

Навчальна дисципліна: Біологія і екологія

Навчальне заняття № 17, 19

Тема: *Генетика людини. Популяційна генетика.*

План:

1. Генетика людини. Методи вивчення та особливості успадкування.
2. Спадкові хвороби, їх виявлення (генетичне обстеження, пренатальна діагностика і т.і.) та профілактика (медико-генетичне консультування).
3. Вид і популяція. Популяційна генетика.
4. Елементарні процеси еволюції: Закон Харді-Вайнберга, мутації, міграція, випадковий дрейф генів.
5. Процес видоутворення.

Література:

Основна: Задорожний К.М., Утєвська О.М. «Біологія і екологія». Харків. «Ранок», 2018., с . 122-123, 142-150.

Додаткова: Балан П.Г., Вєрвєс Ю.Г., Біологія: 11 кл. К.: Генеза, 2011., с. 29-32, 89-98.

1. Генетика людини і спадкові захворювання

Генетика людини вивчає явища спадковості й мінливості в популяціях людей, особливості успадкування нормальних і патологічних ознак, залежність захворювання від генетичної схильності й факторів середовища. Питаннями вивчення спадкових захворювань займається окремий розділ генетики людини — медична генетика, яку часто розглядають як окрему галузь медицини.

Надзвичайно важливою метою медичної генетики є дослідження механізмів виникнення спадкових захворювань. Це важка праця, але в деяких випадках генетики вже досягли значних успіхів.

Завдання і методи медичної генетики

Як і будь-яка галузь науки, медична генетика має свої завдання і методи досліджень, що їх використовує для виконання цих завдань. Основними завданнями медичної генетики є:

- діагностування спадкових захворювань;
- дослідження молекулярно-генетичних основ спадкових захворювань;
- аналіз поширення спадкових захворювань у різних популяціях;
- проведення медико-генетичного консультування;
- здійснення пренатальної (допологової) діагностики спадкових захворювань;
- виявлення факторів ризику розвитку захворювань зі спадковою схильністю.

Методи медичної генетики співпадають з методами генетики людини. Це такі методи: генеалогічний, близнюковий, цитогенетичний, популяційно-статистичний, а також увесь комплекс молекулярно-генетичних методів.

Основні напрями медичної генетики

У медичній генетиці існує три основні напрямки роботи, які пов'язані з різними аспектами роботи зі спадковими захворюваннями:

- профілактика спадкових захворювань;
- діагностика спадкових захворювань;
- лікування спадкових захворювань та їхніх наслідків.

Профілактика спадкових захворювань є найбільш розвиненим напрямком. Захворювання поділяються на соціальну, коли робота ведеться з усім населенням або певними соціальними групами, та індивідуальну, засновану на аналізі індивідуального генотипу чи родоvodu з оцінкою персонального ризику народження дітей зі спадковими захворюваннями. Цей напрям не вимагає великих фінансових витрат, але дозволяє суттєво знизити ризики спадкових захворювань як для окремої родини, так і для популяції в цілому.

Діагностика спадкових захворювань може бути прямою або опосередкованою. Прямі діагностика ґрунтується на методах прямого аналізу ДНК людини, генних продуктів або каріотипу. Опосередкована діагностика будується на всіх інших методах, які не дають пряму інформацію щодо порушень на генному або хромосомному рівнях.

Лікування спадкових захворювань тривалий час залишалося найбільш складним для реалізації напрямком медичної генетики. Тривалий час перевага віддавалася корекції наслідків порушення роботи генів, наприклад, ліквідації морфологічного чи біохімічного дефекту, причиною якого було спадкове захворювання. Наприклад, спадкову полідактилію можна виправити хірургічно, а розвиток аномалій у разі фенілкетонурії попередити за допомогою певної дієти. Але останнім часом дедалі більш стрімкими темпами розвивається генна терапія. Головним її завданням є заміна дефектних генів на нормальні й повна ліквідація захворювання в окремої людини.

Методи вивчення спадковості людини

Генеалогічний метод

Заснований на вивченні успадкування ознаки в сім'ях протягом ряду поколінь. Метод дозволяє з'ясувати, чи успадковується дана ознака, прослідкувати розщеплення ознак у потомства, а також алельних генів, що викликають порушення в організмі. Існують вроджені форми рецесивної глухоти і шизофренії. За рецесивним принципом успадковуються важкі захворювання обміну речовин: цукровий діабет і фенілкетонурія.

Близнюковий метод

У людини в 1% випадків народжуються близнюки. Вони можуть бути різнояйцевими або однояйцевими. Різнояйцеві близнюки розвиваються з двох різних яйцеклітин, одночасно запліднених двома чоловічими гаметами, а однояйцеві — з однієї яйцеклітини, роз'єднаної на ранній стадії дроблення зиготи. Різнояйцеві близнюки, хоча і бувають дуже схожими, але частіше за все нагадують один одного не більше звичайних братів і сестер, народжених у різний час, вони можуть бути і різностатевими. Вивчення однояйцевих близнюків, які перебувають у різних умовах, дозволяє встановити вплив середовища на прояв спадкових задатків, а також з'ясувати, чи є дана ознака успадкованою.

Цитогенетичний метод

Цей метод заснований на мікроскопічному вивченні хромосом. Метод дозволяє вивчати стандартний каріотип людини, а також виявляти спадкові хвороби, викликані геномними та хромосомними мутаціями. Розроблено спеціальні методи, які дозволяють фарбувати ділянки хромосом в залежності від їх будови. Це дозволяє розрізнити навіть дуже схожі на вигляд хромосоми. У цитогенетичних дослідженнях звичайно використовують лімфоцити крові, які культивують на штучних поживних середовищах. Дослідження хромосом проводять на стадії метафази.

Біохімічні методи

Засновані на вивченні метаболізму. Ці методи широко застосовують в діагностиці спадкових хвороб, зумовлених генними мутаціями, і при виявленні гетерозиготних носіїв захворювань. Гени не самі по собі формують ознаки, а за допомогою кодованих ними білків. Білки формують у організмі взаємозалежну систему біохімічних реакцій. Дослідження цих реакцій дозволяє виявляти деякі генетичні захворювання.

Методи молекулярної генетики та генетичної інженерії

Дозволяють вивчити організацію генетичного апарату, молекулярну структуру генів і генотипу, встановити нуклеотидну послідовність — як кажуть, секвенувати геном людини і багатьох інших організмів, з'ясувати молекулярні механізми експресії генів. Розроблено методи визначення функцій генів, клонування генів. Налагоджена ДНК-діагностика (виявлення спорідненості, ідентифікація особистості), досягнуті успіхи в генній терапії спадкових захворювань.

Метод дерматогліфіки

Ґрунтується на вивченні рельєфу шкіри на пучках пальців, долонях і поверхні шкіри людини. Ще в давні часи люди звернули увагу на те, що малюнок на шкірі цих частин тіла індивідуальний, і неможливо знайти двох людей, у яких він був би повністю подібний. Метод дерматогліфіки дає змогу встановлювати і ступінь спорідненості людей, оскільки доведено, що окремі елементи малюнка шкіри можуть успадковуватись. Використовують його і для діагностики деяких спадкових захворювань (наприклад, на долонях людей з хворобою Дауна є лише одна поперечна та одна поздовжня згинальні борозни, тоді як у здорових людей поперечних борозен дві).

Метод дерматогліфіки широко застосовують у криміналістиці для доведення причетності до скоєння злочину.

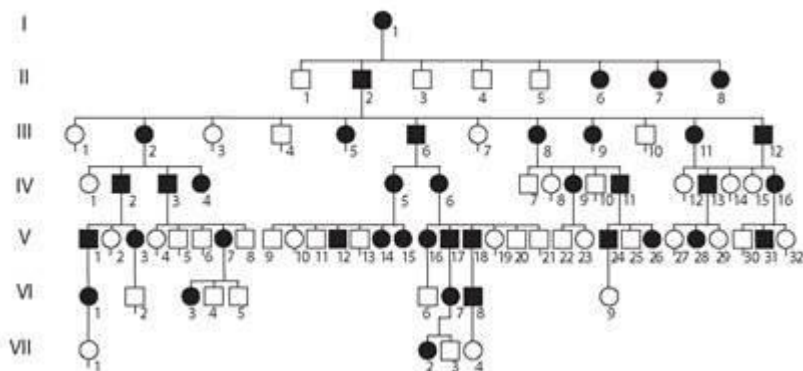
Метод культивування нестатевих (соматичних) клітин людини поза організмом

Дає можливість вирішувати різні питання генетики людини, які неможливо розв'язати на цілісному організмі. Клітини для досліджень беруть з різних органів і тканин (клітини крові, шкіри, червоного кісткового мозку тощо) і вирощують на штучних поживних середовищах. А потім визначають, приміром, місце певних генів у тих чи інших хромосомах.

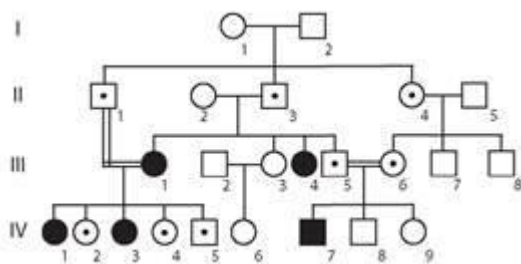
Механізми успадкування моногенних ознак у людини

Тип успадкування	Механізм успадкування ознаки	Приклади ознак
Аутосомно-домінантне (мал. 36.1)	Ознака визначається домінантним алелем гена, що розташований в аутосомі. Ознака проявляється у кожному поколінні незалежно від статі	Брахидактилія

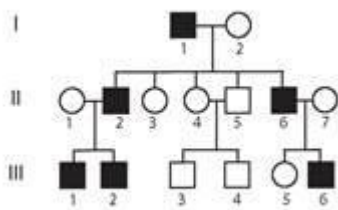
Аутосомно-рецесивне (36.2)	Ознака визначається рецесивним алелем гена, що розташований в аутосомі. Ознака проявляється незалежно від статі, але її прояв може відбуватися не в кожному поколінні	Синій колір очей, дальтонізм за синім кольором
Зчеплене зі статтю, домінантне	Ознака визначається домінантним алелем гена, який розташований у Х-хромосомі. Ознака проявляється в кожному поколінні незалежно від статі	Нефрогенний нецукровий діабет
Зчеплене зі статтю, рецесивне	Ознака визначається рецесивним алелем гена, який розташований у Х-хромосомі. Ознака завжди проявляється у чоловіків, а у жінок проявляється тільки в гомозиготному стані	Дальтонізм за червоним і зеленим кольором
Залежне від статі, аутосомне	Ознака визначається геном, який розташований в аутосомі, але може проявлятися тільки у представників певної статі	Гени, які визначають особливості первинних і вторинних статевих ознак
Голандричне (мал. 36.3)	Ознака визначається геном, який розташований у Y-хромосомі. Завжди проявляється у чоловіків	Гіпертрихоз вусних раковин



Мал. 36.1. Схема аутосомно-домінантного успадкування на прикладі родовету успадкування брахідактилії



Мал. 36.2. Схема аутосомно-рецесивного успадкування



Мал. 36.3. Схема голандричного успадкування

Полігенне успадкування ознак

Відомо багато випадків, коли ознака або властивості організму визначаються двома або більшою кількістю різних генів, які взаємодіють між собою. Але слід пам'ятати, що взаємодіють не самі гени, а молекули білків або РНК, утворення яких вони забезпечують. Під час взаємодії неалельних генів відбувається відхилення від менделівських закономірностей розщеплення за фенотипом у нащадків.

2. Спадкові та неспадкові захворювання

Як і в інших живих організмів, генетичні порушення в людини можуть відбуватися на різних рівнях організації спадкового матеріалу, що і стає причиною спадкових захворювань.

На відміну від спадкових захворювань природжені вади виникають не в результаті пошкодження ДНК. Природжені вади — це структурні порушення, які виникають до народження дитини і проявляються відразу або через певний час після її народження. Їх причиною є порушення процесу ембріогенезу під час внутрішньоутробного розвитку зародка. Причиною природжених вад може бути дія біологічних, хімічних або фізичних факторів.

Порушення на рівні геному і хромосом

Такі порушення у людини зазвичай є дуже тяжкими і рідко бувають сумісними з життям. Так, за умови утворення триплоїдної зиготи її розвиток розпочинається, але зародок зазвичай гине на ранніх стадіях розвитку. В окремих випадках таку вагітність вдавалося зберегти до моменту пологів, але новонароджені з таким порушенням жили дуже недовго. Зміни кількості хромосом в окремих парах (трисомії та моносомії) теж відомі, але в більшості випадків зародки з такими порушеннями теж гинуть.

Є лише кілька винятків. Так, до народження доживають немовлята з трисоміями по 13-й (синдром Патау), 18-й (синдром Едвардса) і 21-й (синдром Дауна) хромосомах. Але люди із синдромами Патау й Едвардса мають значні аномалії розвитку різних систем організму і живуть дуже недовго. Люди із синдромом Дауна живуть довше, але в них є проблеми зі здоров'ям.

Частіше трапляються порушення у числі статевих хромосом. Це пов'язано з тим, що Y-хромосома містить дуже мало генів, а зайві X-хромосоми інактивуються клітиною, перетворюючись на тільце

Барра. Тому генотипи XYY і XXX якихось особливих зовнішніх проявів не мають. Але за умови подальшого збільшення кількості статевих хромосом проблеми виникають. Спадковими захворюваннями є синдром Кляйнфельтера (генотип XXY) і синдром Шерешевського — Тернера (в геномі є лише одна X-хромосома).

Прикладом хромосомного порушення у людини є синдром Лежена, який виникає внаслідок втрати фрагмента хромосоми. Його ще називають синдромом котячого крику, бо плач багатьох дітей із цим синдромом схожий на котячий крик.

Порушення на рівні генів

За допомогою сучасних методів досліджень уже відкрито близько 5000 молекулярних захворювань, які є наслідком прояву мутантних генів.

Приклади генних захворювань людини

Захворювання	Відомості про захворювання
Фенілкетонурія	Виникає внаслідок пошкодження гена, розташованого на хромосомі 12. Призводить до неможливості переробки амінокислоти фенілаланіну. За відсутності лікування призводить до ураження нервової системи
Гемофілія	Виникає внаслідок пошкодження одного з генів, що відповідають за процес зсідання крові. Ці гени розташовані на X-хромосомі. Призводить до порушення процесів зсідання крові
Серповидно клітин на анемія	Виникає в результаті заміни нуклеотиду А на Т в гені, який розташований на хромосомі 11. Наслідком мутації є заміна в молекулі (3-ланцюга гемоглобіну амінокислоти глутаміну на валін. Така молекула має відмінну форму і стає причиною зміни форми еритроцита, що зменшує площу його поверхні і погіршує здатність поглинати кисень

Причини виникнення захворювань зі спадковою схильністю

Захворювання людини можна поділити на три великі групи.

Перша — захворювання, поява яких повністю залежить від спадкових порушень (синдром Дауна, синдром Шерешевського-Тернера тощо).

Друга — захворювання, поява яких повністю зумовлена факторами зовнішнього середовища (опіки, переломи тощо).

Третю групу утворюють захворювання, розвиток яких зумовлений взаємодією спадкових факторів і факторів середовища. Такі захворювання називають захворюваннями зі спадковою схильністю або мультифакторіальними захворюваннями.

За своєю генетичною складовою ці захворювання є полігенними і виникають як результат дії багатьох генів. Слід відмітити, що для різних захворювань цієї групи ступінь спадкової зумовленості різний. У розвитку деяких із них спадковість й умови середовища відіграють приблизно однакову роль, а розвиток інших може бути зумовлений переважно спадковими або переважно зовнішніми факторами.

Основною причиною виникнення таких захворювань є формування відносно вразливого генотипу, завдяки якому в певних умовах різко підвищується ймовірність розвитку захворювання.

Захворювання зі спадковою схильністю

Існує багато захворювань зі спадковою схильністю, і їхня природа може бути різною:

- уроджені вади розвитку (гідроцефалія, косопалість тощо);
- психічні та нервові захворювання (шизофренія, епілепсія тощо);
- захворювання серцево-судинної системи;
- діабет;
- виразка шлунку та дванадцятипалої кишки;
- хвороба Альцгеймера;
- інші соматичні захворювання.

Способи вивчення захворювань зі спадковою схильністю

Для вивчення захворювань зі спадковою схильністю найчастіше використовують два методи — генеалогічний і близнюковий. Генеалогічний метод зазвичай застосовують тільки для попередньої оцінки успадкування, бо достатньо надійні результати з його допомогою можна отримати тільки для моногенних ознак. Під час застосування генеалогічного методу частіше за все для аналізу беруть велику кількість родин, де були виявлені люди, які страждають на відповідне захворювання. Це зумовлено тим, що знайти один родовід з великою кількістю поколінь та ще й з даними щодо певного захворювання досить складно.

Використання близнюкового методу є значно більш ефективним. Порівняння значної кількості пар монозиготних і дизиготних близнюків дозволяє досить точно визначати величину спадкової складової в розвитку певного захворювання.

Для розрахунку внеску спадковості у розвиток захворювання використовують формулу:

$$C = (M\% - D\%) / (100 - D\%)$$

де $M\%$ — співпадіння (конкордантність) для монозиготних близнюків, а $D\%$ — співпадіння (конкордантність) для дизиготних близнюків.

Визначення внеску спадковості у розвиток деяких захворювань

Захворювання	Наявність захворювання в обох монозиготних близнюків (%)	Наявність захворювання в обох дизиготних близнюків (%)
Гіпертонія	26,2	10,0
Інфаркт міокарда	19,6	15,5
Інсульт	22,4	10,8
Ревматизм	26,0	10,5

Медико-генетичне консультування

Сьогодні відомо багато захворювань, механізми виникнення яких пов'язані зі спадковими порушеннями. Головним висновком за результатами вивчення таких захворювань є те, що спадкові захворювання людини набагато простіше попередити, ніж вилікувати. Тому для їхнього попередження створено систему медико-генетичного консультування.

Медико-генетичне консультування — це один з видів медичної допомоги населенню, який дозволяє попередити народження дітей зі спадковою патологією.

За допомогою медико-генетичного консультування можна здійснювати:

- діагностування спадкового захворювання та визначення типу його успадкування;
- розрахунок ризику (або повторного ризику у випадку вже виявленого спадкового захворювання у старшої дитини) народження хворої дитини;
- визначення можливих способів профілактики певного захворювання.

Медико-генетичне консультування в Україні здійснюють медико-генетичні кабінети, медико-генетичні центри і відповідні фахівці медичних інститутів, науково-дослідних інститутів та інститутів удосконалення лікарів.

Діагностику спадкових захворювань здійснюють за допомогою різноманітних методів.

До таких методів належать:

- візуальне обстеження (візуальне виявлення характерних симптомів);
- ультразвукове дослідження (дослідження плоду за допомогою ультразвуку);
- цитогенетичний аналіз (аналіз хромосомного набору);
- біохімічний аналіз (визначення наявності й умісту певних сполук, які є маркерами захворювання);
- молекулярно-генетичне дослідження (виявлення аномалій за допомогою ДНК-зондів);
- імунологічне дослідження (аналіз імунологічних реакцій).

Профілактика спадкових захворювань

Профілактика спадкових захворювань є дуже важливою, оскільки витрати на неї незрівнянно менші, ніж витрати на лікування новонароджених зі спадковими вадами. Крім того, попередження народження дітей з такими захворюваннями дозволяє уникнути тяжких моральних переживань у батьків та родичів.

Ефективними заходами профілактики спадкових захворювань є:

- надання батькам елементарних знань про причини спадкових захворювань та можливість їх попередження;
- аналіз родоводу батьків і розрахунок ризику народження дитини зі спадковим захворюванням;
- пропагування здорового способу життя;
- утримання від надмірного вживання алкоголю, відмова від куріння та вживання наркотичних речовин;
- дотримання правил безпеки під час роботи з речовинами або приладами, які потенційно можуть мати мутагенний ефект.

3. Популяції та їх характеристики

Популяція — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію, функціонуючи і розвиваючись в одному або кількох угрупованнях живих організмів. Види живих організмів складаються із сукупності своїх популяцій. У більшості видів нараховується кілька популяцій. Але існують і види, які мають тільки одну популяцію.

Кожній популяції властиві певні характеристики, за допомогою яких можна характеризувати її стан. Це щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах проживання, тип росту та інші.

Чисельність і щільність популяції

Чисельність популяції — це загальна кількість особин на певній території, які належать до однієї популяції. Для популяцій дрібних організмів (особливо водних) чисельність розраховують на певний об'єм (води, ґрунту, повітря). Чисельність популяції з часом може змінюватися (мал. 68.1).

Якщо ми будемо рахувати не загальну кількість особин, а середню кількість на одиницю площі чи об'єму, то визначимо щільність популяції. Наприклад, чисельність популяції ящірок на острові становить 256 особин. А щільність цієї популяції — 20 особин на гектар.

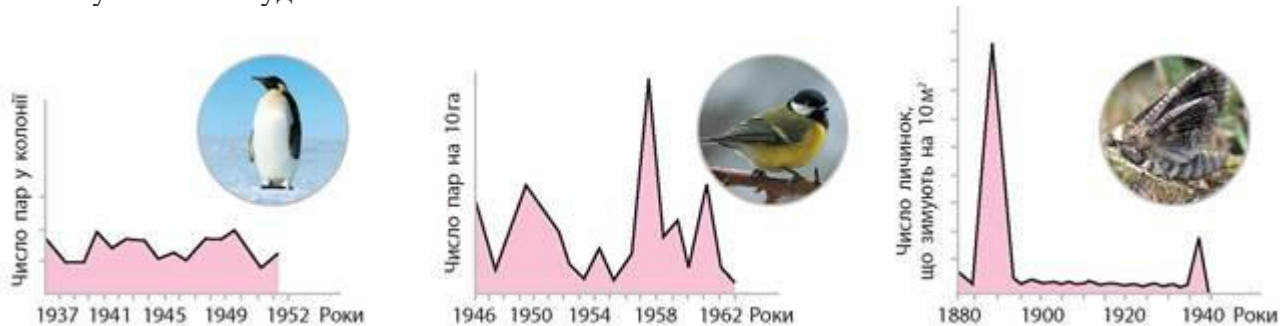
Крім щільності важливою характеристикою популяції є розподіл особин у межах території, яку займає популяція, — її просторова структура. У певних місцях території проживання щільність особин може бути набагато більшою, ніж на іншій території. Наприклад, у місцях, зручних для розмноження або добування їжі.

Статева й вікова структури популяцій

Співвідношення чоловічої й жіночої статей у популяції має важливе екологічне значення. Воно безпосередньо пов'язане з потенціалом її розмноження. Визначається співвідношення статей як відношення кількості самців до кількості самок або кількості самців до загальної кількості самців і самок.

Дуже важливим показником для популяції є її вікова структура. Це співвідношення чисельності особин різних вікових класів і поколінь. Не обов'язково популяція має складатися з особин різного віку. Наприклад, усі особини в популяціях однорічних рослин мають однаковий вік.

Статева й вікова структури популяції відображають її здатність до розмноження. Наприклад, якщо в популяції переважають старі особини або дуже мало самок, швидко чисельність популяції збільшуватися не буде.



Мал. 68.1. Динаміка чисельності популяцій трьох різних видів тварин

Популяційна генетика

Генетичну структуру популяцій та генетичні процеси, які в популяціях відбуваються, вивчає популяційна генетика. Популяційна генетика пояснює процеси адаптації та видоутворення через зміну частот алелів генів як наслідку еволюційних процесів. Вона вивчає те, як змінюються частоти алелів під дією різних еволюційних факторів.

Популяційна генетика сформувалася у 20—40-х роках XX століття. Вона стала основою сучасної синтетичної теорії еволюції. Найбільший внесок у її розвиток зробили вчені Сьюал Райт, Рональд Фішер, Джон Холдейн, Сергій Четвериков, Голфрі Харді (мал. 68.2), Вільгельм Вайнберг (мал. 68.3) та інші.

Важливими методами, які сприяли розвитку популяційної генетики, стали методи біохімії та молекулярної біології. У 60—70-х роках XX століття широке застосування отримав метод білкового електрофорезу. За допомогою цього методу вдалося встановити велике різноманіття форм білків, які кодувалися одним геном. Ці роботи стали основою нової еволюційної теорії нейтральності. Дослідження різноманіття білків (особливо ізоферментів — різних форм одного ферменту) широко використовують і зараз.

Але з кінця 1970-х років у генетиці популяцій для проведення досліджень почали широко використовувати ДНК-технології. І зараз ці методи є одними з найбільш популярних. Крім того, створення нових методів виділення ДНК з викопних решток дозволяє проводити аналіз навіть давно вимерлих популяцій і видів. Так, завдяки цим методам удалося встановити, що неандертальське населення Європи менш активно, ніж представники сучасної людини, обмінювалося генами зі своїми сусідами.

Популяція як одиниця еволюції

Популяції є тими основними компонентами, з яких складаються види живих організмів. Уся сукупність генів усіх особин популяції складає її генофонд. Коли якийсь фактор знищує частину особин популяції, він змінює співвідношення різних варіантів генів у генофонді популяції. А зміна генофонду з часом може призводити і до еволюційних змін. Тому саме популяції, а не окремі організми є учасниками еволюційного процесу й елементарними одиницями еволюції.

4. Фактори еволюції

Елементарні фактори еволюції — це явища та процеси, які змінюють генофонд популяції. Зміни в генофонді популяцій з часом можуть накопичуватися. Тому особини в популяції починають дедалі більше відрізнятися від своїх предків. Так і відбувається еволюція.

До факторів еволюції відносять мутації (мутаційний процес), популяційні хвилі (хвилі життя), дрейф генів, ізоляцію, міграцію і природний добір.

Закон Харді — Вайнберга

У тих умовах, коли ситуація в популяції живих організмів відносно стабільна, різні варіанти генів перебувають у стабільних співвідношеннях (у стані рівноваги). Цей стан описує закон Харді — Вайнберга, який встановлює відповідність між частотами різних алелів та частотами генотипів, які за участю цих алелів утворюються.

Умови, за яких цей закон працює, є такими:

- 1) схрещування в популяції є вільним і випадковим;
- 2) у популяції відсутня міграція;
- 3) у популяції відсутні мутації;
- 4) популяція має велику чисельність.

Математично закон Харді — Вайнберга для двох алелів одного гена описують формулою:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

де p — це частота (у частках одиниці) першого алеля гена, а q — частота другого алеля.

Відповідно, p^2 і q^2 — частоти обох типів гомозигот, $2pq$ — частота гетерозигот.

Зрозуміло, що в реальному природному середовищі досягнення цих умов повністю неможливе. Але за умови достатньо близької ситуації (дуже мало мутацій, схрещування майже вільне, міграції майже немає) розрахунки за цією формулою дають цілком прийнятний результат. Якщо ж це співвідношення порушується, то це є сигналом про те, що відбуваються якісь еволюційні процеси і змінюється генофонд популяції.

Еволюційні фактори

Фактор	Опис фактора	Приклад дії
Мутації (мутаційний процес)	Природний процес постійних змін спадкової інформації внаслідок дії мутагенних факторів	У предків людини внаслідок мутації дві хромосоми об'єдналися в одну. Тому в людини 23 пари хромосом, а у шимпанзе, як і у нашого спільного предка, — 24 пари
Популяційні хвилі (хвилі життя)	Коливання чисельності природних популяцій, яке відбувається постійно внаслідок кліматичних, біологічних або інших факторів	Періодично виникають спалахи розмноження комах (наприклад, сарани). При цьому тварини можуть поширюватися за межі території свого звичайного проживання
Дрейф генів	Зміна частоти алелів певних генів через випадкові процеси. Наприклад, виверження вулкана, повінь або потрапляння невеликої групи особин на нову територію (ефект засновника)	Коли люди потрапили на Американський континент, серед них випадково не виявилось людей з алелем, який відповідає за формування III і IV груп крові. Тому до нової хвилі міграції з Європи, населення Америки мало тільки I або II групи крові
Ізоляція	Розділення популяцій одного виду через виникнення між ними якихось бар'єрів (фізичних або екологічних)	Популяції, які потрапляли на острови, часто не могли контактувати з популяціями материка й утворювали нові вид, як в'юрки на Галапагоських островах

Міграція	Переміщення особин з однієї популяції в іншу або на нові території	Риба-голка з Чорного моря мігрувала в р. Дніпро, а звідти по каналу Дніпро-Донбас потрапила в р. Сіверський Донець
Природний добір	Диференційоване виживання більш пристосованих до певних умов існування особин у популяції	Під час використання антибіотиків виживають тільки ті бактерії, які мають до них стійкість

Направленість елементарних процесів еволюції

З еволюційних факторів тільки природний добір є направленим — він діє у певному напрямі, відбираючи більш пристосованих особин. Усі інші фактори еволюції є ненаправленими. Вони змінюють частоти різних варіантів генів у генофонді популяції випадковим чином. І напрями цих змін можуть у різні моменти бути різними. Але ненаправлені фактори виконують дуже важливу роль. Вони забезпечують природний добір матеріалами для роботи.

5. Способи видоутворення

Існує кілька можливих способів утворення нового виду. Найважливішою умовою утворення виду є ізоляція його окремих популяцій. Класифікація способів видоутворення побудована саме на різниці у способах створення ізоляції між різними популяціями виду.



Мал. 69.1. Географічне (алопатричне) видоутворення



Мал. 69.2. Екологічне (симпатричне) видоутворення

Способи видоутворення

Спосіб видоутворення	Процеси, які відбуваються
Географічне (алопатричне) видоутворення (мал. 69.1)	Нові форми організмів виникають як результат розриву ареалу і просторової ізоляції. У кожній ізольованій популяції внаслідок дрейфу генів і добору змінюється генофонд. Далі настає репродуктивна ізоляція, що веде до утворення нових видів. Причинами розриву ареалу можуть бути гірські процеси, льодовики, утворення річок та інші геологічні процеси
Екологічне (симпатричне) видоутворення (мал. 69.2)	Нові форми займають різні екологічні ніші в межах одного ареалу. Ізоляція відбувається внаслідок невідповідності часу і місця схрещування, поведінки тварин, пристосування до різних способів запилення у рослин, споживання різної їжі тощо
Видоутворення шляхом схрещування	Нова форма утворюється внаслідок схрещування двох видів. Прикладом такого видоутворення є слива (гібрид терена та аличі)
Видоутворення шляхом поліплоїдії	Нова форма утворюється зі старої шляхом поліплоїдизації. Цей спосіб видоутворення поширений у рослин

Під дією факторів еволюції частоти алелів генів у популяціях змінюються. Наслідком цього процесу є еволюція живих організмів. Результатом еволюції є видоутворення — процес формування нових видів живих організмів.