із неї викидається акросомна нитка, виділяються ферменти, які розчиняють яйцеві оболонки (фермент гіалуронідаза розчиняє фолікулярні клітини). Акросомна нитка зливається з мембраною яйцеклітини, утворюється сприймаючий горбик, який захоплює ядро, центріолі, мітохондрії сперматозоїда. Ядро сперматозоїда набухає до розмірів ядра яйцеклітини. Ядра зближуються, зливаються (синкаріогамія). Утворюється зигота (2n).

Біологічне значення запліднення:

1. Відновлюється диплоїдне число хромосом в зиготі.
2. Запліднення – один з механізмів комбінативної мінливості, так як у зиготі з'єднується спадковий матеріал двох батьківських організмів.
3. Вибірковість запліднення (тільки в межах виду) забезпечує збереження виду в цілому.

Продукція гамет у чоловіків відбувається постійно, у жінок

періодично (в середньому один раз кожні 28 днів) із тих овоцитів, які сформувались ще на ранніх етапах ембріогенезу. Таким чином, яйцеклітини, що утворюються у кінці репродуктивного періоду, накопичують велику кількість мутацій. У людини запліднення внутрішнє. Процес запліднення відбувається у верхніх відділах маткових труб. Із 200 млн. сперматозоїдів, що виділяються, сюди потрапляє 100. Здатність до запліднення у сперматозоїдів зберігається впродовж 72 години, у яйцеклітин – впродовж доби після овуляції.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Соматична клітина відрізняється від статевої наявністю:

- A. Ядра
- B. Рибосом
- C. Диплоїдного набору хромосом
- D. Цитоплазматичної мембрани
- E. Ендоплазматичної сітки

2. Яка структура клітини утворює акросому?

- A. Комплекс Гольджі
- B. Мітохондрія
- C. Лізосома
- D. Рибосома
- E. Центріоль

3. У яких клітинах людини відбувається перший мейотичний поділ?

- A. Овогоніях
- B. Сперматоцитах першого порядку
- C. Сперматидах
- D. Овоцитах другого порядку
- E. Сперматогоніях

4. На якій стадії сперматогенезу відбувається мейоз?

- A. Розмноження
- B. Росту

- C. Формування
- D. Дозрівання
- E. Розвитку

5. Яйцеклітина має:

- A. Головку
- B. Шийку
- C. Жовткові гранули
- D. Хвіст
- E. Акросому

6. Як називається стадія профазі-1 мейозу, на якій первинні овоцити знаходяться у стані спокою до статевого дозрівання?

- A. Диплонема
- B. Пахінема
- C. Лептонема
- D. Диктіотена
- E. Діакінез

7. Яким шляхом діляться овогонії?

- A. Амітозом
- B. Ендомітозом
- C. Мітозом
- D. Мейозом
- E. Брунькуванням

8. Як називаються клітини та який вони мають генетичний матеріал у зоні розмноження при сперматогенезі?

- A. Сперматиди, $2n2c$
- B. Первинні сперматоцити, $n2c$
- C. Сперматогонії, $2n2c$
- D. Первинні сперматоцити, $2n4c$
- E. Вторинні сперматоцити, $n2c$

9. Скільки яйцеклітин утворюється зі 100 овогоній?

A.100

B.50

C.200

D.300

E.400

10. Скільки сперматозоїдів утворюється зі 100 сперматогоніїв?

A.100

B.50

C.200

D.300

E.400

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Морфологія статевих клітин.

Роздивіться мікропрепарати зрізу яєчника та сперматозоїди ссавців.
Зарисуйте яйцеклітину та сперматозоїд, позначте органіди.

Робота №2. Гаметогенез.

Під мікроскопом (7x40) розгляньте постійний препарат поперечного зрізу канальця сім'яника. Знайдіть зони: **розмноження, росту, дозрівання, формування**. Зарисуйте невеликий сектор одного сім'яного канальця та запишіть назви зон, клітин, що в них утворюються, спосіб поділу та їх генетичну характеристику. Вивчіть та запишіть схему овогенезу.

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. Яка кількість аутосом міститься в метафазі-1 мейозу при гаметогенезі у людини?
2. В який період під час овогенезу відбувається перетворення диплоїдного набору хромосом в гаплоїдний?
3. З чим пов'язані морфологічні відмінності чоловічих і жіночих статевих клітин?

Терміни для запам'ятовування:

Гамети, сперматозоїд, акросома, яйцеклітина, гаметогенез, сперматогенез, овогенез, запліднення, синкаріогамія.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Мікроскопи.
2. Постійні препарати.
3. Тестові завдання.
4. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №8.

1. ТЕМА: КОНТРОЛЬ ЗАСВОЄННЯ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 1 „МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ ”

2. Мета заняття. Виявити знання студентів з теоретичних питань змістового модуля 1.

Підсумковий контроль змістового модуля 1 проводиться за тестовими завданнями типу КРОК-1 та співбесідою з викладачем.

4. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Комп'ютери.
2. Комп'ютерні програми.
3. Перелік теоретичних питань.
4. Тестові завдання.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Закономірності спадковості та мінливості

ЗАНЯТТЯ №9.

1. ТЕМА: ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ГЕНІВ.

ЗАКОНИ МЕНДЕЛЯ

2. Актуальність теми. Одним з найважливіших розділів біології є генетика. Генетика тісно пов'язана з медициною. Відомо більше двох тисяч спадкових хвороб і аномалій розвитку. Їх вивчають на молекулярному, клітинному рівнях, на рівні організму і популяції людей.

3. Мета заняття. Вміти аналізувати закономірності успадкування менделюючих ознак у організмів. Навчитися розв'язувати генетичні задачі.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1 Теоретичні питання до заняття:

1. Генетика. Основні терміни і поняття генетики. Метод гібридологічного аналізу.
2. Моногібридне схрещування. I та II закони Менделя.
3. Летальні гени. Відхилення від очікуваного розщеплення.
4. Аналізуюче схрещування, його практичне застосування.
5. Ди- і полігібридне схрещування. III закон Менделя, його цитологічні основи.

Генетика – це наука про закономірності спадковості і мінливості організмів.

Спадковість – це здатність організмів передавати особливості будови і життєдіяльності нащадкам.

Мінливість – це здатність організмів набувати нові ознаки у процесі індивідуального розвитку.

Елементарними дискретними одиницями спадковості та мінливості є ген. **Ген** – це ділянка молекули ДНК, (у деяких вірусів – РНК), яка визначає послідовність амінокислот конкретного поліпептиду, або р-РНК, т-РНК.

Народження генетики – 1865 рік. У цьому році Г. Мендель зробив доповідь у спільноті природознавців (м. Брно) про роботу над рослинними гібридами. Термін «ген» у науку ввів І.Йогансен в 1909 році. Ним же була запропонована назва науки – «генетика».

Основні поняття генетики:

Алельні гени – гени, які розташовані в однакових локусах гомологічних хромосом і визначають розвиток альтернативних ознак.

Альтернативні ознаки – взаємовиключні прояви однієї ознаки. Наприклад: жовтий і зелений колір, гладка і зморшкувата поверхня горошин.

Домінантний ген (A) – ген, який проявляється у гібридів першого покоління.

Рецесивний ген (a) – ген, який не проявляється у гібридів першого покоління.

Гомозиготний організм – у гомологічних хромосомах локалізовані однакові алельні гени (два доміантних – *AA* або два рецесивних – *aa*). Такий організм утворює один тип гамет і не дає розщеплення при схрещуванні з таким самим за генотипом організмом.

Гетерозиготний організм – у гомологічних хромосомах локалізовані різні гени одної алельної пари (*Aa*). Він утворює два типи гамет і при схрещуванні з таким самим за генотипом організмом дає розщеплення.

Генотип – сукупність усіх генів організму.

Фенотип – сукупність усіх ознак і властивостей організму.

Основний метод генетики – це **метод гібридологічного аналізу**. Він був створений Г. Менделем.

Цей метод включає:

1. Підбір гомозиготних батьківських пар, які відрізняються за однією або декількома парами альтернативних ознак.
2. Якісне і кількісне врахування прояву ознак у гібридів.
3. Вивчення успадкування ознак у гібридів декількох поколінь.
4. Аналіз зиготності у кожної гібридної особини.
5. Алгебраїчні символи записування законів.

Основний об'єкт дослідження – горох. Це рослина, у якої відбувається самозапилення. Вона має короткий період розвитку та в неї добре виражені альтернативні ознаки.

Моногібридне схрещування

Мендель розпочав свої дослідження з моногібридного схрещування. Це схрещування, при якому організми відрізняються за однією парою альтернативних ознак. Він схрещував горох з жовтим та зеленим насінням.

У першому поколінні всі рослини були з жовтим насінням. Мендель встановив **Закон одноманітності гібридів першого покоління.**

При схрещуванні гомозиготних особин, які відрізняються за однією або декількома парами альтернативних ознак, перше покоління гібридів одноманітне за фенотипом та генотипом.

Жовтий колір горошин – А

Зелений колір горошин – а

P ♀ AA × ♂ aa

G (A) (a)

F₁ Aa – 100 % жовті

Закон розщеплення ознак у гібридів.

Мендель схрещував гібриди першого покоління (рослини із жовтим насінням). У другому поколінні (F₂) він отримав 2 види рослин:

- більша частина рослин мала жовте насіння (75%)
- менше було рослин із зеленим насінням (25%)

Так Мендель встановлює **Закон розщеплення:**

При схрещуванні гетерозиготних особин, які відрізняються за однією парою альтернативних ознак, спостерігається розщеплення у співвідношенні 3:1 за фенотипом і 1:2:1 за генотипом.

P ♀ Aa × ♂ Aa

G (A)(a) (A)(a)

F₂ AA, Aa, Aa, aa
 жовті; зелені

Гіпотеза (закон) чистоти гамет

Щоб пояснити закон розщеплення, Мендель зробив припущення, що гібриди отримують ознаки від своїх батьків через дискретні «спадкові фактори» (алельні гени), які визначають ознаки гібридів. Алельні гени, знаходячись у гетерозиготному стані, не зливаються, не змінюють один одного і, не втрачаючи своєї індивідуальності, передаються в гамети. Гамети є «чистими»: вони несуть лише один з двох алелей певного гена.

Цю закономірність Г.Мендель назвав гіпотезою «чистоти гамет». Її цитологічною основою є мейоз, який був відкритий значно пізніше законів Г.Менделя. Алельні гени знаходяться в гомологічних (парних) хромосомах. При мейозі в кожену гамету попадає лише одна з гомологічних хромосом і відповідно один ген з пари алельних генів.

Аналізуюче схрещування – це визначення генотипу батьків за фенотипом нащадків. Аналізуюче схрещування – це схрещування особини, генотип якої треба дізнатись, з рецесивною особиною. Якщо спостерігається розщеплення 1:1 за фенотипом, то особина – гетерозиготна, якщо спостерігається одноманітність, то особина – гомозиготна.

A – чорне забарвлення шерсті собак

a – коричневе забарвлення шерсті

1) P ♀ Aa × ♂ aa

G (A) (a) (a)

F₁ Aa; aa

1 чорні : 1 коричневі

2) P ♀ AA × ♂ aa

G (A) (a)

F₂ Aa – 100 % чорні

Летальні гени – це гени, що викликають загибель організму. Коли в організмі є такий ген, то результати розщеплення будуть іншими.

Наприклад:

A – брахідактилія (короткі трубчасті кістки)

a – нормальна будова скелету

AA – letal (зигота гине на ранніх етапах розвитку)

Aa – життєздатні (маленький зріст, короткі пальці рук та ніг)

P ♀ Aa × ♂ Aa

G (A) (a) (A) (a)

F₁ AA, Aa, Aa, aa

letal; брах.; норма

Розщеплення за фенотипом та генотипом 2:1

Дигібридне схрещування

Мендель схрещував рослини, які відрізняються за двома ознаками:

- за кольором насіння: жовті та зелені
- за формою насіння: гладенькі та зморшкуваті.

У F₁ всі гібриди мали домінантні ознаки: жовте та гладеньке насіння, бо проявився закон одноманітності гібридів першого покоління.

A – жовтий колір горошин

a – зелений колір

B – гладка поверхня

b – зморшкувата

P ♀ AABV × ♂ aabb

G AB ab

F₁ AaBb – 100% ж.гл.

При схрещуванні гібридів першого покоління в F₂ відбулось розщеплення за фенотипом:

P ♀ AaBb × ♂ AaBb

















G AB Ab aB ab
aB ab aB ab

9 – жовті гладенькі;

3 – жовті зморшкуваті;

3 – зелені гладенькі;

1 – зелені зморшкуваті.

Гамети♂	AB	Ab	aB	ab
Гамети♀	 AABB	 AABb	 AaBB	 AaBb
Ab	 AABb	 AAbb	 AaBb	 Aabb
aB	 AaBB	 AaBb	 aaBB	 aaBb
ab	 AaBb	 Aabb	 aaBb	 aabb

Мендель встановив Закон незалежного успадкування і комбінування ознак при ди- і полігібридному схрещуванні

При схрещуванні двох гомозиготних особин, які відрізняються за двома і більше парами альтернативних ознак, перше покоління одноманітне, а у наступному поколінні спостерігається незалежне комбінування ознак по кожній алельній парі у співвідношенні 3:1 (3+1)ⁿ.

Закономірності, відкриті Г. Менделем, мають статистичний характер. Вони дають можливість розрахувати вірогідність прояву ознаки у нащадків. Але теоретична закономірність співпадає з емпіричною тільки при досить великих числах.

Ознаки, успадкування яких проходить за законами Г. Менделя, називаються менделюючими. Загальна кількість таких ознак у людини величезна. Наприклад: короткозорість, полідактилія, нормальний слух – ознаки домінантні, а нормальний зір, п'ятипалість, глухота – рецесивні.

4.2 Матеріали для самоконтролю:

1. Дискретні одиниці спадковості запропонував називати генами:

- А.Г. Мендель
- В.В. Йогансен
- С.Т. Морган
- Д.Г. де Фріз
- Е. У. Бетсон

2. Генотип – це:

- А. Система генів певного організму
- В. Сукупність зовнішніх і внутрішніх ознак організму
- С. Гаплоїдний набір хромосом
- Д. Сума генів організму
- Е. Сума генів в аутосомах

3. При схрещуванні двох гомозиготних особин, які відрізнялися за декількома альтернативними ознаками, всі гібриди виявились однаковими за генотипом та фенотипом. Яка це закономірність?

- А. I закон Менделя
- В. II закон Менделя
- С. Закон „чистоти гамет”
- Д. III закон Менделя
- Е. Закон Моргана

4. Фенотип – це:

- A. Система зовнішніх та внутрішніх ознак і властивостей організму, які формуються в онтогенезі
- B. Диплоїдний набір соматичної клітини організму
- C. Система генів певного організму
- D. Ознаки, які зумовлюються аутосомними генами
- E. Ознаки, які зумовлюються генами статевих хромосом

5. Ділянка хромосоми, в якій розташований ген, називається:

- A. Антикодоном
- B. Локусом
- C. Кодоном
- D. Центромерою
- E. Нуклеотидом

6. Скільки типів гамет може утворювати організм с генотипом AaBbCc, якщо гени розташовані в різних парах хромосом?

- A. 1
- B. 2
- C. 4
- D. 8
- E. 16

7. Який метод у своїх дослідженнях використовував Г. Мендель?

- A. Генеалогічний
- B. Близнюковий
- C. Популяційно-статистичний
- D. Цитогенетичний
- E. Гібридологічного аналізу

8. При якому схрещуванні у нащадків проявляється рецесивна ознака?

- A. AA_{bb} × aaBB
- B. AA × aa

C. AABV × aавв

D. Aa × Aa

E. Aa × AA

9. Вкажіть гетерозиготний організм:

A. AABVCC

B. AABVCC

C. AABVcC

D. aаввcc

E. aаввCC

10. Сукупність генів всіх особину популяції – це:

A. Генотип

B. Геном

C. Генофонд

D. Каріотип

E. Фенотип

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Символи, які використовують при генетичних записах законів успадкування ознак та розв'язанні задач.

Вивчіть генетичну символіку:

P – батьківські організми

♀ – особина жіночої статі

♂ – особина чоловічої статі

× - знак схрещування між батьківськими генотипами

G – гамети

F – нащадки

Робота №2. Закон „чистоти” гамет.

Заповніть таблицю. Визначте типи гамет для зазначених у таблиці генотипів. Розташуйте гени в хромосомах (позначте алельні та неалельні

гени), гени, що визначають розвиток неальтернативних ознак.

Генотип	AABB	AaBb	AaBb	AABbCC	AaBbCc
Кількість типів гамет	1				
Гамети	AB				
Розташування генів у хромосомах	A B A B				

Робота №3. Розв'язування задач.

Розв'яжіть задачі:

1. У людини карий колір очей домінує над блакитним. Гетерозиготна кароока жінка вийшла заміж за гетерозиготного кароокого чоловіка. Визначте ймовірність народження у них блакитноокої дитини.

Рішення:

2. Альбінізм – це спадкова аутосомно-рецесивна патологія. Жінка-альбінос вийшла заміж за здорового чоловіка і народила дитину-альбіноса. Яка ймовірність (у %), що друга дитина теж виявиться альбіносом?

Рішення:

3. Блакитноокий правша, батько якого був лівшею, одружився з карокою лівшею із сім'ї, всі члени якої впродовж декількох поколінь мали карі очі. Якими у них можуть бути діти?

Рішення:

4. У нормальних батьків народилася дитина – глуха та хвора на глаукому. Визначте генотипи батьків, якщо відомо, що глухонімота і глаукома – рецесивні ознаки.

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Генетика, спадковість, мінливість, алельні гени, альтернативні ознаки, домінуючий ген, рецесивний ген, гомозиготний організм, гетерозиготний організм, генотип, фенотип, моногібридне схрещування, аналізуюче схрещування, летальні гени, дигібридне схрещування.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання

2 Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №10.

1. ТЕМА: ВЗАЄМОДІЯ ГЕНІВ. МНОЖИННИЙ АЛЕЛІЗМ. ПЛЕЙОТРОПІЯ

2. **Актуальність теми.** Наслідком взаємодії генів є формування фенотипових особливостей організмів.

3. **Мета заняття.** Знати основні види взаємодії алельних та неалельних генів. Знати прояв ознак при різноманітних типах успадкування груп крові людини за антигенною системою АВ0 – прояв множинного алелізму. Вміти застосовувати знання про форми взаємодії генів для прогнозування генотипів та фенотипів у наступних поколіннях.

4. **Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.**

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Взаємодія генів однієї алельної пари: неповне домінування, повне домінування, наддомінування, кодомінування.

2. Множинні алелі. Успадкування груп крові системи АВ0 у людини.

3. Плеiotропія.

4. Взаємодія генів різних алельних пар:

а) комплементарна дія

б) епістаз та гіпостаз.

в) полімерія.

Кожна ознака і властивість організму може визначатись як одним, так і декількома генами, які взаємодіють між собою.

Типи взаємодії алельних генів:

1) **Повне домінування** – домінантний ген повністю пригнічує дію рецесивного. Функціональна активність домінантного гену не залежить від наявності в організмі рецесивного.

AA – карий колір очей

Aa – карий колір очей

aa – блакитний

P ♀ AA × ♂ aa
 G (A) (a)
 F₁ Aa – 100% карий

P ♀ Aa × ♂ Aa
 G (A)(a) (A)(a)
 F₂ AA; Aa; Aa; aa
 карий блакитний

Розщеплення 3 : 1 за фенотипом;

1 : 2 : 1 за генотипом.

2) Неповне домінування – домінантний ген не повністю пригнічує дію рецесивного гена і гетерозиготна особина має свій прояв ознаки (часто проміжний).

AA – здоровий

A – цистинурія

Aa – підвищений вміст цистеїну в сечі

aa – цистинурія з утворенням каменів в нирках

P ♀ AA × ♂ aa
 G (A) (a)

F₁ Aa – 100% підвищений вміст цистеїну в сечі

P ♀ Aa × ♂ Aa
 G (A)(a) (A)(a)
 F₂ AA; Aa; Aa; aa
 здор.; підвищ.; цист.

Розщеплення 1 : 2 : 1 за фенотипом;

1 : 2 : 1 за генотипом.

3) Кодомінування – обидва гена працюють і не заважають одне одному.

Наприклад: IV група крові – I^AI^B

4) Наддомінування – у гетерозиготному стані особина більш життєздатна, ніж у гомозиготному домінантному. Так при серпоподібно-клітинній анемії:

S – серпоподібно-клітинна анемія (SS-letal)

s – норма

Ss – серпоподібноклітинність, стійкість до малярії

P ♀ Ss × ♂ Ss
 G (S)(s) (S)(s)

F₂ SS; Ss; Ss; ss
 Letal 2 : 1

Множинні алелі

Множинні алелі виникають у результаті багаторазових мутацій одного і того ж локусу у хромосомі. З'являється більше двох варіантів одного і того ж гена. Кожен ген містить різну спадкову інформацію. Тому один фенотип контролюється різними генотипами. Так як одночасно в одному локусі хромосоми може знаходитись лише один ген із всієї серії, то множинні алелі існують тільки у популяції. Між генами однієї серії встановлюється ряд домінантності. Кожний попередній ген домінує над наступними.

Наприклад: спадковість груп крові за системою АВ0.

$i i$ – 1 група;

$I^A I^A; I^A i$ – 2 група;

$I^B I^B; I^B i$ – 3 група;

$I^A I^B$ – 4 група

Гени I^A, I^B є домінантними по відношенню до гену i , а між собою вони кодомінантні. Тому ряд домінантності такий: $I^A = I^B > i < I^A = I^B$.

Для клінічної практики найбільше значення мають дві класифікації груп крові людини: система АВ0 і резус-система (Rhesus), — внаслідок того, що ці системи володіють найбільшою антигенною силою. При кожному переливанні крові від людини до людини обов'язково враховують сумісність саме за цими двома системами, оскільки в разі переливання людині несумісної групи крові відбувається аглютинація та гемоліз еритроцитів, що може спричинити смерть.

Після антигенів АВ0 система антигенів резус має найбільше значення у клінічній практиці, оскільки резус-фактор є важливим чинником у виникненні гемолітичної жовтяниці немовлят та резус-конфлікту між матір'ю та плодом внаслідок того, що імунна система організму матері починає виробляти антитіла проти власної дитини. При переливанні резус-позитивних еритроцитів резус-негативним особам, або навпаки, виникають імунні реакції гемолітичного типу внаслідок аглютинації та гемолізу еритроцитів. У європейців частота резус-позитивних осіб сягає 85%, резус-негативних — 15%. У представників монголоїдної раси кількість резус-негативних осіб становить близько 1%.

Плейотропія

Плейотропія – один ген впливає на розвиток декількох ознак. Плейотропія може бути первинною та вторинною. **Первинна** – ген одразу ж проявляє свою множинну дію. Наприклад, синдром Марфана: ген, який відповідає за цю хворобу, викликає порушення розвитку сполучної тканини й одночасно впливає на розвиток кількох ознак: порушення будови кришталика ока, аномалії у серцево-судинній системі. Частіше зустрічається **вторинна плейотропія**. Спочатку ген проявляє одну фенотипові ознаку, яка викликає другу, а потім проявляється множинний ефект. Так, при серпоклітинній анемії у гомозигот спостерігається кілька патологічних ознак: анемія, збільшена селезінка, ураження шкіри, серця, нирок і мозку. Тому гомозиготи за геном серпоподібноклітинної анемії гинуть, як правило, в дитячому віці. Першопричиною прояву дефектного гену є аномальний гемоглобін і еритроцити серпоподібної форми. Внаслідок цього проявляються вторинні патологічні ознаки: злипання і руйнування еритроцитів, анемія, дефекти в нирках, серці, мозку.

Успадкування синдрому Марфана:

A – синдром Марфана.

a – норма

P ♀ Aa × ♂ Aa

G $\begin{matrix} \text{A} & \text{a} \\ \text{A} & \text{a} \end{matrix}$

F₂ AA; Aa; Aa; aa
с-м Марфана; норма

Твердження менделівської генетики – «один ген – одна ознака» спростовувалось багатьма дослідженнями. Виявилось, що один ген може впливати на прояв декількох ознак (плейотропія) і одна ознака може контролюватися декількома генами. Якщо дві пари генів розташовані у різних парах гомологічних хромосом, то успадкування генів підпорядковується III закону Менделя. А от прояв ознаки залежить від типу взаємодії між генами. Адже ознака розвивається в результаті взаємодії двох білків, які утворились під впливом двох або більше генів.

Типи взаємодії неалельних незчеплених генів:

Комплементарність (від лат. *complementum* – доповнення) – тип взаємодії неалельних генів, коли один домінуючий ген доповнює дію іншого неалельного домінуючого гена, і вони разом визначають нову ознаку, яка відсутня у батьків. Причому відповідна ознака розвивається тільки в присутності обох неалельних генів.

Приклад комплементарності:

Синтез інтерферону залежить від наявності двох домінуючих генів, один з яких локалізується у хромосомі 2, а інший – у хромосомі 5.

A_–vv – синтез відсутній

aaV_– – синтез відсутній

aavv – синтез відсутній

A_–V_– – синтез інтерферону

P ♀ AA_{bb} × ♂ aaBB

G Ab aB

F₁ AaBb – 100% синтез інтерферону

P ♀ AaBb × ♂ AaBb

G AB Ab AB Ab

aB ab aB ab

F₂ **9** : **7** за фенотипом,
синтез синтез
інтерферону відсутній

Буває розщеплення: 9 : 3 : 4, 9 : 6 : 1, 9 : 3 : 3 : 1

Епістаз (від грец. ἐπίστασις – зупинка, перешкода) – тип взаємодії неалельних генів, за якої один ген пригнічує дію іншого неалельного гена.

Гени, які пригнічують дію інших генів, називаються **супресорами**. Гени-супресори в основному не детермінують розвиток певної ознаки.

Ген, ефект якого пригнічується, називається **гіпостатичним**.

Розрізняють епістаз:

а) рецесивний – рецесивний алель одного гену пригнічує дію домінуючих генів іншої. Наприклад: «бомбейський феномен» у людини. У такому випадку дуже

рідкісний рецесивний алель hh пригнічує дію генів I^A і I^B. У людини з генотипом I^AI^Ahh – фенотипово буде 1 група крові.

б)домінантний – доміантний алель одного гена пригнічує дію доміантного гена іншого алелю.

Наприклад: спадкова короткозорість

A₋v_v – помірна короткозорість (від -2,0 до -4,0)

aa_{vv} – нормальний зір

aaB₋ – сильна короткозорість (понад -5), ген B – супресор

A₋B₋ – сильна короткозорість

P ♀ AAbb × ♂ aaBB

G Ab aB

F₁ AaBb – 100% сильна короткозорість

P ♀ AaBb × ♂ AaBb

G AB Ab AB Ab

aB ab aB ab

F₂ 12 : 3 : 1 за фенотипом
сильна помірна норм.
короткозор. короткозор. зір

Буває розщеплення: 13 : 3, 12 : 4.

Полімерія

Полімерія – декілька неалельних доміантних генів проявляють одну ознаку.

Полімерія буває:

– **Сумарна(кумулятивна)** – ступінь прояву ознаки залежить від кількості доміантних генів. Так успадковуються **кількісні ознаки** у людини: пігментація шкіри, зріст, маса тіла, артеріальний тиск.

Наприклад: зріст людини.

A₁A₁A₂A₂A₃A₃ – 180 см

a₁a₁a₂a₂a₃a₃ – 150 см

A₁a₁A₂a₂A₃a₃ – 165 см

– **Однозначна** – наявність хоча б одного доміантного гену визначає прояв

ознаки. Так успадковуюються **якісні ознаки**.

Наприклад: схильність до гастриту.

A_1A_2 – схильність до гастриту;

$a_1a_1a_2a_2$ – здорові

P ♀ $A_1A_1A_2A_2$ × ♂ $a_1a_1a_2a_2$

G A_1A_2 a_1a_2

F₁ $A_1a_1A_2a_2$ – 100% схильні до гастриту.

P ♀ $A_1a_1A_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2a_2$

G A_1A_2 A_1a_2 A_1A_2 A_1a_2

a_1A_2 a_1a_2 a_1A_2 a_1a_2

F₂ 15 : 1 за фенотипом

схильність до гастриту здорові

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Зріст у людини успадковується за типом:

- A. Плейотропії
- B. Неповного домінування
- C. Епістазу
- D. Комплементарності
- E. Полімерії

2. У подружжя з другою та третьою групами крові народилось четверо дітей.

У кожного з них була своя група крові з першої по четверту. За яким типом відбувається успадкування груп крові?

- A. Епістазу
- B. Множинного алелізму
- C. Комплементарності
- D. Полімерії
- E. Повного домінування

3. До плейотропних ознак у людини належать:

- A. Хвороба Марфана
- B. Спадкова глухота

C. Праворукість

D. Полідактилія

E. Гемофілія

4. Алельні гени – це гени, які:

A. Розташовані в різних хромосомах

B. Розташовані в X та Y хромосомах

C. Розташовані в різних локусах гомологічних хромосом

D. Розташовані в однакових локусах гомологічних хромосом

E. Розташовані в одній хромосомі

5. Яка з цих взаємодій відбувається між алельними генами?

A. Комплементарність

B. Епістаз домінантний

C. Неповне домінування

D. Полімерія

E. Епістаз рецесивний

6. Яким буде розщеплення при схрещуванні дигетерозигот, якщо один домінантний неалельний ген доповнює дію другого?

A. 9:6:1

B. 13:3

C. 12:3:1

D. 15:1

E. 3:1

7. Пригнічення одного домінантного неалельного гену іншим домінантним геном називається:

A. Плейотропією

B. Поліплоїдією

C. Епістазом

D. Комплементарністю

E. Полімерією

8. При схрещуванні сірих кролів у потомстві відбулося розщеплення у

співвідношенні 9/16 сірих : 4/16 білих : 3/16 чорних. Визначте тип взаємодії генів.

- A. Епістаз
- B. Комплементарність
- C. Плейотропія
- D. Полімерія
- E. Кодомінування

9. Яку групу крові буде мати дитина у гомозиготних батьків з другою та третьою групами крові?

- A. $I^A I^B$
- B. ii
- C. $I^B I^B$
- D. $I^B i$
- E. $I^A I^A$

10. У батьків перша та четверта групи крові. Які групи крові можуть бути у їх дітей?

- A. Перша та друга
- B. Перша та четверта
- C. Друга та третя
- D. Тільки четверта
- E. Тільки перша

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Розв'язування задач.

1. Серпоподібно-клітинна анемія – ознака з наддомінуванням. Гомозиготні індивідууми рано помирають, а гетерозиготні життєздатні та мають особливу форму гемоглобіну. Малярійний плазмодій нездатний використовувати для живлення цей гемоглобін, тому гетерозиготи не хворіють на малярію. Яка ймовірність народження дітей нестійких до малярії в сім'ї, де обидва батьки стійкі до цієї хвороби?

Рішення:

2. Аутомсомний ген, який у гомозиготному стані зумовлює різку деформацію кінцівок, у гетерозигот призводить до вкорочення пальців (брахідактилія). Жінка, що має нормальні пальці, вийшла заміж за чоловіка з брахідактилією. Яка ймовірність наявності брахідактилії у їхніх дітей?

Рішення:

3. Резус-негативна жінка має четверту групу крові, а її резус-позитивний чоловік має першу групу крові за системою АВ0. Чи може в цій сім'ї народитися дитина з генотипом батька? Відповідь обґрунтуйте генетичною схемою.

Рішення:

4. Зріст людини контролюється декількома парами незчеплених генів, які взаємодіють за типом полімерії. Якщо знехтувати чинниками середовища і умовно обмежитися лише трьома парами генів, то можна припустити, що в якійсь популяції низькорослі люди мають усі рецесивні гени і зріст 150 см, а найвищі – всі домінантні гени і зріст 180 см. Низькоросла жінка одружилась з чоловіком середнього зросту. В них було четверо дітей, які мали зріст 165 см, 160 см, 155 см, 150 см. Визначте генотипи батьків і нащадків, використовуючи генетичну схему.

Рішення:

5. Нормальний слух у людини контролюється двома незчепленими домінантними генами, один із яких відповідає за нормальний розвиток слухового нерву, а інший – за нормальний розвиток вушного завитка. Двоє глухонімих одружуються, у них народжується троє дітей з нормальним слухом. Визначте генотипи батьків і дітей. Який це тип взаємодії генів?

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Повне домінування, неповне домінування, кодомінування, наддомінування, множинні алелі, плейотропія, комплементарність, епістаз, гіпостатичний ген, сумарна полімерія, однозначна полімерія.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №11.

1. ТЕМА: ГЕНЕТИКА СТАТІ. УСПАДКУВАННЯ, ЗЧЕПЛЕНЕ ЗІ СТАТТЮ.

2. Актуальність теми. Ознаки зчеплені зі статтю успадковуються за особливими законами, тому це важливо при вивченні спадкових хвороб. Для кращого засвоєння теоретичного матеріалу студенти розв'язують генетичні задачі.

3. Мета заняття. Вміти інтерпретувати механізм генетичного визначення статі як менделюючої ознаки людини. Знати особливості успадкування ознак, зчеплених зі статтю. Навчитися розв'язувати задачі.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Механізми генетичного визначення статі.
2. Успадкування статі. Ознаки, зчепленні зі статтю, закономірності їх успадкування.
3. Успадкування зчеплених зі статтю захворювань у людини. Ознаки обмежені статтю та залежні від статі.

Хромосоми, однакові у жіночих та чоловічих організмів називаються **аутосомами.**

Хромосоми, які відрізняються як за морфологією, так і за генетичною інформацією, яка в них міститься, у жіночих та чоловічих організмах називаються **статевими.** Велику, з пари хромосом, називають Х-хромосома, а

меншу – Y-хромосома. Поєднання статевих хромосом у зиготі визначає стать майбутнього організму.

Типи хромосомного визначення статі:

– Якісне:

1. У ссавців (людини), мухи дрозофіли.

$$\text{♀ AA} + \text{XX}; \text{♂ AA} + \text{XY}$$

2. У птахів, плазунів, метеликів.

$$\text{AA} + \text{XY}; \text{AA} + \text{XX} \text{ або } \text{♀ AA} + \text{ZW}; \text{♂ AA} + \text{ZZ}$$

– Кількісне:

3. У деяких клопів, коників.

$$\text{♀ AA} + \text{XX}; \text{♂ AA} + \text{X0}$$

4. У перетинчастокрилих.

$$\text{♀ } 2n; \text{♂ } n \text{ (диплоїдний набір хромосом відновлюється ендомітозом).}$$

Окрім хромосомних, є ще й інші механізми, що регулюють стать:

1) Визначення статі залежить від розміру яйцеклітин: із великих яйцеклітин розвиваються самиці, а із дрібних самці (деякі черв'яки);

2) Вплив зовнішнього середовища (морський черв'як бонелія). Вільноживучі личинки прикріплюються до дна і розвиваються у самок (довжина до 1м), а личинки, які потрапляють на хоботок самки – у самців (1-3 мм).

Стать успадковується за законами Менделя.

$$\text{P } \text{♀ AA} + \text{XX} \times \text{♂ AA} + \text{XY}$$

$$\text{G } \begin{array}{ccc} \text{A} + \text{X} & \text{A} + \text{X} & \text{A} + \text{Y} \end{array}$$

$$\text{F}_1 \text{ AA} + \text{XX}; \text{AA} + \text{XY}$$

$$1\text{♀} : 1\text{♂}$$

Стать, яка утворює один тип гамет (з X хромосою), називається **гомогаметною**. Стать, яка утворює різні типи гамет (з Y та X хромосомами), називається **гетерогаметною**.

Ознаки, які успадковуються через статеві хромосоми, називаються **зчепленими зі статтю**. Це явище було відкрито Т. Морганом при вивченні успадкування забарвлення очей у мухи дрозофіли.

Особини жіночої статі можуть бути як гомо- так і гетерозиготними за генами локалізованими у Х-хромосомах. Рецесивні алелі генів у них проявляються тільки у гомозиготному стані.

Так як, у особин чоловічої статі тільки одна Х-хромосома, то всі локалізовані у ній гени (навіть рецесивні) одразу проявляються у фенотипі. Такий організм називається гемізіготним.

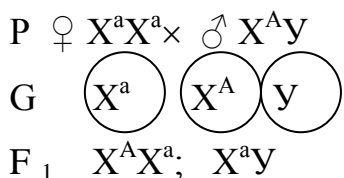
Гени, які знаходяться у Х-хромосомі, можуть бути:

1) Домінантними. Вони передаються від батька усім дочкам.

Наприклад: темна емаль зубів.

X^A – темна емаль зубів

X^a – біла емаль зубів

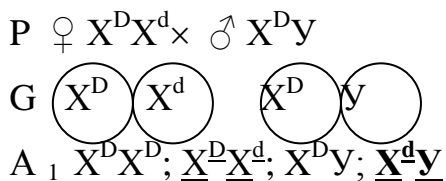


50%-темна (100% дочки), 50%-біла емаль зубів.

2) Рецесивними. Вони передаються від матері (носій гену) до сина. Наприклад: гемофілія, дальтонізм.

X^D – нормальний зір

X^d – дальтонізм



25%- носії дальтонізму (50%- доньок); 25%-дальтоніки (50% синів)

Ознаки, які успадковуються через Y-хромосому, називаються голандричними. Вони передаються від батька усім синам. Наприклад: тканина сім'яників, іхтіоз, гіпертрихоз.

Існують ознаки, які проявляються тільки у однієї статі, незважаючи на те що гени, що визначають ці ознаки, є у обох статей як в аутосомах, так і в статевих хромосомах. Такі ознаки називаються *обмежені статтю* (жирність молока у жінок, патологія простати у чоловіків). Є ознаки, характер домінування

яких *залежить від статі*. Наприклад, у чоловіків ген облісіння домінує, а у жінок він рецесивний. Отже, у чоловіків для облісіння досить однієї домінантної алелі, тоді як у жінок для отримання того ж ефекту необхідна гомозиготність за домінантним геном, тому лисих чоловіків набагато більше, ніж лисих жінок. Прояв залежних від статі ознак визначається співвідношенням чоловічих і жіночих гормонів в крові. Гени, що визначають вторинні статеві ознаки, є у обох статей, але їх прояв контролюється також гормонами.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Як передаються нащадкам домінантні гени, які знаходяться в Х-хромосомі?

- A. Від батька тільки дочкам
- B. Від батька тільки синам
- C. Від матері тільки дочкам
- D. Від матері тільки синам
- E. Передаються усім дітям незалежно від статі

2. Як успадковується дальтонізм?

- A. Зчеплений з Х-хромосомою домінантний ген
- B. Аутомсомний рецесивний ген
- C. Зчеплений з Х-хромосомою рецесивний ген
- D. Аутомсомний домінантний ген
- E. Зчеплений з У-хромосомою ген

3. Яке хромосомне визначення статі у людини?

- A. ♀ AA + XX; ♂ AA + XY
- B. ♀ AA + XY; ♂ AA + X0
- C. ♀ AA + X0; ♂ AA + XX
- D. ♀ AA + XY; ♂ AA + XX
- E. ♀ 2n; ♂ n

4. Яка з цих ознак належить до ознак обмежених статтю?

- A. Гемофілія
- B. Альбінізм

С. Гіпертрихоз

Д. Низький тембр голосу

Е. Дальтонізм

5. Чоловік-дальтонік одружується з жінкою з нормальним кольоровим зором, батько якої був дальтоніком. Яким буде зір у їхніх дітей?

А. Всі дівчатка будуть здорові

В. Всі хлопчики будуть здорові

С. Половина хлопчиків і дівчат будуть хворі

Д. 25% дітей будуть хворими

Е. 25% дітей будуть здоровими

6. Яке хромосомне визначення статі у птахів?

А. ♀ AA + XX; ♂ AA + XY

В. ♀ AA + XY; ♂ AA + X0

С. ♀ AA + X0; ♂ AA + XX

Д. ♀ AA + XY; ♂ AA + XX

Е. ♀ 2n; ♂ n

7. У яких організмів умови середовища сприяють перетворенню самиць на самців?

А. Іксодовий кліщ

В. Горобець

С. Мавпа

Д. Печінковий сисун

Е. Бонелія

8. Яка ймовірність народження хворої дитини від хворого на гемофілію батька та матері – носія гена гемофілії?

А. 0%

В. 10%

С. 25%

Д. 50%

Е. 100%

9. У здорових батьків народився син дальтонік. Яка вірогідність народження дівчинки дальтоніка?

- A. 0%
- B. 10%
- C. 25%
- D. 50%
- E. 100%

10. Як називаються ознаки, які розташовані в У-хромосомі?

- A. Кодомінантні
- B. Плейотропні
- C. Голандричні
- D. Чоловічі
- E. Незалежні

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Розв'язування задач.

Розв'яжіть задачі:

1. У людини гемофілія успадковується як Х-рецесивна ознака. Дочка гемофіліка збирається вийти заміж за сина іншого гемофіліка, причому наречені не хворіють на гемофілію. Визначте ймовірність народження у них дитини хворої на гемофілію, якої статі буде ця дитина?

Рішення:

2. Чоловік-дальтонік одружується з жінкою з нормальним кольоровим зором, батько якої був дальтоніком. Яким буде зір у їхніх дітей?

Рішення:

3. Потемніння зубів може визначатися двома домінантними генами, один з яких розташований в Х-хромосомі. У батьків з темними зубами народилася дочка і син з нормальним кольором зубів. Визначте вірогідність народження в цій родині наступної дитини теж без аномалій, якщо темні зуби матері обумовлені лише геном, зчепленим з Х-хромосою, а темні зуби батька – аутосомним геном, за яким він гетерозиготний.

Рішення:

4. Гіпертрихоз передається через У-хромосому, а полідактилія – як домінантна аутосомна ознака. У родині, де батько мав гіпертрихоз, а мати – полідактилію, народилась нормальна стосовно обох ознак дочка. Яка вірогідність того, що наступна дитина також буде без обох аномалій?

Рішення:

5. У людини дальтонізм обумовлений зчепленим з Х-хромосомою рецесивним геном. Таласемія спадкується як аутосомна домінантна ознака і спостерігається в двох формах: у гомозигот важка, часто смертельна, у гетерозигот – легка форма. Жінка з нормальним зором, але легкою формою таласемії в шлюбі зі здоровим чоловіком, але дальтоніком, має сина-дальтоніка з легкою формою таласемії. Яка вірогідність народження наступного сина без аномалій?

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Гомогаметна та гетерогаметна стать, гемізігота, голандричні ознаки, ознаки, що залежать від статі, ознаки, що контролюються статтю.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №12.

1. ТЕМА: ХРОМОСОМНА ТЕОРІЯ СПАДКОВОСТІ

2. Актуальність теми. Відкриття та вивчення явища зчепленого успадкування генів має фундаментальне значення для розвитку генетики як науки. Його аналіз має практичне значення у регулюванні статі, біотехнології, генній інженерії. На початку ХХ століття пояснення чисельним фактам відхилень від закону незалежного комбінування ознак та властивостей (III закону Г. Менделя) дала розроблена Т. Морганом та його співробітниками хромосомна теорія, яка

встановила роль ядра і хромосом в явищах спадковості, зчеплення генів та закономірності успадкування при зчепленні генів.

В останні роки ХХ століття, використовуючи новітні технології, генетики вирішили надзвичайно складну і необхідну для медицини проблему: визначили групи зчеплення генів людини, їх локуси і побудували генетичні карти хромосом. Знання генетичних карт і уміння ними користуватись необхідні для встановлення етіології спадкових хвороб, а в майбутньому – генної терапії.

3. Мета заняття. Навчитися визначати ймовірність прояву ознак у нащадків при повному і неповному зчепленні генів. Уміти застосовувати знання хромосомної теорії спадковості для визначення успадкування нащадками аутосомних і зчеплених зі статтю хвороб.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Зчеплене успадкування. Особливості успадкування груп зчеплення.
2. Механізм кросинговеру, цитологічні докази, біологічне значення.
3. Хромосомна теорія спадковості.
4. Цитоплазматична спадковість.

Генів значно більше ніж хромосом. У 1910 році американський генетик Томас Морган зі своїми співробітниками експериментально довів, що у кожній хромосомі локалізована велика кількість генів, які успадковуються разом. Гени, які локалізуються у одній хромосомі, складають групу зчеплення. Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному числу хромосом виду. Так, у людини 24 групи зчеплення: 22 аутосомні і 2 зчеплені зі статтю у Х- та У-хромосомах.

Але вони зчеплені не абсолютно. Під час мейозу виникає кросинговер. Чим далі один від одного розташовані гени, тим частіше між ними виникає кросинговер, що порушує зчеплення.

Для експерименту Морган вдало вибрав муху-дрозофілу: її легко утримувати у лабораторіях, вона дуже плодовита, швидко розмножується, має тільки 8 хромосом.

Він вивчав, як успадковується забарвлення тіла і довжина крил у мухи-дрозофіли. Спочатку він схрещував гомозиготних самок і самців. Перше покоління було одноманітне.

B – сіре забарвлення тіла

b – чорне забарвлення тіла

V – нормальні крила

v – короткі (недорозвинені) крила

P ♀ $BBVV$ × ♂ $bbvv$

G (BV) (bv)

F₁ $BbVv$ – 100% сірі з нормальними крилами і ♀i♂

Згодом він провів аналізуюче схрещування (окремо для самок та самців) для визначення генотипу гібридів, які були отримані у F₁.

При аналізі гібридного самця вийшли тільки особини схожі на батьків (по 50%).

У самців мухи-дрозофіли кросинговер не відбувається і гени зчеплені повністю.

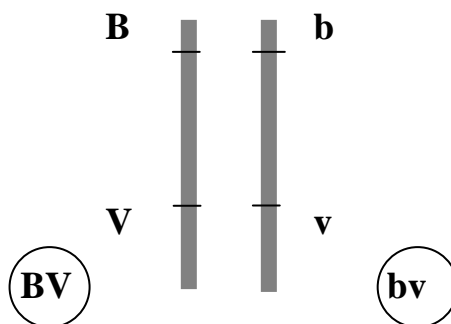
P ♀ $bbvv$ × ♂ $BbVv$

G (bv) (BV) (bv)

F₂ $BbVv$; $bbvv$

50% 50%

с. н. ч. к.



При аналізі гібридної самки мухи-дрозофіли виявилось, що особин, які схожі на батьків, у нащадків вийшло більше (по 41,5%), а особин, які комбінують ознаки батьків – менше (по 8,5%). Т.Морган робить висновок, що у самок мухи-дрозофіли проходить кросинговер, тобто, гени зчеплені неповністю.

P ♀ $BbVv$ × ♂ $bbvv$

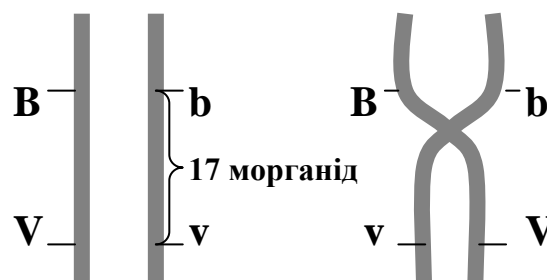
G (BV) (bv) (Bv) (bV) (bv)

F₂ $BbVv$ $bbvv$ Bbv $bbVv$

41,5%; 41,5%; 8,5%; 8,5%

с. н. ч. к. с. к. ч. н.

На основі отриманих результатів,



забарвлення тіла та довжини крил знаходяться в одній хромосомі і тому ці гени

успадковуюються зчеплено. Але зчеплення може порушуватись кросинговером. % кросинговеру між генами (1% кросинговеру=1 морганіді) було умовно прийнято за відстань між ними. Це дало змогу будувати генетичні карти хромосом. Відсоток кросинговеру Т. Морган запропонував визначати за формулою:

$$\frac{n_1}{n_2} \times 100 = \% \text{ кросинговеру, де}$$

n_1 – загальне число кросоверних особин;

n_2 – загальне число нащадків

Кросинговер є одним із факторів комбінативної мінливості у організмів. Цитологічну картину кросинговеру вперше описав датський вчений Ф.Янсен у 1909 році. Пізніше генетичний доказ кросинговеру було встановлено у дрізофілі Т.Морганом та його школою, але прямі, цитогенетичні докази обміну ділянок гомологічних хромосом отримали лише на початку 30-х років К.Штерн (у дрізофілі), Б.Мак-Клінток та Г.Крейтон (у кукурудзи). Слід зазначити, що кросинговер базується на закономірностях мейозу, виявляється тільки у гетерозигот, відбувається в профазі-1 мейозу **між хроматидами** гомологічних хромосом.

Хромосомна теорія спадковості була сформульована Т.Морганом.

Основні положення:

1. Гени знаходяться у хромосомах, кожний ген займає певне місце – локус.
2. Гени розташовані лінійно та успадковуються зчеплено. Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному набору хромосом.
3. Між гомологічними хромосомами відбувається обмін алельними генами – кросинговер.
4. Вірогідність кросинговеру прямо пропорційна відстані між генами.

Відстань між генами виміряють у сантиморганідах.

1 сантиморганіда =1% кросинговеру.

Цитоплазматична спадковість у еукаріот пов'язана з органоїдами клітини, здатними до саморепродукції (мітохондрії, пластиди). Позаядерні гени називають плазмагенами. Вони здатні до розмноження і випадково

розподіляються по дочірніх клітинах. Вони передаються наступному поколінню у складі цитоплазми яйцеклітини. Тому найголовніша роль у передаванні позаядерних генів належить цитоплазмі материнського організму, і прояв ознаки, що визначається позаядерним геном, буде неоднаковим. Позаядерні гени взаємодіють з ядерними і перебувають під контролем ядерної ДНК.

Наприклад: у людини у кожній соматичній клітині близько 1000 мітохондрій. Геном мітохондрій містить 16569 пар нуклеотидів і кодує дві рибосомні РНК, 22 транспортні РНК і 13 поліпептидів дихального ланцюга. Інші 66 субодиниць цього ланцюга кодуються в ядрі. ДНК мітохондрій людини успадковується за материнським типом, вона не має інтронів, захисних білків-гістонів і репаративної системи. Патологічні мутації ДНК викликають багато мітохондріальних хвороб: Альцгеймера, Паркінсона, енцефалопатію, молочнокислий ацидоз і судоми, нейропатію, пігментний ретиніт та інші.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Що таке група зчеплення?

- A. Домінантні і рецесивні алелі
- B. Тільки домінантні алелі
- C. Тільки рецесивні алелі
- D. Всі гени однієї хромосоми
- E. Гени, що кодують альтернативні ознаки

2. Яке схрещування дає змогу визначити відстань між генами у групі зчеплення?

- A. Моногібридне
- B. Аналізуюче
- C. Дигібридне
- D. Полігібридне
- E. Тригібридне

3. Відстань між генами B і k складає 10 % кросинговеру. Яка вірогідність утворення гамет Bk у особини з генотипом BbKk?

- A. 0%

B. 10%

C. 5%

D. 45%

E. 50%

4. Яке співвідношення мух дрозофіл було у класичному досліді

Т.Моргана?

A. 25%:25%:25%:25%

B. 44%:6%:44%:6%

C. 48,5%:1,5%:1,5%: 48,5%

D. 41,5%:8,5%:8,5%: 41,5%

E. 31,5%:18,5%:18,5%: 31,5%

5. Скільки та які типи гамет утворюються у особини AaBb, якщо відстань між генами А і В 20 морганід?

A. 50% АВ; 50% ав

B. 25% АВ; 25% Ав; 25% аВ; 25% ав

C. 50% Ав; 50% аВ

D. 40% АВ; 10% Ав; 10% аВ; 40% ав

E. 40% Ав; 40% АВ; 10% ав; 10% аВ

6. Від чого залежить частота кросинговеру?

A. Відстані між алельними генами

B. Кількості множинних алелів

C. Відстані між неалельними генами в групі зчеплення

D. Відстані між неалельними генами в різних групах зчеплення

E. Жоден варіант не вірний

7. Скільки типів гамет утворює організм CcDd при повному зчепленні генів?

A. 1

B. 2

C. 4

D. 6

E. 8

8. У дигетерозиготної особини гени В і d зчеплені. Які некросоверні гамети може утворювати цей організм?

A. Bd, vD

B. Bd, BD

C. BD, vd

D. BD, vD

E. vd, Bd

9. У дрозофіли відстань між генами В і С – 12 морганід. Яка вірогідність появи потомства с генотипом ВвСс при схрещуванні ВвСс × ввсс?

A. 12%

B. 0%

C. 6%

D. 50%

E. 44%

10. В миші відстань між генами А і С – 20 % кросинговеру. Яка вірогідність появи потомства с генотипом ААСс при схрещуванні АаСс × аасс?

A. 20%

B. 0%

C. 10%

D. 50%

E. 40%

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Розв'язування задач.

1. Скільки та які типи кросоверних і некросоверних гамет утворюються в особин із такими генотипами:

a) $\frac{C \quad B}{c \quad b}$

b) $\frac{C \quad b}{c \quad B}$,

якщо відстань між генами В і С 8 морганід?

Рішення:

2. У людини рецесивні гени **a** і **b** зумовлюють схильність до діабету й до гіпертонії. Ці гени локалізовані в одній аутосомі і відстань між ними – 10 морганід. Визначте ймовірність (у %) народження сина, схильного до згаданих хвороб, якщо мати гетерозиготна за обома ознаками, а батько хворий на діабет та гіпертонію.

Рішення:

3. У людини рецесивний ген гемофілії (**h**) і рецесивний ген дальтонізму (**d**) локалізовані в X-хромосомі на відстані 9,8 морганід. Відомо, що жінка гетерозиготна на дальтонізм і гемофілію. Причому аномальні гени локалізовані в різних X-хромосомах. Визначте, які діти можуть бути в неї від шлюбу зі здоровим чоловіком.

Рішення:

4. Катаракта і полідактилія у людини зумовлені домінантними, аутосомними, тісно зчепленими генами. Жінка, мати якої страждала на катаракту, а батько на полідактилію, взяла шлюб зі здоровим чоловіком. Напишіть можливі генотипи і фенотипи дітей від цього шлюбу, якщо жінка успадкувала катаракту і полідактилію від батьків.

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Група зчеплення, повне зчеплення, неповне зчеплення, морганіда, цитоплазматична спадковість.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №13.

1. ТЕМА: МІНЛИВІСТЬ У ЛЮДИНИ ЯК ВЛАСТИВІСТЬ ЖИТТЯ І ГЕНЕТИЧНЕ ЯВИЩЕ

2. Актуальність теми. Закономірності мінливості використовуються у господарській діяльності людини, а також в медицині. Знання модифікаційної мінливості необхідні лікарю для пропагування здорового способу життя, загартування організму людини. Спадкова мінливість теж широко розповсюджена. Знання причин та механізмів мінливості дасть лікареві змогу прогнозувати ймовірність виникнення спадкової патології, вибрати оптимальну

тактику лікування пацієнта залежно від ролі генотипу і факторів навколишнього середовища у розвитку захворювання.

3. Мета заняття. Вміти розрізняти та характеризувати різні форми мінливості, оцінювати їх роль в еволюції та при появі тих чи інших ознак людини. Інтерпретувати сутність, форми, механізми та причини мінливості нормальних і патологічних ознак та властивостей людини.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Мінливість, форми мінливості.
2. Модифікації та норма реакції. Властивості модифікацій.
3. Комбінативна мінливість, її джерела.
4. Мутаційна мінливість. Класифікації мутацій. Мутагенні фактори.
5. Закон гомологічних рядів спадкової мінливості, його практичне значення.

Мінливість – це властивість організмів набувати нових ознак в процесі індивідуального розвитку. Завдяки мінливості кожен організм має свої особливості, причому індивідуальність властива навіть генетично однаковим особинам (однойцевим близнюкам, представникам одного клону), які завжди мають ледве вловимі відмінності в розмірах, пропорціях тіла, прояві тих чи інших ознак. Т.ч., підтримується різноманітність організмів одного виду.

Форми мінливості:

- 1) Модифікаційна (неспадкова);
- 2) Генотипова (спадкова).

Модифікаційна мінливість – це функціональна мінливість, яка змінює реалізацію спадкової інформації. Вона залежить від умов зовнішнього середовища та генотипу.

Зміни організму, набуті під впливом зовнішнього середовища, що не торкаються генотипу, називаються **модифікаціями**.

Межі прояву фенотипу організму, які визначені даним генотипом, називаються **нормою реакції**. Наприклад: діапазон мінливості росту людини

становить від 155 до 220 см. Все, що виходить за межі цих показників – відхилення від норми: у першому випадку – карлики, у другому – гіганти.

Норма реакції буває:

- **Широка.** Широку норму реакції мають кількісні ознаки (зріст, вага, розмір стопи, кисті, кількість еритроцитів і т.п.)
- **Вузька.** Вузьку норму реакції мають якісні ознаки (колір очей, групи крові, розміри серця, головного мозку і т.п.)

Модифікаційна мінливість має такі **властивості**:

- 1) **Не успадковується** – не змінюється генотип.
- 2) **Адаптивність** – завжди пристосувальна до умов середовища.
- 3) **Адекватність** – ступінь зміни ознаки визначається силою і тривалістю впливу фактору.
- 4) **Зворотність** – при припиненні впливу фактору ознака повертається до початкового прояву.
- 5) **Масовість** – одні й ті самі фактори викликають однакові зміни у всіх особин даного виду.
- 6) **Визначеність** – реакція на фактори середовища передбачувана.

Модифікаційною мінливістю пояснюється поява **фенокопій** - копіювання проявів мутантного гену. Фенокопії – неспадкові зміни фенотипу, які зумовлені впливом середовища, але схожі з мутаціями. Вони виникають на ранніх стадіях ембріогенезу, різко змінюють фенотип, зберігаються упродовж життя, але не передаються наступному поколінню. Так, у жінок, які на ранніх стадіях вагітності перенесли інфекційне захворювання (наприклад, краснуху), часто народжуються глухонімі діти або діти з катарактою (помутніння кришталика) і ці вади розвитку нічим не відрізняються від таких самих вад, але обумовлених мутантними генами. Кретинізм спричиняється як мутацією гена, так і дефіцитом йоду в їжі. Фенокопіями є талідомідні ембріопатії, які спричинені вживанням матерями на ранніх стадіях вагітності лікарського препарату талідоміду.

Причинами виникнення фенокопій можуть бути: гіпоксія, підвищення температури, авітамінози, алкоголь, нікотинний дим, деякі лікарські препарати,

інфекційні та інвазійні захворювання матері на ранніх стадіях вагітності (краснуха, токсоплазмоз).

Модифікаційна мінливість забезпечує індивідуальне пристосування організму до змін умов навколишнього середовища. Вона корисна для організму, але не призводить до еволюційних змін у популяції.

У розвитку одних ознак вирішальну роль відіграє генотип, у розвитку інших - зовнішнє середовище. Залежно від умов зовнішнього середовища ступінь фенотипового прояву гену може бути різна. Це явище отримало назву **експресивність**. Наприклад: полідактилія. Кількість пальців на кінцівках може варіювати від 6 до 9.

Не у всіх носіїв патологічного гену він обов'язково проявляється. Один ген може проявлятися в 100% випадків (успадкування груп крові за системою АВ0), а інший в значно меншому відсотку випадків, або проявиться лише в певних умовах середовища (подагра, вроджений вивих стегна). Кількісний показник фенотипового прояву гену називається **пенетрантністю**.

Мінливість, яка пов'язана зі зміною генотипу особини, називається генотиповою.

Розрізняють два види генотипової мінливості:

- Комбінативну;
- Мутаційну.

Комбінативна мінливість - це зміна генотипу, яка пов'язана з перекомбінацією генів батьків. Комбінативна мінливість змінює норму реакції організму і тим самим забезпечує виживання чи загибель організму.

Механізми комбінативної мінливості:

- 1) Кросинговер.
- 2) Незалежне розходження та комбінації негомологічних хромосом в гаметах.
- 3) Випадкова зустріч гамет при заплідненні.

У природі комбінативна мінливість дуже рідко призводить до утворення нових видів. Людина використовує її для отримання нових сортів рослин, порід

тварин. Її закономірності використовуються в медико-генетичних консультаціях для розрахунку ризику народження хворої дитини.

Мутаційна мінливість - це швидка, стрибкоподібна зміна генотипу організму, яка проявляється фенотипово. Основи вчення про мутації закладені голландським ученим Г. де Фрізом, він і запропонував термін «мутація». Саме мутаціями зумовлений поліморфізм людських популяцій: різний колір очей, волосся, пігментація шкіри, групи крові та ін. У результаті мутацій з'являються різні спадкові хвороби. З мутаційної мінливістю пов'язана еволюція – процес утворення нових видів, сортів і порід.

Класифікації мутацій:

1. За місцем виникнення

- ***Соматичні*** – виникають в соматичних клітинах і успадковуються тільки під час нестатевого або вегетативного розмноження. Наприклад: гілка смородини з білими ягодами, в ембріогенезі – мозаїки (пошкодження зазнає тільки частина соматичних клітин). Такі мутації не успадковуються, але різко знижують репродуктивні можливості організму.

- ***Генеративні*** – виникають в статевих клітинах, передаються під час статевого розмноження

2. За життєздатністю

- ***Летальні*** – несумісні з життям

- ***Напівлетальні*** – різко знижують життєздатність організмів

- ***Нейтральні*** – не впливають на життєздатність організмів.

- ***Корисні*** – підвищують життєздатність організму. Зустрічаються дуже рідко, але саме вони є елементарним матеріалом, який лежить в основі прогресивної еволюції.

3. За характером прояву

- ***Домінантні*** – відразу ж проявляються у гомо- і гетерозиготного організму.

- ***Рецесивні*** – вони приховані в гетерозиготах, тому накопичуються в генофондах видів у великій кількості.

4. За характером діючих факторів

- **Спонтанні** – помилки природних процесів (порушення реплікації)
- **Індуковані** – викликають спеціально спрямованою дією мутагенів

5. За характером змін генетичного апарату

- **Геномні**
- **Хромосомні**
- **Генні**

Геномні мутації пов'язані зі зміною числа хромосом. До геномних мутацій відносять:

а) Поліплоїдію – збільшення числа хромосомних наборів соматичних клітин у порівнянні з диплоїдним. В основ виникнення поліплоїдії лежать три процеси:

- 1) редуплікація хромосом в клітинах, що не поділяються;
- 2) злиття соматичних клітин або їх ядер;
- 3) нерозходження хромосом при мейозі.

Поліплоїдія забезпечує у рослин отримання більш розвинутої вегетативної системи, великих плодів і насіння з великою кількістю поживних речовин. Більше третини всіх покритонасінних – поліплоїди. У тваринному світі поліплоїдія – шкідлива мутація.

Поліплоїдія виникає, коли всі хромосоми не розходяться до полюсів клітини під час мітозу або мейозу. При цьому розриваються всі нитки веретена поділу, або вони взагалі не утворюються.

У людини поліплоїдія проявляється як триплоїдія ($3n$) ембріонів: – $69, XXX$ або $69, XXU$. Триплоїдні ембріони складають від 4 до 20 % усіх спонтанних абортусів. Описані поодинокі випадки народження триплоїдних дітей. Триплоїдні новонароджені гинуть у перші години або дні життя, в окремих випадках живуть до 4-7 міс. У них спостерігається цілий комплекс вад розвитку: гіпоплазія (недорозвинення органів), мікрофтальмія (малі розміри ока), розщелини губи і піднебіння, синдактилія (зрощення пальців кисті чи стопи), гідроцефалія (водянка головного мозку), ін.

в) Гетероплоїдію (анеуплоїдію) – збільшення або зменшення кількості окремих хромосом. Наприклад: $2n + 1$ – трисомія, $2n - 1$ – моносомія, $2n - 2$ – нулісомія. Клітини зі зміненим числом хромосом з'являються внаслідок порушень у процесі мітозу або мейозу. Якщо мутація відбулася у статевій клітині, то фенотип нащадка буде повністю змінений. Якщо мутація виникла внаслідок порушення мітозу на стадії дроблення, її успадкує лише частина клітин організму (мозаїки). У цьому випадку ступінь зміни фенотипу буде залежати від кількості мутантних клітин.

У рослин гетероплоїдія може призвести до утворення нових видів і підвищити життєздатність. У тваринному світі – летальна мутація. Збільшення числа статевих хромосом – стерильна або напівстерильна мутація, хоча трисомія X – зазвичай нормальна репродуктивна здатність. Зменшення числа хромосом – стерильна (X_0), або летальна (Y_0) мутація.

Хромосомні аберації – це зміна структури хромосом.

a) Делеція – втрата ділянки хромосоми.

b) Транслокація – ділянка хромосоми перейшла на іншу негомологічну хромосому.

c) Інверсія – ділянка хромосоми відірвалася і розвернулася на 180° .

d) Дуплікація – повторення однієї і тієї ж ділянки хромосоми.

Хромосомні мутації призводять до зміни функціонування генів і мають значення для еволюції виду.

Генні мутації пов'язані зі зміною структури гена.

a) Заміна нуклеотидів (ЦТТ (глутамінова кислота) на ЦАТ (валін) – серпоподібноклітинна анемія)

b) Вставка нуклеотидів

c) Випадіння і втрата пар нуклеотидів

d) Утворення некомплементарних пар

Генні мутації найскладніші для вивчення. Вони можуть бути нейтральними, корисними або шкідливими для індивідуума, а для виду – це

основний постачальник матеріалу для природного добору. Завдяки генним мутаціям виникли алельні гени і велика кількість властивостей, які є у організмів.

Різні мутації одного і того ж гену можуть привести до появи **генокопій**. **Генокопії** – один і той же фенотип контролюється різними генотипами. Наприклад: гемофілія А і гемофілія В – різні за своїм генетичним походженням, але клінічно проявляються однаково (незгортання крові).

Мутагенні фактори – фактори зовнішнього середовища, які викликають виникнення мутацій.

a) Фізичні (іонізуюче, рентгенівське випромінювання).

b) Хімічні (гербіциди, пестициди, йод, етилен, азотиста кислота та ін.)

c) Біологічні (віруси викликають перебудову в ДНК).

Комутагени – речовини немутагенної природи, що підсилюють негативну дію мутагенів. Наприклад: вітамін С (підсилює цитогенетичні ефекти мутагенів, зокрема циклофосаміду, в культурі лімфоцитів людини: збільшує пошкодження ДНК і т.п), кофеїн (збільшує індукцію метотрексатом сестринських хроматидних обмінів, утворення мікроядер).

Антимутагени – речовини, що підвищують стійкість клітин до негативного впливу мутагенів і знижують кількість пошкоджених мутагеном клітин (вітамін С, β -каротин, вітамін Е).

Антимутаційні механізми:

1. Парність хромосом в диплоїдних каріотипах, завдяки феномену гетерозиготності, перешкоджає прояву у фенотипі рецесивних мутацій.
2. Повтори деяких генів.
3. Триплетність і надмірність генетичного коду.
4. Ці антимутаційні механізми обмежують прояв мутацій у фенотипі особин.

Репарація призводить до усунення із спадкового матеріалу клітини зміненої ділянки.

У 1920 р академік М.І.Вавілов сформулював **закон гомологічних рядів** у спадковій мінливості: ***Роди і види генетично близькі мають подібні ряди спадкової мінливості з такою правильністю, що, знаючи зміни у одного виду***

можна знайти подібні у близького йому виду.

Цей закон лежить в основі методу генетичного моделювання, коли важкі хвороби людини вивчаються на моделях тварин (наприклад: гемофілію вивчають на мишах і собаках).

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Відомі дані про те, що деякі ліки за величиною мутагенного потенціалу не поступаються іонізуючій радіації і можуть спричинювати повний спектр мутацій. До якої групи екологічних чинників належать такі ліки?

- A. Біологічних
- B. Фізичних
- C. Хімічних
- D. Антропогенних
- E. Техногенних

2. Як називається організм, якщо в його клітинах з диплоїдного набору хромосом випадають дві гомологічні хромосоми?

- A. Гаплоїдний
- B. Трисомік
- C. Моносомік
- D. Нулісомік
- E. Полісомік

3. Модифікаційна мінливість виникає внаслідок зміни:

- A. Гену
- B. Геному
- C. Генотипу
- D. Фенотипу
- E. Каріотипу

4. Мутації:

- A. Виникають масово
- B. Не спричиняють змін генотипу
- C. Спричиняють зміни генотипу

- D. Завжди успадковуються нащадками
- E. Завжди мають пристосувальний характер

5. Генні мутації – це зміна:

- A. Структури хромосом
- B. Порядку нуклеотидів в ДНК
- C. Кількості статевих хромосом
- D. Розташування гетерохроматину
- E. Кількості аутосом

6. Генеративні мутації успадковуються під час розмноження:

- A. Спорами
- B. Статевим шляхом
- C. Нестатевим шляхом
- D. Вегетативно
- E. Партеногенезом

7. Який тип хромосомних мутацій часто не впливає на фенотип?

- A. Делеція
- B. Дуплікація
- C. Інверсія
- D. Транслокація
- E. Нестача

8. Як називаються мутації, які виникають у нестатевих клітинах?

- A. Нейтральні
- B. Летальні
- C. Генеративні
- D. Соматичні
- E. Індуковані

9. Які генні мутації фенотипово проявляються тільки у гомозиготному стані?

- A. Домінантні
- B. Рецесивні

С. Нейтральні

Д. Летальні

Е. Спонтанні

10. Що являється механізмом комбінативної мінливості?

А. Кросинговер

В. Модифікація

С. Мутація

Д. Трансляція

Е. Процесинг

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Генні мутації.

Розв'яжіть задачу.

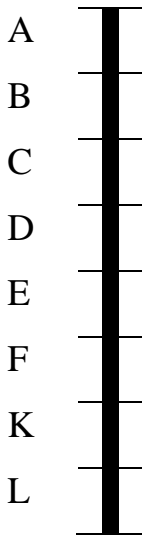
Дано ланцюг ДНК: Т А Ц Т Г Г А А А Ц Ц Г Ц Ц А.

- а). Якою стане послідовність амінокислот у білку, якщо між сьомим і восьмим нуклеотидами вбудується додатковий нуклеотид з тиміном?
- б). Якою стане послідовність амінокислот у молекулі білка, якщо в ланцюзі ДНК з дев'ятого положення випаде аденін?
- в). Якою буде послідовність амінокислот у білку при дуплікації ділянки ДНК між 3 і 5 кодонами?

Рішення:

Робота №2. Хромосомні аберації.

Зарисуйте і назвіть типи хромосомних аберацій, якщо вихідна хромосома має таку будову:



Робота №3. Розв'язування задач.

Розв'яжіть задачі:

1. Подагра визначається домінантним аутосомним геном. За деякими даними (В. П. Ефроїмсон, 1968), пенетрантність гену у чоловіків складає 20%, а у жінок вона дорівнює нулю. Яка вірогідність захворювання подагрою в родині гетерозиготних батьків?

Рішення:

2. Яка вірогідність народження здорових карооких дітей від шлюбу здорової кароокої жінки, батько якої був блакитноокий та хворів на ретинобластому (злоякісна пухлина ока) і блакитноокиим чоловіком, хворим на ретинобластому, мати якого була кароокою та здоровою. Карий колір очей домінує над блакитним.

Ретинобластома визначається іншим домінантним аутосомним геном з пенетрантністю 60%. Відповідь обґрунтуйте.

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. Батько і мати – глухі, але глухота жінки залежить від рецесивного аутосомного гену, а в чоловіка є фенкопією. Яка ймовірність народження глухих дітей у цього подружжя?
2. Синтез у клітинах специфічного білка інтерферону пов'язаний із комплементарною взаємодією двох домінантних неалельних генів **A** і **B**, локалізованих у різних парах аутосом. З якою формою мінливості пов'язане народження здорових дітей від батьків, у яких пригнічена здатність до утворення інтерферону?
3. У здорових батьків народилася дівчинка з фенілкетонурією, однак, завдяки спеціальній дієті, вона розвивалася нормально. Чи можна вважати фенілкетонурію спадковою патологією? З якими формами мінливості пов'язана ця хвороба і можливість її вилікування?

Терміни для запам'ятовування:

Мінливість, модифікаційна мінливість, модифікації, норма реакції, фенкопії, експресивність, пенетрантність, комбінативна мінливість, мутаційна мінливість, соматичні мутації, генеративні мутації, летальні мутації, напівлетальні мутації, нейтральні мутації, корисні мутації, домінантні мутації,

рецесивні мутації, геномні мутації, поліплоїдія, гетероплоїдія (анеуплоїдія), хромосомні аберації, делеція, транслокація, інверсія, дуплікація, генні мутації, генокопії, мутагенні фактори, антимулагени, комутагени.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Методи вивчення спадковості людини.

Спадкові хвороби.

ЗАНЯТТЯ №14.

1. ТЕМА: ОСНОВИ ГЕНЕТИКИ ЛЮДИНИ. МЕТОДИ ГЕНЕТИКИ ЛЮДИНИ: ГЕНЕАЛОГІЧНИЙ, БЛИЗНЮКОВИЙ

2. Актуальність теми. Значення спадкових факторів в патології людини за останній час сильно зросло, тому знання основ генетики людини потрібні в повсякденній роботі лікаря.

3. Мета заняття. Вміти користуватись генеалогічним та близнюковим методами.

4. Завдання для самостійної праці під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Основи медичної генетики.
2. Людина як об'єкт генетичних досліджень. Методи вивчення спадковості людини.
3. Генеалогічний метод. Правила складання родоводів. Генетичний аналіз родоводів.
4. Близнюковий метод. Визначення впливу генотипу та довкілля в прояві патологічних ознак людини.

Генетика людини або антропогенетика – це наука, яка вивчає закономірності спадковості та мінливості у окремих людей, популяції людей.

Медична генетика (розділ антропогенетики) вивчає генетичний механізм

виникнення і розповсюдження спадкових хвороб та внесок спадковості у виникнення найбільш тяжких не спадкових патологій.

Вивчення генетики людини пов'язані з **великими труднощами:**

- неможливе експериментальне схрещування;
- неможливо створити однакові умови для членів однієї сім'ї, тим більше для декількох поколінь;
- повільна зміна поколінь;
- невелика кількість нащадків у кожній сім'ї;
- у людини складний каріотип;
- велика кількість груп зчеплення;
- висока пенетрантність та експресивність генів, що призводить до високого поліморфізму ознак.

Але, не зважаючи на всі труднощі, генетика людини успішно розвивається.

Науковець, спостерігаючи велику людську популяцію, може вибирати з тисяч шлюбів ті, які необхідні для генетичного аналізу. Метод гібридизації соматичних клітин і ДНК-аналізу дозволяє експериментально вивчати локалізацію генів в хромосомах, їх норму і патологію, проводити аналіз груп зчеплення.

Методи генетики людини:

У сучасній генетиці людини використовують такі методи:

1. Генеалогічний
2. Близнюковий
3. Дерматогліфічний
4. Популяційно-статистичний
5. Біохімічний
6. Цитогенетичний
7. Генетика соматичних клітин
8. ДНК-аналіз (молекулярно-генетичний)
9. Моделювання

Генеалогічний метод

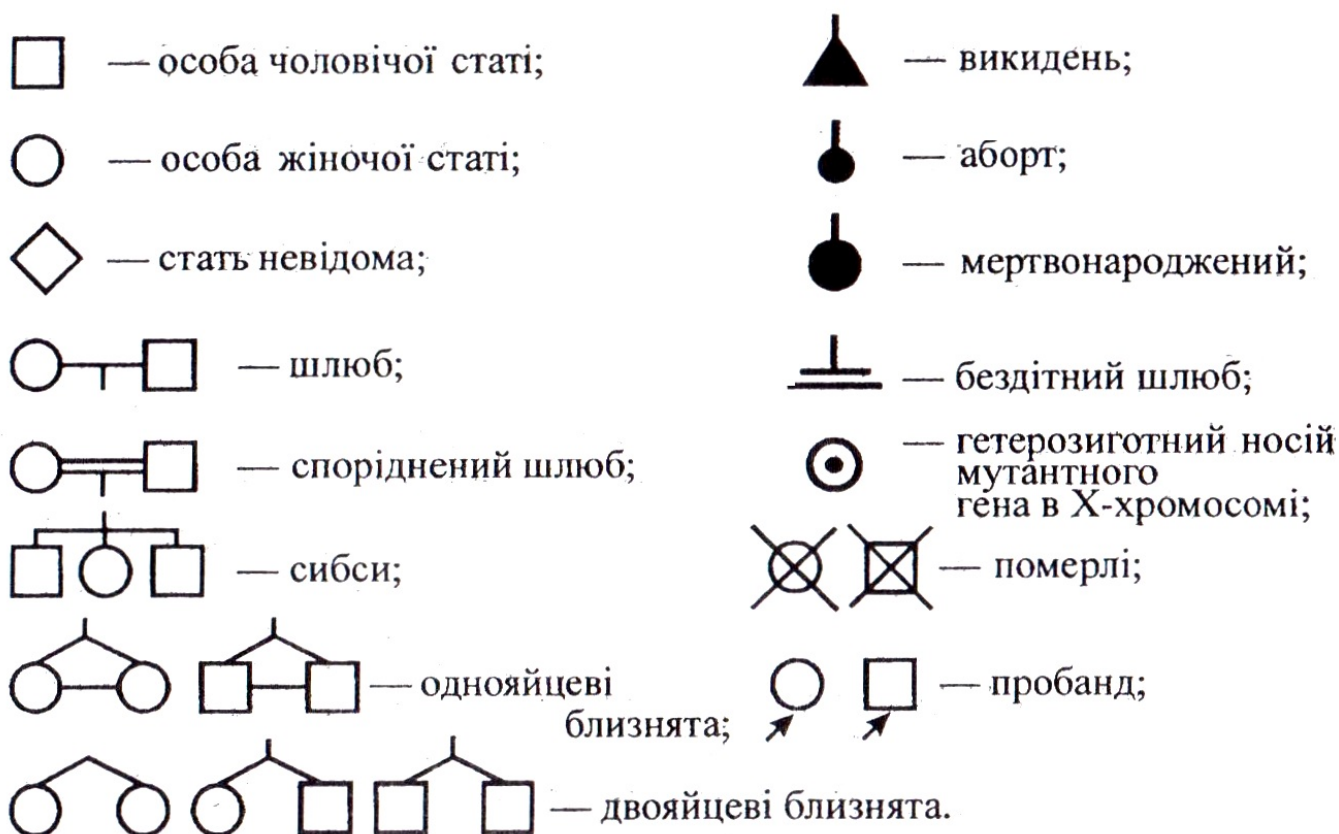
Був запропонований у 1865 році засновником генетики людини Ф.Гальтоном. За допомогою цього методу можна прослідкувати будь-які ознаки у ряду поколінь, при цьому вказуючи на родинні зв'язки між членами родоуду. Генеалогічний метод включає декілька етапів:

Перший етап – збір інформації про пробанда та його родичів.

Пробанд – людина, для якої складають родовід. Його брати та сестри – сибси, двоюрідні брати та сестри – напівсибси.

При необхідності проводять медичне обстеження всіх членів родоуду.

На **другому етапі** роблять **графічне зображення** родоуду. Для складання родоуду прийняті стандартні символи.



Третій етап – **генеалогічний аналіз**. Мета – встановлення генетичних закономірностей. Спочатку визначають, чи є ознака спадковою. Якщо ознака спадкова, то визначають тип спадковості: домінантний, рецесивний, аутосомний, зчеплений зі статтю. Після цього визначають зиготність пробанда, групи зчеплення, пенетрантність та експресивність гену. Все це необхідно, щоб зробити

розрахунок ризику(четвертий етап) прояву патології у нащадків, вияснити, від кого і коли ця патологія прийшла.

Розрізняють: **аутосомне** та **зчеплене зі статтю** успадкування

Якщо ознака однаково часто зустрічається у чоловіків та жінок, то ген розташований в **аутосомах**.

Аутосомно-домінантна ознака (A):

- 1) зустрічається в кожному поколінні;
- 2) у хворих батьків (Aa) можуть бути здорові діти (aa);
- 3) у здорових батьків (aa) не може бути хворих дітей (A_).

Аутосомно-рецесивна ознака (a):

- 1) зустрічається рідко (іноді в одному поколінні);
- 2) у хворих батьків (aa) не може бути здорових дітей (A);
- 3) у здорових батьків (Aa) можуть бути хворі діти (aa).

Зчеплене зі статтю успадкування.

Якщо ознака передається від батька до сина з покоління в покоління, то ген цієї ознаки розташований в **Y-хромосомі**.

Якщо ознака частіше зустрічається у жінок і передається від хворого батька всім дочкам, то це **X-домінантне успадкування**.

Якщо ознака частіше зустрічається у чоловіків і передається від хворого діда через мати-носія онуку, то це **X-рецесивне успадкування**.

Правила складання родоводу

1. Починати складати родовід краще з центра аркуша, щоб бокові гілки родоводу не виходили за його межі.
2. Починати складати родовід необхідно з пробанда. Порядок складання родоводу такий: від наступних до попередніх поколінь; спочатку покоління пробанда і його дітей, а потім – його батьки.
3. Кожне попереднє покоління зображують вище від лінії пробанда, а наступне – нижче. Всіх членів родоводу треба розташовувати чітко за поколіннями в один ряд.
4. Для зручності складання родоводу спочатку вказують родинні зв'язки по

материнській лінії пробанда, після цього зображують лінію батька.

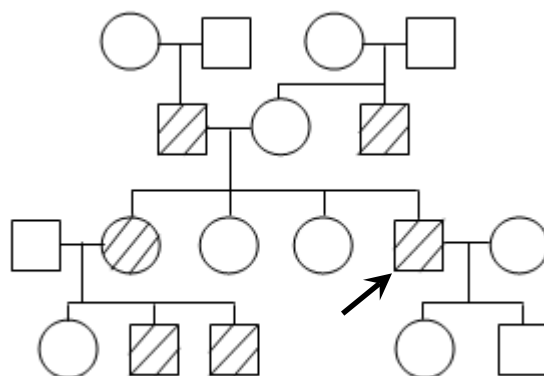
5. Ліворуч кожне покоління позначають римською цифрою, а всі індивіди в цьому поколінні – арабськими.

Аналіз родоводу

1. Установити: дане захворювання є спадковим чи набутим.
2. Визначити тип успадкування даної ознаки в родині.
3. Визначити, якими хромосомами (соматичними чи статевими) успадковується ознака.
4. Визначити домінантність чи рецесивність ознаки.
5. З'ясувати, по якій лінії (батька чи матері) передається захворювання.
6. Визначити генотипи пробанда і його подружжя.
7. Визначити ймовірність народження хворих дітей у родині пробанда.

Приклад генеалогічного аналізу

Визначити тип успадкування дальтонізму.



Значна кількість хворих в родині свідчить про спадковий характер дальтонізму. Той факт, що є хворі діти в сім'ях здорових батьків, свідчить про те, що ген дальтонізму рецесивний. Те, що хворіють в основному чоловіки, свідчить про локалізацію гена в X-хромосомі. Отже, ознака успадковується за X-зчепленим рецесивним типом.

Той факт, що у здорових жінок є хворі сини, свідчить про те, що вони гетерозиготні та мають генотип $X^D X^d$. Ймовірність того, що жінка передасть цей ген своїм дітям складає 50%. Оскільки чоловіки гемізіготні, то наявний у них рецесивний ген проявляється фенотипово (пробанд).

Хворий пробанду шлюбі зі здоровою жінкою має здорових сина і дочку. Якщо жінка пробанда гомозиготна, то ймовірність народження здорових дітей складатиме 100%, а якщо вона гетерозиготна – ймовірність народження хворих дітей буде 25% (тільки сини).

Близнюковий метод

Це один із найбільш ранніх методів вивчення генетики людини. Близнюковий метод дослідження був запропонований у 1876 р. англійським антропологом і психологом Ф. Гальтоном. Він виділив серед близнюків дві групи: однойцеві (монозиготні) і двуйцеві (дизиготні).

Близнюковий метод використовується у генетиці людини для того, щоб оцінити:

- ступінь впливу спадковості і навколишнього середовища на будь-яку нормальну або патологічну ознаку;
- пенетрантність та експресивність гену;
- ефективність використання ліків
- ефективність методів навчання та виховання
- коефіцієнт IQ.

Етапи близнюкового методу:

- 1) для спостереження відбирають пари близнюків однієї статі;
- 2) визначають зиготність близнюків.

МЗ – розвиваються із однієї зиготи, мають 100% однаковий генотип (однакову групу крові, стать, малюнки шкіри і т.д.), 100% приживлюваність трансплантату.

ДЗ – розвиваються із різних зигот та схожі як рідні брати і сестри.

- 3) визначають % подібності у групах моно- та дизиготних близнюків.

Для оцінки ролі спадковості у розвитку тієї чи іншої ознаки роблять розрахунки за формулою:

$$H = \frac{\% \text{ подібності МБ} - \% \text{ подібності ДБ}}{100 - \% \text{ подібності ДБ}}, \text{ де}$$

H – коефіцієнт спадковості, МБ – одно- та ДБ – двуйцеві близнюки.

При H=1 ознаки повністю залежать від генотипу;

При $H > 0,7$ основна роль у розвитку ознаки належить спадковості;

При $H=0,3-0,7$ спадковість і навколишнє середовище однаково впливають на формування ознаки (мультифакторіальні);

При $H < 0,3$ основний вплив мають фактори навколишнього середовища.

Мультифакторіальні хвороби

Мультифакторіальні хвороби – це хвороби зі спадковою схильністю. До мультифакторіальних хвороб відноситься цукровий діабет, гіпертонія, атеросклероз, шизофренія, епілепсія, алкоголізм і т.д.

Тому їх профілактика полягає у встановленні груп ризику (спадкова схильність) та підтримання умов, що попереджають негативне проявлення гену. Наприклад, при наявності гіпертонії у одного з батьків, треба:

- контролювати артеріальний тиск у дітей;
- рекомендувати здоровий спосіб життя, заняття спортом, спеціальну дієту;
- дотримуватись режиму праці та відпочинку.

Все це дає профілактичний ефект – збереження здоров'я дітей.

4.2 Матеріали для самоконтролю:

1. Після аналізу родоводу лікар-генетик встановив: ознака проявляється у кожному поколінні, жінки та чоловіки успадковують ознаку однаково часто, батьки в однаковій мірі передають ознаки своїм дітям. Визначте, який тип успадкування має досліджувана ознака.

- A. Аутосомно-домінантний
- B. Аутосомно-рецесивний
- C. Х-зчеплене доміантне успадкування
- D. Х-зчеплене рецесивне успадкування
- E. У-зчеплене успадкування

2. Голандричні ознаки успадковуються:

- A. Аутосомно-домінантно
- B. Аутосомно-рецесивно
- C. Зчеплено з «У» хромосомою
- D. Зчеплено з «Х» хромосомою доміантно

Е. Зчеплено з «Х» хромосоною рецесивно

3. На зображенні родоводу квадрат, біля якого намальована стрілка, означає:

- А. Пробанд жіночої статі
- В. Пробанд чоловічої статі
- С. Дитина, яка народилася мертвою
- Д. Викидень
- Е. Дитина, носій ознаки

4. Вкажіть ознаки, які характерні для Х-зчепленого рецесивного типу успадкування:

- А. Ознака успадковується всіма дочками
- В. Усі фенотипово здорові дочки хворих чоловіків є носіями гену, що зумовлює розвиток хвороби
- С. Хворі чоловіки передають рецесивний алель гену 50% синів
- Д. Трапляється переважно у жінок
- Е. Хворі чоловіки передають рецесивний алель гену 100% синів

5. Близнюковий метод застосовують для визначення:

- А. Генотипу організму
- В. Фенотипу організму
- С. Гетерозиготності пробанду
- Д. Генетичної структури популяції
- Е. Ступеня впливу спадковості й середовища на формування ознаки

6. Хто був засновником близнюкового методу дослідження?

- А. Г. Мендель
- В. Г. де Фріз
- С. Т. Морган
- Д. Ф. Гальтон
- Е. А. Вейсман

7. Яким буде коефіцієнт спадковості, якщо мінливість у популяції обумовлена спадковістю?

- A. 0
- B. 0,3
- C. 0,5
- D. 1
- E. 2

8. Як називається особа, родовід якої вивчається?

- A. Фігурант
- B. Пробанд
- C. Особистість
- D. Хворий
- E. Особина

9. Сибси – це:

- A. Організми, які досліджуються
- B. Нащадки
- C. Рідні брати та сестри
- D. Батьки
- E. Викидні

10. Як успадковується ознака, якщо вона не передається від батька до синів, але проявляється найчастіше у чоловіків?

- A. Аутомно-домінантно
- B. Аутомно-рецесивно
- C. Х-домінантно
- D. Х-рецесивно
- E. Через У хромосому

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Складання та аналіз родоводів.

Використовуючи генетичну символіку складіть та проаналізуйте родоводи за легендою. Визначте тип успадкування ознаки, зиготність особин.

1) Чоловік хворий на дальтонізм одружений із здоровою двоюрідною сестрою,

брат якої також хворий. Батьки подружжя здорові. Їхні матері – рідні сестри. Дід чоловіка хворий, баба – здорова. У подружжя четверо дітей: одна дочка і син хворі, дві дочки – здорові. Хвора дочка у шлюбі із здоровим чоловіком народила двох хворих синів та здорову дочку. Спрогнозуйте, які діти можуть народитися від шлюбу хворого сина зі здоровою жінкою.

2). Кароокий чоловік одружився з блакитноокою жінкою. В них народилося троє карооких синів і блакитноока донька. У одного з синів – блакитноока жінка, у другого – кароока жінка, чоловік дочки – кароокий. Спрогнозуйте, які онуки за кольором очей можуть народитися у їх дітей, якщо у доньки народився блакитноокий син. Які генотипи мають члени цієї родини?

Робота №2. Вплив спадковості та середовища на розвиток ознак.

Застосовуючи формулу обчислення коефіцієнта спадковості:

$$H = \frac{\% \text{ подібності МБ} - \% \text{ подібності ДБ}}{100 - \% \text{ подібності ДБ}}$$

і формулу обчислення впливу середовища:

$E = 100\% - H$, або $(1 - H)$, заповніть таблицю:

№п/п	Нормальні та патологічні ознаки	Подібність, %		H (спадк.)	E (серед.)
		МБ	ДБ		
1.	<i>Колір очей</i>	95	28		
2.	<i>Групи крові</i>	100	30		
3.	<i>Візерунки пальців</i>	92	40		
4.	<i>Клишоногість</i>	32	3		
5.	<i>„Вовча паща”</i>	33	5		
6.	<i>Природжений вивих стегна</i>	41	3		
7.	<i>Шизофренія</i>	70	13		
8.	<i>Бронхіальна астма</i>	47	24		
9.	<i>Алкоголізм</i>	54	18		
10.	<i>Цукровий діабет</i>	65	18		
11.	<i>Туберкульоз</i>	37	15		
12.	<i>Кір</i>	98	94		
13.	<i>Коклюш</i>	97	97		

і визначте роль спадковості та середовища у прояві цих ознак, розділивши їх за групами:

1. Ознаки, що повністю залежать від генотипу _____
2. Ознаки, що визначаються спадковістю _____
3. Ознаки, що визначаються середовищем _____
4. Мультифакторіальні (середовище та спадковість) _____

Дата і підпис викладача _____

Терміни для запам'ятовування:

Антропогенетика, медична генетика, пробанд, монозиготні близнюки, дизиготні близнюки, мультифакторіальні хвороби.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №15.

1. ТЕМА: МОЛЕКУЛЯРНІ ХВОРОБИ. БІОХІМІЧНИЙ МЕТОД І ДНК-ДІАГНОСТИКА.

2. Актуальність теми. Молекулярні хвороби виникають в результаті генних мутацій і складають значну частку спадкової патології. У різних країнах вони виявляються у 30-65 дітей серед 1000 новонароджених. Зважаючи на те, що в їх основі лежать точкові мутації, вони підпорядковуються менделівському успадкуванню, їх ще називають моно генними хворобами. Вивчення геному людини сприяло розробці методів лікування та профілактики таких тяжких молекулярних хвороб, як гемофілія, галактоземія, цукровий діабет, фенілкетонурія та ін.

3. Мета заняття. Вивчити генетичні основи, особливості прояву та закономірності успадкування деяких генних (молекулярних) хвороб людини; ознайомитися з методами, що застосовуються для виявлення генних хвороб.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Біохімічний метод.
2. ДНК-діагностика.
3. Молекулярні хвороби вуглеводного, амінокислотного, білкового, ліпідного, мінерального обміну. Механізми їх виникнення.

Біохімічний метод

Біохімічний метод засновано А.Гарродом у 1902 році. Цей метод

дозволяє вивчити фенотиповий ефект гену при зміні структури ферментативного білка. Зміна *послідовності* або *кількості нуклеотидів у гені* призводить до *зміни змісту триплетів ДНК*, а значить і до *порушення структури білкових молекул*. Наслідком цього є *зниження активності ферменту* або *його відсутність*, накопичення незвичайних продуктів обміну, що й *призводить до патології*. Біохімічним методом діагностують хвороби обміну речовин, встановлюють гетерозиготність батьків. За допомогою біохімічних методів відкрито близько 5000 молекулярних хвороб. В останні роки у різних державах розробляються та використовуються для масових досліджень спеціальні програми. Перший етап – *скринінг-програма* (англ. screening – просіювання). Для цього етапу зазвичай використовується невелика кількість простих, доступних методик (експрес-методів): хімічних або мікробіологічних. Так встановлюють групу ризику. На другому етапі проводиться уточнення (підтвердження діагнозу або відхилення при невірній-позитивній реакції на першому етапі). Для цього використовуються точні хроматографічні, мас-спектрометричні та інші методи визначення ферментів, амінокислот і т.п. Наказом МОЗ України (№221 від 29.03.2012) затверджено проведення скринінгу новонароджених на адреногенітальний синдром та муковісцидоз.

Молекулярно-генетичний метод (ДНК-аналіз)

ДНК-аналіз – це метод визначення послідовності нуклеотидів у ДНК, який дає змогу встановити генетичну причину хвороби. При цьому методи отримують зразки ДНК з крові, хоріону, амніотичних клітин, культури фібробластів і за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) отримують велику кількість фрагментів ДНК. ПЛР – це метод ампліфікації ДНК *in vitro*. Реакція проходить автоматично в програмованому термостаті – термоциклері. На першій стадії ПЛР при t 92-95°C ДНК денатурується з утворенням двох одноланцюгових молекул. На другій – при зниженій t до 55-60°C відбувається приєднання праймерів (приманок) до ДНК-мішені з утворенням коротких дволанцюгових ділянок ДНК, необхідних для ініціації синтезу. Потім приєднується термостабільна ДНК-полімераза. На третій стадії температура в

термоцикл ері піднімається до 72-75°C і елонгація ДНК призводить до утворення двох копій певного фрагменту ДНК. Потім все повторюється. Таким чином ПЛР дозволяє багато разів копіювати будь-який вибраний фрагмент ДНК геному.

Також існують й інші методи ДНК-діагностики. Наприклад, для визначення локалізації генної мутації використовують окремі фрагменти ДНК – ДНК-зонди. Зонд представляє собою фрагмент, часто штучно синтезований, розміром не більше 30 нуклеотидів одно ланцюгової ДНК, які комплементарні нуклеотидам досліджуваного гена. Використовуються радіоактивно-мічені зонди, або зонди з флуоресцентними барвниками, чи зі спеціальними лігандами. Потім проводять гібридизацію ДНК-зондів здорової людини та людини, що обстежується. Якщо ДНК людини, яка обстежується, в нормі, то гібридизація буде повною (за принципом комплементарності). Якщо є зміни, то гібридизації не буде. Тоді, методом електрофорезу визначають порушення у структурі ДНК (кожен фрагмент ДНК займає певне місце у вигляді смужки в конкретному місці гелю).

ДНК-аналіз дозволяє не тільки вивчити дефект гену, хромосом, але й слідкувати за ефективністю терапії, встановлювати генетичну спорідненість, сумісність тканин. Це незамінний метод при розробці лікування спадкової патології методом генної інженерії.

Спадкові хвороби – це хвороби викликані порушенням генотипу. Вони можуть проявитися на будь-якому етапі онтогенезу. За генетичними причинами виникнення хвороби діляться на:

1. генні;
2. хромосомні (геномні та хромосомні аберації);
3. хвороби зі спадковою схильністю (мультифакторіальні);

Моногенні або молекулярні хвороби викликані мутацією одного гену. Їх успадкування відбувається за законами Менделя. Одна й та сама спадкова хвороба може бути обумовлена різними типами мутації генів. Так виникають генокопії. *Наприклад*: нічна сліпота може успадковуватись за аутосомно-домінантним, аутосомно-рецесивним типом і як рецесивна, зчеплена з X-

хромосоною ознака.

Генні хвороби за фенотипом поділяють на:

- Вроджені вади розвитку органів та тканин. Наприклад: синдактилія, відсутність верхніх різців і т.ін. Діагноз ставиться у клініці під час фенотипового огляду. Лікування деяких хвороб хірургічне, стоматологічне, ортопедичне.
- хвороби порушення обміну речовин за класифікацією ВООЗ: амінокислотного, вуглеводного, ліпідного, мінерального, нуклеотидного та ін. обмінів. Ці хвороби можуть проявлятися у різні періоди онтогенезу.

Порушення метаболізму амінокислот

Прикладом порушення обміну амінокислоти фенілаланіну є захворювання **фенілкетонурія**. Вона успадковується за аутосомно-рецесивним типом. У результаті генної мутації відсутній або різко знижена активність ферменту фенілаланінгідроксилази, що каталізує перетворення фенілаланіну у тирозин. Це захворювання найбільш вивчене серед ферментопатій. Воно зустрічається з відносно високою частотою (1:5000-10000). У результаті дефекту ферменту виникає метаболічний блок: амінокислота **фенілаланін не перетворюється в тирозин і його вміст в крові значно збільшується**. Порушується перебіг біохімічних реакцій і, відповідно, не утворюються такі необхідні для життєдіяльності речовини, як тирозин, адреналін, норадреналін, пігмент меланін. В подальшому фенілаланін перетворюється у вторинний продукт – фенілпіровиноградну кислоту, яка накопичується у крові і виділяється з сечею. Ці обидві речовини присутні в крові у високій концентрації. Вони ушкоджують нервові клітини мозку. Розвиваються порушення у діяльності вищої нервової системи, недоумкуватість, порушення регуляції функції рухів. У хворих слабка пігментація в результаті порушення синтезу меланіну. Для виявлення фенілкетонурії проводять скринінг аналіз – тест Гатрі, який визначає рівень фенілаланіну в крові: мутантні бактерії здатні розмножуватися за наявності фенілаланіну, в поживному середовищі(що потрапляє туди зі зразка хворого). Уточнюють діагноз методом хроматографії. Лікування ФКУ полягає у зниженні рівня фенілаланіну та його метаболітів в організмі, що досягається вживанням

хворим з перших місяців життя їжі з низьким вмістом цієї амінокислоти.

Один із шляхів перетворення тирозину призводить до утворення гомогентизинової кислоти, яка потім перетворюється на CO_2 та H_2O . У зв'язку з недостатньою активністю ферменту оксидази гомогентизинової кислоти, гомогентизинова кислота накопичується у крові. Зазвичай вона виводиться із організму нирками, але у людей після 40 років гомогентизинова кислота накопичується у сполучній тканині, виникає пігментація хрящів (охроноз), розвиваються артрити великих суглобів, уражується хребет. Виникає **алкаптонурія**. Вона успадковується за аутосомно-рецесивним типом. Частота складає 1-3 на 1 млн. Для діагностики алкаптонурії проводять скринінг-тести: потемніння сечі на повітрі (чорні плями на пелюшках), реакція сечі з хлоридом заліза (багряно-чорне забарвлення).

Іншим прикладом порушення амінокислотного обміну є **альбінізм**. При цьому захворюванні порушується друга ланка у біохімічному ланцюзі реакцій (дефект ферменту тирозинази, який розщеплює тирозин). У результаті блокується перетворення тирозину на меланін. Успадкування – аутосомно-рецесивне. У державах Західної Європи альбінізм зустрічається з частотою 1/25000. У альбіносів молочно-білий колір шкіри, дуже світле волосся і відсутній пігмент у райдужній оболонці ока. Альбіноси мають підвищену чутливість до сонячного випромінювання, яке викликає у них захворювання шкіри, порушення зору.

Порушення метаболізму вуглеводів

Галактоземія – аутосомно-рецесивне захворювання, коли організм не може засвоювати молочний цукор (лактозу), тобто галактоза не перетворюється на глюкозу. Частота зустрічальності 1:8000-180000. Проявляється у перші дні життя. В клітинах накопичується галактозо-1-фосфат, що призводить до порушення метаболізму. Під час годування дитини грудним молоком з'являється блювота, збільшується печінка та селезінка, розвивається катаракта, розумова відсталість, інколи смерть. Організм може нормально розвиватися, якщо провести ранню діагностику та вилучити з раціону грудне та коров'яче молоко.

Порушення метаболізму ліпідів

Хвороба Тея-Сакса (амавротична ідіотія). Аутосомно-рецесивна мутація, частота зустрічальності 1:300000 (у деяких популяціях 1:3000). Порушується обмін гангліозидів. Вони накопичуються у клітинах сірої речовини головного мозку. У хворих концентрація їх у лізосомах перевищує норму у 100-300 разів. Це один з прикладів лізосомних хвороб накопичення. Відсутній фермент гексоамінідаза у лізосомах. Проявляється хвороба рано – у 6 місяців. Спостерігається втрата зору, судоми, м'язова гіпотонія, недоумкуватість. Більшість дітей гине на другому році життя. Необхідна пренатальна діагностика на активність ферментів у лізосомах (біохімічний метод).

Неферментативні генні хвороби

Муковіцидоз – аутосомно-рецесивне захворювання. Відсутній трансмембранні транспортні білки, які беруть участь в обміні Na^+ і Cl^- . Проявляється у ранньому віці. Частота зустрічальності 1:2000 новонароджених. Порушується робота залоз зовнішньої секреції та залозистих клітин бронхів, підшлункової залози, печінки та статевих залоз. У зв'язку з дефектом білків, підвищується в'язкість слизу. Підвищується вміст Na^+ і Cl^- у потовій рідині. Діагностика проводиться біохімічним методом. Експрес-аналіз – визначення концентрації Na^+ і Cl^- у поті, концентрації Na^+ у слині.

Порушення мінерального метаболізму

Вітамін D-резистентний рахіт. Це X зчеплена-домінантна хвороба. Відсутній білок-переносник. Тому порушується реабсорбція фосфатів у канальцях нирок. Виявляється одразу після народження. Спостерігається низький зріст, викривлення ніг, обмежена рухомість суглобів. Діагноз ставиться біохімічним методом. Лікування – прийом великих доз вітаміну D.

Хвороба Вільсона-Коновалова. Аутосомно-рецесивна хвороба. Спостерігається зниження активності синтезу білка церулоплазмину – переносника Cu^{2+} . Вона накопичується у клітинах мозку, печінки, нирок, рогівці очей. Надлишок Cu^{2+} порушує процеси гліколізу та дихання клітин. Хвороба може проявлятися у 6-50 років, а найчастіше у 15-20-річному віці. Порушується

робота печінки (цироз печінки), нирок, ЦНС. Спостерігається загальна слабкість, тремтіння рук, голови, зміна мови, паралічі, епілепсія, зниження інтелекту. Діагноз ставлять при наявності синьо-зеленого кільця на райдужній оболонці очей, великого вмісту міді у печінці та інших показників обстеження хворих. Лікування – прийом препаратів, які виводять Cu^{2+} з організму. Чим раніше діагностовано захворювання, тим ефективніше лікування.

Гемоглобінопатії

У людини виявлено більш 200 варіантів аномалій гемоглобіну.

Серповидно-клітинна анемія – аутосомно-домінантна хвороба з неповним домінуванням. У β -ланцюзі відбувається заміна глутамінової кислоти на валін. У гомозигот аномальний гемоглобін (не розчиняється у плазмі еритроциту) випадає в осад. Еритроцит приймає форму півмісяця. Він не транспортує кисень та викликає закупорювання капілярів (тромбози). Діти народжуються слабкі, жовтяничні, тромбози призводять до інсультів та інфарктів. Гомозиготи – летальна мутація. Гетерозиготи клінічно здорові. При зміні атмосферного тиску відбувається гемоліз еритроцитів, підвищується в'язкість крові, закупорюються судини і людина втрачає свідомість. Такі люди не хворіють на малярію. Тому еволюційно мутантний ген зберігся у країнах, де розповсюджена малярія (Індія, Південно-Східна Азія).

Гемофілія А і В – Х зчеплені-рецесивні хвороби. У хворої людини погане згортання крові, крововиливи після травм, операцій, інколи без причин. Лікування гемофілії А – свіжою або свіжозамороженою кров'ю (фактор згортання живе 8-12 годин). Лікування гемофілії В – консервованою кров'ю (фактор згортання живе 15 днів). Також використовують рекомбінантні фактори зсідання крові. Необхідно обережати таких людей від стресів та травм. Зараз можливе диференційоване діагностування гемофілій.

Хвороби зі спадковою схильністю

До них належать цукровий діабет, гіпертонічна хвороба, атеросклероз, бронхіальна астма, шизофренія, епілепсія та ін. Ці хвороби зумовлені багатьма

генами, тому їх називають полігенними, і залежать від впливу багатьох чинників навколишнього середовища, тому їх називають мультифакторіальними.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. При ДНК аналізі важливо отримати достатню кількість певних фрагментів ДНК. Для цього використовують:

- A. Цитогенетичний метод
- B. Біохімічний метод
- C. Полімеразну ланцюгову реакцію
- D. Метод статевого хроматину
- E. Цитологічний метод

2. Об'єктами для проведення діагностики алкаптонурії можуть бути:

- A. Сеча
- B. Культура фібробластів
- C. Культура лімфоцитів
- D. Зроговілий епітелій шкіри
- E. Клітини букального епітелію

3. Методом діагностики вад розвитку є:

- A. Близнюковий
- B. Генеалогічний
- C. Клінічний огляд хворого
- D. Генетика соматичних клітин
- E. Моделювання

4. Наявність мутантного гену можна встановити за таким методом генетики:

- A. Цитогенетичним
- B. Визначення Х-хроматину
- C. Дерматогліфики
- D. ДНК-аналізом
- E. Генеалогічним

- 5. Батько та мати здорові, але мають дитину хвору на галактоземію. Який генотип батьків?**
- A. AA × Aa
 - B. AA × aa
 - C. Aa × Aa
 - D. AA × AA
 - E. aa × aa
- 6. Хвороба Вільсона-Коновалова виникає під час порушення обміну:**
- A. Міді
 - B. Фенілаланіну
 - C. Галактози
 - D. Гангліоліпідів
 - E. Гуаніну
- 7. Назвіть хвороби вуглеводного обміну.**
- A. Альбінізм та муковісцидоз
 - B. Галактоземія та алкаптонурія
 - C. Цистинурія та амавротична ідіотія
 - D. Таласемія та серповидно-клітинна анемія
 - E. Фруктоземія та галактоземія
- 8. Для діагностики якої хвороби використовують тест Гатрі?**
- A. Фенілкетонурії
 - B. Альбінізму
 - C. Фруктоземії
 - D. Цистинурії
 - E. Галактоземії
- 9. При нестачі ферменту гомогентизинази, сеча новонародженого забарвлює пелюшки у чорний колір. Яке захворювання успадкувала ця дитина?**
- A. Фруктоземію
 - B. Фенілкетонурію
 - C. Діабет

D. Алкаптонурію

E. Галактоземію

10. Після нанесення на мокру пелюшку новонародженого 10% розчину хлориду заліза (III), з'явилася зелена пляма. Яке спадкове захворювання може припустити лікар?

A. Хворобу Вільсона-Коновалова

B. Хворобу Тея-Сакса

C. Галактоземію

D. Хворобу "кленового сиропу"

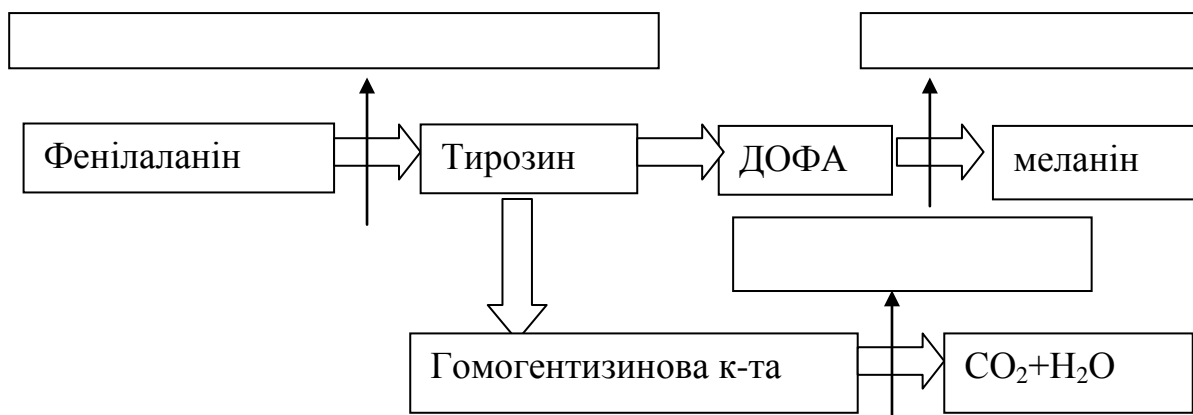
E. Фенілкетонурію

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Аналіз порушення амінокислотного обміну у людини як результат генних мутацій.

На схемі позначте хвороби до яких призводить порушення обміну амінокислот.



Робота №2. Генні хвороби.

Користуючись підручником та конспектом лекцій, заповніть таблицю.

Назва хвороби	Первинний біохімічний дефект та основні фенотипові прояви
<i>Фенілкетонурія</i>	

<i>Хвороба Тя-Сакса</i>	
<i>Хвороба Вільсона- Коновалова</i>	
<i>Гемофілія</i>	
<i>Цукровий діабет</i>	
<i>Ахондроплазія</i>	
<i>Брахідактилія</i>	

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. В одному пологовому будинку народились близнюки однієї статі. За свідченням лікаря вони мали одну плаценту. Чи можна стверджувати, що вони монозиготні?
2. У хворого виявлена підвищена чутливість до пеніциліну (на місці введення виникає почервоніння, набряк, а потім порушення роботи серцево-судинної

системи). Чи можна віднести це захворювання до спадкової патології? Які профілактичні дії треба зробити?

Терміни для запам'ятовування:

ДНК-аналіз, спадкові хвороби, молекулярні хвороби, фенілкетонурія, алкаптонурія, альбінізм, галактоземія, амавротична ідіотія, муковісцидоз, вітамін D-резистентний рахіт, хвороба Вільсона-Коновалова, серпоподібно-клітинна анемія, гемофілія А і В.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №16.

1. ТЕМА: ЦИТОГЕНЕТИЧНИЙ МЕТОД. ХРОМОСОМНІ ХВОРОБИ. ПОПУЛЯЦІЙНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД. МЕДИКО-ГЕНЕТИЧНЕ КОНСУЛЬТУВАННЯ

2. Актуальність теми. Цитогенетичний метод є одним з основних у роботі медико-генетичних консультацій. За його допомогою виявляють хромосомні хвороби.

3. Мета заняття. Знати, як визначити генетичну структуру різних груп населення. Уміти аналізувати каріотиби хворих, встановлювати етіологію хромосомних хвороб та класифікувати їх.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

4.1. Теоретичні питання до заняття:

1. Виявлення X- та Y-хроматину.
2. Методика виготовлення препаратів хромосом та їх класифікація.
3. Генетичні основи хромосомних хвороб.
4. Характеристика популяційно-статистичного методу. Закон Д. Харді і В. Вайнберга.
5. Профілактика спадкових хвороб та медико-генетичне консультування.

Цитогенетичний метод

Заснований на мікроскопічному дослідженні структури та кількості хромосом.

Цитогенетичний метод дозволяє:

- Вивчити каріотип організму
- Вивчити типи хромосомних мутацій
- Діагностувати хромосомні хвороби
- Визначити стать організму при фенотипових порушеннях.

Цитогенетичний метод включає:

- метод статевого хроматину;
- метод метафазної пластинки (каріотипування).

Метод статевого хроматину використовують для вивчення числа статевих хромосом у інтерфазних клітинах.

У 1949 р. М.Барр та Ч.Бертрам у ядрах нейронів кішки виявили невелике яскраво забарвлене тільце. Пізніше вчені довели, що воно міститься тільки у ядрах клітин самки. У самців його нема. Це тільце назвали **статевий хроматин**, або **тільце Барра**. Статевий хроматин – це спіралізована Х-хромосома, яка інактивується у ембріогенезі до розвитку статевих залоз. В нормі у жінок 20-60 % клітин у ядрі містять одне тільце статевого хроматину. Кількість грудочок статевого хроматину завжди на одну менше від числа Х-хромосом. Частіше за все статевий хроматин виділяють у епітеліальних клітинах слизової оболонки щік (букальний зіскоб), а також у нейтрофілах у вигляді виросту ядра (барабанна паличка). Виділення статевого хроматину використовують для діагностики хвороб, викликаних порушенням кількості Х-хромосом, експрес-діагностики статі навіть за залишками тканин. Наприклад: у жінки з каріотипом 45,X0 (синдром Шерешевського-Тернера, моносомія-Х) та в нормі у чоловіків ХУ ядра клітин не містять статевого хроматину. При синдромі трисомії-Х у жінки утворюється дві грудочки, у чоловіків з каріотипом 47 (XXY) – одна грудочка хроматину, з каріотипом 48, XXXY – дві.

У-хроматин (синонім F-тільце) – це ділянка У-хромосоми, яка при зафарбовуванні ядра флюоресцентними барвниками інтенсивно світиться і

відрізняється від інших хромосом. Для визначення У-статевого хроматину мазки слизової оболонки щоки чоловіка забарвлюють акрихіном і роздивляються у люмінесцентній мікроскоп. Кількість У-тілець дорівнює кількості У-хромосом у каріотипі.

Метод метафазної пластинки (каріотипування) дає змогу вивчити число та структуру хромосом. Він використовується для діагностики багатьох спадкових хвороб, вивчення хромосомних аномалій у клітинах.

Метод складається з наступних етапів:

а) Отримання хромосом.

Для того щоб приготувати метафазну пластинку частіше за все беруть клітини периферичної крові (лімфоцити). Фракцію лімфоцитів отримують в результаті центрифугування крові, додають їх до поживного середовища і культивують 2 доби при $t37^{\circ}\text{C}$. Для стимуляції мітозу додають фітогемаглютинін, а щоб зупинити мітоз на стадії метафази – колхіцин (руйнує нитки веретена поділу). Після цього клітини обробляють гіпотонічним розчином. Клітинні мембрани розриваються, і хромосоми вільно лежать на деякій відстані одна від одної (метафазні пластинки).

б) Фарбування хромосом.

Препарат фарбують барвниками в залежності від мети дослідження, потім накривають накривним скельцем, дивляться під мікроскопом (або роблять мікрофотографії).

в) Аналіз хромосом.

Вивчають хромосоми: довжину, форму, розташування центромери та ін.

Складають каріограму. **Каріограма** – це розташування по порядку кожної пари хромосом за розміром: від більшої до меншої, окремо виносять статеві хромосоми.

Хромосомні хвороби – це велика група спадкових хвороб, причиною яких виступають хромосомні або геномні мутації.

1. Хромосомні хвороби, які виникли у результаті порушення кількості аутосом:

Трисомія-21 (хвороба Дауна). Частота зустрічальності 1:500-700
Причиною патології є трисомія по 21-й хромосомі – каріотип 47,XX,+21;
47,XY,+21. Характерні ознаки хвороби Дауна:

- психічна відсталість, виражена у різній мірі;
- порушення будови внутрішніх органів (серця, крупних судин, ШКТ, суглобів);
- вкорочені кінцівки, вузька грудна клітина;
- маленький череп, аномалії будови обличчя (плоске, широке перенісся);
- очні щілини вузькі, з косим розрізом, присутня нависаюча складка верхньої повіки – епікант.

Трисомія-13 (синдром Патау). Частота 1:5000. Каріотип 47,XX,+13;
47,XY,+13 При цій аномалії спостерігається:

- розщеплення твердого та м'якого піднебіння, незрощення губи;
- мікроцефалія
- недорозвинення або відсутність очей (мікрофтальмія або анофтальмія);
- неправильно сформовані вуха;
- деформація кисті та стоп, зустрічається полідактилія та синдактилія (зрощення пальців);
- вади внутрішніх органів – серця, нирок, травної та нервової системи.

Зазвичай, тривалість життя цих людей не перевищує 1 рік (85%– до 6 місяців, 5% – до 3 років).

Трисомія-18 (синдром Едвардса). Частота 1:8000-11000. Каріотип 47,XX,+18; 47,XY,+18. Характерні ознаки цього синдрому:

- порушення серцево-судинної системи, вади нирок, аномалії опорно-рухового апарату;
- вузький лоб, широка виступаюча потилиця; досить низько розташовані вуха;
- недорозвиненість нижньої щелепи;
- пальці рук широкі та короткі (стиснуті).

Смерть настає до 2–3 місяців після народження, до року доживає 10%.

2. Хромосомні хвороби, які виникли у результаті порушення структури аутосом:

Синдром «крик кішки». Частота 1:45000. Каріотип 46,XX,5p-; 46,XY,5p-. Виникає при делеції короткого плеча 5-ої хромосоми. У дітей спостерігається порушення будови гортані, тому вони у ранньому дитинстві мають особливий «нявкаючий» тембр голосу. Присутня відсталість у психомоторному розвитку та недоумкуватість, схильність до інфекцій верхніх дихальних шляхів. Більшість дітей доживає до підліткового віку.

Хронічний мієлолейкоз – злоякісна пухлина кровотворної тканини (хвороба філадельфійської хромосоми). Довге плече 22-ої хромосоми транслокується на коротке плече 9-ої хромосоми. Захворювання спостерігається переважно у зрілому віці.

Синдром Дауна – транслокація 21 хромосоми на 13-15 або 21, 22 пари. Фенотип див. вище. Із всіх хворих – транслокація у 4%.

3. Хромосомні хвороби, які виникають у результаті порушення кількості статевих хромосом:

Цитологічні механізми:

Нерозходження статевих хромосом:

P ♀ XX × ♂ XY

G XX, 0 X, Y

F₁ XXX; X⁰; XXY; Y⁰
letal

P ♀ XX × ♂ XY

G X XY, 0

F₁ XXY; X⁰

Моносомія-X (синдром Шерешевського-Тернера). Частота 1:2500-5000. Каріотип 45,X⁰, фенотип жіночий. Це єдина сумісна з життям моносомія у людини. При цьому синдромі спостерігається:

- недорозвинення яєчників (стерильність);
- вади нирок, серця;
- диспропорція тіла: більше розвинена верхня частина (широкі плечі і вузький таз), нижні кінцівки вкорочені;
- зріст 135-145 см;
- коротка шия зі складками («шия сфінкса»), низький зріст, волосся на потилиці;
- «антимонголоїдний» розріз очей;

- інтелект від нормального до розумової відсталості

Експрес-діагностика: визначення статевого хроматину з подальшої верифікації каріотипуванням (статевий хроматин у таких жінок відсутній).

Трисомія-X (супержінка). Каріотип 47, XXX. Частота 1,4:1000. Фенотип жіночий. При цьому синдромі часто зустрічаються:

- невеликі відхилення у фізичному розвитку (чоловіча будова тіла);
- порушення функції яєчників, передчасний клімакс;
- зниження інтелектуального розвитку, хоча може бути практично нормальний інтелект.

У цих жінок у соматичних клітинах є два тільця статевого хроматину.

Синдром Клайнфельтера. Каріотип 47,XXY. Частота 1:500-1000. Фенотип чоловічий. Характерна особливість:

- недорозвиненість сім'яників та відсутність сперматогенезу (стерильність);
- євнухоподібний тип будови тіла: вузькі плечі, широкий таз, відкладання жиру за жіночим типом, слабо розвинена мускулатура;
- незначний ріст волосся на обличчі або його відсутність.

При експрес-діагностиці у соматичних клітинах виявляється грудочка статевого хроматину. При збільшенні числа X-хромосом 48, XXXY, відхилення посилюються, спостерігається розумова відсталість.

Полісомія за Y-хромосою (суперчоловік). Каріотип 47, XYY. Частота 1:1000. Фенотип чоловічий. При цьому синдромі:

- статеві залози розвиваються нормально;
- високий зріст; аномалії зубів та кісткової системи;
- неадекватна поведінка, агресивність.

Під час проведення експрес-діагностики, у соматичних клітинах виявляється подвійний Y-хроматин. При каріотипі 48, XYY спостерігається безпліддя, розумова відсталість, асоціальна поведінка.

Популяційно-статистичний метод

За допомогою цього методу вивчають генетичну структуру популяції у одному або деяких поколіннях. Цим методом можна:

- розрахувати частоту проявлення у популяції домінантних та рецесивних генів та різноманітні генотипи по цим алелям (генетичну структуру популяцій);
- в'яснити розповсюдження у популяції спадкових хвороб. Це важливо для профілактичної та соціальної медицини;
- вивчити швидкість мутаційного процесу і його причини (роль факторів зовнішнього середовища у виникненні та розповсюдженні мутацій).

Для того, щоб визначити генетичну структуру популяції, застосовують закон *Харді-Вайнберга*. Закон стверджує, що в ідеальній популяції частота генів та генотипів постійна із покоління в покоління. Математична модель ідеальної популяція характеризується:

- великою кількістю особин
- наявністю панміксії (вільне схрещування);
- відсутністю мутацій;
- відсутністю природного добору
- відсутністю міграцій.

Математично закон Харді-Вайнберга можна записати формулою:

$$p+q=1; (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 =1, \text{ де:}$$

p – частота домінантного алелю А;

q – частота рецесивного алелю а;

p^2 – частота домінантних гомозигот;

$2pq$ – частота гетерозигот;

q^2 – частота рецесивних гомозигот;

Наприклад, гени резус-негативного фактору зустрічаються частіше у європейців, і їх співвідношення у популяції складає 15% Rh⁻: 85% Rh⁺. Так як несумісність генотипу матері Rh⁻ та плоду Rh⁺ призводить до важких патологій, було розроблено програму їх профілактики.

Медико-генетичне консультування (МГК)

МГК – найбільш розповсюджена форма профілактики спадкових захворювань. МГК – це вид спеціалізованої медичної допомоги, що спрямована на попередження появи у родині дитини із спадковою патологією. Медико-

генетичне консультування проходить у медико-генетичних центрах. Складається з трьох етапів:

1. Постановка діагнозу (визначення типу спадковості, від кого успадковане, генетична причина). Використовують методи: генеалогічний, цитогенетичний, біохімічний, ДНК-аналіз.

2. Прогноз ризику здоров'я дитини. Ризик розраховують за законами Менделя та Моргана або за емпіричними таблицями ризику (їх використовують для розрахунку ризику для полігенних хвороб та хвороб зі спадковою схильністю і складною пенетрантністю). Генетичний ризик коливається від 0 до 100 %. Низький 5% – сім'я може мати дитину, середній: 6-20% – сім'я може мати дитину тільки під спостереженням лікаря-генетика, високий: більше 20% – потрібно використати додаткові заходи планування вагітності та пренатальної діагностики.

3. Висновки та пояснення прогнозу генетичного ризику. Конкретна допомога сім'ї з генетичною патологією.

4.2. Матеріали для самоконтролю:

1. Цитогенетичний метод ґрунтується на:

- A. Статистичному аналізу генів у популяції
- B. Якісних реакціях виявлення продуктів обміну в крові
- C. Мікроскопічному дослідженні хромосом
- D. Визначенні послідовності нуклеотидів в ДНК
- E. Селекції клітин

2. За допомогою якого методу можна діагностувати синдром „котячого крику”?

- A. Статевого X-хроматину
- B. Біохімічного
- C. Генеалогічного
- D. Статевого Y-хроматину
- E. Каріотипування

3. Назвіть формулу каріотипу хворої із синдромом Шерешевського-Тернера:

- A. 46, XX

- B. 47, XXY
- C. 45, X0
- D. 47, XXX
- E. 47, XYY

4. Частота домінантного алелю в популяції, що складається з 36% гомозигот AA, 16% гомозигот aa, 48% гетерозигот Aa, становить (часток одиниць):

- A. 0,3
- B. 0,6
- C. 0,4
- D. 0,24
- E. 0,06

5. Який метод генетики використовують, щоб з'ясувати, домінантною чи рецесивною є конкретна патологічна ознака?

- A. Цитогенетичний
- B. Біохімічний
- C. Популяційно-статистичний
- D. Генеалогічний
- E. Близнюковий

6. У юнака лікар діагностував синдром Клайнфельтера. Який каріотип хворого?

- A. 46, XX
- B. 47, XXY
- C. 46, XX, 5p⁻
- D. 47, XX,+13
- E. 47, XYY

7. За допомогою цитогенетичного методу можна діагностувати:

- A. Фенілкетонурію
- B. Хворобу Паркінсона
- C. Діабет
- D. Синдром Марфана

Е. Синдром Патау

8. Який метод генетики дає змогу визначати каріотип людини?

А. Дерматографіки

В. Близнюковий

С. Популяційно-статистичний

Д. Біохімічний

Е. Цитогенетичний

9. Метод визначення Х-хроматину використовують для діагностики:

А. Синдрому Дауна

В. Синдрому Клайнфельтера

С. Шизофренії

Д. Синдрому Патау

Е. Синдрому Едвардса

10. Клітини амніотичної рідини містять по дві грудочки Х-хроматину за рахунок:

А. Трисомії по Х- хромосомі

В. Трисомії по 21-й хромосомі

С. Трисомії по 18-й хромосомі

Д. Моносомії по Х-хромосомі

Е. Нулісомії.

Протокол практичного заняття

Дата _____

Робота №1. Каріотипи людини.

Вивчіть правила запису каріотипів людини:

1. Спочатку записують загальне число хромосом.
2. Потім, через кому, статеві хромосоми.
3. Зайву хромосому, якщо вона є, записують знаком „+”. Відсутню – знаком „-”.
4. Коротке плече хромосоми – *p*, довге плече хромосоми – *q*.

Вивчіть нормальні каріотипи жінки і чоловіка та патологічно змінені:

46, XX – Нормальний жіночий каріотип.

46, XY – Нормальний чоловічий каріотип.

47, XX, +21 – Синдром Дауна – жінка, у каріотипі якої є додаткова 21-а хромосома.

47, XY, +21 – Синдром Дауна – чоловік, у каріотипі якого є додаткова 21-а хромосома.

46, XY, 5p-– Синдром „котячого крику ”, чоловік, у каріотипі якого делеція короткого плеча 5-ої хромосоми.

Робота №2. Хромосомні хвороби.

Заповніть таблицю:

Синдром	Порушення каріотипу	Частота синдрому	Фенотипи
<i>Дауна</i>			
<i>Патау</i>			
<i>Едвардса</i>			
<i>„котячого крику”</i>			
<i>Клайнфельтера</i>			
<i>Шерешевського-Тернера</i>			

„супержінки”			
„суперчоловіка”			

Робота №3. Розв'язування задач.

1. Визначите частоту рецесивного гена, який зумовлює блакитний колір очей у популяції, де 75% людей кароокі.

Рішення:

2. Яка ймовірність одруження з жінкою, яка є носієм гена гемофілії у популяції в якій на гемофілію хворіє 1 з 10 000 чоловіків?

Рішення:

Дата і підпис викладача _____

Питання для обговорення:

1. Батьки дитини з синдромом Дауна звернулись за порадою до медико-генетичної консультації. Які дії має здійснити лікар-генетик? Проаналізуйте можливі варіанти.

2. До лікаря звернулося подружжя, у якого народилася дитина з розколиною

губи і піднебіння. Їх цікавить, який ризик народження другої дитини з такою вадою розвитку. Що має з'ясувати лікар, щоб зробити прогноз?

3. У здорової жінки – носія гена гемофілії на 10-14 тижнях вагітності при дослідженні набору хромосом клітин ворсинок хоріону виявлено чоловічий каріотип. Яку рекомендацію вагітній жінці дасть генетик в медико-генетичній консультації? Яка порада буде при вагітності жіночим плодом?

Терміни для запам'ятовування:

Цитогенетичний метод, статевий хроматин, У-хроматин, метод каріотипування, каріограма, хромосомні хвороби, закон Харді-Вайнберга, медико-генетичне консультування.

5. Матеріальне та методичне забезпечення.

1. Тестові завдання.
2. Навчально-методичний посібник.

ЗАНЯТТЯ №17.

1. ТЕМА: КОНТРОЛЬ ЗАСВОЄННЯ МОДУЛЯ 1 „МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННИЙ ТА ОРГАНІЗМОВИЙ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ.”

2. Мета заняття. Виявити знання студентів з теоретичних питань модуля 1.

3. Завдання для самостійної роботи під час підготовки та проведення заняття.

Модуль 1 проводиться за тестовими завданнями типу КРОК-1. Для підготовки до складання модуля студенти за питаннями занять № 1-16 отримують тестові завдання.

4. Матеріальное и методическое обеспечение.

1. Компьютеры.
2. Компьютерные программы.
3. перечень теоретических вопросов.
4. Тестовые задания.

Перелік питань для самостійної роботи

1. Клітинні мембрани. Хімічний склад. Просторова організація та значення.
2. Особливості регуляції роботи генів у про- та еукаріот.
3. Генна інженерія та біотехнологія.
4. Життя клітин поза організмом. Клонування клітин. Значення методу культури тканин для медицини.
5. Сучасний стан досліджень геному людини. Генетичні карти хромосом людини.
6. Онтогенез, його періодизація.
7. Ембріональний розвиток, його етапи. Провізорні органи.
8. Молекулярні та клітинні механізми диференціювання.
9. Диференціювання зародкових листків і тканин. Ембріональна індукція. Клонування організмів і тканин.
10. Критичні періоди ембріонального розвитку людини. Тератогенні фактори.
11. Природжені вади розвитку, їх сучасна класифікація: спадкові, екзогенні, мультифакторіальні; ембріопатії та фетопатії; філогенетично зумовлені та нефілогенетичні.
12. Постембріональний розвиток людини та його періодизація. Нейрогуморальна регуляція росту та розвитку
13. Старіння як етап онтогенезу. Теорії старіння. Поняття про геронтологію та геріатрію.
14. Клінічна та біологічна смерть.
15. Регенерація органів та тканин. Види регенерації. Значення проблеми регенерації в біології та медицині.
16. Особливості та значення регенеративних процесів у людини. Типова та атипова регенерація. Пухлинний ріст.

17. Проблема трансплантації органів і тканин. Види трансплантацій. Тканинна несумісність і шляхи її подолання.
18. Поняття про гомеостаз. Механізми регуляції гомеостазу на різних рівнях організації життя.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Бочков Н.П. Клиническая генетика: учебник / Н.П. Бочков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Гэотар-Мед, 2002. – 448 с.
2. Медична біологія / за ред. В. П. Пішака, Ю.І. Бажори. – 2-ге вид., перероб. та доп. – Вінниця: Нова книга, 2009. – 608 с.
3. Медична біологія: підручник / за ред. В.П. Пішака, Ю.І. Бажори. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 656 с.
4. Медична біологія: посіб. з практ. занять / за ред. О.В Романенка – К.: Здоров'я, 2005. – 372 с.
5. Медична генетика : підруч. / О.Я. Гречаніна, Р. Хоффман, Р.В. Богатирьова [та ін.]; за ред. О.Я. Гречаніної, Р.В. Богатирьової, О.П. Волосовця. – К.: Медицина, 2007. – 536 с.
6. Павличенко В.И. Основы молекулярной биологии и генетики: учеб.пособие для студ. мед. вузов / В.И.Павличенко, А.В. Абрамов. – Дн-ск: ИМА-пресс, 2006. – 467 с.
7. Павліченко В.І .Основы молекулярної біології: навч. посіб. / В.І. Павліченко, В.П. Пішак, Р.Є. Булик. – Чернівці: Медуніверситет, 2012. – 388 с.
8. Пішак В.П. Медична біологія, паразитологія та генетика: практикум / В.П. Пішак, О.І. Захарчук. – 2-е вид., перероб. та доп. – Чернівці, 2011. – 648 с.
9. Слюсарев А.О. Біологія: підручник / А.О. Слюсарев, С.В. Жукова; пер. з рос. В.О. Мотузного. – К.: Вища шк., 1992. – 422 с.

Додаткова

1. Биология: в 2 кн. Кн. 1: учебн. для мед. спец. вузов. / под ред. В. Н. Ярыгина. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 422 с.

2. Генетическая медицина / В.Н. Запорожан, В.А. Кордюм, Ю.И. Бажора [и др.]; под ред. В. Н. Запорожана. – Одесса, 2008.– 432 с.
3. Медична генетика: навч.-метод. посіб. / В.Е. Маркевич [та ін.]. – Суми: СДУ, 2011. – 388 с.
4. Фаллер, Д.М. Молекулярная биология клетки: рук. для врачей: пер. с англ. / Д.М. Фаллер, Д. Шилдс. – М.: БИНОМ-Пресс, 2003. – 272 с.