

Лекция 4 Наследование признаков при моногибридном, дигибридном скрещивании.

Взаимодействие между генами

Содержание учебного материала

План.

1. Открытие Г. Менделем законов независимого наследования.
2. Основные термины и понятия, используемые в генетике.
3. Законы Менделя.
4. Взаимодействие генов.
5. Типы наследования менделирующих признаков у человека.
6. Формы проявления генов в генотипе. Пенетрантность и экспрессивность генов у человека.

1 Открытие Грегором Менделем законов наследования

Основные закономерности наследования признаков в поколениях были открыты чешским исследователем Г. Менделем. Основоположник современной генетики – Ян Мендель родился 22 июля 1822 г. В 1843 г. он поступил послушником в монастырь святого Фомы, где принял духовный сан и получил новое имя – Грегор. В монастыре Мендель самостоятельно занимался изучением естественных наук. Затем он заинтересовался процессом гибридизации растений и разными типами гибридных потомков.

Примерно с 1865 г. он начал свои классические опыты с горохом. Главной целью экспериментов было узнать, как передаются по наследству признаки этого растения. 8 февраля и 8 марта он выступил на заседании Брюннского общества естествоиспытателей с докладом «Опыты над растительными гибридами». В 1866 г. он опубликовал результаты своих экспериментов. Однако его работы не получили признание при жизни.

Успех Менделя основывался на строго научном методологическом подходе к экспериментам при использовании статистической оценки полученных результатов.

Путем обобщения ряда опытов по различным признакам гороха были сформулированы основные законы Менделя. Но статья, опубликованная в журнале не привлекла внимания современников. Только через 35 лет, в 1900 г. законы Менделя были заново открыты тремя ботаниками – Корренсом, Г. де Фризом и Чермаком.

2 Основные термины и понятия, используемые в генетике

Признак – это внешнее проявление действия гена, возникающее в результате функционирования соответствующего белка.

Аллельные гены – гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного признака.

Неаллельные гены – гены разных аллельных пар.

Доминантный признак (ген) – преобладающий, подавляющий. А, В, С.

Рецессивный признак – подавляемый, не проявляющийся. а, b, с,

Гомозигота – организм, который содержит одинаковые аллельные гены. АА, ВВ – гаметы несут по одному гену.

Гетерозигота – организм, который содержит разные аллельные гены. Аа, Вb – гаметы несут разные гены.

Гемизигота – организм, содержащий только один ген из двух аллельных вариантов одного гена (А или а) - характерна для генов, расположенных у мужчин в половых хромосомах.

Генотип – совокупность генов данного организма.

Фенотип – совокупность всех внешних признаков организма, проявляющихся в результате действия генов в определенных условиях среды, его структура и функции.

Условно эти два понятия применяются при анализе организмов по весьма ограниченному числу генов и признаков (например, для обозначения одной пары генов и контролируемого ими признака).

Геном - совокупность всех генетических структур (ДНК генов, хромосом, митохондрий), являющихся постоянными для организмов данного вида.

Моногибридное скрещивание – скрещивание особей, отличающихся одной парой признаков.

Дигибридное скрещивание – скрещивание особей, отличающихся по двум признакам.

Гибридизация – скрещивание.

Гибрид – потомок скрещивания.

P – родительские организмы.

G – гаметы.

F1 – первое поколение гибридов, **F2** – второе поколение.

× - скрещивание.

♂ - мужская особь.

♀ - женская особь.

3 Законы Менделя

Основные закономерности наследования признаков, открытые Менделем, были описаны в виде трех законов:

1. **Закон доминирования или закон единообразия гибридов первого поколения:** при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, наблюдается *единообразие гибридов первого поколения* как по фенотипу, так и по генотипу.

2. **Закон расщепления** – при скрещивании гибридов первого поколения между собой, гибриды второго поколения дают расщепление по фенотипу 3:1, а по генотипу 1:2:1

3. **Правило чистоты гамет** - в процессе образования гамет в каждую из них попадает только один ген из аллельной пары.

Цитологические основы закона расщепления связаны с расхождением хромосом гомологичной пары, несущих соответствующие аллельные гены, в разные гаметы во время мейоза и со случайным характером комбинирования генетического материала мужских и женских гамет при оплодотворении.

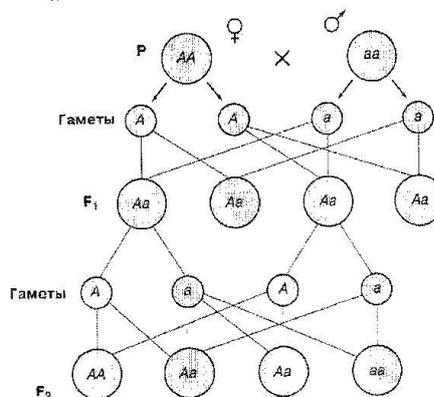


Рис. 57. Цитологические основы моногибридного скрещивания

Решить задачу:

У человека карий цвет глаз (B) доминирует над голубым (b):

А) Гомозиготный кареглазый мужчина женился на гомозиготной голубоглазой женщине.

Какой цвет глаз будут иметь их дети?

Б) Гетерозиготная кареглазая женщина вышла замуж за гетерозиготного кареглазого мужчину. Может ли ребенок от этого брака быть голубоглазым?

Решение:

А) P ♂ AA × ♀ aa

G A, A a, a

F Aa, Aa, Aa, Aa – 100 % карие глаза.

Б) P ♂ Aa × ♀ Aa

G A, a A, a

F AA, Aa, Aa, aa – 25 % вероятность рождения голубоглазого.

4. **Закон независимого наследования признаков во II поколении** – гены различных аллельных пар наследуются независимо друг от друга, т.к. они локализованы в различных парах гомологичных хромосом.

Цитологические основы этого закона связаны с независимым характером распределения негомологичных хромосом и содержащихся в них аллельных генов в разные гаметы при мейозе, а также со случайным комбинированием генетического материала мужских и женских гамет

при оплодотворении. Для оценки всех возможных расщеплений по генотипу и фенотипу потомства, возникающего на основе случайного комбинирования четырех вариантов как мужских, так и женских родительских гамет, целесообразно использовать решетку Пеннета.

Оценивая результаты такого скрещивания при полном доминировании в аллельных парах и отсутствии какого-либо взаимодействия между неаллельными генами, можно ожидать расщепления по фенотипу потомства в соотношении: 9АВ:3Аb:3аВ:1ab.

Решить задачу:

Полидактилия (шестипалость) и

близорукость передаются как доминантные аутосомные признаки. Какова вероятность рождения детей без аномалии в семье, если оба родителя имеют оба недостатка, но являются гетерозиготными по обоим признакам?

$P \text{ ♂ } AaBb \times \text{ ♀ } AaBb$

$G \text{ } AB, Ab, aB, ab \quad AB, Ab, aB, ab$

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

F

9 – такие же, как родители: полидактилия + близорукость;

3 – полидактилия + нормальное зрение;

3 – нормальная кисть + близорукость;

1 – нормальная кисть + нормальное зрение.

Однако при других формах взаимодействия аллельных и неаллельных генов, формула расщепления будет иной.

Анализирующее скрещивание – используется для установления гомозиготности или гетерозиготности организмов, имеющих одинаковый фенотип. Мендель скрещивал особь с неизвестным генотипом и организм с гомозиготной рецессивной аллелью.

Если доминантная особь гомозиготна, то расщепления не будет и все потомки единообразны.

$P \text{ ♂ } AA \times \text{ ♀ } aa$

$G \text{ } A, A \quad a, a$

$F \text{ } Aa, Aa, Aa, Aa - 100\% \text{ единообразное.}$

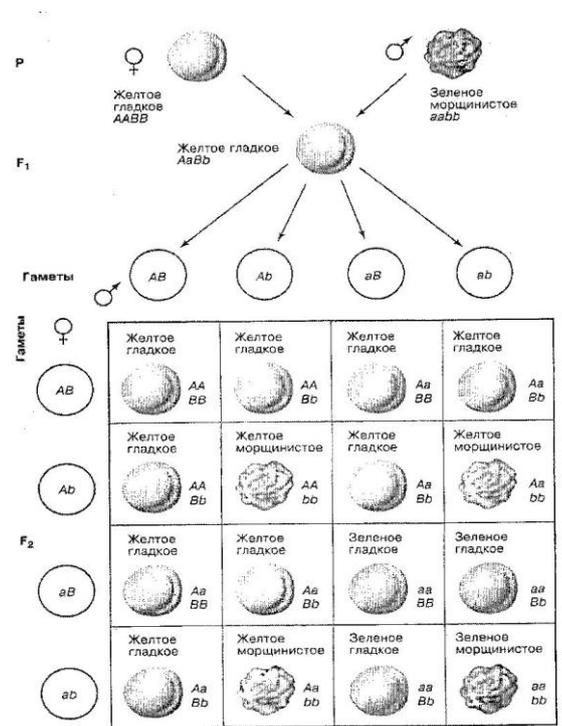


Рис. 59. Схема наследования признаков при дигибридном скрещивании

Но если доминантная особь гетерозиготна, то произойдет расщепление 1:1 (50%:50%) по фенотипу и по генотипу.

$P \text{ ♂}Aa \times \text{♀}aa$

$G A, a \quad a, a$

$F Aa, Aa, aa, aa - 50\%:50\%$.

Применяется анализирующее скрещивание в животноводстве, растениеводстве для селекции и выбора производителя.

Решить задачу:

Вы приобрели кролика-самца с черной шерстью (признак доминантный), но точный генотип этого животного неизвестен. Каким образом можно узнать его генотип?

$P \text{ ♂}AA \times \text{♀}aa$

$G A, A \quad a, a$

$F Aa, Aa, Aa, Aa - 100\% \text{ черные.}$

$P \text{ ♂}Aa \times \text{♀}aa$

$G A, a \quad a, a$

$F Aa, Aa, aa, aa - 50\% \text{ черные, } 50\% \text{ серые.}$

Для того, чтобы узнать точный генотип самца, нужно скрестить его с серой крольчихой (признак рецессивный). Если в потомстве все кролики будут черные, то генотип самца – AA; если половина кроликов будет черными, а половина – белыми, то генотип самца – Aa.

4 Взаимодействие генов

На основании опытов Менделя стало известно, что отдельные наследственные признаки могут передаваться из поколения в поколение, не изменяя своих свойств и комбинируясь в соответствии с простыми законами. После вторичного открытия законов наследования вскоре стали появляться сообщения различных биологов о нарушении ранее установленных правил распределения признаков в потомстве. Позднее было показано, что эти случаи не являются исключением, а дополняют открытия Менделя.

Признаки появляются в результате взаимодействия генотипа с окружающей средой. Генотип – это совокупность генов организма, но не сумма, а система генов, находящихся во взаимодействии. Различают взаимодействие аллельных и неаллельных генов.

Взаимодействие аллельных генов

1) **неполное доминирование** – когда один ген не подавляет другой и появляется промежуточный признак.

Курчавые и прямые волосы.

$P \text{ ♂}AA \times \text{♀}aa$

$G A, A \quad a, a$

$F Aa, Aa, Aa, Aa - 100\% \text{ волнистые волосы.}$

Цистинурия также обусловлена точечной мутацией гена, в результате чего имеет место замена аминокислот, выводимых с мочой. Степень тяжести болезни также зависит от генотипа: aa – тяжелое течение заболевания, образование камней в почках; Aa – вялое течение болезни, появление некоторых несвойственных аминокислот с мочой; AA – здоровые люди.

2) **кодоминирование** - проявление в признаке сразу 2-х аллельных доминантных генов, но в новом варианте признака или свойства.

Например, при наследовании групп крови, которое зависит от доминантных генов А и В и рецессивного гена i^0 , по системе АВО.

I группа - i^0i^0 ,

II группа - $I^A I^A$, $I^A i^0$

III группа - $I^B I^B$, $I^B i^0$

IV группа - $I^A I^B$ - кодминирование

3) **сверхдоминирование** – тип взаимодействия аллельных генов, когда гетерозиготная особь имеет более выраженный доминантный признак, чем гомозиготная.

Например, продолжительность жизни у мушки дрозофилы. АА – нормальная продолжительность жизни; Аа – увеличенная продолжительность жизни; аа – летальный исход.

Пример сверхдоминирования у человека - взаимоотношения между нормальным (S) и мутантным (s) аллелями гена, контролирующего структуру гемоглобина у человека. Люди, гомозиготные по мутантной аллели (ss), страдают тяжёлым заболеванием крови — *серповидноклеточной анемией*, от которого они гибнут обычно в детском возрасте. Однако в тропической Африке и других районах, где распространена малярия, в популяциях человека постоянно присутствуют все три генотипа — SS, Ss и ss. Оказалось, что гетерозиготы (Ss) более устойчивы к малярии, чем гомозиготы по нормальному гену (SS), и, следовательно, обладают отборным преимуществом.

Взаимодействие неаллельных генов

Во многих случаях на проявление признака могут влиять две или более пары неаллельных генов.

Полигенные признаки – признаки, которые формируются в результате совместного действия неаллельных генов.

Это приводит к отклонению от законов Менделя. Большинство признаков человека, возникающих при взаимодействии неаллельных генов, недостаточно изучено, поэтому взаимодействие неаллельных генов изучалось на растениях и животных.

1. **Комплементарность** - когда один доминантный неаллельный ген дополняет действие другого доминантного гена, проявляясь в новом качестве. В присутствии одного из доминантных генов новый признак не воспроизводится.

Расщепление по фенотипу во втором поколении 9:3:3:1, иногда 9:7.

Решить задачу:

У попугайчиков – неразлучников цвет перьев зависит от двух пар несцепленных неаллельных генов. Сочетание двух доминантных генов (хотя бы по одному из каждого аллеля) обуславливает зелёный цвет, сочетание доминантного гена из одной пары и рецессивных генов из другой – жёлтый или голубой цвет; рецессивные особи по обоим парам имеют белый цвет. При скрещивании зелёных попугайчиков-неразлучников получено потомство из 55 зелёных, 18

желтых, 17 голубых и 6 белых птенцов. Определите генотипы родителей и потомства.

AB – зеленая окраска,

A – желтая окраска,

B – голубая окраска,

ab – белая окраска.

$P \text{ ♂ } AaBb \quad \times \quad \text{♀ } AaBb$

$G \text{ } AB, Ab, aB, ab \quad AB, Ab, aB, ab$

♀ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$ зеленый	$AABb$ зеленый	$AaBB$ зеленый	$AaBb$ зеленый
Ab	$AABb$ зеленый	$AAbb$ желтый	$AaBb$ зеленый	$Aabb$ желтый
aB	$AaBB$ зеленый	$AaBb$ зеленый	$aaBB$ голубой	$aaBb$ голубой
ab	$AaBb$ зеленый	$Aabb$ желтый	$aaBb$ голубой	$Aabb$ белый

F

Примеры: у человека по типу комплементарности наследуются глухота, пигментация волос, образование интерферона, гемоглобина.

У человека врожденная глухота может определяться двумя генами. Для нормального слуха необходимы в генотипе доминантные аллели обоих генов. В семье глухих родителей все пятеро детей имеют нормальный слух. Определить генотипы всех членов семьи.

$A _ B _$ – нормальный слух,

A – глухота 1,

a – норма

B – глухота 2,

b – норма.

$P \text{ ♂ } AA bb \quad \times \quad \text{♀ } aa BB$

$G \quad Ab \quad \quad \quad aB$

$F \quad \quad \quad AaBb$ – все дети в такой семье будут здоровы.

Здоровые дети у глухих детей родителей могут быть только в том случае, когда каждый из родителей страдает разными формами глухоты и имеет гомозиготный генотип.

2. **Эпистаз** – взаимодействие генов, при котором один из них подавляет проявление другого, неаллельного ему. Эпистаз противоположен комплементарному взаимодействию. Различают Эпистаз доминантный и рецессивный. В первом случае геном – «подавителем» является доминантный ген, во втором – рецессивный. Расщепление по второму поколению по фенотипу при доминантном эпистазе может быть 12:3:1 или 13:3, при рецессивном эпистазе – 9:7 или 9:3:4.

Примеры: У человека – близорукость, «бомбейский феномен», ферментопатии и др.

Решить задачу:

Масть (окраска шерсти) лошадей может быть серая, вороная (черная) и рыжая.

Доминантный ген *A* контролирует серую масть, доминантный ген *B* – вороную, особи с двойным рецессивом – рыжие. При наличии в генотипе организма неаллельных доминантных генов масть лошадей серая. Напишите возможные генотипы серой, вороной и рыжей лошадей.

A – серая,
B – вороная,
Ab – рыжая.
AABB – серая масть
AABb – серая масть
AaBb – серая масть
AaBB – серая масть
aaBB – вороная масть
aaBb – вороная масть
aabb – рыжая масть.

3. **Полимерия** – несколько доминантных генов определяют один и тот же признак примерно в одинаковых случаях. Чем больше в генотипе доминантных генов, от которых зависит этот признак, тем ярче, интенсивнее проявляется свойство. Например, у человека по принципу полимерии наследуется рост, пигментация кожи, телосложение, умственные способности.

Например, у пшеницы цвет зерен зависит от неаллельных генов *A*₁, *A*₂

*A*₁*A*₁*A*₂*A*₂ - темно-коричневое зерно

*A*₁*A*₁*A*₂*a*₂ - коричневое

*A*₁*A*₁*a*₂*a*₂ -темно-желтое

*A*₁*a*₁*a*₂*a*₂ -желтое

*a*₁*a*₁*a*₂*a*₂ –белое.

Решить задачи:

1. Цвет кожи у человека определяется взаимодействием нескольких пар генов. Цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе.

1. определите фенотипы детей от брака белого человека и негра

2. определите генотипы детей от брака двух мулатов

A, *B* – темная окраска,

a, *b* – светлая окраска.

1. P ♂ *AABB* × ♀ *aabb*

G *AB* *ab*

F *AaBb* – все дети будут мулатами.

2. P ♂ *AaBb* × ♀ *AaBb*

G *AB, Ab, aB, ab* *AB, Ab, aB, ab*

♀ ♂	<i>AB</i>	<i>Ab</i>	<i>aB</i>	<i>ab</i>
<i>AB</i>	<i>AABB</i>	<i>AABb</i>	<i>AaBB</i>	<i>AaBb</i>

	<i>негр</i>	<i>мулат</i>	<i>мулат</i>	<i>мулат</i>	<i>F</i>
<i>Ab</i>	<i>AABb</i> <i>мулат</i>	<i>AAbb</i> <i>мулат</i>	<i>AaBb</i> <i>мулат</i>	<i>Aabb</i> <i>мулат</i>	<i>I - негр</i>
<i>aB</i>	<i>AaBB</i> <i>мулат</i>	<i>AaBb</i> <i>мулат</i>	<i>aaBB</i> <i>мулат</i>	<i>aaBb</i> <i>мулат</i>	<i>I – белый ребенок</i>
<i>ab</i>	<i>AaBb</i> <i>мулат</i>	<i>Aabb</i> <i>мулат</i>	<i>aaBb</i> <i>мулат</i>	<i>Aabb</i> <i>белый ребенок</i>	<i>I4 – мулаты, имеющие различную степень окраски от темной до светлой.</i>

2. Человек с генотипом $A_1A_1A_2A_2$ низкого роста, с генотипом $a_1a_1a_2a_2$ - высокого. Напишите варианты генотипов у людей среднего роста.

$A_1A_1A_2a_2$

$A_1A_1a_2a_2$

$A_1a_1a_2a_2$

4. **Плейотропность** - зависимость нескольких признаков от одного гена.

Например, при синдроме Марфана, один мутантный ген вызывает нарушения со стороны опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы и органа зрения.

Синдром Ван-дер-Хеве также обусловлен нарушением синтеза белков соединительной ткани. Дефект одного гена, кодирующего этот белок, вызывает проявление по крайней мере трех аномалий: хрупкости костей (пенетрантность 63%), глухоты (пенетрантность 60%) и голубой склеры (пенетрантность 100%).

5 Типы наследования менделирующих признаков у человека

Наследование признаков по законам Менделя получило название менделирующее. Менделирующие признаки у человека определяются действием одного гена. В настоящее время установлены 6678 моногенных признаков человека. Практически установлены гены всех наиболее часто встречающихся заболеваний, передающихся из поколения в поколение в соответствии с законами Менделя.

К настоящему времени выделяют несколько типов наследования признаков.

1. Аутосомно-доминантное наследование – доминантные гены расположены на аутосомах.

2. Аутосомно-рецессивное наследование – рецессивные гены расположены на аутосомах.

3. Наследование, сцепленное с полом.

Гены признаков, характеризующихся сцепленным с полом наследованием, располагаются на половых хромосомах. Y-хромосома содержит 19 генов, они отвечают за формирование мужских половых органов. Эти гены передаются отцом всем сыновьям, но не дочерям.

X-хромосома содержит более 400 генов, отвечающих за различные признаки организма.

Поэтому основное значение для медицинской генетики имеет наследование, сцепленное с X-хромосомой.

- X – сцепленное доминантное наследование.
- X – сцепленное рецессивное наследование.
- Y – сцепленное наследование.

6 Формы проявления генов в генотипе. Пенетрантность и экспрессивность генов

В некоторых случаях, несмотря на наличие доминантного гена в генотипе, признак может фенотипически не проявляться.

Пенетрантность гена - степень проявления гена среди популяции, выражается в процентах.

Пенетрантность – это частота проявления гена у заведомых носителей данного гена. Пенетрантность может быть полной (100 %-ной), если у всех носителей гена отмечаются его клинические (фенотипические) проявления. Если действие гена проявляется не у всех его носителей, говорят о неполной пенетрантности. В этом случае носитель «патологического» гена (даже доминантного) может быть клинически здоров.

Например, такое наследственное заболевание человека как *ретинобластома* (злокачественное новообразование глаза, проявляющееся в возрасте до 5 лет) имеет пенетрантность 60%. Это означает, что из всех людей – носителей гена лишь 60% заболеют ретинобластомой. Вероятно, феномен пенетрантности может быть объяснен с точки зрения влияния генетического окружения патологического гена, чье проявление тормозится присутствием соседних генов.

Еще одним примером может служить наследование *отосклероза* (дефекта косточек среднего уха), пенетрантность которого равна 30%. *Подагра* – наследственное заболевание суставов – имеет пенетрантность 20% у мужчин и 0% у женщин. Это означает, что из всех мужчин – носителей гена подагры – только 20% станут больными подагрой, а женщины никогда не будут иметь этого заболевания даже при наличии дефектного гена. *Шизофрения* – заболевание с наследственной предрасположенностью, однако пенетрантность зависит от генотипа: у гомозиготных субъектов она составляет 100%, а у гетерозигот – 20%.

Например, одно из заболеваний у человека (отосклероз) обуславливается доминантным аутосомным геном, пенетрантность которого 40 %. Какая вероятность (в %) рождения больного ребенка у родителей, гетерозиготных по данному гену?

Решение: 1) Устанавливаем соответствие фенотипов генотипам: больной ребенок – AA, Aa, здоровый ребенок – aa. 2) Определяем вероятность рождения детей с генотипами, обуславливающими заболевание, т.е. AA, Aa.

1. A- больной

a – здоровый

P ♂Aa × ♀Aa

G A, a A, a

F AA, Aa, Aa, aa

Все генотипы (4) составляют 100 % Генотипы, определяющие заболевание (3) – x %. 4 – 100 % 3 – x % $x = 3 \cdot 100 : 4 = 75$ (%) 3).

Определяем вероятность рождения больного ребенка, исходя из пенетрантности гена, равной 40 %. Поскольку, по условию задачи, аллель данного гена проявляется фенотипически только в 40 % случаев, то 40 % от 75 составляет 30 %.

Ответ: *вероятность рождения больного ребенка составляет 30 %.*

Экспрессивность - степень фенотипического выражения признака. Например, при одном из аутосомно-доминантных синдромов – синдроме Холт-Орама – характерное поражение костной системы может варьироваться от незначительно недоразвитой лучевой кости до ее отсутствия. Примером варьирующей экспрессивности заболевания является также различия в тяжести течения такого наследственного АД заболевания, как нейрофиброматоз. Очень часто, даже в одной семье, имеются больные с легким течением (наличие пигментных пятен, «веснушек» в складках кожи) и тяжелым течением заболевания (с опухолями ЦНС, озлокачествлением нейрофибром и другими «грозными» симптомами).

Задания домашнего задания

1. Плече-лопаточно-лицевая форма миопатии (атрофия мышц) является заболеванием с аутосомно-доминантным типом наследования. Какова вероятность рождения здорового ребенка в семье, где оба родителя больны, но один из них гомозиготен, а другой – гетерозиготен?

2. Фенилкетонурия (неспособность усвоения фенилаланина) и одна из редких форм агаммаглобулинемии швейцарского типа (обычно ведет к смерти до шестимесячного возраста) наследуются как аутосомные рецессивные признаки. Успехи современной медицины позволяют снять тяжелые последствия нарушения обмена фенилаланина. Какова вероятность рождения больных фенилкетонурией и жизнеспособность таких детей в семье, где оба родителя гетерозиготны по обоим парам признаков.

3. Одна из форм цистинурии наследуется как аутосомный рецессивный признак. Но у гетерозигот наблюдается лишь повышенное содержание цистина в моче, у гомозигот — образование цистиновых камней в почках. Определите: 1) возможные формы проявления цистинурии детей в семье, где один супруг имел камни в почках, а другой был нормален в отношении анализируемого признака; 2) ,) возможные формы проявления цистинурии детей в семье, где один супруг страдал этим заболеванием, а другой имел лишь повышенное содержание цистина в моче - НЕПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ

4. Рост человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться лишь тремя парами генов, то можно допустить, что в какой-то популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, самые высокие — все доминантные гены и рост 180 см. Определите рост людей, гетерозиготных по всем трем парам генов роста – ПОЛИМЕРИЯ

5. У человека имеется несколько форм наследственной близорукости. Умеренная форма (от $-2,0$ до $-4,0$) и высокая (выше $-5,0$) передаются как аутосомные доминантные. В семье, где мать имела высокую степень близорукости, а отец имел нормальное зрение, родилось двое детей: дочь и сын. У дочери оказалась умеренная форма близорукости, а у сына высокая. Какова вероятность рождения следующего ребенка в семье без аномалии, если известно, что у матери отец страдал близорукостью, мать была здорова? Следует иметь в виду, что у людей, имеющих гены обеих форм близорукости, проявляется только одна — высокая - ЭПИСТАЗ

5. Нормальный слух контролируется взаимодействием комплементарных генов (А и В), при отсутствии одного из этих генов развивается глухота. Родители страдают глухотой. Половина детей имеют нормальный слух, половина – глухие. Написать генотипы родителей и детей – КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ