

Н. Г. АСАНОВ, А. Р. СОЛОВЬЕВА, Б. Т. ИБРАИМОВА

БИОЛОГИЯ

Учебник для 10 класса
общественно-гуманитарного направления
общеобразовательной школы

10

Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан



Алматы «Атамұра» 2019

УДК 373.167.1
ББК 28.0я72
А 90

*Учебник подготовлен в соответствии
с Типовой учебной программой по предмету «Биология»
для 10–11 классов общественно-гуманитарного направления
уровня общего среднего образования по обновленному содержанию,
утвержденной Министерством образования и науки Республики Казахстан*

Условные обозначения:



– вспомните, найдите информацию



– дополнительный материал



– лабораторные работы



– ключевые слова



– вопросы и задания

Цель изучения темы

Асанов Н.Г. и др.

А90 Биология. Учебник для 10 кл. обществ.-гуманит. направл. общеобразоват. шк. / Н. Г. Асанов, А. Р. Соловьева, Б. Т. Ибраимова. – Алматы: Атамұра, 2019. – 288 с.

ISBN 978-601-331-516-4

УДК 373.167.1
ББК 28.0я72

ISBN 978-601-331-516-4

© Асанов Н. Г., Соловьева А. Р.,
Ибраимова Б. Т., 2019
© Атамұра, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник предназначен для учащихся 10-х классов общественно-гуманитарного профиля и представляет курс общей биологии по обновленному содержанию. Мы рекомендуем его тем, кто не будет сдавать на итоговой аттестации биологию как один из предметов профильного цикла. Следует отметить, что впервые с момента появления профилизации биология в 10 и 11 классах изучается 2 раза в неделю. Такое количество учебных часов до сих пор существовало только в классах естественно-математического профиля и считалось достаточным.

Данный учебник включает в себя те же темы (модули), что и предыдущие курсы биологии. Это объясняется требованиями обновленной программы образования, построенной по концентрическому принципу. Таким образом, все темы в том или ином виде знакомы учащимся и требуют опоры на полученные ранее базовые предметные знания.

Чтобы сохранить связь между новым и уже изученным материалом, существует рубрика «Вспомните. Найдите информацию». Эти вопросы как всегда помещены в начале параграфа. Их нужно просматривать при подготовке к следующему уроку. Заранее назначенные учащиеся или волонтеры должны подготовить на них ответы. Если кто затрудняется в поиске источников, обратитесь к учителю. Чтобы не возникало перегрузки, ответы на эти вопросы нужно готовить поочередно.

Основной материал параграфов включает в себя все обязательные для усвоения понятия и термины. В конце параграфов приводится их необходимый минимум. С большинством из них вы уже познакомились в курсе биологии 7–9 классов, но есть и совершенно новые. Вам предстоит проверить, правильно ли вы усвоили их значение, и пополнить свои знания. Словарь терминов в конце учебника поможет вам в этой работе.

В конце параграфов традиционно есть вопросы для самоконтроля. Они помогут вам удостовериться в том, что материал не только прочитан и усвоен, но проанализирован и может быть применен в повседневной жизни. Вопросы распределены по уровням. Вопросы уровней «Знание и понимание» и «Применение» являются обязательными, но не исчерпывающими. Материал, требующий более глубокого усвоения, включает в себя также знание терминов и др. Уровень «Анализ и синтез» не столько сложнее, сколько носит мировоззренческий или творческий характер, требующий переосмысления полученных знаний и их анализа. Часть вопросов уровня «Оценка» также носит творческий

характер, а другая – развивает коммуникативные компетенции, позволяя не только высказывать свое мнение по спорным вопросам и аргументированно его доказывать, но и знакомиться с возможным альтернативным мнением одноклассников.

Письменные задания рассчитаны в основном на составление схем и заполнение таблиц. Их немного, и они способствуют систематизации полученных знаний, выделению главного и установлению взаимосвязи между изученными компонентами.

Для получения формативных оценок применяются устные и письменные опросы во время уроков, проверка качества выполнения домашних заданий, выступления на уроках. Не стоит забывать, что итоговым по новым требованиям является суммативное оценивание. Оно проводится после изучения каждой темы. Вопросы для суммативного оценивания, разработанные в системе НИШ, предлагаются на сайтах в открытом доступе. Но так как в учебную практику пока не приняты обязательные, утвержденные МОН РК, контрольно-измерительные материалы суммативного оценивания, каждый педагог может использовать собственные параметры. Овладение материалом учебника должно помочь справиться с вопросами суммативного оценивания максимально успешно.

Напоминаем, что процесс нечетвертного суммативного оценивания занимает не больше 15–20 мин. Остальное время урока мы рекомендуем употребить на устранение пробелов в знаниях. Согласно новым требованиям, суммативное оценивание является строго обязательным. Его результаты вносятся в классный журнал, формируя итоговую оценку. Если вы не сдаете биологию на вступительных экзаменах в вуз, то вопросы суммативного оценивания не требуют 100%-ного усвоения и запоминания.

В конце параграфов приводятся краткие выводы, направленные на улучшение запоминания и облегчение повторения материала. Со знакомства с ними можно начинать изучение новой темы, а затем углублять, расширять и детализировать свои знания.

Лабораторные работы формируют практические навыки.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Раздел 1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ	
§1. Значение воды для жизни на Земле	8
§2. Углеводы, их классификация и значение	12
§3. Характеристика жиров и липидов	17
§4. Классификация белков по составу и структуре.....	21
§5. Нарушение структуры белка. Классификация белков по функциям	27
§6. Содержание белков в биологических объектах	31
§7. Процесс репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК)	35
§8. История исследования ДНК. Правило Чаргаффа. Эксперименты Мезельсона и Сталя	39
§9. Строение и функции различных типов рибонуклеиновой кислоты	44
§10. Сходство и различия в строении молекул ДНК и РНК	48
Раздел 2. КЛЕТочная Биология	
§11. Основные компоненты клетки. Классификация органоидов	53
§12. Основные функции компонентов клетки.....	56
§13. Ядро, его функции и компоненты	60
§14. Взаимосвязь между структурой, свойствами и функциями клеточной мембраны	63
Раздел 3. ТРАНСПОРТ Веществ	
§15. Влияние соотношения площади поверхности тела к его объему на скорость диффузии	67
§16. Механизм пассивного и активного транспорта веществ	71
Раздел 4. Дыхание	
§17. Строение и функции аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ)	76
§18. Синтез аденозинтрифосфорной кислоты: этапы аэробного и анаэробного распада глюкозы	79
§19. Виды метаболизма	83
§20. Структурные компоненты митохондрий и их функции	89
Раздел 5. Выделение	
§21. Регуляция обмена воды	96
§22. Искусственное очищение крови	100
§23. Хроническая почечная недостаточность.....	103
§24. Трансплантация почек и диализ. Преимущества и недостатки....	106

Раздел 6. КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

§25. Гаметогенез у животных и человека.....	110
§26. Спорогенез и гаметогенез у растений	114
§27. Возникновение онкологических новообразований	118
§28. Факторы, способствующие возникновению предраковых состояний.....	122
§29. Старение. Теории о процессе старения.....	126

Раздел 7. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

§30. Модификационная изменчивость	131
§31. Цитологические основы дигибридного скрещивания. Решение задач	134
§32. Наследование признаков, сцепленных с полом. Решение задач	141
§33. Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Полимерия. Комплементарность. Множественный аллелизм.....	148
§34. Мутации, их типы	153
§35. Характеристика генных, хромосомных и геномных мутаций..... <i>Моделирование. Составление кариогаммы хромосомного набора человека. Изучение геномных мутаций.....</i>	157 163

Раздел 8. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

§36. Взаимосвязь между наследственной изменчивостью и эволюцией	166
§37. Доказательства эволюции	172
§38. Механизмы видообразования	179
§39. Этапы антропогенеза	186

Раздел 9. ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

§40. Современные сельскохозяйственные технологии.....	194
---	-----

Раздел 10. МНОГООБРАЗИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

§41. Этапы формирования жизни на Земле.....	200
§42. Кладограммы и филогенетические древа	207

Раздел 11. КООРДИНАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ

§43. Строение и функции центральной нервной системы человека	214
§44. Взаимосвязь строения и функций холинергических синапсов	219
§45. Виды механорецепторов. Их реакция на раздражители на примере телец Пачини	224

Раздел 12. ДВИЖЕНИЕ

§46. Строение поперечнополосатой мышечной ткани. Структура миофибрилл. Механизм сокращения мышечного волокна.....	228
---	-----

§47. Особенности и общие свойства быстрых и медленных мышечных волокон	233
--	-----

Раздел 13. БИОМЕДИЦИНА И БИОИНФОРМАТИКА

§48. Биомеханика инженерная	237
§49. Биомеханика медицинская	241
§50. Механизм автоматии сердца.....	246

Раздел 14. БИОТЕХНОЛОГИИ

§51. Положительные и негативные аспекты использования микроорганизмов	250
§52. Значение генной инженерии	254
§53. Применение полимеразной цепной реакции	259
§54. Положительные и отрицательные аспекты использования генетически модифицированных организмов.....	263

Лабораторный практикум

Лабораторная работа №1

Влияние различных условий (температура, рН) на структуру белков	268
---	-----

Лабораторная работа №2

Определение содержания белков в биологических объектах.....	269
---	-----

Лабораторная работа №3

Влияние различных факторов на мембрану клеток.....	270
--	-----

Лабораторная работа №4

Определение отношения величины площади поверхности к объему клетки	271
--	-----

Лабораторная работа №5

Изучение модификационной изменчивости, построение вариационного ряда и вариационной кривой	272
--	-----

Краткий словарь терминов.	273
--------------------------------	-----

Список рекомендуемой литературы	285
---------------------------------------	-----

Сайты тестовых заданий. Электронные ресурсы для учащихся.....	286
---	-----

Раздел 1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ

§1. Значение воды для жизни на Земле

Объяснять фундаментальное значение воды для живых организмов



Сколько процентов воды содержится в живых организмах? Какие свойства воды вы помните? Возможна ли жизнь без воды?

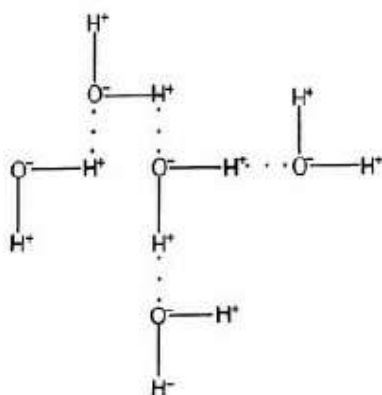


Рис. 1. Молекулы воды.
Кислород имеет отрицательный заряд, а водород – положительный.
Сплошные линии – ковалентные связи, отточие – водородные связи

Вода как химическое вещество. Как вы помните, вода – сложное химическое вещество, состоящее из двух элементов: водорода и кислорода в соотношении 2 : 1. Формула воды H_2O . Молекула воды представляет собой *диполь*, т. е. структуру, имеющую одновременно и положительный, и отрицательный заряды – H^+OH^- (рис. 1). Вода растворяет вещества, имеющие заряд, так как сама молекула воды имеет два точечных разноименных заряда.

В составе живых организмов больше всего воды – от 51 до 92%. Такое ее содержание объясняется прежде всего тем, что почти все вещества внутри живых организмов находятся в растворенном состоянии. Так они гораздо быстрее вступают в химические реакции.

Свойства воды. Жизнь немыслима без высокой скорости клеточных процессов. Ответные действия организма на раздражения требуют быстроты химических реакций. Поэтому главное свойство воды – *способность растворять вещества*.

Простым примером растворимых веществ может служить поваренная соль (Na^+Cl^-), которая имеет положительный и отрицательный заряды. Объясняется это тем, что своим положительным концом молекула воды притягивается к отрицательному заряду Cl^- , а отрицательным – к положительному Na^+ (рис. 2). Так создается *гидративная оболочка* вокруг молекул заряженных веществ, и они растворяются. К растворимым веществам относятся многие соли, некоторые белки, например белок куриного яйца, простые сахара.

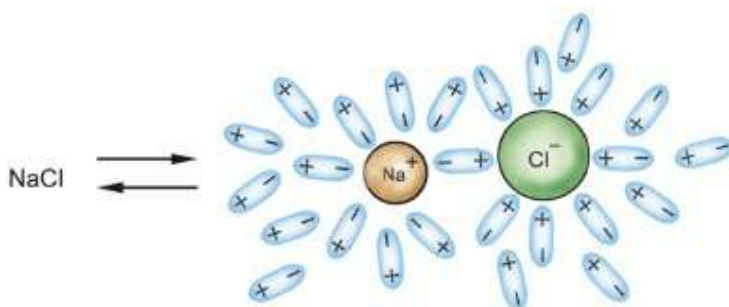


Рис. 2. Растворение поваренной соли в воде

Напомним, что в сухом виде вещества из почвы, например, не могут попасть в организм растений и передвигаться по нему. Сухая пища не может быть переварена в организме животных без предварительного смачивания. И уж конечно, с током крови питательные вещества могут передвигаться только в растворенном виде.

Нерастворимые или плохо растворимые вещества – это жиры, некоторые сложные углеводы (целлюлоза, хитин, крахмал), отдельные соли и т. д.

Вода обладает рядом удивительных свойств:

- 1) способность к самоочищению;
- 2) высокая теплоемкость и теплопроводность;
- 3) три агрегатных состояния в температурном диапазоне до 100°C;
- 4) максимальная плотность при температуре +4°C. (Если бы плотность воды в твердом состоянии была выше, чем в жидком, лед не плавал бы на поверхности, а оседал, и водоемы промерзали бы до дна. А это не способствует развитию жизни.)



Самоочищение воды – это восстановление ее природных свойств естественным путем. Успех **биологических процессов** основан на высокой очищающей способности водных растений (камыш, рогоз, тростник и др.). Густые заросли этих растений вдоль берегов выполняют роль биологических фильтров. В искусственных отстойниках широко используют озерную и болотную растительность. Простейшие водные организмы, а также зоопланктон (рачки, коловратки и др.), пропуская воду через свой кишечник, уничтожают огромное количество бактерий.

Гидрологические процессы – разбавление и смешивание попавших загрязнений с основной массой воды, в результате чего снижается их концентрация.

Физические процессы основаны на влиянии солнечной радиации и температуры. В результате бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей

солнца, а также неблагоприятных температурных условий происходит отмирание патогенных микроорганизмов.

Механические процессы – это осаждение минеральных и органических частиц, микроорганизмов и яиц гельминтов, благодаря чему вода осветляется и становится прозрачной.

Химические процессы – это превращение органических веществ в минеральные, т. е. их минерализация. Вследствие химического и биохимического окисления значительно снижается концентрация органических веществ и их токсичность.

Наиболее интенсивно самоочищение воды в водоемах и водотоках происходит в теплое время года, когда биологическая активность в них наибольшая. Быстрее всего очищается вода в реках с быстрым течением. Подземные воды очищаются благодаря фильтрации через почву и за счет минерализации.

Кроме названных уникальность воды обеспечивают и другие свойства.

Адгезия – это сила сцепления, которая возникает между молекулами разных веществ. Например, между молекулами жидкостей или между молекулами жидкости и твердого вещества. В основе адгезии лежат разные физические и химические процессы. Именно она играет важнейшую роль в процессах смачивания, будь то смачивание почвы при поливе или пищи слюной, желудочным соком и т. д.

Сила **поверхностного натяжения** позволяет молекулам воды не только удерживаться рядом, но и удерживать на себе легкие предметы: листья и мелкие семена, водомерок, бумажные кораблики и мн. др. Именно сила поверхностного натяжения позволяет нам выдувать мыльные пузыри. В условиях невесомости вода принимает форму шара. Доказано, что вода – жидкость с самой большой силой поверхностного натяжения.

У воды большая **теплота плавления**. Это количество энергии, необходимое для того, чтобы превратить лед в воду (или наоборот). Замерзает чистая вода при 0°C. Закипает при 100°C.

Еще одна важная характеристика воды – ее высокая **теплоемкость** и **теплопроводность**. Это количество тепловой энергии, необходимое для того, чтобы поднять температуру 1 кг воды на 1°C. Вода поддерживает тепловое равновесие организмов, т. е. она как бы сопротивляется перепадам температур, оставаясь более стабильной средой.

Эти свойства очень важны для поддержания всех жизненных процессов в живых организмах.

Роль воды для живых организмов сложно переоценить. По мнению многих биохимиков, жизнь без воды невозможна в принципе, невозможна химически. По крайней мере в том виде, в каком мы привыкли воспри-

нимать живые организмы. Ведь одним из важнейших свойств живого является *способность реагировать на изменения окружающей среды*. Все живое так или иначе взаимодействует с окружающим миром. Следовательно, определенным образом реагирует на изменения в нем. Представьте себе, что живые организмы станут реагировать на окружающий мир во столько же раз медленнее, во сколько падает скорость химического взаимодействия растворов по сравнению со скоростью реакций сухих веществ. Можно ли назвать такое явление «жизнью», даже если бы оно стало возможным? Именно поэтому большинство астробиологов в качестве обитаемых рассматривает только те планеты, на которых существуют температуры от 0 до 100° по Цельсию.

Краткие выводы

1. Вода – уникальное химическое вещество, без которого невозможно формирование белковой жизни.
2. Она обладает рядом уникальных химических и физических свойств:
 - структура – *диполь*;
 - универсальный растворитель;
 - водородные связи между молекулами создают *поверхностное натяжение*;
 - *адгезия*;
 - высокая теплоемкость;
 - три агрегатных состояния в температурном диапазоне до 100°C;
 - способность к самоочищению;
 - максимальная плотность при температуре +4°C. (При замерзании вода расширяется, поэтому плотность льда меньше, чем у воды, и он плавает на ее поверхности.)



Диполь, гидративная оболочка, гидрофильность, адгезия, поверхностное натяжение, теплота плавления, теплоемкость, теплопроводность.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему жизнь без воды невозможна.
2. Выясните, какова роль свойств воды в поддержании жизни.

Применение:

1. Определите связь между такими свойствами воды, как теплоемкость, теплопроводность, температура кипения и замерзания, и поддержанием жизни.
2. Почему вода растворяет полярные вещества?

Анализ:

1. Изобразите в виде произвольной схемы растворимость веществ в воде. Отрадите в ней понятия: гидрофильность, гидрофобность, диполь, а также классы и группы веществ и укажите заряды различных частиц, если таковые имеются.
2. Докажите на примерах, что без воды жизнь невозможна.

Синтез:

1. Порассуждайте: почему считается, что жизнь зародилась в океане?
2. Напишите эссе о роли воды в живых системах.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что возможна жизнь без капельно-жидкой воды? Ответ аргументируйте.
2. Объясните значение воды в природе.

§2. Углеводы, их классификация и значение

Классифицировать углеводы по их химической структуре, составу и функциям



В каких продуктах содержатся углеводы? Какой углевод находится в крови в концентрации 0,12%? Каковы его функции, и какими гормонами он регулируется? Какие ферменты расщепляют сложные углеводы пищи? Сколько граммов углеводов должен потреблять человек в сутки?

Строение, свойства и классификация углеводов. Углеводов в клетке содержится в среднем 2–5% от ее массы. Свое название эти вещества получили за то, что состоят из углерода, водорода и кислорода. Причем соотношение кислорода и водорода такое же, как в воде.

Общая формула простых углеводов (рис. 3) – $(\text{CH}_2\text{O})_n$ или $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$. Название углеводов зависит от того, сколько углеродных атомов они содержат: триозы – 3 углеродных атома, тетразы – 4, пентозы – 5, гексозы – 6 и т. д. Их формулы выглядят так:

$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ – триоза;

$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ – тетроза (эритроза);

$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ – пентоза (рибоза);

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – гексоза (глюкоза, фруктоза).

По количеству молекул углеводы делятся на 3 группы: моносахариды, дисахариды и полисахариды.

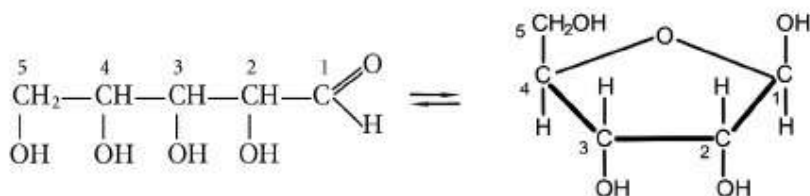


Рис. 3. Молекулы простых углеводов.

Линейная формула пентозы и ее переход в циклическую форму

Моносахариды, или простые углеводы, состоят из одной молекулы. Самый распространенный углевод – *глюкоза*. Основная ее функция – энергетическая. При распаде она дает энергию. Это первый углевод, образующийся в результате фотосинтеза.

Если соединить 2 молекулы моносахаридов, образуется **дисахарид**. Примером может служить *сахароза* – наш обычный сахар. Молекула сахарозы образуется из двух молекул шестиуглеродных сахаров: глюкозы и фруктозы. Реакция соединения этих двух молекул происходит с выпадением молекулы воды. Поэтому формулу свекловичного сахара можно записать так: $(C_6H_{12}O_6)_2$ минус H_2O , или $C_{12}H_{22}O_{11}$. Общая формула углеводов записывается как $C_m(H_2O)_n$.

В основном все моносахариды и дисахариды хорошо растворяются в воде (гидрофильны), при нормальных условиях имеют кристаллическую структуру, белый цвет и сладкий вкус.

Полисахариды, или **гликаны**, – углеводы, состоящие из очень большого количества молекул моносахаридов, соединенных между собой (рис. 4). Они имеют общую формулу $(C_6H_{12}O_6)_n - (H_2O)_n$. Это целлюлоза, крахмал, гликоген и хитин. Некоторые полисахариды нерастворимы в воде, т. е. гидрофобны. Крахмал может разбухать в горячей воде, но растворов он не образует.

Любые вещества, состоящие из большого числа одинаковых структурных единиц – **мономеров**, соединенных между собой химической связью, называются **полимерами**. Часто полимеры называют **полимерными цепями**, так как мономеры напоминают звенья, соединенные между собой в цепь. Если полимеры состоят из одинаковых мономеров или из однотипной последовательности нескольких разных мономеров, их называют **регулярными**. Все изучаемые вами полисахариды – **регулярные биополимеры**, мономером которых является молекула глюкозы.

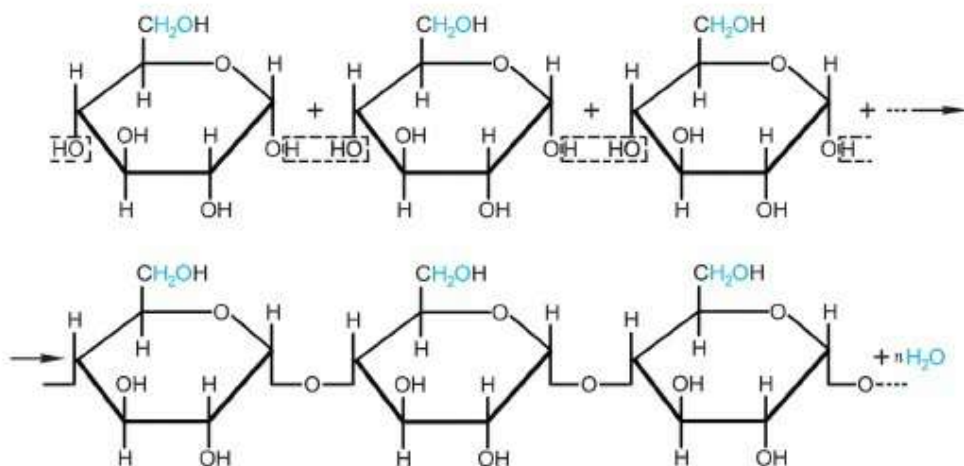


Рис. 4. Образование полисахаров из простых углеводов – из гексозы.
При реакциях полимеризации глюкозы выделяются молекулы воды

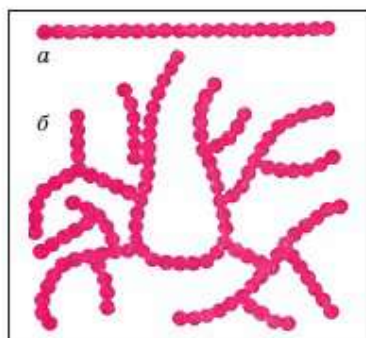


Рис. 5. Неразветвленные (а) и разветвленные (б) полимерные цепи

В полисахаридах молекулы глюкозы могут соединяться по-разному. Если полисахарид представляет собой линейную неразветвленную цепь, то его функция – опорная (рис. 5). Такую роль выполняют целлюлоза клеточных стенок растений и хитин членистоногих. Разветвленные цепи имеют запасные углеводы (крахмал и гликоген).

Из полисахаридов можно получать моносахариды, и наоборот. Реакции распада и синтеза из глюкозы полисахарида гликогена (и наоборот) происходят в организме человека под действием гормонов *инсулин* и *глюкагон*.

Физиологически значимые углеводы. Самая главная из функций углеводов – энергетическая (табл. 1). Кроме того, такие полисахариды, как крахмал и гликоген, могут выполнять запасную функцию, а целлюлоза и хитин – опорную.

Краткие выводы

1. *Органические вещества* обязательно имеют в своем составе углевод. Основные из этих веществ – белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты – есть во всех живых клетках.

Таблица 1. Основные функции углеводов

Тип углевода	Название	Роль в живых системах	Формула
Моносахариды: общая формула $C_n(H_2O)_n$, соотношение элементов 1 : 2 : 1	Рибоза	Входит в состав РНК – рибонуклеиновой кислоты. Обеспечивает биосинтез белков	$C_5H_{10}O_5$ (пентоза)
	Дезоксирибоза	Входит в состав ДНК – дезоксирибонуклеиновой кислоты. Наследственная информация	$C_5H_{10}O_4$ (пентоза)
	Глюкоза	Основной источник энергии в клетках, результат фотосинтеза. $E = 17,6$ кДж при распаде 1 г, или 5,5 ккал/моль	$C_6H_{12}O_6$ (гексоза)
	Фруктоза	Углевод растений	$C_6H_{12}O_6$ (гексоза)
Дисахариды состоят из двух молекул моносахаров	Сахароза	Свекловичный или тростниковый сахар	$C_{12}H_{22}O_{11}$ (глюкоза и фруктоза)
	Лактоза	Молочный сахар	$C_{12}H_{22}O_{11}$ (глюкоза и галактоза)
Полисахариды – регулярные биополимеры, мономерами которых служат моносахара	Крахмал	Основной запасной углевод растений	$(C_6H_{12}O_6)_n - (H_2O)_n$ Мономер – глюкоза
	Гликоген	Основной запасной углевод животных	
	Целлюлоза (98% в хлопке, 50% в древесине хвойных)	Структурный углевод клеточных стенок растений	
	Хитин	Основной компонент клеточных стенок грибов, панцирей членистоногих	Мономер – ацетил-глюкозамин

2. *Углеводы* – вещества, состоящие из углерода, кислорода и водорода $C_m(H_2O)_n$. Во всех *простых углеводах* – моносахаридах – соотношение водорода и кислорода такое же, как в воде.

3. *Сложные углеводы*, состоящие из двух молекул моносахаридов, называются дисахаридами, а из большего числа молекул – полисахаридами. Их общая формула: $C_m(H_2O)_n$.

4. *Моносахариды* и *дисахариды* гидрофильны, сладкие на вкус. Они выполняют энергетическую функцию. Так, глюкоза – основной источник энергии. Она дает 17,6 кДж энергии при распаде 1 г.

5. *Полисахариды*, такие как целлюлоза и хитин, могут выполнять структурную (механическую) функцию, а крахмал и гликоген – энергетический резерв многих живых организмов.



Углеводы, триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, моносахариды, дисахариды, полисахариды, гликаны, полимеры, мономеры, регулярные биополимеры.



Знание и понимание:

1. Почему углеводы так называют?
2. Дайте определение углеводам.
3. Объясните, почему углеводы – необходимый компонент клетки.

Применение:

1. Опишите функции моносахаридов.
2. Вставьте пропущенное слово.
 1. Углевод, который входит в состав РНК – _____.
 2. Продукт II этапа дыхания (бескислородное разложение глюкозы) _____.
 3. Углевод, который входит в состав ДНК – _____.
 4. Основной источник энергии в клетках, результат фотосинтеза, дающий при расщеплении 1 г 17,6 кДж энергии, – _____.
 5. Свекловичный или тростниковый сахар _____.
 6. Молочный сахар (сахар молока) – _____.
 7. Основной запасной углевод растений – _____.
 8. Основной запасной углевод животных – _____.
 9. Основной структурный углевод клеточной стенки растений (98% в хлопке, 50% в древесине хвойных) – _____.
 10. Основной структурный углевод животных, компонент клеточной стенки грибов, панцирей членистоногих и некоторых простейших – _____.
3. Сравните строение рибозы и дезоксирибозы.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы преобразование полисахаридов в моносахариды и наоборот.
2. Докажите на примерах, что гидрофобность и гидрофильность углеводов зависят от строения их молекул.

Синтез:

1. Систематизируйте по разным критериям различные типы углеводов:
 - 1) встречаемость в разных организмах;
 - 2) молекулярная масса;

- 3) количество атомов углерода;
- 4) растворимость;
- 5) значимость для организма.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что углеводы были одними из первых органических веществ, возникших еще в неживой природе? Ответ аргументируйте.
2. Объясните значение углеводов в природе.

§3. Характеристика жиров и липидов

Описывать химическое строение и функции жиров



Какие компоненты входят в состав жиров? Гидрофильны ли жиры? Сколько энергии выделяется при распаде жиров? Какая часть клетки состоит в основном из липидов? Каковы функции жиров в организмах верблюдов и моржей? Какие жирорастворимые витамины вы помните? Какова их роль? Могут ли жиры в организме переходить в углеводы, и наоборот?

Химическое строение жиров, их свойства. В пищеварительном тракте человека и животных жиры распадаются на глицерин и жирные кислоты (рис. 6). *Глицерин* – это трехатомный спирт. К каждому из его углеродных атомов присоединяется по одной жирной, или *карбоновой*, кислоте.

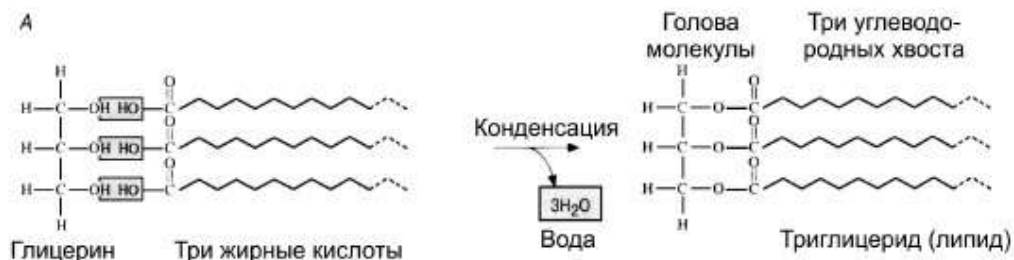


Рис. 6. Образование молекулы жира, состоящей из глицерина и трех карбоновых (жирных) кислот

Основная функция жиров – быть запасным источником энергии. Они могут откладываться в запас как в клетках растений, так и в клетках животных. При окислении 1 г жиров выделяется гораздо больше энергии (39,1 кДж), чем при окислении белков или углеводов. Биологическое окис-

лительное расщепление жиров – универсальный процесс, протекающий во всех эукариотных организмах и поставляющий энергию. После окисления жиры распадаются на углекислый газ и воду.

Все жиры нерастворимы в воде, т. е. гидрофобны, но хорошо растворяются в хлороформе, бензине и эфире. Жиры легче воды. Они не проводят электрический ток и почти не проводят тепло.

Жиры содержатся в клетках в количестве 1–15%. Исключение составляет жировая ткань (больше 50%) и семена масличных культур (хлопчатник, подсолнечник).

Липиды – это жироподобные вещества, часть молекулы которых или вся молекула гидрофобны. Молекулы липидов могут иметь самую различную природу. Как и жиры, они могут состоять из глицерина и карбоновых кислот. Часто в липидах одна из карбоновых кислот заменяется каким-либо другим соединением. Распространенными липидами являются *фосфолипиды*. Это вещества, в которых последняя карбоновая кислота заменяется фосфорной кислотой H_3PO_4 (рис. 7). Часть фосфолипида, оставшаяся от жира, – гидрофобна, а фосфорная кислота – гидрофильна. В связи с этим принято говорить, что фосфолипиды имеют «полярные головы и неполярные хвосты». Именно эти свойства позволяют фосфолипидам быть основным компонентом клеточных мембран. В мембране

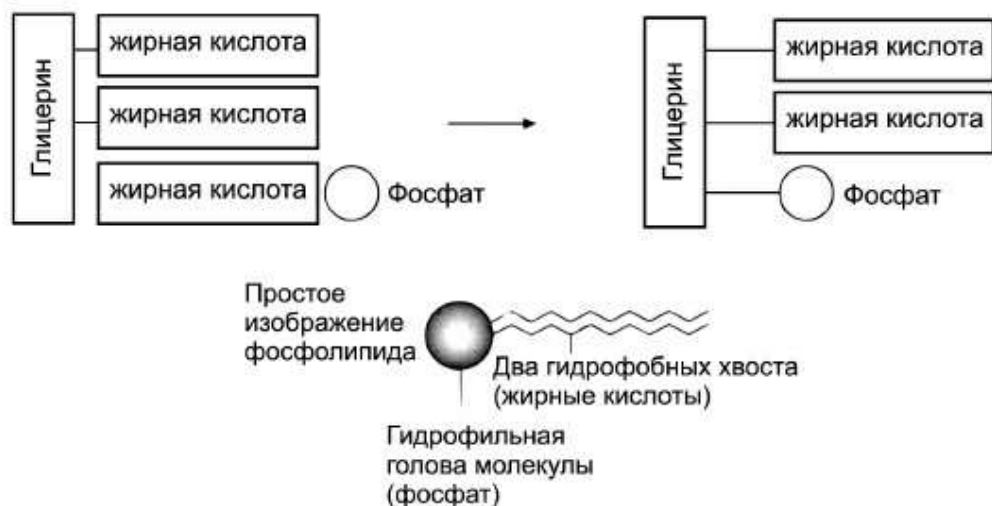


Рис. 7. Образование фосфолипидов. Молекула представлена в виде головы с двумя хвостами. Полярная фосфатная голова гидрофильна, а неполярные хвосты – гидрофобны. Это обстоятельство определяет свойства мембран

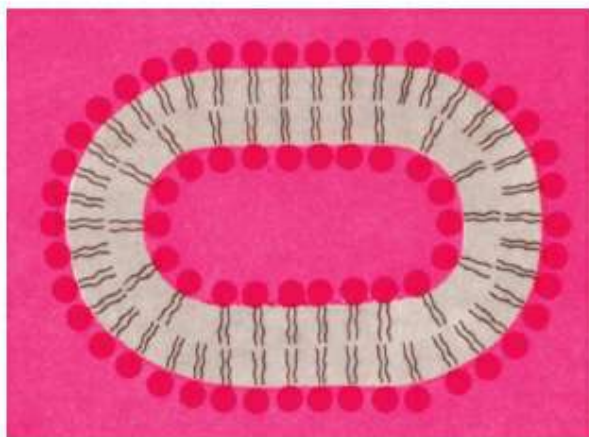


Рис. 8. Поведение липидов в водных растворах

слой фосфолипидов двухмолекулярный. *Наружная клеточная мембрана* – барьер, отделяющий живую клетку от окружающей среды (рис. 8).

Функции жиров. Как электрический изолятор жиры и липиды присутствуют в *миелиновых оболочках* аксонов – длинных отростков нервных клеток. Эти оболочки состоят из белого белково-липидного комплекса – *миелина*.

В подкожной жировой клетчатке животных, обитающих в холодных условиях (моржи, пингвины, киты), жиры играют роль теплоизолятора. В жарком климате некоторые организмы накапливают жир, чтобы избежать перегрева (суслики, байбаки).

У птиц копчиковая железа выделяет жир для смазывания перьев. Особенно хорошо она развита у водоплавающих птиц.

В коже млекопитающих рассредоточены мелкие жировые железы, выделяющие «кожное сало». Оно делает кожу более эластичной и способствует отшелушиванию отмерших клеток эпителия.

У животных, впадающих в зимнюю спячку, кроме запасов обычного жира может накапливаться своеобразный «бурый жир». Это особенная ткань, клетки которой богаты специфическими жирами. Энергии, выделившейся при расщеплении бурого жира, организму хватает не только для питания, но и для согревания.

Многие животные, обитающие в засушливом климате, накапливают в своем теле жиры для получения эндогенной (внутренней) воды. Например, у верблюдов протекают сложные химические превращения, благодаря которым из 100 г жира организм получает 102–105 г воды.

Некоторые витамины (А, Е, D и К) являются жироподобными веществами.

Часть гормонов человека, например половые, также представляют собой жироподобные вещества.

Глицерин известен нам в качестве компонента жиров. Но сам по себе он используется как природный антифриз, препятствующий кристаллизации воды при замерзании. Многие холоднокровные животные, готовясь к зимовке, накапливают его в своих тканях. В присутствии глицерина цитоплазма не замерзает, не расширяется и, соответственно, не разрушает клетки.

Краткие выводы

1. *Жиры* – это вещества, состоящие из глицерина и трех жирных (карбоновых) кислот. Они нерастворимы в воде, не проводят электрический ток и почти не проводят тепло.

2. Главная функция жиров – энергетическая (при окислении 1 г жира выделяется 39,1 кДж энергии).

3. Дополнительные функции жиров:

- запас питательных веществ;
- теплоизоляция (жировой слой китов, моржей, пингвинов);
- электроизоляция – миелиновые оболочки нервных клеток;
- смазка покровов птиц и млекопитающих;
- источник эндогенной воды.

4. *Липиды* – жироподобные вещества. Часть их молекулы или все они целиком нерастворимы в воде. Функции липидов:

- структурная (обязательный компонент всех клеточных мембран (фосфолипиды);
- гуморальная (регуляция физиологических функций организма с помощью гормонов);
- оздоровительная (жирорастворимые витамины А, D, Е, К).



Карбоновые кислоты, глицерин, гидрофобность, липиды, фосфолипиды, наружная клеточная мембрана, миелиновая оболочка.



Знание и понимание:

1. Объясните, из каких компонентов состоят жиры.
2. Опишите виды липидов.
3. Выясните, сколько энергии выделяется при распаде 1 г жиров.

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит превращение жидких растительных жиров в твердый маргарин.
2. Сравните компоненты жиров и липидов.

Анализ:

1. Нарисуйте схемы:
 - 1) строение молекулы твердого жира;
 - 2) строение молекулы жидкого растительного жира;
 - 3) строение молекулы фосфолипида.
2. Проанализируйте изображенные вами схемы и установите зависимость свойств жидких и твердых жиров и фосфолипидов от особенностей их строения.

Синтез:

1. Перечислите различия между жирами и липидами.
2. Смоделируйте ситуацию: в организме собаки перестали синтезироваться жиры. Что произойдет?

Оценка:

1. Обсудите, какие выводы и предположения можно сделать из результатов эксперимента. В эксперименте при кормлении собак использовали исключительно подсолнечное масло, не давая им других жиров. Через 2 месяца состав собственных жиров собак почти точно копировал состав растительного масла.
2. Чем роль жиров в одной клетке отличается от их роли во всем организме?

§4. Классификация белков по составу и структуре

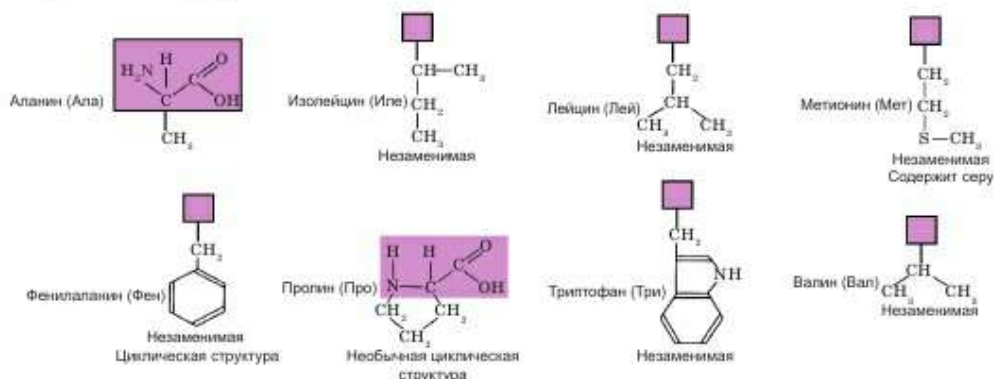
Классифицировать белки по их составу и структуре



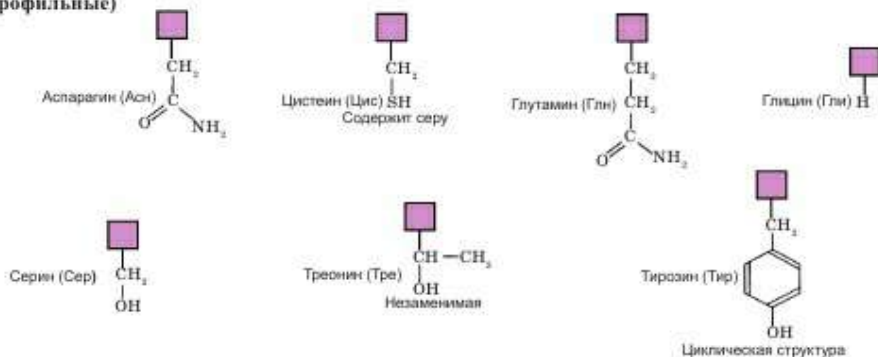
Что такое полимеры и мономеры? Приведите пример углеводов, являющихся полимерами. Что такое регулярные биополимеры? Из чего состоят полимерные цепи?

Классификация белков по составу. Белков в клетке содержится больше, чем каких-либо других органических веществ. Они входят в состав всех клеточных структур и представляют около 80% сухой массы клеток. Мономером белковых молекул являются *аминокислоты*. В построении молекул белка обычно участвуют 20 видов аминокислот (α -аминокислот). Они создают бесконечное разнообразие белков (рис. 9). Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека и животных и должны поступать с пищей.

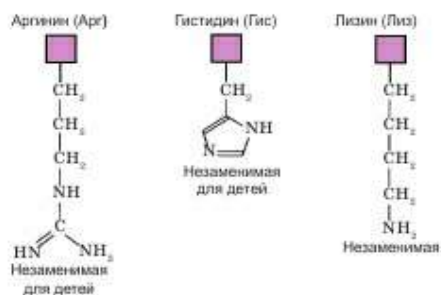
Нейтральные и гидрофобные аминокислоты



Нейтральные и полярные аминокислоты (с неравномерным распределением зарядов в молекуле; гидрофильные)



Основные аминокислоты (гидрофильные)



Кислые аминокислоты (гидрофильные)



Рис. 9. Бесконечное множество белков построено из сочетания всего 20 видов аминокислот. Разнообразные радикалы определяют их особенности

Если в состав белков входят только аминокислоты, они называются *простыми белками*. При этом молекулярная масса простых белков может быть очень большой. Так, инсулин состоит из 51 аминокислотного остатка с молекулярной массой около 6 тыс. Если в составе белков кроме аминокислот есть еще какой-либо компонент, то такие белки называются *сложными*. Одним из самых ярких сложных белков является транспортный белок *гемоглобин*. Он состоит из белковой части – *глобина* и небелковой – *гема* (от греч. *гема* – кровь). У взрослого человека гемоглобин содержит 574 остатка аминокислот, имеет молекулярную массу 67 тыс. и общую формулу $C_{3032}H_{4816}O_{872}N_{780}S_8Fe_4$.

Неаминокислотная часть сложного белка называется *простетической*. Например, простетической группой гемоглобина является металл – железо. Множество сложных белков, содержащих металлы, играет важную роль в процессах выработки и преобразования энергии. Это различные молекулы-переносчики пластид и митохондрий. Кроме металлов неаминокислотным компонентом сложных белков могут быть любые другие вещества: витамины, углеводы, липиды и т. д.

По своим **химическим и физическим свойствам** белки очень разнообразны. Среди них есть растворимые – гидрофильные (гемоглобин, альбумин) и нерастворимые – гидрофобные (кератин). Некоторые белки, например коллаген, при длительном нагревании разбухают (желируют) в воде. Химически белки могут иметь разный заряд молекулы, проявлять и кислотные, и основные свойства, т. е. быть *амфотерными* (от греч. *амфотерос* – и тот, и другой).

Свойства белков зависят от порядка и количества составляющих их аминокислот. В XX в. учеными была выявлена аминокислотная последовательность большинства жизненно важных белков не только человека, но и других организмов. Но первые методы изучения белков были чисто химическими (табл. 2). Белки расщепляли на аминокислоты с помощью нагревания в присутствии сильной кислоты или пищеварительных ферментов (трипсин, пепсин). Затем проводили анализ, выявляя, на какие аминокислоты распался белок.

Классификация белков по структуре. Структуры белковых молекул определяются взаиморасположением составляющих их аминокислот. Различают следующие уровни структурной организации белков.

Первичная структура белка – это аминокислоты, соединенные в цепочку. Такая структура называется *линейной*. При этом карбоксильная группа одной аминокислоты сближается с аминогруппой другой и возникает *ковалентная, или пептидная, связь*. Она определяет дальнейшее

Таблица 2. Краткая история изучения белков

Исследователь	Дата, г.	Суть открытия
Якопо Бекорри	1736	Открыл в составе муки белок пшеницы <i>клейковину</i>
Анди Браконно	1820	Получил аминокислоты <i>глицин</i> и <i>лейцин</i>
Эмиль Фишер	1901	Провел синтез пептидов. Доказал наличие <i>пептидной связи</i> между аминокислотами в белковой молекуле. Получил синтетический белок из аминокислотных остатков, связанных пептидной связью
Лайнус Полинг	1951–1954	Создал теорию, позволявшую предсказывать вид <i>рентгенограмм</i> для крупных молекул: белков и нуклеиновых кислот

химическое взаимодействие между аминокислотами и структуру следующих порядков (рис. 10).

Вторичная структура белка имеет вид спирали с одинаковым расстоянием между витками. Укладка цепи первичной структуры в спираль происходит за счет возникновения *водородных связей* между группами N–H и C=O, расположенными на соседних витках. В результате взаимного притяжения цепь изгибается, и происходит образование соответствующей спиральной структуры.

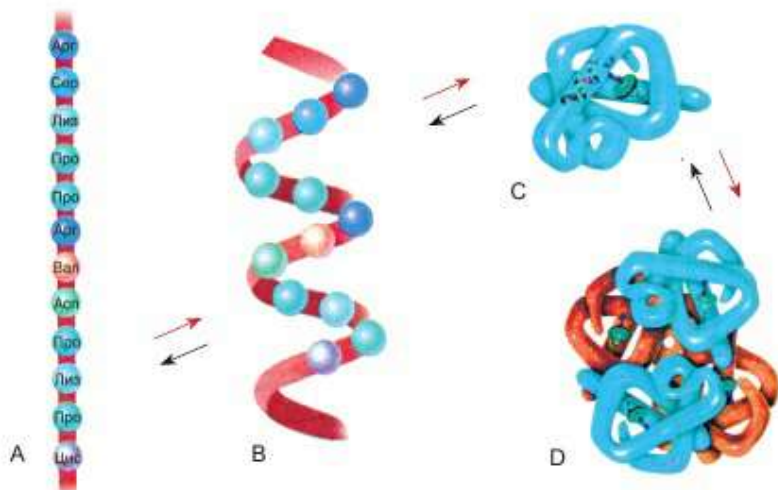


Рис. 10. Структуры белковых молекул: А – первичная, В – вторичная, С – третичная; D – четвертичная. Красные стрелки – ренатурация, черные – денатурация

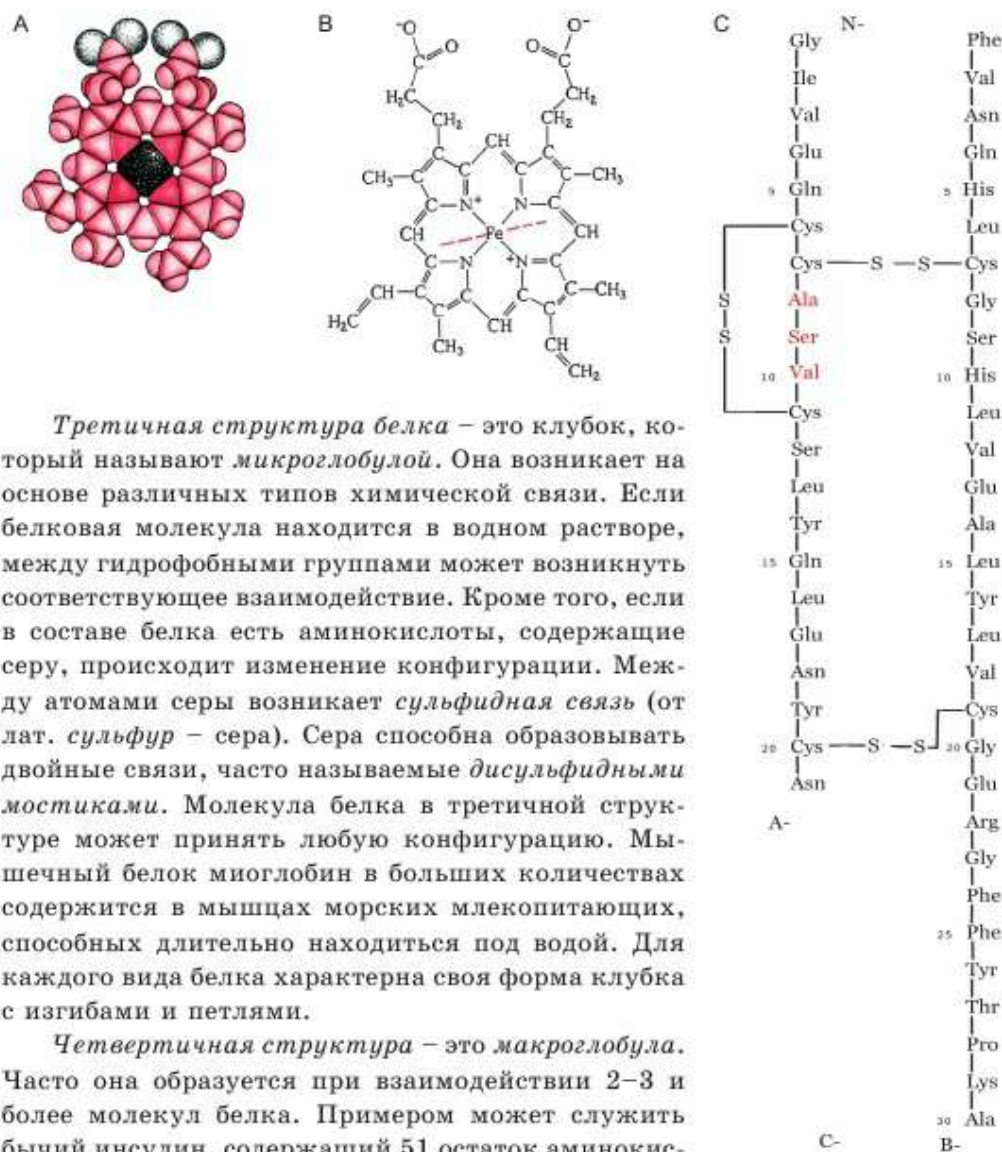


Рис. 11. Белки четвертичной структуры: А, В – гемоглобин с атомом железа и четырьмя белковыми глобинами; С – инсулин

Третичная структура белка – это клубок, который называют *микрoglobулой*. Она возникает на основе различных типов химической связи. Если белковая молекула находится в водном растворе, между гидрофобными группами может возникнуть соответствующее взаимодействие. Кроме того, если в составе белка есть аминокислоты, содержащие серу, происходит изменение конфигурации. Между атомами серы возникает *сульфидная связь* (от лат. *сульфур* – сера). Сера способна образовывать двойные связи, часто называемые *дисульфидными мостиками*. Молекула белка в третичной структуре может принять любую конфигурацию. Мышечный белок миоглобин в больших количествах содержится в мышцах морских млекопитающих, способных длительно находиться под водой. Для каждого вида белка характерна своя форма клубка с изгибами и петлями.

Четвертичная структура – это *макроглобула*. Часто она образуется при взаимодействии 2–3 и более молекул белка. Примером может служить бычий инсулин, содержащий 51 остаток аминокислот. Он состоит из двух отдельных цепей, которые соединены двумя дисульфидными мостиками. А в состав молекулы гемоглобина кроме железосодержащего *гема* входят отдельные белковые молекулы *глобины* (рис. 11).

Краткие выводы

1. Свойства белков зависят от 3 основных причин:
 - количества и последовательности аминокислот;
 - структуры и конфигурации белковой молекулы;
 - веществ, включенных в состав белка помимо аминокислот.
2. По своему составу все белки делятся на простые и сложные. Простые белки состоят только из аминокислот. Сложные белки кроме аминокислот имеют в своем составе и другие компоненты.
3. Существуют четыре структуры белковых молекул. Для каждой из них характерен свой тип химической связи и конфигурация.



Аминокислоты, гемоглобин, амфотерность, простетическая группа; ковалентная, или пептидная, связь, водородная и дисульфидная связи; дисульфидные мостики; структуры белковых молекул: первичная, вторичная, третичная (микроглобула), четвертичная (макроглобула), глобины.

**Знание и понимание:**

1. Сколько структур белковых молекул выделяют?
2. Дайте определение терминам: *простетическая группа, микроглобула, макроглобула.*

Применение:

1. Объясните, чем отличаются простые и сложные белки. Приведите примеры.
2. Установите зависимость структуры белковой молекулы от типов химической связи в ней.
3. Можно ли сохранить структуры высшего порядка без пептидной связи? Объясните.

Анализ:

1. Изобразите на рисунке различные структуры белка.
2. Опишите ваш рисунок, представив его характеристику в виде таблицы.

Структура	Название молекулы	Тип химической связи
Первичная	Линейная	Пептидная
Вторичная		
Третичная		
Четвертичная		

Синтез:

1. Сравните первичную и вторичную структуры белка. Выявите отличия. Между какими атомами, каких групп и какой тип связи образуется в этих структурах?
2. Сравните третичную и четвертичную структуры белка. Выявите отличия. Между какими атомами, каких групп и какой тип связи образуется в третичной структуре?

Оценка:

Используя дополнительные источники информации, порассуждайте, как, на ваш взгляд, сказалось на процессе биологической активности белков появление у этого класса веществ структур высшего порядка. Считаете ли вы возможным функционирование клеток и организмов, содержащих белки только первичной и вторичной структур.

§5. Нарушение структуры белка. Классификация белков по функциям

Исследовать влияние различных условий на структуру белков



При каких условиях разрушаются белковые молекулы? Что может привести к нарушению химических связей в молекулах белка? Сколько энергии выделяется при распаде белков? Что такое катализаторы? Что такое ферменты? Приведите примеры пищеварительных ферментов. Каковы их функции?

Денатурация и ренатурация белков. Под воздействием различных внешних факторов белок может «раскручиваться», т. е. переходить в структуры низшего порядка. Например, из четвертичной – в третичную, затем во вторичную и первичную структуры (см. рис. 10). Этот процесс разрушения белковой молекулы называют *денатурацией*. Ее причинами могут быть высокая температура, изменение кислотности раствора (воздействие сильной щелочью или кислотой), высокое давление и даже достаточно сильная механическая вибрация. Необратимую денатурацию белка можно наблюдать при приготовлении яичницы. Жидкий и прозрачный белок куриного яйца при нагревании становится твердым и непрозрачным.

Разрушение структуры белковой молекулы приводит к тому, что она перестает выполнять возложенные на нее функции. Поэтому денатурированные белки становятся физиологически бесполезными – неактивными. Но если первичная структура белка не разрушена и между всеми аминокислотами сохраняются пептидные связи, возможен процесс восстано-

ления – *ренатурации*. Тогда после прекращения воздействия белковая молекула «скрутится» и примет характерную для нее структуру и форму. Если же хотя бы в одном месте связь между аминокислотами (реакция присоединения воды) разрушилась, то восстановление невозможно. В этом случае белок теряет свои свойства и способность функционировать. Процесс восстановления пептидных связей невозможен, так как на соединение аминокислот требуются затраты энергии.

Функции белков. В зависимости от свойств белки способны выполнять те или иные функции. Наиболее распространены три из них:

- *Структурная* – все живое состоит из белков, если не считать воду. Белков в клетке больше, чем каких-либо других веществ (в сухой массе). Наличие белка – главный химический признак живых организмов.

- *Каталитическая, или ферментативная*, – в любой живой клетке ежесекундно происходит множество сложнейших химических реакций. Все они протекают с высокой скоростью. Вспомните, как быстро человек отдергивает руку от горячего чайника. Чтобы осуществить такую реакцию, за доли секунды в десятках клеток произошли сотни химических реакций, катализируемых ферментами. В рецепторных клетках возник нервный импульс. С помощью биохимических превращений он передан в мозг чувствительными нейронами. Аналогичные реакции возникали в двигательных нейронах, когда импульс передавался от мозга к мышцам. И, наконец, катализируемые ферментами химические превращения в самих мышечных клетках привели к их сокращению и отдергиванию руки от горячего предмета (безусловный защитный рефлекс).

Химически клетка работает так четко именно потому, что большинство биохимических процессов осуществляется при участии ферментов. Они очень специфичны. К веществам, превращение которых они катализируют, фермент подходит, как ключ к замку.

- *Энергетическая* – при распаде 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии. Белки не откладываются в запас как источник энергии у животных и человека. Сами они могут переходить в жиры и углеводы нашего организма. Конечно, организм пытается беречь свои белки. Они перевариваются только в случае голодания или если организм больше не нуждается в этом белке в связи с его изношенностью. Но многие бобовые растения синтезируют и запасают белки в своих семенах (соя, горох, фасоль и др.).

Существует еще множество не менее важных функций, но они характерны не для всех живых существ (табл. 3).

Вы уже знаете, что разнообразие аминокислотной последовательности белков бесконечно. Соответственно, разные по составу белки обладают

Таблица 3. Специфические функции белков

Функция белка	Пример
Регуляторная	Белки-гормоны <i>соматотропин, инсулин</i>
Молекулы-переносчики	Белки-каналы осуществляют транспорт ионов через мембраны клеток или органоидов. Они пронизывают мембраны
Упаковка ДНК	В составе хромосом особые белки, например <i>гистоны</i> , удерживают ДНК в скрученном (суперспирализованном) состоянии
Сигнальная	Белки, входящие в состав рецепторов. Например, <i>родопсин</i> и <i>йодопсин</i> находятся в палочках и колбочках сетчатки глаз
Структурная	Белок <i>кератин</i> входит в состав наружного слоя кожи, перьев, шерсти, волос и т. п.
Защитная. Защита от: 1) инфекций 2) кровопотерь 3) естественных врагов	1) <i>антитела</i> , например <i>гамма-глобулин</i> ; 2) белки свертывания крови: <i>фибриноген</i> и др.; 3) яд кобры
Механическая	Белки костей – <i>оссеин</i> ; сухожилий – <i>коллаген</i> ; рогов, копыт, ногтей, когтей и панцирей черепах – <i>кератин</i>
Сократительная	Белки мышц <i>актин</i> и <i>миозин</i>
Транспортная	<i>Гемоглобин</i> и <i>церулоплазмин</i>
Пигментная	Белки, придающие цвет: <i>меланин</i> (кожа, волосы, радужная оболочка глаз)
Токсическая	Токсины пчелиного и змеиного ядов, а также ядов некоторых пауков и скорпионов и фитотоксины

разными свойствами. Так, белки могут быть растворимыми и нерастворимыми, иметь заряженные группы и не иметь их. Таким образом, белки бесконечно разнообразны не только по составу, но и по выполняемым функциям.

Краткие выводы

1. Под воздействием различных негативных факторов структуры белковых молекул могут разрушаться. Этот процесс называется *денатурацией*.

2. Если первичная структура белка сохраняется и пептидные связи между аминокислотами не разрушились, то при прекращении негативного воздействия произойдет процесс *ренатурации* – восстановления структуры.

3. Во всех клетках белки выполняют три обязательные функции: структурную, каталитическую, или ферментативную, и энергетическую.

4. Специфические белки, характерные для различных клеток и организмов, выполняют множество функций: транспортную, сократительную, защитную, структурную и др.



Денатурация, ренатурация, белки-гормоны, белки-каналы, гистоны, антитела, гемоглобин, меланин, фибриноген.



Знание и понимание:

1. Объясните роль в организме каждого из перечисленных белков: γ -глобулин, родопсин, меланин, пепсин, инсулин.
2. Как вы понимаете транспортную функцию белков?

Применение:

1. Опишите основные функции белков. Почему они характерны для большинства клеток любых организмов?
2. Докажите на примерах, что функции, выполняемые белковой молекулой, определяют ее сложность и структуру.

Анализ:

1. Нарисуйте схему, показывающую обратимость процесса денатурации. Изобразите восстановление структуры белка стрелочками.
2. Проанализируйте, что и почему делает процесс ренатурации невозможным.

Синтез:

1. Используя понятия: *энергетические затраты, катаболизм и анаболизм*, объясните, что спонтанное восстановление первичной структуры белка невозможно, а восстановление структур более высокого порядка произойдет обязательно.
2. Известно, что при соединении аминокислот между собой (реакции полимеризации) выделяется молекула воды, образуется пептидная связь. При разрушении пептидной связи молекула воды поглощается. Установите зависимость между понятиями: *гидролиз и дегидратация, денатурация и биосинтез*.

Оценка:

Решите задачу. Рассчитайте, сколько молекул воды выделится, сколько пептидных связей образуется и сколько энергии потратится, если известно, что на образование одной пептидной связи требуется энергия 2 молекул АТФ, а в состав белка будут входить 87 аминокислотных остатков.

Дискуссия:

Почему такие белки, как кератин и токсин кобры, одновременно выполняют различные функции? Одинакова ли причина этого явления для обоих белков? С чем, по-вашему, связана разница в свойствах шерстинок и рогов, если их химический состав так схож?



Лабораторная работа №1. Влияние различных условий (температура, pH) на структуру белков. См. с. 268.

§6. Содержание белков в биологических объектах

Определять содержание белков в биологических объектах



Сколько процентов составляют белки в составе живой клетки от сухой и сырой массы?

Содержание белков в разных клетках, тканях и организмах различно. Одно из самых удачных определений жизни, с точки зрения материализма, начинается словами: «Жизнь есть особый способ существования белковых тел...». Следовательно, жизнь без белков невозможна, но количество белков в разных живых клетках, как и в различных организмах, неодинаково.

Все одноклеточные организмы имеют примерно равное количество белков по той причине, что их клетки функционируют как целое живое существо. То есть их можно принять за некие клетки со «средним» содержанием белков.

Если мы будем рассматривать клетки многоклеточных организмов, то обнаружим разное содержание белков, потому что они высокоспециализированы. Так, в клетках эндосперма семян масличных растений содержится более 50% жиров, а в клетках жировой ткани животных и того больше. Соответственно, количество белков в них ниже, чем в «средней клетке». В то же время клетки крови, такие как эритроциты, содержат большое количество гемоглобина, который состоит из белка (глобина) и железопорфирина – гема. С учетом того, что эритроциты не содержат мембранных органоидов, в них уменьшится и количество липидов.

Богаты белками клетки мышечной ткани, печени и селезенки. Невысоким по сравнению со средними значениями будет количество белков в костной и жировой тканях.

Содержание белков в продуктах питания – важнейший показатель их ценности, ведь потребление белков с пищей определяет так называемый *азотистый баланс*, т. е. соответствие между количеством азота поглощенного и выделенного. Вспомните, что жиры и углеводы могут образовываться в организме человека и животных хоть из белков, хоть друг из друга. А вот белки могут поступать только с пищей.

Процентное содержание белков в отдельных продуктах (табл. 4) косвенно отражает количество белков в клетках организмов, из которых эти продукты были изготовлены.

Таблица 4. Содержание белков, жиров и углеводов в некоторых продуктах питания (на 100 г)

Продукт	Белки	Жиры	Углеводы	Калории, ккал
Мясо, птица				
Говядина	18,50	16,00	0,00	218,00
Баранина	15,60	16,30	0,00	209,00
Конина	19,50	8,30	0,00	167,00
Свинина жирная	11,70	33,30	0,00	491,00
Мясо кроликов	21,10	15,00	0,00	183,00
Колбаса полукопченая	16,50	63,60	0,00	376,00
Колбаса докторская	12,80	22,20	1,50	257,00
Куры	18,20	18,40	0,70	241,00
Яйцо куриное	12,70	11,50	0,70	157,00
Рыба и морепродукты				
Печень трески (консервы)	4,20	65,70	1,20	613,00
Сардины в масле (консервы)	16,00	17,70	0,00	223,00
Скумбрия бланшир. в масле	13,10	25,10	0,00	278,00
Камбала в томате (консервы)	12,60	5,40	6,30	125,00
Молочные продукты				
Молоко коровье	3,20	3,60	5,16	61,00
Сливки, 10% жирности	2,80	10,00	4,80	118,00
Сливки сухие	23,00	42,70	26,38	579,00
Сметана, 30% жирности	2,40	30,00	3,18	294,00
Творог жирный	14,00	18,00	2,85	232,00
Кефир жирный	2,80	3,20	3,61	56,00
Сыр «Российский»	23,00	29,00	0,00	360,00
Сыр «Голландский»	26,00	26,80	0,00	352,00
Брынза	17,90	20,10	0,00	260,00

Масло сливочное несоленое	0,50	82,50	0,80	748,00
Майонез «Провансаль»	2,80	70,00	2,60	624,00
Овощи, фрукты и другие продукты				
Горошек зеленый	5,00	0,20	13,80	73,00
Томаты грунтовые	1,10	0,20	5,00	23,00
Картофель	2,00	0,40	18,10	80,00
Баклажаны	1,20	0,10	6,90	24,00
Капуста цветная	2,50	0,30	5,40	30,00
Капуста белокочанная	1,80	0,10	6,80	27,00
Капуста квашеная	1,80	0,00	3,20	19,00
Лук репчатый	1,40	0,00	10,40	41,00
Лук зеленый	1,30	0,00	5,20	19,00
Чеснок	6,50	0,00	6,00	46,00
Морковь	1,30	0,10	9,30	34,00
Огурцы грунтовые	0,80	0,10	3,80	14,00
Огурцы соленые	0,80	0,10	2,30	13,00
Перец сладкий красный	1,30	0,00	7,20	27,00
Редис	1,20	0,10	3,80	21,00
Салат	1,50	0,20	3,10	17,00
Свекла	1,50	0,10	12,80	42,00
Тыква	1,00	0,10	5,90	25,00
Изюм	1,80	0,00	66,00	262,00
Виноград	0,60	0,20	16,80	65,00
Груши	0,40	0,30	10,90	49,00
Яблоки	0,40	0,40	11,80	45,00
Персики	0,90	0,10	11,30	43,00
Абрикосы	0,90	0,10	10,80	41,00
Апельсины	0,90	0,20	10,30	40,00
Арбуз	0,70	0,20	7,90	38,00
Дыня	0,60	0,00	10,30	38,00
Земляника	0,80	0,40	11,20	34,00
Масло подсолнечное	0,00	99,90	0,00	899,00
Орехи грецкие	15,60	65,20	0,00	646,80
Сахар	0,00	0,00	99,80	379,00
Чай	20,00	5,10	15,00	186,00
Сок виноградный	0,40	0,00	14,00	54,00

Сок яблочный	0,30	0,00	7,23	38,00
Сок томатный	1,00	0,00	3,70	19,00
Грибы белые свежие	3,70	1,70	3,40	23,00
Крупа, хлеб				
Крупа гречневая	12,60	3,26	54,30	335,00
Крупа рисовая	7,00	1,00	73,20	330,00
Крупа «Геркулес»	11,00	6,20	49,24	305,00
Хлеб пшеничный формовой	7,63	0,86	50,15	239,06
Хлеб ржаной формовой	6,62	1,20	41,82	181,00

Краткие выводы

1. Среднее количество белка составляет около 20% от общей массы клетки, или 70–80% от сухой массы.
2. Количество белков в разных клетках многоклеточных организмов может быть различным.
3. Любому организму необходимо получать полноценное белковое питание. Количество получаемого с пищей белка должно быть не меньше, чем количество восстанавливаемого и требуемого организмом.
4. Недостаток любой из незаменимых аминокислот приведет к гибели животного.
5. Содержание белков в разных растительных и животных продуктах питания не одинаково.



Гемоглобин, азотистый баланс, незаменимые аминокислоты.



Знание и понимание:

1. Что такое азотистый баланс?
2. Объясните, почему нужно принимать полноценную, богатую незаменимыми аминокислотами пищу.

Применение:

1. Определите связь между содержанием белков в продуктах и их пищевой ценностью.
2. Какие клетки, ткани и органы содержат больше белков?

Анализ:

1. Проанализируйте, какие продукты наиболее богаты белками.
2. Докажите на примерах, что растительная пища в целом содержит меньше белков, чем животная.

Синтез:

1. Порассуждайте. Сможет ли человек выжить на рационе, содержащем:
 - 1) только жиры и углеводы;
 - 2) только белки;
 - 3) только растительную пищу;
 - 4) жиры, углеводы и белки, в которых обязательно не хватало бы двух незаменимых аминокислот?
2. Систематизируйте пищевые продукты, приняв за основной критерий содержание в них белков.

Оценка:

1. Напишите реферат «Полноценное белковое питание».
2. Обсудите популярные диеты, такие как вегетарианство, белковая, без-белковая и т. д.



Лабораторная работа №2. Определение содержания белков в биологических объектах. См. с. 269.

§7. Процесс репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК)

Описывать процесс репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты



Из каких компонентов состоит нуклеотид ДНК? Какова роль нуклеиновых кислот в клетке? Какие азотистые основания являются комплементарными? Какой тип химической связи и между какими компонентами нуклеотида возникает в комплементарных цепях молекул ДНК? Уменьшается ли количество ДНК и хромосом в дочерних клетках при их размножении?

Роль молекул ДНК. Как вы помните, в молекулах ДНК хранится наследственная информация – запись порядка аминокислот всех белков организма. Хромосомы не только хранят наследственную информацию, но и переносят ее в дочерние клетки и организмы при размножении. В основе роста и регенерации клеток лежит их размножение. В результате митоза из одной материнской клетки должны образоваться две дочерние с таким же количеством хромосом. Например, при размножении клеток человека из одной клетки, содержащей 46 хромосом, образуются две дочерние клетки по 46 хромосом в каждой. Следовательно, чтобы количество хромосом в дочерних клетках не уменьшилось, перед делением оно должно увеличиться в 2 раза. Для этого и служит процесс *репликации* – самоудвоения ДНК.

Репликация ДНК происходит по *матричному принципу*. Матрица – это основа, с которой делаются копии. Так, при ксерокопировании матрицей является изображение, с которого снимаются копии. Количество копий может быть любым. При репликации матрицей служат молекулы ДНК в клетках, готовящихся к делению. Так как клетке предстоит одно размножение, то молекулы ДНК удваиваются только 1 раз. Но если учесть, что образовавшиеся клетки вырастут и тоже будут размножаться, становится очевидным, что количество копий будет зависеть от того, сколько раз предстоит делиться данным клеткам. Поэтому можно утверждать, что исходные молекулы ДНК зиготы являются матрицей для огромного числа копий всех клеток многоклеточного организма. Напомним, что организмы, размножающиеся половым путем, получают свои молекулы ДНК лишь однажды – в момент оплодотворения. При слиянии яйцеклетки и сперматозоида их хромосомы – молекулы ДНК – оказываются в ядре зиготы. Все хромосомы, находящиеся в ядрах всех клеток одного организма, – это результат *матричного копирования хромосом зиготы*.

Химические предпосылки репликации. Молекула ДНК представляет собой двойную спираль, состоящую из двух комплементарных цепей. Нуклеотиды в каждой цепи связываются между собой прочными ковалентными полярными связями через дезоксирибозу и остатки фосфорной кислоты, поэтому разорвать связи между нуклеотидами в одной цепи ДНК достаточно сложно.

Между комплементарными цепями возникают водородные связи, так как их нуклеотиды обращены друг к другу азотистыми основаниями. Аденин и тимин соединяются *двойной водородной связью*, а гуанин с цитозином – *тройной водородной связью*. Таким образом, две цепи одной двуцепочечной молекулы ДНК соединены между собой большим количеством водородных связей, которые легко разрушаются. Они гораздо менее прочные, чем ковалентные полярные связи между нуклеотидами одной цепи.

Механизм репликации. Процесс репликации начинается в небольшом участке молекулы ДНК. Специальный фермент разрушает здесь водородные связи. Это так называемая *точка начала репликации*. На этом участке много азотистых оснований аденина и тимина, так как двойную водородную связь разрушить легче, чем тройную. Первый фермент репликации разрушает водородные связи и «расплетает» двойную спираль, делая участки начала репликации одностранными. Именно на эти свободные от водородных связей участки «насаживаются» следующие ферменты. Они катализируют синтез сначала небольшого фрагмента РНК (который впоследствии удаляется). Затем начинается синтез дочерних цепей ДНК.

Вообще процесс репликации, как и любой матричный процесс в клетке, очень сложен и контролируется более чем одним ферментом. Но в школьном курсе гуманитарного класса достаточно представлять действие главного фермента репликации – *ДНК-полимеразы*. Этот фермент катализирует присоединение новых нуклеотидов ДНК друг к другу. Он выстраивает их в новую дочернюю цепь не хаотично, а в соответствии с принципом комплементарности материнской цепи. То есть, если в материнской цепи стоит основание аденин, напротив него в дочерней цепи встроится основание тимин и т. д. Причем на двух материнских цепях одновременно работают два фермента. Так происходит одновременный синтез обеих дочерних цепей, комплементарных исходным материнским (рис. 12, 13).

Следует отметить еще и тот факт, что в процессе репликации, как и в других реакциях биосинтеза, постоянно тратится энергия, предварительно запасенная клеткой в виде АТФ. На соединение нуклеотидов в новую дочернюю цепь энергия тратится еще до того, как они вступают

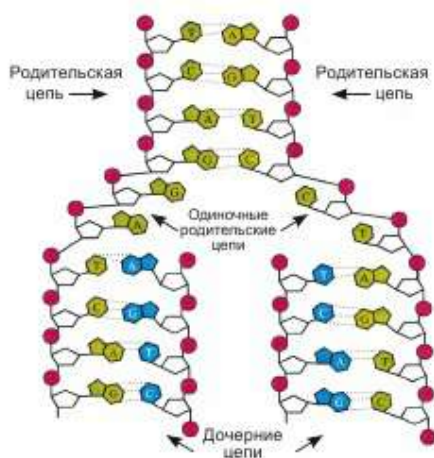


Рис. 12. Модель полуконсервативной репликации ДНК

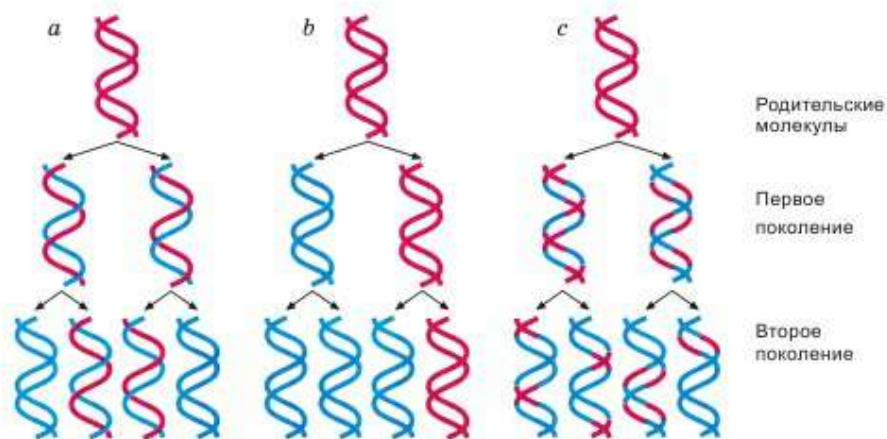


Рис. 13. Модель репликации ДНК:

a – полуконсервативная, *b* – консервативная, *c* – дисперсная.
Родительские цепи показаны красным цветом, дочерние – синим

в реакции полимеризации. Дело в том, что сначала будущие нуклеотиды ДНК энергетически активируются, т. е. переходят в трифосфатную высокоэнергетическую форму. А энергетический рибонуклеотид АТФ является самым распространенным аккумулятором энергии в живых клетках. Его макроэргические связи, образующиеся между фосфорными остатками, разрушаясь, обеспечивают энергией большинство жизненных процессов в клетке. Нуклеотиды ДНК вначале становятся трифосфатами, а уже в виде трифосфатов вступают в реакцию полимеризации.

Благодаря ферменту ДНК-полимеразе скорость репликации очень высокая. У прокариот она составляет в среднем 1000 пар оснований в секунду, а у эукариот – порядка 100 пар оснований. ДНК-полимераза эукариот работает медленнее, потому что вся ДНК человека, например, гораздо длиннее, чем одна кольцевая молекула ДНК бактерий. Но у ДНК бактерий есть только одна точка начала репликации в ее единственной кольцевой молекуле. А у эукариот процесс репликации всех хромосом начинается одновременно, да еще и в нескольких участках каждой хромосомы.

Краткие выводы

1. Молекула ДНК, как химическое вещество хромосом, отвечает за наследственность. Поэтому при размножении клеток ДНК обязательно должна удваиваться. Без этого количество хромосом при размножении в дочерних клетках с каждым делением уменьшалось бы в 2 раза, и жизнь была бы невозможна.

2. Процесс самоудвоения ДНК – *репликация*. Химическое строение молекул ДНК обеспечивает репликацию по *матричному принципу*. Матрицей являются «старые» одиночные цепи молекулы ДНК.

3. Нуклеотиды новой цепи выстраиваются напротив старой по принципу комплементарности: А–Т; Г–Ц, поэтому образовавшиеся молекулы точно копируют исходную (материнскую) ДНК.

4. Основной фермент репликации – *ДНК-полимераза*. Он работает с высокой точностью и скоростью. Кроме того, в процессе участвует множество других ферментов и затрачивается энергия.



Репликация, матричный принцип, точка начала репликации, двойная и тройная водородные связи, ДНК-полимераза.



Знание и понимание:

1. Для чего нужен процесс репликации?
2. Дайте определение терминам: *матричный принцип, точка начала репликации, ДНК-полимераза.*

Применение:

Объясните значение разных типов химической связи в молекуле ДНК для обеспечения процесса репликации.

Анализ:

1. Рассмотрите символы. Предположите точку начала репликации. Вместо вопросительных знаков укажите количество и тип химической связи.

А Г Ц Ц Т А Т Г Ц Т А Т А Т Ц Т А А А Т Т Т А Г Ц Т Ц Г Т А Г Ц Г Т Ц
 ?
 Т Ц Г Г А Т А Ц Г А Т А Т А Г А Т Т Т А А А Т Ц Г А Г Ц А Т Ц Г Ц А Г

2. Докажите, что иной точки начала репликации на изображенном участке быть не может.
3. Установите отличия между процессом репликации и другими реакциями полимеризации (синтез белков и полисахаров), протекающими в клетке.

Синтез:

1. Дайте общее описание механизмов репликации.
2. Перечислите, в чем заключается различие репликации у прокариот и эукариот.

Оценка:

Используя дополнительные источники информации и обсудив работу с ними в классе, опишите процесс репликации, выделив все возможные, на ваш взгляд, стадии процесса и его участников.

Дискуссия:

Как развивалась бы жизнь на нашей планете, если бы репликация протекала без участия ферментов? Такое явление возможно в пробирке, если есть все необходимые компоненты, а в роли катализаторов выступают ионы Zn , но скорость соединения при этом не более 3–4 нуклеотидов в секунду.

§8. История исследования ДНК. Правило Чаргаффа. Эксперименты Мезельсона и Сталя

Познакомьтесь с экспериментами Мезельсона
и Сталя и правилом Чаргаффа



Что вы помните об истории открытий, связанных с ДНК? Можно ли, зная количество аденина в ДНК, рассчитать количество других азотистых оснований? Что такое принцип комплементарности? Исследования какого биохимика предвосхитили это открытие?



1869 г. Швейцарский биохимик **Иоганн Фридрих Мишер** открыл **нуклеиновые кислоты** как основное вещество клеточного ядра. Долгое время ученые были уверены, что хранителем наследственных свойств организмов являются белки. Суждения о приоритете белков были основаны на том, что они бесконечно разнообразны. Белки сложнее нуклеиновых кислот и имеют большее число мономеров (типов аминокислот 20, а типов нуклеотидов в ДНК всего 4). Они могут включать в себя металлы и другие компоненты. Считалось, что гены состоят из белков.

1944 г. Американский микробиолог **Освальд Эйвери** доказал в опытах на бактериях, что **веществом наследственности является именно ДНК**.

1947–1950 гг. Американский биохимик **Эрвин Чаргафф**, исследовав химическую природу ДНК, установил, что **число пуринов всегда равно числу пиримидинов**. Это открытие вошло в историю биологии как **правило Чаргаффа**. Сейчас нам легко это понять, так как мы знаем о принципе комплементарности: А–Т; Г–Ц.

1950–1952 гг. Английский биофизик **Морис Уилкинс** (Нобелевская премия 1962 г.) и американский кристаллограф **Розалинд Франклин** методом рентгеноструктурного анализа получили достоверную **«фотографию» молекулы ДНК**.

1953 г. Американский биохимик **Джеймс Уотсон** и английский физик и генетик **Френсис Крик** (совместная Нобелевская премия 1962 г.) создали **пространственную модель структуры молекулы ДНК**.

1958 г. **Метью Мезельсон** и **Франклин Сталь** установили, каким именно образом, с помощью каких механизмов происходит процесс репликации – **самоудвоение молекулы ДНК** (см. рис. 13).

1967 г. Американский биохимик **Артур Корнберг** (Нобелевская премия 1959 г. за исследование механизмов биосинтеза нуклеиновых кислот) смог получить вновь синтезированную молекулу ДНК.

Он осуществил ее самоудвоение в пробирке (бесклеточной системе), содержащей необходимые ферменты и нуклеотиды.

Полуконсервативный механизм репликации. В результате репликации образуются новые молекулы ДНК, которые являются точной копией исходных «старых» молекул. Нужно помнить, что в образованных молекулах одна цепь является старой, или материнской, а вторая, комплементарная ей, – дочерней, вновь синтезированной. То есть все хромосомы оказываются «наполовину старыми, а наполовину новыми». Такой способ репликации называется «полуконсервативным». О том, что ДНК удваивается именно таким образом, впервые узнали ученые М. Мезельсон и Ф. Сталь в 1958 г. Они поставили интересные и логичные опыты, по результатам которых пришли к верным выводам.

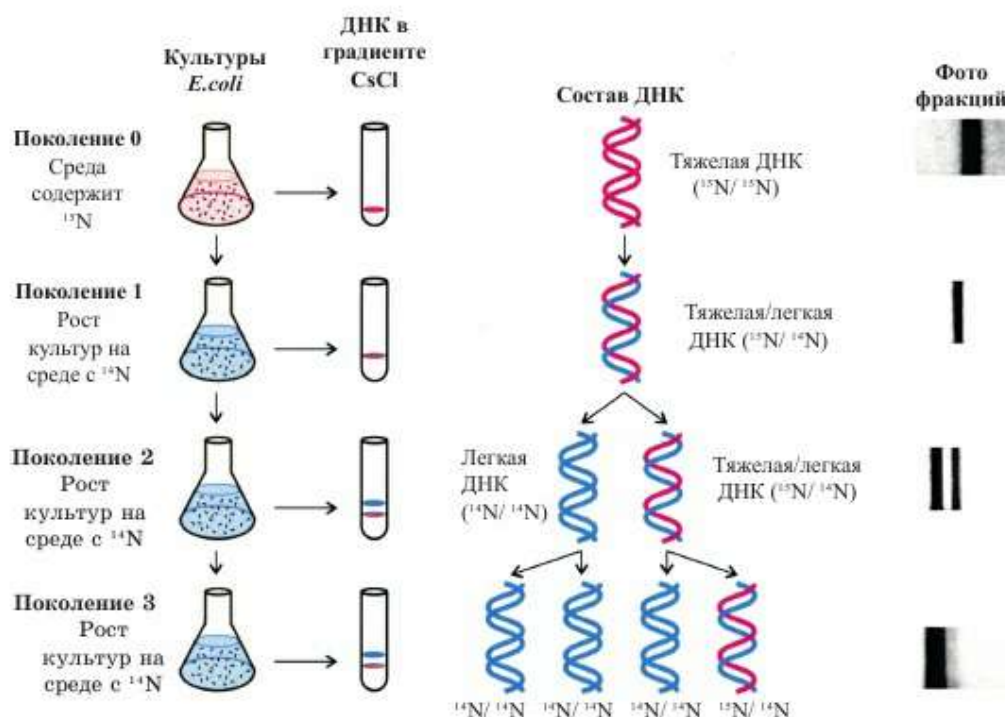


Рис. 14. Схема опытов репликации ДНК Мезельсона – Сталя

Первоначально предполагалось, что ДНК может удваиваться разными способами. Одним из предположений был **консервативный механизм репликации**. По этой версии целые двуспиральные молекулы оказываются вновь синтезированными, а исходные, находившиеся в клетке до репликации, остаются без изменений – полностью старыми, или консервативными (рис. 14).

По другой версии – **дисперсный механизм репликации** – ДНК хаотично распадается на пары нуклеотидов, т. е. разрушается поперечно. При этом должен был бы происходить разрыв ковалентных полярных связей между нуклеотидами каждой из комплементарных цепей. А затем, каким-то чудесным образом, в достроенных новых цепях должна была сохраняться та же последовательность нуклеотидов, что и в исходных молекулах ДНК. Конечно, дисперсная гипотеза репликации самая неправдоподобная. Во-первых, водородные связи разрушаются гораздо быстрее и легче, чем ковалентные полярные. Трудно представить ситуацию, при которой проч-

ные ковалентные полярные связи разрушились бы, а слабые водородные сохранились. Но самое слабое место дисперсной гипотезы заключается именно в том, что невозможно себе представить механизм сохранения исходной последовательности нуклеотидов во вновь синтезированных цепях. Именно то, что в основе полуконсервативного механизма репликации лежит *принцип комплементарности* двух цепей молекулы ДНК, и позволяет осуществлять матричный процесс, сохраняющий последовательность нуклеотидов в дочерних цепях. Исключением являются мутации, многие из которых образуются как «ошибки» в репликации.

Суть опытов М. Мезельсона и Ф. Сталя заключалась в том, что они поместили радиоактивным изотопом исходные молекулы ДНК и вновь синтезированные, чтобы отличать их. Для этого исходная молекула синтезировалась в среде, содержащей легкий изотоп азота ^{14}N , а перед началом репликации клетки помещались в среду, содержащую только нуклеотиды с тяжелым изотопом ^{15}N . При электроцентрифугировании по массе изотопа можно было сразу отличить вновь синтезированные молекулы от старых, исходных. Более легкие старые молекулы всплывали и находились в слое выше, чем тяжелые, вновь синтезированные.

Ученые предполагали, что при консервативном механизме репликации старая и новая молекулы ДНК должны были бы образовать два четко различимых слоя: легкий старый и более тяжелый новый. Но на деле этого не произошло. В действительности после первого же удвоения вся ДНК оказалась в слое между ^{15}N и ^{14}N . Это и явилось доказательством полуконсервативного механизма репликации. После второго деления половина всех молекул состояла только из тяжелой ^{15}N ДНК, а другая половина представляла собой тот же гибрид из ДНК, одна цепь в которых оставалась ^{14}N , а другая, комплементарная ей, – ^{15}N .

Краткие выводы

1. Исследования свойств и строения молекул ДНК велись учеными разных стран мира и продолжаются до сих пор. Одним из фундаментальных открытий, позволившим впоследствии установить четкую структуру вещества наследственности, явилось *правило Чаргаффа*. Оно гласит, что в целостной, неповрежденной молекуле ДНК число пуриновых азотистых оснований всегда равно числу пиримидиновых.

2. Опираясь на открытие Э. Чаргаффа, был сформулирован *принцип комплементарности*, согласно которому аденин и тимин являются комплементарными – парными – основаниями, как гуанин и цитозин.

3. Благодаря принципу комплементарности возможен *механизм репликации* – самоудвоения молекул ДНК. Вновь синтезированные молекулы

сохраняют точную последовательность нуклеотидов старых (исходных) молекул.

4. Единственно возможным механизмом репликации является полуконсервативный: в образовавшихся двуспиральных молекулах одна цепь старая, а комплементарная ей – вновь синтезированная.



Правило Чаргаффа, принцип комплементарности, полуконсервативный, консервативный и дисперсный механизмы репликации.



Знание и понимание:

1. Объясните, что такое репликация. Для чего она необходима?
2. Назовите основной фермент репликации.

Применение:

1. Сравните полуконсервативный и консервативный механизмы репликации.
2. Объясните значение принципа комплементарности в сохранении наследственности.

Анализ:

1. Нарисуйте схему репликации, используя два цвета. Предположите и изобразите схему третьего и четвертого делений клеток при полуконсервативном и консервативном механизмах репликации.
2. Проанализируйте результаты эксперимента Мезельсона и Сталя и установите, почему невозможны иные механизмы репликации, кроме полуконсервативного.

Синтез:

1. Используя правило Чаргаффа и принцип комплементарности, рассчитайте процентное соотношение других азотистых оснований в двуспиральной ДНК, если цитозин = 17%.
2. Представьте, что мы имеем дело с двуцепочечной РНК. Как изменится состав ее оснований, если цитозин = 17%.

	A	B	C	D	E	F
Материнская клетка	100% ^{14}N	100% ^{15}N	100% ^{14}N	100% ^{14}N	75% ^{14}N 25% ^{15}N	75% ^{15}N 25% ^{14}N
1-е деление	100% ^{15}N	50% ^{15}N 50% ^{14}N	50% ^{14}N 50% ^{15}N	50% ^{15}N 50% ^{14}N	85% ^{14}N 15% ^{15}N	85% ^{15}N 15% ^{14}N
2-е деление	100% ^{15}N	75% ^{15}N 25% ^{14}N	85% ^{15}N 15% ^{14}N	75% ^{15}N 25% ^{14}N	100% ^{14}N	100% ^{15}N

3. Какими будут результаты третьего деления? Какое процентное соотношение между изотопами азота в ДНК могло наблюдаться при первом,

втором и третьем делениях, если бы способ репликации был консервативным?

Оценка:

1. Как могут сказаться на потомстве ошибки в репликации? Как взаимосвязаны понятия *точковые*, или *генные*, *мутации* и *ошибки в репликации*?
2. Подготовьте сообщение о функциях других ферментов репликации, кроме ДНК-полимеразы. Используйте дополнительные источники информации. Если вы увлекаетесь биологией, выясните роль праймазы, лигазы, хеликазы, РЕР-белка, SSB-белка. Что такое РНК-затравка, фрагменты Оказаки, основная и запаздывающая цепи, направление движения репликативной вилки?

§9. Строение и функции различных типов рибонуклеиновой кислоты

Различать строение и функции типов рибонуклеиновой кислоты



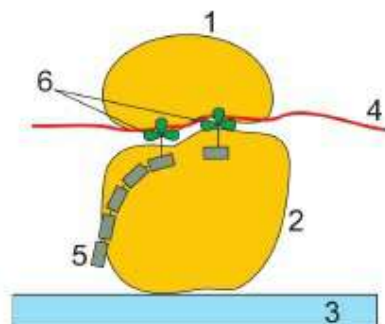
Какие виды РНК вам известны? Какова роль ДНК и разных видов РНК в клетке?

Особенности строения разных видов РНК. Самые крупные из молекул РНК – **рибосомальные**, сокращенно **рРНК**. Рибосомы – это органоиды, присущие всем живым клеткам. Именно они синтезируют белки организма, соединяя аминокислоты между собой. По химическому составу рибосомы состоят из рРНК и специальных белков. И хотя это одни из самых мелких органоидов клетки, они все-таки видны в световой микроскоп как самостоятельные тельца в отличие от иРНК и тРНК.

Находятся рибосомы в цитоплазме или на шероховатой ЭПС и состоят из двух субъединиц: большой и малой. По форме они напоминают восьмерки (рис. 15).

Рис. 15. Схема строения и работы рибосомы:

- 1 – малая субъединица рибосомы,
- 2 – большая субъединица рибосомы,
- 3 – мембрана шероховатой ЭПС,
- 4 – иРНК,
- 5 – полипептид,
- 6 – тРНК



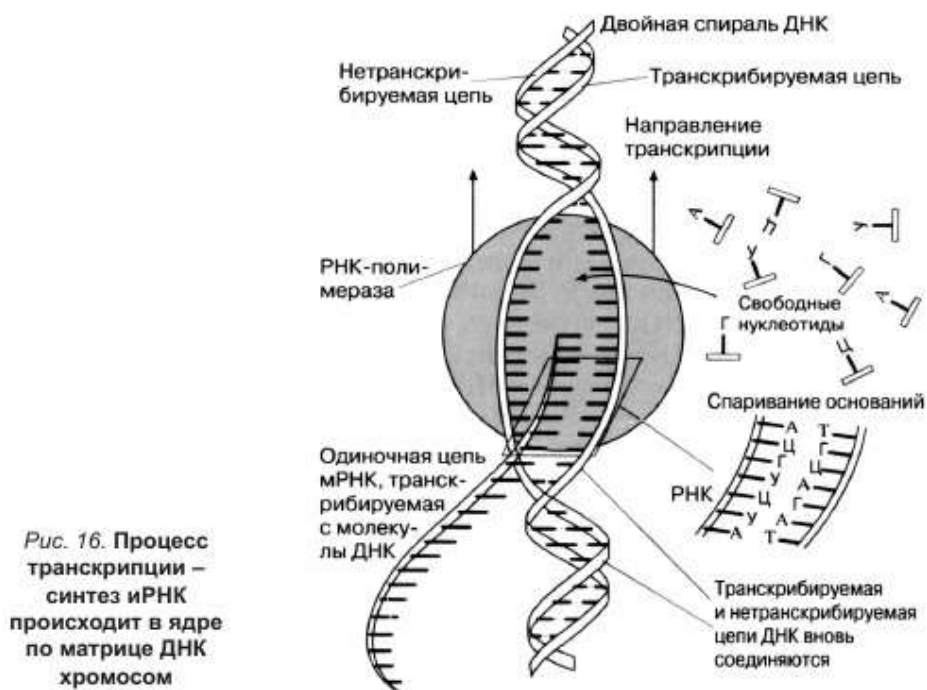


Рис. 16. Процесс транскрипции – синтез иРНК происходит в ядре по матрице ДНК хромосом

Вторыми по размеру молекул являются **информационные**, или **матричные**, РНК (**иРНК**, или **мРНК**). Этот вид РНК копирует части ДНК, кодирующие белок. То есть иРНК копирует с ДНК наследственную информацию, чтобы донести ее до рибосом, в цитоплазму или ЭПС. Ведь если клетке нужен какой-то один белок, нет смысла перемещать из ядра в цитоплазму всю хромосому, в которой могут быть закодированы сотни тысяч белков. Кроме того, ядро – более безопасное место, чем цитоплазма. А ДНК нужно беречь от возможных повреждений. Поэтому-то и происходит синтез иРНК.

Самыми небольшими по размеру являются молекулы **транспортной РНК (тРНК)**. Они имеют вид клеверного листочка (рис. 15, 6). Их задача – принести к рибосоме аминокислоты и поставить их в том порядке, в котором следует соединяться в белок. То есть тРНК подносят к месту синтеза белка «строительные блоки» и выстраивают их в нужной последовательности.

Синтез иРНК. Информация о последовательности аминокислот в белке записана в ДНК. Информационная РНК копирует эту запись. Чтобы не повредить ДНК и в то же время сделать доступной для клетки записанную

в ней информацию, нужен посредник. Им будет иРНК, которая переходит из ядра в цитоплазму к рибосомам. Итак, иРНК выполняет роль копии с молекулы ДНК.

Процесс переписывания наследственной информации с ДНК на иРНК похож на репликацию. Он называется *транскрипцией* (рис. 16). Как и репликация, транскрипция начинается с того, что на определенном участке ДНК разрываются водородные связи. Тогда небольшая часть молекулы ДНК (всего несколько десятков нуклеотидов) временно становится одноцепочечной. На эти свободные одонитевые цепи ДНК «насаживается» фермент *РНК-полимераза*, или *транскриптаза*. Причем функционирует молекула фермента только на одной цепи ДНК, а комплементарная ей остается свободной. Цепь, по которой скользит фермент, называется *транскрибируемой*. Транскрипция – матричный процесс. Если в ДНК стоит азотистое основание Т, в иРНК напротив него встанет А, а напротив Г встраивается Ц. Так в соответствии с принципом комплементарности синтезируется молекула РНК. Единственное отличие заключается в том, что вместо тимина в иРНК напротив аденина будет встраиваться урацил.

После окончания транскрипции иРНК покидает ядро клетки и направляется к рибосомам, неся в себе наследственную информацию.

Взаимосвязь строения и функций тРНК. Транспортные РНК приносят нужные аминокислоты к информационной РНК и выстраивают их в правильной последовательности. В связи с тем, что существует 20 видов аминокислот, должно быть не менее 20 типов молекул тРНК, которые имели бы какие-то отличия друг от друга. Ведь фиксация наследственной информации не что иное, как верное выстраивание различных видов аминокислот в белке. Эту роль выполняют молекулы тРНК. К определенным молекулам они присоединяют только строго определенные аминокислоты. Между нуклеотидами тРНК образуются водородные связи, как и в молекуле ДНК, но, в отличие от ДНК, транспортная РНК не двуцепочечная. Она причудливо скручена в структуру, напоминающую тройчатый клеверный листочек. Верхушка среднего (центрального) «листочка» называется *антикодоном*. Это три нуклеотида, комплементарные *кодону* – трем нуклеотидам иРНК. Подойдя к информационной молекуле, три нуклеотида тРНК образуют водородные связи в системе кодон–антикодон.

Взаимосвязь строения и функций рРНК. Водородные связи между нуклеотидами транспортной и информационной РНК могут образовываться только внутри рибосомы. Следовательно, чтобы аминокислоты были выстроены в правильной последовательности, вначале на иРНК должна быть «нанизана» рибосома. Как вы помните, рибосомы – тельца, состоящие из самых крупных молекул РНК. Они похожи на крупные бусины, сколь-

зание по тонкой нити – иРНК. То есть рибосома как бы нанизывается на иРНК. Причем *функциональный центр* рибосомы удерживает в себе только 6 нуклеотидов иРНК. Это не случайно. Такой механизм обеспечивает нахождение рядом двух молекул тРНК (рис. 15) и двух присоединенных к ним аминокислот. Теперь рибосома соединяет аминокислоты, катализируя реакцию полимеризации – образования пептидных связей. После этого рибосома «делает шаг», т. е. перемещается еще на 3 нуклеотида по иРНК. Освободившаяся от аминокислоты тРНК отсоединяется от иРНК и следует за новой аминокислотой. А к очередному кодону иРНК присоединяется антикодон тРНК, принесший следующую аминокислоту для встраивания в белок.

Так повторяется до тех пор, пока рибосома не дойдет до стоп-кодона. Здесь к последней белковой молекуле присоединится молекула воды, и рибосома «отпустит» синтезированный пептид.

Напомним, что в состав рибосомы кроме молекул РНК входят еще различные молекулы белка, выполняющие каталитические функции. Ведь рибосома обеспечивает как соединение нуклеотидов тРНК с иРНК, так и соединение аминокислот между собой. Только оказавшись внутри рибосомы, аминокислоты образуют белок.

Краткие выводы

1. Три типа РНК имеют характерные особенности строения, связанные с обеспечением возложенных на них функций.
2. Рибосомальная рРНК самая крупная. Она образует рибосомы, обеспечивающие выстраивание в верной последовательности иРНК и тРНК, их соединение в системе кодон–антикодон и соединение аминокислот в белок.
3. Информационная, или матричная, иРНК синтезируется по матрице ДНК, копирует с нее наследственную информацию и переносит ее к месту синтеза белка – рибосоме.
4. Транспортная тРНК имеет причудливую конфигурацию листка клевера. Ее специфический участок *антикодон* комплементарен кодону иРНК. Транспортная тРНК обеспечивает доставку аминокислот к месту синтеза белка и выстраивание их в верной последовательности в соответствии с наследственной информацией.



Транскрипция, иРНК, тРНК, рРНК; транскриптаза, или РНК-полимераза; транскрибируемая цепь, кодон, антикодон, функциональный центр, «шаг» рибосомы.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему молекулы рРНК самые крупные.

2. Дайте определение терминам: *транскрипция, шаг рибосомы, кодон-антикодон.*

Применение:

1. Опишите роль 3 видов РНК.
2. Опишите, каким образом происходит выстраивание аминокислот в верной последовательности.

Анализ:

1. Нарисуйте схему, отражающую процесс образования видов РНК и роль каждого из них.
2. Проанализируйте и ответьте: почему в функциональном центре рибосомы находятся именно 6 нуклеотидов иРНК?

Синтез:

1. Дайте общее описание процессу взаимодействия разных видов РНК. Могут ли какие-либо из них функционировать автономно, без других видов? Ответ обоснуйте.
2. Приведите примеры того, как принцип комплементарности и матричный синтез реализуются в ходе функционирования нуклеиновых кислот различных типов и подтипов.

Оценка:

Обсудите в классе и составьте наиболее полную схему процесса взаимодействия разных типов нуклеиновых кислот, отразив в ней следующие понятия:

иРНК	малая субъединица рибосомы	стоп-кодон
тРНК	большая субъединица рибосомы	кодон
рРНК		антикодон

§10. Сходство и различия в строении молекул ДНК и РНК

Сравнивать строение молекул рибонуклеиновой кислоты и дезоксирибонуклеиновой кислоты



Какой моносахар (углевод) входит в состав ДНК, а какой – в РНК? Каковы формулы этих моносахаров? Как отражается в их названиях разница химического состава?

Общность строения нуклеиновых кислот. Все нуклеиновые кислоты состоят из нуклеотидов. Различают дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК) кислоты. Кроме них в клетке функционируют энергетические вещества, состоящие всего из одного нуклеотида (АТФ, ГТФ и др.).



Рис. 17. Компоненты нуклеотидов: азотистые основания – пиримидины Т, Ц, У и пурины А, Г и пятиуглеродные сахара – рибоза и дезоксирибоза

Компоненты любого нуклеотида – азотистые основания, пятиуглеродный сахар и фосфорная кислота (рис. 17). Если между собой соединяются только азотистое основание и моносахар, такое соединение называется *нуклеозид*.

В одиночной цепи молекулы любой нуклеиновой кислоты происходит соединение между сахаром и фосфатом. Химическая связь между нуклеотидами – *ковалентная полярная*, или *фосфодиэфирная*. Никакой разницы в соединениях нуклеотидов в одной цепи ДНК или РНК не существует.

Отличия в строении молекул ДНК и РНК. Все нуклеотиды ДНК в качестве сахара имеют углевод *дезоксирибозу*. Она отличается от *рибозы* нехваткой одного атома кислорода.

В составе азотистых оснований тоже есть отличия. Нуклеотиды ДНК могут содержать четыре из них: А, Т, Г, Ц (рис. 18). Урацил (У) содержится только в РНК, но в ней никогда не содержится тимин (Т).

При нормальных физиологических условиях ДНК, как правило, – *двуцепочечная молекула*, а РНК в основном – *одноцепочечная*. То есть в молекулах РНК, в отличие от ДНК, не бывает постоянных водородных связей между азотистыми основаниями и не сохраняется принцип комплементарности.

Кроме особенностей строения важными являются отличия в функциях и биосинтезе ДНК и РНК (табл. 5). Новые молекулы ДНК появляются в дочерних клетках в результате репликации. Молекулы РНК всегда образуются по матрице ДНК (рис. 19, с). Большая часть молекулы ДНК содержит генетическую информацию, т. е. указание порядка аминокислот во всех белках данного организма. А небольшая часть молекулы ДНК не

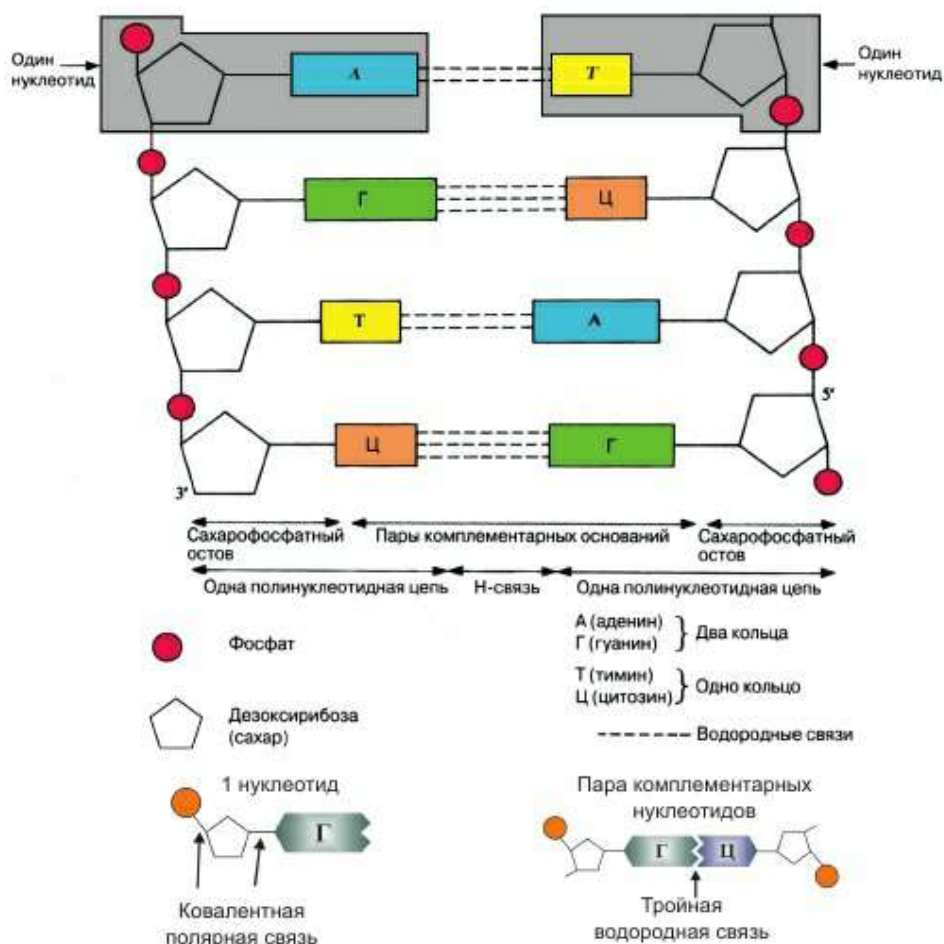


Рис. 18. Мономеры ДНК и их соединение в двойной спирали

записывает порядка аминокислот, в ней записан порядок нуклеотидов РНК. Эту часть молекулы ДНК называют *ядрышковым организатором*.

Итак, ДНК эукариот находится в ядре в составе хромосом. У прокариот ДНК плавают в цитоплазме в виде одной кольцевой молекулы. Все типы РНК содержатся в разных структурах и выполняют разные функции.

Краткие выводы

1. В клетках присутствуют два основных типа нуклеиновых кислот: ДНК и РНК.
2. Их общими компонентами являются нуклеотиды.

Таблица 5. Особенности ДНК и РНК

ДНК	Признак	РНК
Дезоксирибоза	Тип углевода	Рибоза
А, Т, Г, Ц (нет У)	Азотистые основания	А, У, Г, Ц (нет Т)
Как правило двуцепочечная	Структура молекулы	В основном – одноцепочечная
Постоянные	Водородные связи	Отсутствуют (кроме тРНК)
Сохраняется	Принцип комплементарности	Не сохраняется
Кроме ядра входит в состав митохондрий и хлоропластов	Местонахождение в клетке	В цитоплазме, рибосомах, частично в ядре (в ядрышках и ядерном соке)
1 тип	Количество существующих типов	3 типа: иРНК, рРНК, тРНК
До сантиметров, миллионы пар	Длина – количество нуклеотидов в молекуле	Гораздо короче, до нескольких тысяч оснований
Хранение генетической информации и ее перенос в дочерние клетки	Функции	Осуществление биосинтеза белка. Реализация генетической информации
Стабильна	Степень стабильности молекулы	Лабильна
Есть. Удвоение молекул ДНК	Способность к самокопированию	Нет. Образуется как копия ДНК

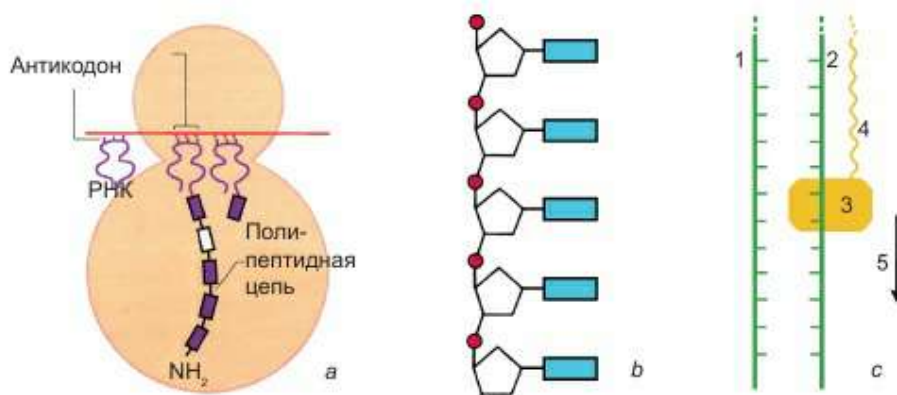


Рис. 19. Синтез РНК: а – биосинтез белка; б – одноцепочечная РНК; с – процесс синтеза РНК по матрице ДНК: 1 – цепь ДНК, не участвующая в синтезе иРНК; 2 – цепь ДНК, по которой синтезируется иРНК; 3 – фермент синтеза иРНК; 4 – синтезируемая молекула иРНК; 5 – направление движения фермента

3. Типы химической связи в одноцепочечных молекулах ДНК и РНК идентичны.

4. Отличаются ДНК и РНК одним из типов азотистых оснований, типом углевода, структурой молекул, их расположением, функциями и свойствами.



Нуклеозид, ковалентная полярная связь, рибоза, дезоксирибоза, принцип комплементарности, наследственная информация, ядрышковые организаторы.



Знание и понимание:

1. Объясните отличия между рибозой и дезоксирибозой. К какому классу веществ они относятся?
2. Перечислите отличия, связанные с расположением ДНК и РНК в клетке.
3. Какая из этих двух нуклеиновых кислот является более важной, а какая играет вспомогательную роль?

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит образование молекул нуклеиновых кислот в клетке.
2. Объясните значение молекул ДНК как для клетки в целом, так и для появления молекул РНК.

Анализ:

1. Нарисуйте произвольную схему «Основные отличия ДНК и РНК».
2. Проанализируйте и установите зависимость структуры ДНК и РНК от выполняемых функций.

Синтез:

1. Как взаимосвязаны особенности строения, расположения и выполняемых функций молекул ДНК и РНК? При ответе систематизируйте полученные знания.
2. Смоделируйте ситуацию: 1) в клетке исчезли все молекулы ДНК; 2) в клетке исчезли все молекулы РНК. Какими будут последствия в первом и втором случаях?

Оценка:

Считаете ли вы, что в процессе эволюционного развития могли возникнуть организмы, содержащие только ДНК или только РНК? Вспомните о наличии вирусов, которые содержат только один какой-либо тип нуклеиновых кислот. Ответ аргументируйте.

Дискуссия:

Организируйте дискуссию и оцените, какова вероятность того, что в условиях иной планеты носителем наследственной информации являлась бы РНК, а вспомогательную роль играла бы ДНК.

Раздел 2. КЛЕТочная биология

§11. Основные компоненты клетки. Классификация органоидов

Объяснять особенности строения органоидов клетки



Вспомните, из каких частей состоит клетка. Из каких частей состоят клетки прокариот и эукариот? Что такое органоиды клетки? По каким принципам их можно разделить?

Части клеток. Как вы помните, клетки эукариот состоят из трех частей: оболочки, цитоплазмы и ядра. Клетки прокариот не содержат ядер и состоят из оболочки и цитоплазмы. Следовательно, обязательными для всех клеток являются оболочка и цитоплазма. В цитоплазме содержатся все структуры клеток – органоиды. Здесь же протекает весь комплекс процессов, обеспечивающих жизнь.

Оболочка, которая ограничивает цитоплазму клетки от окружающей среды, называется **клеточной мембраной**, или **плазматической мембраной**, или **плазмалеммой**. У клеток растений, грибов и бактерий существует еще **клеточная оболочка**, или **клеточная стенка**. Эта твердая структура находится снаружи клеточной мембраны. Клетки, покрытые ею, не способны сокращаться и менять свою форму, поэтому грибам и растениям свойственна неподвижность. Веществом клеточной стенки у растений является **целлюлоза**, у грибов – в основном **хитин**, у некоторых также **целлюлоза**, а у бактерий – **муреин**. Клеточная стенка придает клетке жесткость, выполняет опорную и защитную функции. Клетки бактерий, некоторых водорослей и низших грибов снаружи клеточной стенки имеют **слизистую капсулу**.

Цитоплазма – это жидкая, вязкая внутренняя среда, заполняющая клетки. Она состоит из **гиалоплазмы** (жидкой части) и погруженных в нее органоидов (рис. 20). Сама по себе гиалоплазма не является органоидом. Это раствор, в котором присутствуют различные химические вещества, характерные для конкретной клетки.

Цитоплазма жировых клеток может содержать много жиров, а цитоплазма клеток клубней картофеля – много крахмала. Нерастворимые вещества, в больших количествах присутствующие в цитоплазме, образуют в ней скопления – **клеточные включения**, которые не являются органоидами, т. к. непостоянны. Они то возникают, то исчезают. Чаще всего это капли жира, крахмальные зерна, кристаллы некоторых солей и др.

Следует помнить, что цитоплазма эукариот постоянно движется, а цитоплазма прокариот неподвижна.

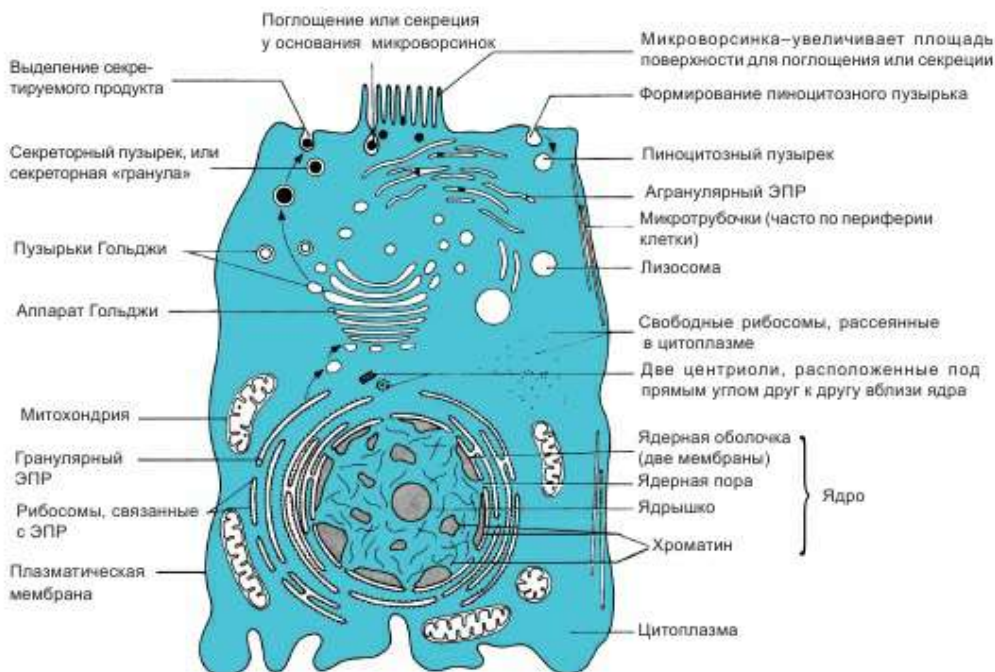


Рис. 20. Схема строения животной клетки

В цитоплазме плавают органоиды – постоянные клеточные структуры, клеточные органы. Они обеспечивают выполнение клеткой ее жизненных функций.

Классификация органоидов. Руководствуясь разными принципами, все органоиды клетки можно подразделять на разные группы. Одним из важных принципов этой классификации является их деление по наличию мембран на три большие группы:

немембранные – органоиды, в строении которых нет мембран;

одномембранные – органоиды, структуру которых составляет одна мембрана;

двумембранные – самые крупные органоиды.



Самые мелкие немембранные органоиды могут находиться и в цитоплазме, и в других более крупных органоидах.

Некоторые органоиды присущи всем живым клеткам. Прежде всего это сама клеточная мембрана – плазмалемма. Если нет мембраны, нет и клетки. Кроме мембраны у всех клеток растений, животных, грибов и микроорганизмов, включая прокариотные бактериальные клетки, есть рибосомы. Но некоторые органоиды характерны только для клеток животных или только для клеток растений.

По принципу принадлежности к разным царствам живых организмов все органоиды тоже можно поделить на три группы:



С каждым типом органоидов вы ознакомились в предыдущих курсах биологии. Вам необходимо только вспомнить особенности их строения и функционирования.

Краткие выводы

1. Клетки обязательно имеют в своем составе оболочку и цитоплазму.
2. Все клетки имеют *клеточную, или плазматическую, мембрану*, а у клеток растений, грибов и бактерий есть еще и твердая *клеточная стенка*.
3. *Цитоплазма* – жидкая внутренняя среда, характерная для любой живой клетки.
4. В цитоплазме плавают мельчайшие клеточные структуры – *органоиды*. Каждый из них имеет постоянное строение и выполняет определенные функции.
5. Все органоиды классифицируются по двум основным признакам: наличию мембран и принадлежности к разным царствам живых организмов.



Клеточная, или плазматическая, мембрана, или плазмалемма; клеточная стенка, органоиды, слизистая капсула, цитоплазма, гиалоплазма, клеточные включения.

**Знание и понимание:**

1. Назовите основные части клетки.
2. Объясните, чем отличается клеточная, или плазматическая, мембрана от клеточной стенки.

Применение:

1. Опишите функции оболочки клетки.
2. Определите разницу между плазматической мембраной и клеточной стенкой.

Анализ:

1. Вспомните, чем отличаются клетки растений и животных. Ответ аргументируйте.
2. Докажите, что растения и грибы утратили способность активно двигаться в обмен на возможность расти всю жизнь.

Синтез:

1. Перечислите, чем отличается строение оболочек клеток разных групп организмов. Чью клеточную оболочку можно было бы назвать «многослойной», и почему?
2. Составьте схему «Строение оболочки клеток различных групп организмов».

Оценка:

1. Используя дополнительные источники информации, напишите эссе об особенностях строения оболочек клеток грамположительных и грамотрицательных бактерий.
2. Сообщите этот материал в классе. Обсудите его и постарайтесь выявить зависимость тяжести течения бактериальных инфекций от особенностей строения оболочек бактерий.

§12. Основные функции компонентов клетки

Объяснять функции органоидов клетки, видимых под электронным микроскопом



Какие органоиды клеток растений вы помните? Каковы основные органоиды клеток животных? Каковы их функции?

В процессе жизнедеятельности клетки органоиды обеспечивают хранение и передачу наследственной информации, транспорт веществ, синтез и превращение веществ и энергии, деление, движение и другие функции.

Функции немембранных органоидов. Это самые мелкие по размерам, но не менее значимые клеточные структуры.

Рибосомы присущи всем живым клеткам. Они синтезируют белок. По числу белков и коэффициенту седиментации различают два основных типа рибосом: эукариотные и прокариотные.

Клеточный центр, или *центриоли*, – немембранный органоид клеток животных и некоторых растений. Он состоит из *микротрубочек* и образует *веретено деления*, распределяющее хромосомы по дочерним клеткам.

Органоиды движения многих одноклеточных, например эвглени зеленых и инфузорий, – *реснички* и *жгутики* состоят из микротрубочек. У прокариот жгутики не имеют микротрубочек. У других одноклеточных организмов, например амёб и корненожек, а также у некоторых клеток многоклеточных животных, например лейкоцитов, для амёбоидного движения и захвата пищи или посторонних частичек служат *псевдоподии*, или *ложноножки*. В них особенно много микротрубочек.

Функции одномембранных органоидов. В состав этих средних по размерам органоидов обязательно входит *клеточная мембрана*. При этом не будет принципиальной разницы в составе, строении и размерах между мембранами органоидов и наружной клеточной мембраной. Общий план строения всех мембран клетки один и тот же.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или *эндоплазматический ретикулум (ЭПР)*, транспортирует вещества внутри клетки, синтезирует белки (шероховатая ЭПС), жиры и углеводы (гладкая ЭПС).

Комплекс Гольджи синтезирует и модифицирует липиды и углеводы, формирует мембранные пузырьки: лизосомы и диктиосомы (упаковка веществ).

Лизосомы (пищеварительные вакуоли) содержат ферменты, способствующие перевариванию пищи, бактерий, вредных веществ или самой клетки (автолиз); участвуют в резорбции хвоста у головастика и т. д.

Настоящие вакуоли (есть только у растений) заполнены клеточным соком, в котором накапливаются растворимые вещества. Вакуоль регулирует в клетках растений водно-солевой обмен, поддерживает тургорное давление, накапливает запасные вещества и выводит из обмена токсичные.

Пероксисомы – плазматические пузырьки; участвуют в расщеплении перекиси водорода и ряде других процессов.

Функции двумембранных органоидов. Обычно это самые крупные по размерам органоиды. Все они отграничены от цитоплазмы двойной мембраной и содержат в том или ином виде молекулы ДНК.

Митохондрии присущи клеткам всех эукариот. Они обеспечивают организм энергией. В них происходят процессы синтеза АТФ из пита-

тельных веществ, поглощение кислорода и выделение углекислого газа, взаимопревращение веществ.

Пластиды бывают трех типов: зеленые *хлоропласты* осуществляют фотосинтез; белые *лейкопласты* запасают крахмал; красные и желто-оранжевые *хромопласты* накапливают питательные или вредные вещества, окрашивают плоды и цветки. Хромопласты – это конечный этап в развитии пластид.

Основные пигменты (хлорофиллы) и вспомогательные (каротиноиды) локализованы в *тилакоидах*. Группы дисковидных тилакоидов образуют *граны* (наподобие стопки монет).

Функционально важными являются выросты внутренней мембраны митохондрий – *кристы*, а у хлоропластов – *граны*. На кристах происходят процессы клеточного дыхания и пищеварения, а на гранах – процесс фотосинтеза.

Митохондрии и пластиды являются полуавтономными органоидами. Они содержат собственные ДНК, РНК, рибосомы; способны синтезировать белки и самоудваиваться внутри клеток. Видимо, они были самостоятельными прокариотными клетками, с которыми сохранили много общих черт. Полагают, что хлоропласты произошли от пропластид.

Ядро – обязательная часть многих клеток. Оно окружено двумембранной ядерной оболочкой, содержит ядерный сок – *кариоплазму*, хромосомы и ядрышки. В нем протекают сложные процессы самоудвоения ДНК – репликации, синтеза всех видов РНК, формирование субъединиц рибосом. Клетки, лишённые ядра, не способны размножаться.

Хромосомы состоят из ДНК и белков. В них хранится наследственная информация. Число, форма и размеры хромосом у организмов одного вида постоянны. Совокупность этих признаков хромосомного набора называется *кариотипом*.

Ядрышки состоят из РНК и белков и отвечают за синтез субъединиц рибосом.

Краткие выводы

1. Органоиды – постоянные части клетки. Они подразделяются на группы в зависимости от количества мембран, имеют определенное строение и выполняют конкретные функции.
2. *Немембранные органоиды* самые мелкие. К ним относятся рибосомы, центриоли, органоиды движения.
3. *Одномембранные органоиды* – это вакуоли, лизосомы, пероксисомы, аппарат Гольджи и его диктиосомы и ЭПС.
4. *Двумембранные органоиды* – это пластиды и митохондрии.

5. Ядро окружено двумембранной ядерной оболочкой. В нем есть немембранные ядрышки и хромосомы.



Рибосомы, клеточный центр, ЭПС (ЭПР), комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли, пероксисомы, митохондрии, пластиды, кристы, граны, ядро, кариоплазма, кариотип, хромосомы, ядрышки.



Знание и понимание:

1. Назовите основные органоиды клетки.
2. Объясните, чем отличаются граны и кристы.

Применение:

1. Опишите функции рибосом, лизосом и митохондрий.
2. Определите разницу между типами пластид. Каковы их функции?

Анализ:

1. Заполните предложенную таблицу и проанализируйте ее.
 СТОЛБЕЦ №2. Необходимо вставить букву Р, если вы считаете, что эти органоиды характерны только для растений, букву Ж, если считаете, что они есть только у животных, и буквы Р/Ж, если они есть и у тех, и у других.
 СТОЛБЕЦ №3. Укажите количество мембран цифрами 0, 1 или 2.
 СТОЛБЕЦ №4. Вставьте все цифры, соответствующие органоиду в строке. Помните, что одна и та же цифра может соответствовать нескольким органоидам или одному, но нет цифр, не соответствующих ни одному из них.

Строение и функционирование эукариотной клетки

№1	№2	№3	№4
Органоид	Характерные организмы	Количество мембран	Цифра признака
Плазматическая мембрана			
Ядро			
Вакуоль настоящая			
Пероксисомы			
Митохондрии			
Рибосомы			
Лизосома			
Гладкая ЭПС			
Шероховатая ЭПС			
Комплекс Гольджи			
Клеточный центр			
Хлоропласты			
Хромопласты			
Лейкопласты			

- | | |
|---|---|
| 1. Основной синтез АТФ в животных клетках | 16. Накапливают крахмал |
| 2. Основной синтез АТФ в растительных клетках | 17. Формируют «цистерны» – диктиосомы |
| 3. Формирует субъединицы рибосом | 18. Накапливают каротиноиды |
| 4. Образуются из пропластид | 19. Внутренняя среда клеток |
| 5. Хранят наследственность | 20. Клеточный сок |
| 6. Избирательная проницаемость | 21. Матрикс с ферментами биологического окисления |
| 7. Осуществляют биосинтез белков | 22. Кариоплазма |
| 8. Равномерное распределение хромосом при делении | 23. Протекает гликолиз |
| 9. Содержат граны | 24. Содержит литические ферменты |
| 10. Состоят из двух субъединиц | 25. Модификация белков |
| 11. Содержат кристы | 26. Внутриклеточный транспорт |
| 12. Жидкость внутри – строма | 27. Биосинтез жиров |
| 13. Образует веретено деления | 28. Конечный этап в развитии пластид |
| 14. Присущ тонопласт | 29. Есть у прокариот и эукариот |
| 15. Осуществляют автолиз | 30. Содержат ДНК |

Синтез:

1. Заполните третий столбец таблицы, опираясь на имеющиеся знания. Проанализируйте, какие аспекты их заполнения вызвали наибольшее затруднение и почему?

Оценка:

1. Самостоятельно распределите в столбцах и строках таблицы указанные признаки.
2. Сравните и обсудите результаты заполнения таблицы.

Дискуссия:

Устройте в классе дискуссию с участием учителя. Почему некоторые аспекты имели отношение к множеству органоидов? Какими из совпадений, по вашему мнению, можно пренебречь?

§13. Ядро, его функции и компоненты

Объяснять особенности строения и функции ядра и его компонентов



Где находятся хромосомы клеток? Помните ли вы, какие процессы происходят в ядре клетки? Что такое репликация? Где синтезируются различные виды РНК? Что такое ядрышковые организаторы?

Строение ядра. *Ядро* – очень сложная структура всех эукариотных клеток. От цитоплазмы его ограничивает двумембранная ядерная оболочка – *кариолема*. Жидкость внутри ядра – *ядерный сок*, или *кариоплазма*.

Обе мембраны ядра гладкие, без выростов. В них очень много пор, что создает возможности для проникновения веществ из цитоплазмы в кариоплазму и обратно.

Хромосомы – плотные нитевидные структуры внутри ядра. По химическому составу хромосомы представляют собой соединение ДНК и белков – *хроматин*.

В зависимости от периода жизни клетки хромосомы пребывают в двух состояниях. В неделящейся клетке они не видны как отдельные структуры. В стадии размножения (период митоза) хромосомы хорошо видны в микроскоп. Поэтому в некоторых изданиях их относят к немембранным органоидам. В этот период они сильно скручиваются (спирализуются) и укорачиваются (конденсируются). Во время первых фаз деления клетки четко видно, что каждая хромосома состоит из двух половинок – *хроматид*. Место соединения хроматид – *центромера*.

Ядрышки – видимые плотные структуры округлой формы, напоминающие клубок из свернутых нитей. С точки зрения цитологии, ядрышки, как и хромосомы, можно рассматривать как немембранные органоиды, входящие в состав ядра. По химическому составу они представляют собой соединения РНК и белков – *рибонуклеопротеиды*. Образуются ядрышки на специальных участках хромосом, в которых закодирована рРНК. Эти участки называются *ядрышковыми организаторами*. Ядрышки формируют субъединицы рибосом. Чаще всего в клетке одно ядрышко, но бывает их и несколько. При делении клетки ядрышки распадаются. А в дочерних клетках они вновь формируются по матрице ядрышковых организаторов.

Кариоплазма – внутренняя среда ядра. Эта жидкость по вязкости и прозрачности похожа на цитоплазму. Здесь находится множество нуклеотидов (строительные блоки нуклеиновых кислот), специфические ферменты, энергия в виде АТФ, соли, углеводы и т. д.

Процессы, происходящие в ядре. Ядро управляет жизнью клетки через реализацию наследственной информации, записанной в ДНК хромосом. Наследственная информация определяет состав ферментов, а также всех других белков. От набора ферментов в цитоплазме зависят химические реакции и состояние клетки. Следовательно, ядро управляет клеткой через процесс биосинтеза белков.

Как вы помните, для того чтобы синтезировать белок, одной ДНК недостаточно. Для этого требуются как минимум три типа РНК и рибосомы. Все они образуются в ядре.

Еще один важнейший процесс, происходящий в ядре, – это *репликация*. Все необходимые компоненты для реакций поступают в ядро из цитоплазмы через ядерную мембрану.

Сейчас ставится множество экспериментов по пересадке ядер различных клеток. В частности, пересадка ядер соматических клеток в клетки зародышей на ранних стадиях развития. Ученые Японии даже рассматривали возможность получить живого мамонта методом трансплантации ядер из клеток животных, найденных в условиях вечной мерзлоты, в яйцеклетку современного африканского слона. Но пока эти эксперименты успехом не увенчались.

Краткие выводы

1. *Ядро* – важнейший органоид, присущий всем эукариотным клеткам, способным к размножению.

2. Ядро состоит из двумембранной оболочки (кариолеммы), отграничивающей ядерный сок (кариоплазму) от цитоплазмы, и находящихся внутри ядрышек и хромосом.

3. *Хромосомы* – плотные нитевидные структуры, состоящие из ДНК и белков. В них хранится наследственная информация. Число, форма и размеры хромосом одного вида организмов постоянны и называются *кариотипом*.

4. *Ядрышки* – плотные округлые образования, состоящие из РНК и белков и отвечающие за синтез субъединиц рибосом.

5. В ядре протекают сложные процессы *репликации* – самоудвоения ДНК, синтеза всех видов РНК, формирования субъединиц рибосом. Все процессы, происходящие в ядре, направлены на реализацию наследственной информации. Поэтому клетки, лишенные ядра, не способны размножаться и существуют недолго.



Ядро, кариолемма; ядерный сок, или кариоплазма; ядрышки, хромосомы, хроматиды, хроматин; центромера, или первичная перетяжка; кариотип, ядрышковые организаторы, репликация.



Знание и понимание:

1. Объясните, для чего нужно ядро.
2. Дайте определение терминам: *кариолемма; ядерный сок, или кариоплазма; ядрышки, хромосомы, хроматиды, хроматин, центромера; кариотип, ядрышковые организаторы.*

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит сохранение числа хромосом при делении клетки.

2. Назовите, какие организмы могут обходиться без ядра.

Анализ:

1. Нарисуйте схему «Роль ядра в жизни клетки».
2. Проанализируйте и установите зависимость между процессами, происходящими в ядре, и его компонентами.

Синтез:

1. Приведите примеры экспериментов, с помощью которых можно доказать функции ядра.
2. Перечислите, в чем заключается различие между понятиями: *молекула ДНК, хромосома, хроматида, хроматин, гены, кариотип*? Существует ли их соподчинение?

Оценка:

1. Объясните значение формирования ядерных организмов в природе.
2. Оцените следующие факты: из всех позвоночных безъядерными эритроцитами обладают только млекопитающие (кроме лам и верблюдов). Эритроциты других позвоночных – ядерные, хотя и не способны к размножению. Известно, что эритроциты черепах живут около 2 лет, эритроциты птиц – менее года, а у человека – всего 4 месяца. Обсудите причины этого.

§14. Взаимосвязь между структурой, свойствами и функциями клеточной мембраны

Устанавливать связь между структурой, свойствами и функциями клеточной мембраны, используя жидкостно-мозаичную модель



Из каких веществ состоят клеточные мембраны?

Формирование клеточной мембраны. Мембраны всех клеток похожи по строению, составу и функциям.

О появлении клетки можно говорить с того момента, как только у нее образовалась настоящая мембрана. Строение всех биологических клеточных мембран очень похоже независимо от места их расположения: снаружи клетки или внутри – на органоидах. Поэтому, чтобы выделять наружную клеточную мембрану (НКМ) среди внутриклеточных мембран, ее часто называют *цитоплазматической мембраной, плазматической мембраной, или плазмалеммой*.

Толщина НКМ и большинства внутриклеточных мембран составляет 7–10 нм, чаще 8 нм. Мембрана прерывается порами, через которые происходит соединение цитоплазмы соседних клеток.

Мембрана имеет **жидкостно-мозаичную модель**. Она пластична в отличие от клеточной стенки, твердость которой обеспечивают целлюлоза, хитин или муреин. В связи с тем, что часть мембраны теряется в составе мембранных пузырьков при эндоцитозе (кусочек мембраны вместе с питательной частицей отрывается и переходит в цитоплазму), она постоянно обновляется. При выделении веществ часть мембраны восстанавливается за счет встраивания в нее экзоцитарных пузырьков.

Основу мембраны составляет двойной фосфолипидный слой (бислой) (рис. 21). Один слой лежит снаружи, другой присоединен изнутри

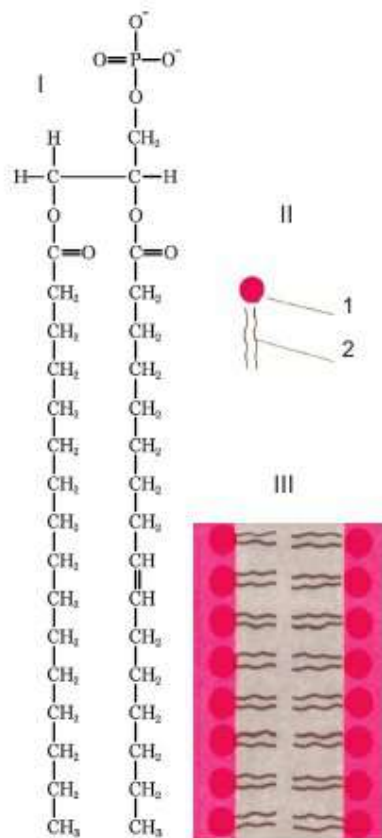


Рис. 21. Схема фосфолипида: I – химическая формула; II – молекула с полярной головой (1) и гидрофобными хвостами (2); III – фосфолипиды в воде

клетки. Кроме фосфолипидов в состав мембраны входят белковые молекулы. Некоторые молекулы белков как бы дрейфуют в слое липидов. Они могут полупогружаться в фосфолипидный слой (рис. 22 А) или пронизывать его насквозь (рис. 22 В). Это *белки-каналы*, через которые транспортируются различные ионы.

Также белки могут располагаться и сплошным слоем на фосфолипидах как внутри (со стороны цитоплазмы), так и снаружи (со стороны окружающей среды).

Роль клеточной мембраны. Для ионов неполярные липиды непроницаемы. Белки-каналы, называемые также *ионными насосами*, осуществляют активный транспорт против градиента концентрации. Так, например, количество ионов Na^+ снаружи клетки гораздо выше, чем внутри, а K^+ – наоборот. Несмотря на это, ионные насосы «выкачивают» на поверхность плазмалеммы 3 иона Na^+ , а внутрь «закачивают» 2 иона K^+ , затрачивая на это энергию АТФ. Таким образом, мембрана живых клеток снаружи всегда заряжена положительно, а внутри – отрицательно. Электрический заряд мембраны – это важнейший признак того, что клетка жива. После смерти клетки количество ионов внутри и снаружи уравнивается. Заряд мембраны исчезает. Приборы (электроэнцефалографы или электрокардиографы)

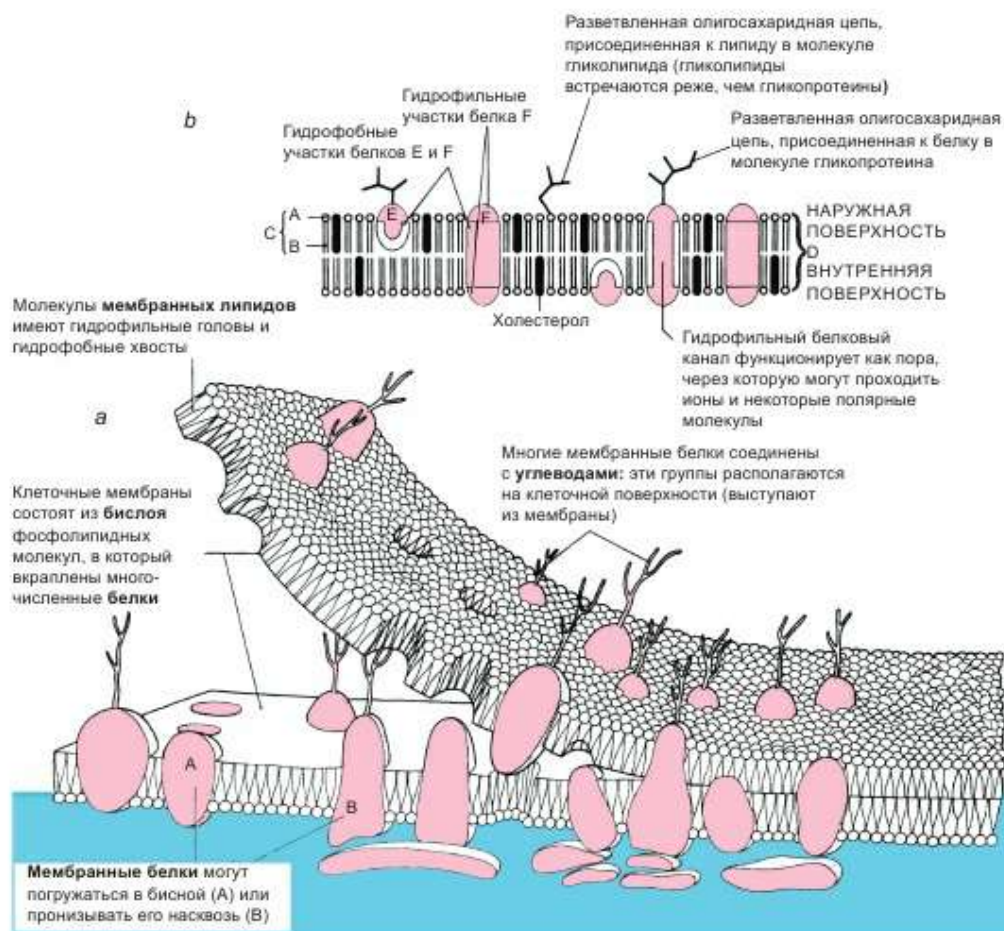


Рис. 22. Строение мембраны: а – трехмерное изображение жидкотно-мозаичной модели мембраны; б – ее плоскостное изображение. Гликопротеины и гликолипиды связаны только с наружной поверхностью мембраны

фиксируют это как прямую линию – отсутствие электрической активности. Ведь погибшая клетка не тратит энергию и не ведет активного транспорта (см. рис. 24). То есть мертвая клетка не способна вырабатывать энергию и, соответственно, не может осуществлять активный транспорт.

Краткие выводы

Основные функции мембраны:

- отграничение содержимого клетки от внешней среды;
- защита клетки от различных воздействий;

- участие в движении клеток (особенно у амёб с помощью ложноножек);
- осуществление транспорта веществ в клетку и из нее;
- осуществление избирательной проницаемости, т. е. поглощение нужных и выведение ненужных веществ против градиента концентрации;
- взаимодействие межклеточных контактов;
- сигнальная – восприятие различных электрических и (или) химических раздражителей (медиаторов, гормонов).



Жидкостно-мозаичная структура, плазмалемма, фосфолипиды, белки-каналы.



Знание и понимание:

1. Объясните, для чего нужна клеточная мембрана. Каковы ее основные функции?
2. Опишите, из каких слоев состоит мембрана.

Применение:

1. Рассмотрите рис. 22. Определите, какие слои и компоненты мембраны на нем изображены.
2. Опишите, каким образом работают мембранные белки-каналы. Какие вещества через них транспортируются?

Анализ:

1. Проанализируйте процесс транспорта различных веществ через мембрану. Укажите, какие структуры мембраны отвечают за транспорт определенных веществ.
2. Начертите схему «Транспорт веществ сквозь мембрану». Отрадите на ней разницу между: 1) перемещением веществ внутрь клетки и наружу; 2) активным и пассивным транспортом.

Синтез:

1. Приведите примеры опытов с поведением жиров в водных растворах, доказывающих, что обязательным компонентом клеточных мембран должны быть фосфолипиды.
2. В чем эволюционный смысл жидкостно-мозаичной структуры мембраны клеток? Какие это дает преимущества?

Оценка:

1. Используя дополнительные источники информации, выявите, есть ли отличия в строении мембран клеток и разных мембранных органоидов?
2. Оцените значение отличий в строении мембран шероховатой ЭПС, хлоропластов и митохондрий.



Лабораторная работа №3. Влияние различных факторов на мембрану клеток. См. с. 270.

Раздел 3. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ

§15. Влияние соотношения площади поверхности тела к его объему на скорость диффузии

Рассчитывать значение отношения величины реагируемой поверхности к объему



Что вам известно о размерах близкородственных организмов на севере и юге? Почему большинство небесных тел (планеты, звезды, астероиды и т. д.) имеют округлую форму?

Как вы думаете, почему в странах Центральной Азии традиционная посуда для чаепития – пиала, а в России и Европе – чашка или кружка?

Соотношение площади поверхности к объему – один из важных физических показателей. Он определяет площадь, через которую происходит взаимодействие физического тела с окружающей средой. Как вы уже знаете, процесс диффузии похож на процесс рассеивания тепловой энергии. Именно от соотношения площади и объема будут зависеть эти величины. Можно сказать, что есть два основных показателя: форма тела и его размер, под влиянием которых изменяется соотношение площади и объема.

Форма тела принципиально влияет на соотношение площади и объема. Известно, что из всех тел равного объема наименьшая площадь поверхности у шара. Объекты шаровидной формы подвергаются наименьшему воздействию окружающей среды. Они самые изолированные. То есть контакт внутренних частей шара с окружающей средой сводится к минимуму. Ведь соотношение площади его соприкосновения с окружающей средой минимально. Именно поэтому тела, имеющие внешние воздействия в виде равномерного давления (сжатия), легче всего принимают шарообразную форму. Все вращающиеся небесные тела имеют шарообразную форму. А круглые жилища остывают и нагреваются медленнее, чем жилища любой другой формы: кубической, конусовидной и т. д. В самых жарких и самых холодных условиях обитания есть два типа жилищ округлой формы – это юрта и иглу (жилище эскимосов).

Наибольшей площадью соприкосновения относительно объема обладают тонкие *эллипсы*. Именно такими являются уши африканских слонов, с помощью которых их организм остывает. Для растений, осуществляющих фотосинтез, важна площадь соприкосновения с солнечным светом. И чтобы не затенять друг друга, они всегда эволюционировали в направлении тонких пластин причудливой формы.

Вспомните и тот факт, что у плоских червей тела именно плоские. Эта форма позволяет обходиться без органов дыхания. Ведь кислород проникает в клетки покровов путем диффузии. А площадь поверхности соприкосновения, через которую происходит газообмен с окружающей средой, такова, что этого вполне достаточно, чтобы обеспечить им и все клетки, находящиеся внутри плоского тела. Можно обойтись и без органов дыхания. У круглых червей тело цилиндрическое, но органов дыхания тоже нет. Ведь свободно живущие круглые черви очень мелкие; а крупные аскариды – паразиты кишечника и, следовательно, анаэробы.

Размер тела – очень важный показатель. Чем больше тело, тем меньше площадь его поверхности относительно объема. Есть готовые расчеты, позволяющие оценить эту зависимость для фигур одинаковой формы. Ими пользуются инженеры при строительстве зданий. Известно, что большой дом остывает медленнее, чем маленький. Если сторона куба равняется a , то объем куба будет равен a^3 , площадь поверхности одной стороны – a^2 . Соответственно, площадь поверхности шести сторон (т. е. площадь куба) – $6a^2$. Результаты расчетов приводятся в табл. 6.

Таблица 6. Зависимость площади поверхности тела и объема

a	1	2	3	4	5	6
$S = 6a^2$	6	24	54	96	150	216
$V = a^3$	1	8	27	64	125	216
S/V	6	3	2	1,5	1,2	1

При анализе таблицы становится ясно, что с ростом линейных размеров куба (зеленая строка) площадь его поверхности (желтая строка) постепенно растет (с 6 до 216). И объем куба (синяя строка) тоже растет (с 1 до 216). Все растут, но **объем растет быстрее, чем площадь поверхности**. Убедиться в этом можно с помощью красной строки, которая показывает отношение площади к объему. **На одну единицу объема** у самого маленького куба **приходится шесть единиц** поверхности, а у самого большого – только **одна**.

Есть занятный пример в «Геометрии для малышей», позволяющий продемонстрировать реальность того, что площадь поверхности растет в разы меньше объема. Возьмем один из кубиков, которыми играют дети 2–6 лет. У этого кубика 6 сторон – это его площадь поверхности. Так как одной стороной он стоит на опоре, получается, что с окружающей средой соприкасаются 5 сторон. Теперь построим самую простую пирамидку из

5 кубиков: 3 – в основании, 2 – второй ярус. Если это 5 кубиков, значит, сторон, соприкасающихся с воздухом, у него могло бы быть ($5 \times 5 = 25$). Но их будет всего 16. Если вы строите пирамидку из 10 кубиков, то сторона соприкосновения будет уже 24, а если бы кубики стояли по одному, их было бы 50 ($10 \times 5 = 50$).

А теперь можете построить любую пирамидку из большого количества кубиков и убедиться в правильности выводов о том, что чем больше тело, тем меньше у него площадь поверхности относительно объема.

Для кубических тел подобные расчеты, произведенные математиками, представлены в виде табл. 7.

При росте линейного размера объем возрастает намного быстрее, чем площадь поверхности тела. Это происходит потому, что объем – это раз-

Таблица 7. Сравнение динамик площади поверхности и объема физического тела с ростом линейного размера

Линейный размер, м	Площадь поверхности, м ²	Объем, м ³	Отношение объема к площади поверхности
1	6,00	1,00	0,17
2	24,00	8,00	0,33
4	96,00	64,00	0,67
8	384,00	512,00	1,33
16	1 536,00	4 096,00	2,67
32	6 144,00	32 768,00	5,33
64	24 576,00	262 144,00	10,67
128	98 304,00	2 097 152,00	21,33
256	393 216,00	16 777 216,00	42,67
512	1 572 864,00	134 217 728,00	85,33

мер в кубе, а площадь – это размер в квадрате. Этот факт применим не только к телам кубической формы, но и к любым другим геометрическим фигурам, если их форма не изменяется, а размер увеличивается.

Живые организмы давно приспособились к этому физическому явлению без всяких расчетов. Так, животные, обитающие в холодных условиях, всегда крупнее своих сородичей, живущих в жарких странах. Например, белый медведь достигает в длину 3 м при массе 800 кг. А длина малайского медведя, который населяет леса Индокитая, Суматры и Калимантана, – 1,4 м, масса – до 60 кг. Сравните также некоторых представителей семейства



Рис. 23. У фенека (1) очень большие уши и длинные лапы. У песца (3), обитающего в холодном климате, выступающие части тела обычно короче

волчьих: миниатюрную пустынную лисичку (длина тела 35–40 см) и песца (длина тела до 75 см) (рис. 23). Большие уши фенека отдают атмосферному воздуху лишнее тепло тела.

Краткие выводы

1. Для организмов большое значение имеет соотношение площади поверхности к объему, так как через поверхность происходит соприкосновение с воздухом, т. е. остывание в северных широтах.
2. Наименьшая площадь поверхность у шара.
3. При увеличении размеров тела его объем растет гораздо быстрее площади поверхности. Объем – это размер в кубе, а площадь – это размер в квадрате.
4. На Крайнем севере животные всегда крупнее своих южных (тропических) сородичей.



Площадь поверхности, линейный размер, диффузия, теплообмен.



Знание и понимание:

1. Какие два показателя влияют на соотношение площади поверхности и объема?
2. Объясните, почему у животных Севера крупное тело.

Применение:

1. Определите связь между размером тела и соотношением площади поверхности к объему.
2. Определите связь между формой тела и соотношением площади поверхности к объему.
3. Объясните значение формы тела для процесса диффузии или теплообмена.

Анализ:

1. Проанализируйте: почему многие одноклеточные существа округлые, а не плоские? Почему яйцо округлой формы?
2. Выскажите ваше мнение о причинах формирования определенных форм и размеров тела животных Севера и тропических территорий.

Синтез:

1. Порассуждайте, как влияет соотношение площади поверхности к объему на скорость диффузии.
2. В чем эволюционный смысл формирования определенного размера и формы тела у организмов? Если у организмов увеличивается скорость диффузии, как изменяются форма тела и его размеры?

Оценка:

Напишите реферат о размерах тел различных организмов, начиная с одноклеточных. Для каких из них актуален процесс диффузии через поверхность тела?

Дискуссия:

Почему слоны живут в жарких странах, а мамонты жили на Севере?



Лабораторная работа №4. Определение отношения величины площади поверхности к объему клетки. См. с. 271.

§16. Механизм пассивного и активного транспорта веществ

Сравнивать механизмы пассивного и активного транспорта веществ



Какой естественный барьер преодолевают вещества, попадающие из окружающей среды в живые клетки? Что такое диффузия? Что такое осмос? Как происходит движение молекул веществ, если они перетекают по градиенту концентрации? Что такое фагоцитоз и пиноцитоз?

Диффузия и осмос. *Диффузия* – это процесс взаимопроникновения частиц веществ друг в друга. По законам физики частицы любого вещества стремятся перейти из области большей концентрации в область меньшей. Это приводит к переносу вещества и выравниванию концентраций или установлению равновесного распределения концентраций частиц в среде. Причем процесс диффузии не требует дополнительных затрат энергии. То есть такие явления, как диффузия и осмос, происходят всегда, при любом состоянии системы, а затраченная энергия (нагревание) может многократно ускорять и усиливать этот процесс.

Молекулы металлов находятся в составе кристаллических решеток, и поэтому почти не перемещаются по законам диффузии. Но молекулы многих других твердых веществ стремятся к процессу взаимопроникновения. Например, распространение запаха туалетного мыла. Это не что иное,

как процесс диффузии молекул, входящих в состав мыла, в молекулы окружающего воздуха. В газах и жидкостях процесс диффузии происходит значительно быстрее и легче.

Осмоз – это процесс диффузии, при котором на пути молекул стоит полупроницаемый барьер (мембрана). Так, сахар, растворяющийся в чае, демонстрирует процесс диффузии. Но если кусочек сахара поместить в мембранный мешочек и опустить в чай, то растворение сахара будет уже примером осмоса.

Как вы помните, основным свойством всего живого является обмен веществ. Именно поэтому в живых системах процессы осмоса и диффузии играют важную роль.

Плазматическая мембрана, которая есть у всех клеток, не что иное, как полупроницаемый барьер. Она выполняет эту роль между содержимым живой клетки (цитоплазмой и т. д.) и окружающей средой. О появлении клетки можно говорить с того момента, как только у нее образовалась настоящая мембрана. Мембрана, как правило, пластична и твердостью не обладает. В середине находится двумолекулярный (билипидный) слой фосфолипидов (см. рис. 21). Кроме того, снаружи фосфолипидов лежит один одномолекулярный слой белков, а изнутри клетки присоединен другой. Через белковые каналы транспортируются различные ионы (см. рис. 22).

Транспорт веществ через мембрану. Для ионов неполярные липиды непроницаемы. Белки-каналы, называемые также *ионными насосами*, осуществляют транспорт против градиента концентрации, т. е. не по законам диффузии. Мембрана живых клеток всегда заряжена. Это важнейший признак того, что клетка жива. После смерти клетка не ведет транспорта веществ, который происходит с затратами энергии.

Процесс транспорта веществ подразделяют на активный и пассивный.

Если клетка тратит энергию, это *активный транспорт* (рис. 24). Если вещества пассивно проникают в клетку, без затрат энергии, то это *пассивный транспорт*. Он происходит путем диффузии, по градиенту концентрации веществ. Активно осуществляется не только транспорт ионов, но и крупных молекул или даже других клеток. Примером активного транспорта может быть фагоцитоз у амёб и лейкоцитов. Напомним, что *фагоцитоз* – это захват мембраной крупных частиц с помощью ложноножек. Аналогичный процесс – *пиноцитоз*. При прямом пиноцитозе (эндоцитоз) поглощаемые вещества погружаются в клетку, и мембрана смыкается над ними. Так образуются «пиноцитозные пузырьки» (рис. 25). А при обратном пиноцитозе (экзоцитоз) они выделяются из клетки.

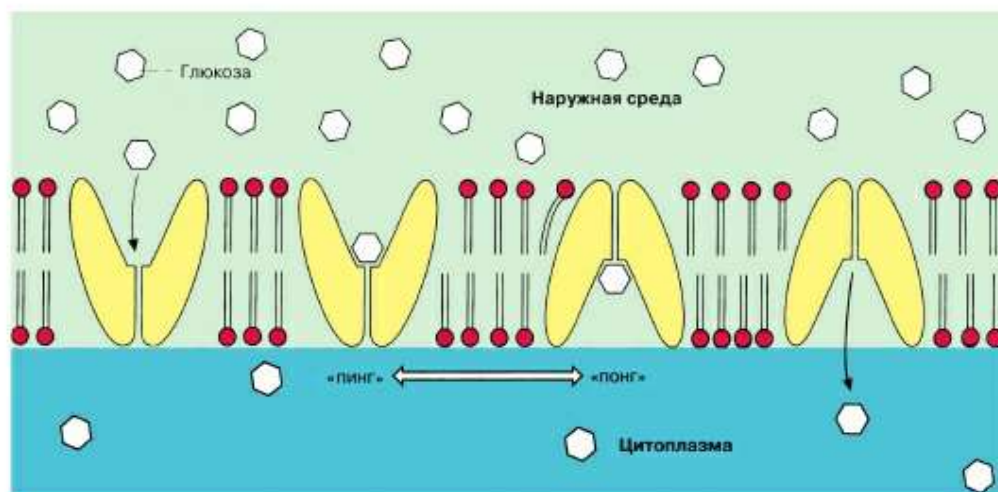


Рис. 24. Активный транспорт веществ

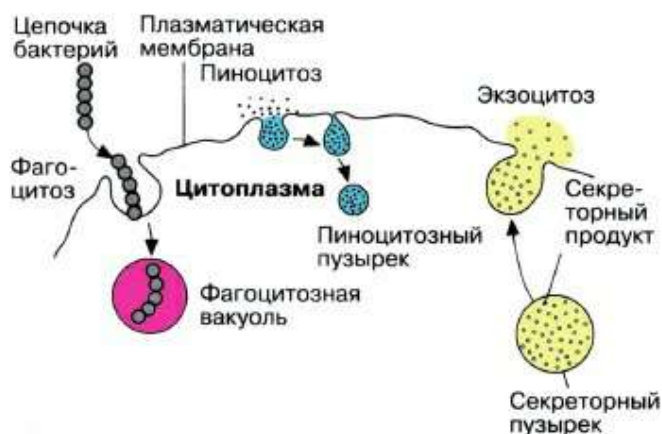


Рис. 25. Схема функционирования активного транспорта

Пассивно осуществляется транспорт веществ, способных проникать непосредственно через мембрану. Так транспортируются, например, половые гормоны. Процесс пассивного перетекания молекул из области большей концентрации в область меньшей – чисто физический. Вода, кислород, некоторые водные растворы легко диффундируют через мембрану (табл. 8).

Таблица 8. Активный и пассивный внутриклеточный транспорт

АКТИВНЫЙ	Внутриклеточный транспорт	ПАССИВНЫЙ
Энергия АТФ затрачивается	Затраты энергии клетки	Энергия АТФ не затрачивается
Вещества идут через белки-каналы, или в захвате участвует мембрана (фагоцитоз, пиноцитоз)	Проникновение в клетку	Вещества идут прямо сквозь слой фосфолипидов
Может идти против градиента концентрации	Зависимость от градиента концентрации	Идет только по градиенту концентрации
Фагоцитоз, пиноцитоз, ионные насосы	Примеры	Осмоз и диффузия
Аминокислоты, глюкоза, ионы	Тип транспортируемых веществ	Кислород, вода, вещества с небольшой молекулярной массой или растворимые в жирах

Кроме того, транспорт веществ может подразделяться и по направлению. Если вещества выделяются из клетки (диффузия CO_2 из клеток при дыхании или выделение гормонов в кровь клетками эндокринных желез) – это явление *экзоцитоза*. Если вещества поглощаются клеткой, например при фагоцитозе или пиноцитозе, – это *эндоцитоз*.

Краткие выводы

1. Транспорт веществ бывает активный – с затратами энергии в виде АТФ и пассивный – без затрат энергии, выработанной клеткой.
2. Активный транспорт веществ происходит через белки-каналы мембраны путем фагоцитоза или пиноцитоза.
3. Пассивный транспорт – это осмос и диффузия, т. е. проникновение молекул вещества из области большей концентрации в область меньшей.



Осмоз, диффузия, плазматическая мембрана, белки-каналы, ионные насосы, активный и пассивный транспорт, пиноцитоз, фагоцитоз, экзоцитоз, эндоцитоз.



Знание и понимание:

1. Что такое осмос и диффузия?
2. Объясните, в чем разница между активным и пассивным транспортом? Приведите примеры.

Применение:

1. Определите связь между физическими процессами осмоса и диффузии и биологическими условиями обеспечения жизни.
2. Сравните процессы осмоса и диффузии в живой и неживой природе.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы процесс активного и пассивного транспорта в клетку и из клетки.
2. Рассмотрите рис. 24. Какой процесс на нем изображен?
3. Докажите на примерах, что мембрана клеток полупроницаема. Объясните, для каких веществ возможен пассивный транспорт, и почему.

Синтез:

Систематизируйте разные типы транспорта веществ в клетку и из клетки, используя следующие критерии:

- 1) энергозатраты;
- 2) структуры в мембране (каналы, липидный слой, поры);
- 3) направление транспорта;
- 4) изменение клеткой формы.

Оценка:

Объясните значение явлений осмоса и диффузии для живых организмов и неживой природы.

Дискуссия:

Обсудите: если взять два шара из одинакового материала с диаметром 5 и 50 см, нагреть их до одинаковой температуры и оставить в холодном помещении со стабильной температурой, какой шар быстрее остынет, и почему? Учитывая, что процесс рассеивания энергии в окружающей среде в общих чертах похож на диффузию, к чему это должно привести?

Раздел 4. ДЫХАНИЕ

§17. Строение и функции аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ)

Описывать строение и функции аденозинтрифосфорной кислоты



В каких органоидах растительных и животных клеток синтезируется энергия? Какое вещество является основным аккумулятором энергии в клетке? В ходе каких процессов клетки растений, грибов, животных и бактерий получают энергию, а в ходе каких – расходуют ее? Назовите известные вам из курса химии эндоэргические и экзоэргические химические реакции.

Строение молекулы АТФ. По типу веществ АТФ является классическим нуклеотидом. Как и любой нуклеотид (см. рис. 17), это сложное вещество состоит из трех компонентов: азотистого основания, пятиуглеродного сахара и остатков фосфорной кислоты. АТФ – это одиночный нуклеотид *аденозинтрифосфорная кислота*.

1. Азотистым основанием в АТФ может быть только аденин – А, в отличие от ДНК и РНК. Как вы помните, все азотистые основания в любых нуклеотидах принято обозначать начальными заглавными буквами, например Г – гуанин, Ц – цитозин, Т – тимин, У – урацил. Если вместо аденина в состав энергетического нуклеотида входит, к примеру, гуанин, то и вещество будет уже называться ГТФ – *гуанинтрифосфат*. Азотистое основание аденин – это сложное химическое вещество циклической природы, в состав которого кроме углерода обязательно входит азот. Аденин, как и гуанин, является пурином, т. е. содержит два порфириновых кольца: шестиуглеродное и пятиуглеродное.

2. Пятиуглеродный сахар (моносахарид), характерный для АТФ, это рибоза $C_5H_{10}O_5$.

3. Фосфорная кислота в молекуле АТФ такая же, как и в любых других соединениях. Ее формула – H_3PO_4 . В состав любых нуклеотидов входят остатки фосфорной кислоты, потерявшие водород. Особенность не распавшейся, целостной молекулы АТФ заключается в первую очередь в том, что каждая ее молекула содержит по три остатка фосфорной кислоты. Они прикрепляются к рибозе один за другим, последовательно. Отсюда и название *трифосфат*.

Итак, в нуклеотиде АТФ происходит соединение пятиуглеродного сахара *рибозы* с азотистым основанием *аденином* и с *тремя остатками* фосфорной кислоты.

Роль молекулы АТФ. В любой живой клетке АТФ (энергетический нуклеотид) выполняет функцию основного биологического аккумулятора энергии. Роль АТФ так же универсальна для всех групп организмов, как роль РНК и ДНК. Единственными условно живыми единицами, не обладающими АТФ, являются вирусы, которые, к слову, не имеют и клеточного строения. В составе же всех клеток обязательно присутствует разное количество молекул АТФ.

Из курса химии вы знаете, что в ходе одних реакций энергия поглощается из окружающей среды. Например, при биосинтезе белков, репликации ДНК или синтезе АТФ. В ходе других – энергия выделяется. Например, в ходе расщепления органических веществ при переваривании пищи или горении (вне организма). В клетках все эти реакции происходят одновременно. Более того, в одном организме одновременно идут сотни и тысячи тех или иных реакций.

Перед живыми системами всегда стоит задача брать и накапливать, т. е. аккумулировать, энергию. Эту функцию способна выполнять молекула АТФ посредством макроэргических связей между фосфорными остатками. Если клетке нужна энергия, АТФ разрушается и легко переходит в АДФ (аденозиндифосфат), а затем – в АМФ (аденозинмонофосфат). Выделившаяся в ходе этого процесса энергия используется на биосинтез, сокращение мышц, согревание тела и т. д. Если же в клетке появляется энергия, то происходит обратный процесс. АМФ восстанавливается до АДФ и затем – до АТФ (рис. 26).

Через АТФ проходит вся полезная энергия организма. Одна молекула АТФ за сутки может разложиться и аккумулироваться 2–3 тыс. раз, поэтому АТФ часто называют «энергетической валютой клеток».

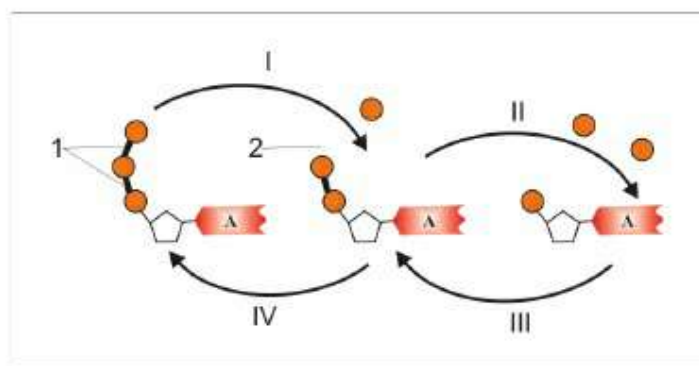


Рис. 26. Распад и синтез АТФ:
I, II → выделение энергии; III, IV → накопление энергии

Краткие выводы

1. Кроме ДНК и РНК в клетке присутствует АТФ – одиночный нуклеотид.
2. АТФ – энергетический нуклеотид, играющий роль универсального биологического аккумулятора энергии.
3. Молекула АТФ имеет 3 фосфорных остатка.
4. Запасая энергию, она присоединяет фосфорные остатки и превращается в АДФ; отдавая энергию, молекула теряет фосфорные остатки, превращаясь в АДФ или АМФ.



АТФ (аденозинтрифосфат), АДФ (аденозиндифосфат), АМФ (аденозинмонофосфат), ГТФ (гуанинтрифосфат), рибоза, фосфорные остатки, трифосфат.

**Знание и понимание:**

1. Что такое АТФ?
2. Объясните, почему у молекулы АТФ именно три фосфорных остатка.

Применение:

1. Опишите функции энергетических нуклеотидов.
2. Сравните свойства АТФ, АДФ и АМФ.

Анализ:

1. Проанализируйте процессы, приводящие к синтезу и распаду АТФ.
2. Изобразите в виде схемы процесс синтеза и распада энергетических молекул, обозначив фосфорные остатки, макроэргические связи, азотистые основания, рибозу.

Синтез:

1. В чем эволюционный смысл наличия в клетке АТФ, ГТФ и других подобных молекул?
2. Изобразите схему «Зависимость синтеза и распада АТФ от процессов движения клетки, питания, дыхания, синтеза собственных веществ, распада питательных веществ под действием пищевых ферментов, синтеза пищевых ферментов, роста клеток».

Оценка:

1. Оцените, какие преимущества имеет процесс получения энергии из энергетических нуклеотидов, а не из глюкозы.
2. Какие сложности сопутствуют получению энергии из глюкозы?

Дискуссия:

Известно, что в активных клетках мышечной и нервной тканей одна молекула АТФ за сутки может 2 тыс. раз превратиться в АДФ и снова восстановиться до АТФ. Выдвиньте предположения:

1. Почему это происходит?
2. Как эти процессы будут протекать в зрелых клетках кости, жировой ткани, кожи и в эритроцитах?
3. Какие изменения произойдут в клетке, если будут блокированы ферменты, восстанавливающие АДФ до АТФ?

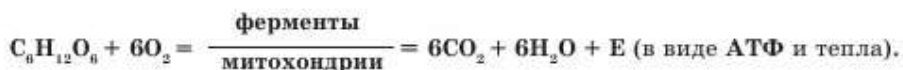
**§18. Синтез аденозинтрифосфорной кислоты:
этапы аэробного и анаэробного распада глюкозы**

Сравнивать синтез аденозинтрифосфорной кислоты
в аэробном и анаэробном дыхании



Чем отличаются аэробы и анаэробы? В каком органоиде клетки происходит последний, конечный этап дыхания и пищеварения? Для чего мы потребляем пищу? Каковы функции митохондрий? Для клеток каких организмов характерны митохондрии?

Этапы дыхания. Сам процесс дыхания заключается в получении энергии. Для этого необходимы: 1) кислород; 2) органические вещества, т. е. то, что будет окисляться, и 3) ферменты или структуры, которые будут осуществлять эти процессы. Дыхание, как и любое окисление, химически похоже на горение. При этой реакции выделяется тепло, углекислый газ и вода, а поглощается кислород. Общая формула дыхания выглядит следующим образом:

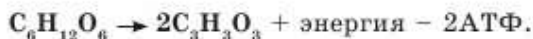


Процесс клеточного дыхания протекает в три этапа: подготовительный, бескислородный и кислородный.

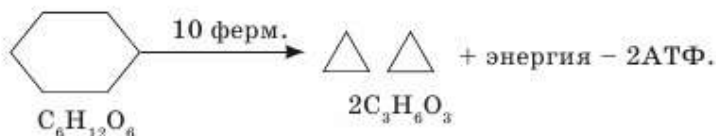
Первый этап называется *подготовительным*, потому что это не столько процесс дыхания, сколько пищеварения. На этом этапе происходит подготовка веществ пищи, которые используются в процессе дыхания. Они разлагаются на мономеры: белки – на аминокислоты, крахмал и сахар – на глюкозу, жиры – на глицерин и карбоновые кислоты. Если речь идет о многоклеточном организме, расщепление питательных веществ

вначале происходит в пищеварительной системе, а затем – внутри клеток. Если это одноклеточные, то переваривание происходит в лизосомах. Но в любом случае эти реакции катализируются соответствующими ферментами, основные из которых *пепсин*, *липаза* и *амилаза*. В ходе пищеварения организм не запасает полезную энергию в виде АТФ. А то небольшое количество энергии, которое выделяется в ходе этих реакций, рассеивается в виде тепла.

Второй этап (бескислородный) называется *гликолизом*. Именно этот способ получения энергии был исторически и эволюционно первым. Он сформировался в первичной атмосфере, не содержащей кислорода. Поэтому-то реакции гликолиза и его ферменты одинаковы у клеток разных групп организмов. Гликолиз происходит во всех клетках эукариот и у большинства прокариот, исключая хемотрофов. И проходит он совершенно одинаково. Это цепь превращений, состоящая из 9 или 10 последовательных реакций. В ходе этих реакций молекула глюкозы $C_6H_{12}O_6$ расщепляется на две молекулы пировиноградной кислоты (ПВК) $C_3H_4O_3$ или на две молекулы молочной кислоты $C_3H_6O_3$ (если происходит 10 реакций). То есть общую формулу гликолиза можно записать так:



Все реакции гликолиза контролируются ферментами.



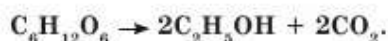
Часть реакций в начале процесса является обратимой. В этот момент клетка решает, нужно ли продолжать процесс. Если в цитоплазме достаточно АТФ и кислорода, гликолиз будет подавляться (*ингибироваться*). Если же в цитоплазме накопились АДФ или АМФ, то ферменты гликолиза стимулируются, и процесс идет более активно.

Для того чтобы гликолиз начался, необходима энергия двух молекул АТФ. По окончании процесса синтезируются четыре молекулы АТФ, так что энергетический баланс все равно оказывается положительным.

Шестиуглеродная молекула глюкозы после комплекса реакций разбивается на две молекулы триозы (трехуглеродный сахар). Выделившейся при этом энергии хватает на синтез двух молекул АТФ.

Энергетический результат гликолиза, как и весь процесс, у всех организмов одинаков. Это две молекулы АТФ. У разных групп организмов

химические результаты реакций гликолиза претерпевают различные изменения. Так, у многих бактерий происходит процесс *спиртового брожения*. То есть конечным продуктом реакций гликолиза является этиловый спирт. При этом выделяется углекислый газ CO_2 . Уравнение будет выглядеть так:



Существуют бактерии (уксуснокислые, маслянокислые и др.), завершающие гликолиз образованием уксусной кислоты или ацетона. В условиях недостаточного снабжения кислородом у многих растений и в мышцах животных конечным химическим продуктом является молочная кислота $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_4$.

Одной из причин мышечного утомления при длительной работе является ее накопление. Этот показатель очень важен, особенно для спортсменов высокого класса, так как количество молочной кислоты иллюстрирует биохимическую обеспеченность клеток кислородом. Если для дальнейшего процесса разложения глюкозы кислорода достаточно, то конечным продуктом гликолиза будут пируваты или ПВК, которые и попадут в митохондрии. В ходе гликолиза в виде АТФ запасается только малая часть полезной энергии, примерно 5%. А дальнейшее кислородное разложение органики примерно в 18 раз эффективнее бескислородного. Поэтому о дыхании часто говорят как о кислородном процессе, пренебрегая гликолизом.

Третий этап дыхания – кислородный – протекает в митохондриях. Здесь под действием кислорода результаты гликолиза разлагаются до воды и углекислого газа. Выделившейся энергии хватает на синтез 36 молекул АТФ. Общим энергетическим итогом всех трех этапов дыхания будут 38 молекул АТФ, образовавшихся из одной молекулы глюкозы.

Таблица 9. Этапы дыхания

Название этапа	Локализация (где протекает)	Химические превращения	Энергетический результат
1. Подготовительный	Пищеварительная система, лизосомы	Разложение веществ пищи на мономеры (глюкоза, аминокислоты, глицерин и жирные кислоты)	АТФ – 0 молекул. Е (энергия) только в виде тепла
2. Бескислородный (гликолиз)	Цитоплазма клеток	Разложение глюкозы до пировиноградной или молочной кислоты	АТФ – 2 молекулы
3. Кислородный	Митохондрии	Разложение ПВК (МК) до CO_2 и H_2O	АТФ – 36 молекул. Е в виде тепла

Это соответствует примерно 40% КПД. Характеристика трех этапов дыхания представлена в табл. 9.

Краткие выводы

1. Дыхание – процесс разложения питательных веществ под действием кислорода до углекислого газа и воды в целях получения энергии, чаще всего в виде АТФ.

2. По отношению к кислороду все организмы делятся на аэробов, нуждающихся в кислороде, и анаэробов, не нуждающихся в нем.

3. Процесс дыхания включает в себя бескислородную стадию – гликолиз, характерную для всех групп организмов, и аэробную стадию в митохондриях, характерную только для аэробов.



Аэробы, анаэробы, пепсин, липаза, амилаза, гликолиз, спиртовое брожение, ингибирование.



Знание и понимание:

1. Дайте определения понятиям: *аэробы* и *анаэробы*.
2. Что такое гликолиз?

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит подготовительный этап дыхания.
2. Назовите, какие организмы могут обходиться без кислорода.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы связь между этапами дыхания. Какие результаты переходят из первой фазы во вторую, а какие – из второй в третью?
2. Покажите разницу между энергетическими результатами второго и третьего этапов дыхания.

Синтез:

1. Порассуждайте: какие организмы могут обходиться только вторым этапом дыхания? Систематизируйте по критериям три этапа дыхания. Критерии выдвиньте самостоятельно.
2. В соответствующих графах таблицы поставьте знак «+».

№	Характерный признак	Этап дыхания		
		I	II	III
1	Протекает в митохондриях			
2	Может протекать вне клетки			
3	Протекает в цитоплазме			
4	Протекает в лизосомах			

5	Количество энергии в виде АТФ = 0			
6	Количество энергии в виде АТФ = 36			
7	Количество энергии в виде АТФ = 2			
8	Для процесса необходим кислород			
9	Для процесса необходимы ферменты: липаза, пепсин, амилаза			
10	Необходимы ферменты, чувствительные к изменению количества АТФ в окружающем растворе			
11	Обязательно необходимо органическое вещество – глюкоза			
12	Результат – молочная кислота			
13	Результат – углекислый газ и вода			
14	Результат – мономеры биополимеров			
15	Энергия выделяется только в виде тепла			

Оценка:

1. Напишите реферат о появлении в эволюции разных этапов дыхания. Как это явление было связано с появлением фотосинтеза в биосфере?
2. Установите зависимость между аэробностью и анаэробностью организмов, их средой обитания и образом жизни.

Дискуссия:

Напишите реферат о связи процессов энергетического обмена и физических законов (второй закон термодинамики).

- Что такое энтропия?
- Как эта физическая категория сказывается на энергетических аспектах жизни?

§19. Виды метаболизма

Описывать виды метаболизма, этапы энергетического обмена



Что такое метаболизм? Из каких двух противоположных процессов он складывается? Для чего организм поглощает вещества? Помните ли вы значение понятий: «метаболизм», «пластический обмен», «энергетический обмен», «анаболизм», «ассимиляция», «катаболизм», «диссимиляция», «автотрофность», «гетеротрофность», «фототрофность», «хемотрофность», «сапротрофность», «паразитизм»?

Метаболизм – это постоянный процесс поступления и выделения веществ, происходящий между организмом и окружающей средой. Все живые организмы строят свое тело за счет химических компонентов, извлеченных из окружающей среды. Чтобы синтезировать собственные органические вещества, поддерживать постоянство химического состава, температуры и других показателей, организмам требуется энергия. Даже на процессы поглощения и выделения веществ одной клеткой требуется энергия (вспомните понятие «активный транспорт»).

Метаболизм подразделяют на пластический и энергетический. *Пластический обмен* обозначают терминами *анаболизм*, или *ассимиляция*. Это процесс потребления веществ, их преобразование в собственные вещества организма и последующее накопление. Таким образом, под анаболизмом, или ассимиляцией, подразумевают реакции, направленные на **синтез и накопление собственных веществ организма из химических компонентов пищи**. То есть синтез сложных молекул из более простых с накоплением энергии.

Наиболее важный для биосферы процесс анаболизма – *фотосинтез*. В ходе него за счет энергии света из углекислого газа и воды синтезируются органические вещества. Все организмы, осуществляющие фотосинтез, обязательно должны содержать специальные пигменты. Чаще всего это *хлорофилл*. В организмах присутствуют и вспомогательные пигменты. При фотосинтезе обычно выделяется кислород. Некоторые фотосинтезирующие бактерии в процессе фотосинтеза вместо воды используют серу (пурпурные серобактерии) и не выделяют кислорода.

Процессы *энергетического обмена* называют *катаболизмом*, или *диссимиляцией*. Эти понятия объединяют процессы получения организмом энергии путем расщепления сложных органических веществ и ее расходование на жизнедеятельность. **Энергия**, заключенная в химических связях крупных органических молекул, **освобождается и запасается в форме АТФ**. Основные этапы катаболизма – *клеточное дыхание, гликолиз и брожение*.



Подразделение на анаболизм и катаболизм условно. Ведь в действительности с того момента, как энергия пищевых веществ оказалась включенной в живую систему, разграничить эти понятия невозможно. Энергия присутствует здесь в основном в виде химических связей между компонентами АТФ и других органических веществ.

Выделяться из организмов энергия может в виде тепла у теплокровных (птицы и млекопитающие); механической энергии движения, электрической (электрический скат) или световой энергии (биолюминесцентные организмы – светлячки, некоторые рыбы, медузы и грибы). Причем

у большинства организмов выделяется еще и химическая энергия в виде веществ, из которых состоит части тела, теряемые в процессе жизни. Это могут быть опавшие листья, отшелушивающаяся кожа, волосы, когти, рога некоторых оленей, которые сбрасывают их ежегодно, покровы членистоногих и пресмыкающихся, заменяемые при линьке, и т. д.

В живые системы энергия попадает в виде: 1) химической энергии питательных веществ – белков, жиров и углеводов; 2) солнечной энергии; 3) химической энергии неорганических веществ.

Химическая энергия питательных веществ. Синтезировать органические вещества из неорганических, т. е. получать белки, жиры и углеводы, например, из углекислого газа, воды и азотсодержащих соединений, могут не все живые организмы. По способу получения энергии их делят на 2 большие группы: автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы (от греч. *аутос* – сам и *трофэ* – питание) – организмы, которые не нуждаются в готовых органических веществах. Они способны самостоятельно синтезировать белки, жиры и углеводы из простых неорганических веществ. Подразделяются они на фототрофов и хемотрофов.

Фототрофы, или **фотосинтетики**, используют энергию солнечного света при **фотосинтезе**. Это все зеленые растения (кроме паразитических) и синезеленые водоросли – цианобактерии.

Хемотрофы, или **хемосинтетики**, используют химическую энергию неорганических веществ путем **хемосинтеза**. Это хемосинтезирующие бактерии.

Хемосинтез – это процесс получения энергии из химических соединений, т. е. использование энергии, выделяющейся при окислении неорганических веществ.

Гетеротрофы (от греч. *гетерос* – другой, разный и *трофэ*) – организмы, которые не способны синтезировать органические вещества из неорганических. Они нуждаются в готовой органике (белках, жирах и углеводах пищи) как для синтеза собственных веществ, так и для получения энергии. К гетеротрофам относятся все животные, грибы, большинство бактерий, бесхлорофильные наземные растения и водоросли.

Гетеротрофов и хемосинтетиков можно объединить в группу организмов, использующих химическую энергию. Разница состоит в том, что животные, грибы, сапротрофные и паразитические бактерии получают эту энергию из органических веществ. То есть они либо поедают другие организмы, либо питаются их остатками и выделениями. А хемосинтезирующие бактерии получают энергию из неорганических веществ и часто не нуждаются в соседстве с другими живыми существами.



Рис. 27. Биосферная взаимосвязь организмов с разными типами получения энергии

Гетеротрофные организмы извлекают энергию при расщеплении готовой органики, поступающей с пищей, до углекислого газа и воды. По способу добывания пищи и питания, т. е. в зависимости от того, живую или отмершую органику они потребляют, их подразделяют на травоядных, хищников, паразитов и сапротрофов.

Травоядные – организмы, питающиеся растениями, но не паразитирующие на них. Это все копытные, большинство грызунов и др.

Хищники ловят, умерщвляют и поедают других животных. Хищничество встречается практически среди всех типов животных, а также среди грибов и насекомоядных растений.

Паразитами называются организмы, питающиеся тканями других живых существ, но не вызывающие их немедленной гибели. Это все болезнетворные микроорганизмы, паразитические черви, комары, клещи, блохи, некоторые грибы и растения-паразиты (повилика и заразиха).

Сапротрофами (от греч. *сапрос* – гнилой и *трофе* – пища, питание) называют организмы, питающиеся остатками или выделениями живых существ (падаль, гниющая органика, почвенный перегной) и превращающие органические вещества в неорганические. Сапротрофами являются грибы, бактерии, а также немногие высшие растения, например паразити-

ческие, и некоторые водоросли. Среди животных к сапротрофам относятся некоторые насекомые (жуки-навозники, личинки некоторых мух и др.), дождевые черви, некоторые ракообразные (особенно донные), некоторые млекопитающие (гиены и др.) и птицы (грифы и др.).

Несмотря на разнообразие способов получения энергии (рис. 27), все живые организмы используют эту энергию на поддержание жизненных процессов. Чем более доступны и обильны источники энергии, тем меньше конкуренция, и у организмов больше шансов сохраниться в течение длительного эволюционного времени. Так, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии существуют на планете около 3,5 млрд лет.

Краткие выводы

1. Химические вещества и энергию живые организмы извлекают из окружающей среды. Обмен веществ между организмом и окружающей средой называется *метаболизмом*. Он состоит из двух процессов.

2. Потребление веществ, их синтез и накопление собственных веществ называют *пластическим обменом* (*анаболизм*, или *ассимиляция*). Процесс расщепления веществ в целях получения и использования энергии называется *энергетическим обменом* (*катаболизм*, или *диссимиляция*).

3. *Автотрофы* – организмы, способные самостоятельно синтезировать белки, жиры и углеводы из простых неорганических веществ, используя энергию фотосинтеза (солнечный свет) либо хемосинтеза.

К *фототрофам*, или *фотосинтетикам*, относятся все зеленые растения и цианобактерии. К *хемотрофам*, или *хемосинтетикам*, относятся только хемотрофные бактерии.

4. Все организмы, нуждающиеся в готовых органических веществах, называются *гетеротрофами*. Они не способны самостоятельно синтезировать органику из неорганических веществ и используют белки, жиры и углеводы пищи как источник энергии и строительный материал для собственного тела. К ним относятся все животные, грибы, большинство бактерий, а также растения, не способные к фотосинтезу.



Метаболизм; пластический обмен – анаболизм, или ассимиляция; энергетический обмен – катаболизм, или диссимиляция; фотосинтез, хемосинтез, автотрофы, гетеротрофы, фототрофы, хемотрофы, сапротрофы.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему метаболизм обязательно включает в себя два противоположных процесса.

2. В чем заключается различие между автотрофами и гетеротрофами? Приведите пример.

Применение:

1. Опишите функции фототрофов в природе.
2. Определите связь между хемотрофами, гетеротрофами и фототрофами.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы анаболизм и катаболизм в организме человека. Может ли один процесс существовать без другого?
2. Докажите на примерах, что существование гетеротрофов и автотрофов невозможно друг без друга.

Синтез:

1. Заполните таблицу.

№	Признак	Гетеротрофность	Хемосинтез	Фотосинтез
1	Необходимы готовые БЖУ			
2	Синтезируются собственные БЖУ из неорганических веществ			
3	Используется энергия света			
4	Используется энергия химических веществ (органических и неорганических)			
5	Используется энергия органических веществ			
6	Используется энергия неорганических веществ			
7	Характерно для грибов			
8	Характерно для растений			
9	Характерно для животных			
10	Характерно для гнилостных и болезнетворных бактерий			

2. Смоделируйте ситуацию: существование жизни без: а) гетеротрофов; в) фототрофов; с) хемотрофов. Какая из этих групп живых организмов просуществовала бы достаточно долго?
3. Систематизируйте полученные знания и оцените роль и эволюционный смысл сосуществования разных групп организмов.

Оценка:

1. Оцените, как взаимосвязаны в природе (биосфере) разные типы метаболизма.
2. Обсудите: у какой группы живых организмов (учитывая способ их питания и получения энергии) максимально эволюционировали нервная система и поведение? Как, по-вашему, связаны ли эти процессы?

§20. Структурные компоненты митохондрий и их функции

Устанавливать взаимосвязь структуры митохондрий
и процессов клеточного дыхания



Чем митохондрии отличаются от других клеточных структур? Что общего у митохондрий с ядром и с хлоропластами? Что такое кристы, матрикс, межмембранное пространство?

Кислородное расщепление в митохондриях включает в себя два взаимосвязанных, но самостоятельных процесса. Это *цикл Кребса* и *дыхательная цепь* – цепь из молекул переноса электронов и протонов (рис. 28).

Оба эти процесса разграничены в структурах, в которых происходят. Цикл Кребса происходит в жидкости митохондрий – *матриксе*. А *электронно-транспортная цепь* – на *мембранах крист* митохондрий. Оба процесса проходят последовательно, т. е. по времени цикл Кребса предшествует работе мембранных структур, находящихся в кристах. Важно также помнить, что хотя наследственный аппарат митохондрий (рибосомы, кольцевая ДНК, РНК-полимеразы и другие ферменты) сам непосредственно не принимает участия в процессах синтеза АТФ, он синтезирует ферменты, молекулы-переносчики и другие химические компоненты, без которых процесс получения АТФ в митохондриях был бы невозможен.

Под *циклическими реакциями* в клетке понимают замкнутую последовательность химических реакций, идущих одна за другой, в которых продукт последней реакции является исходным веществом для первой. При этом в ходе цикла могут поглощаться и выделяться какие-либо вещества.

Цикл Кребса – это сложный биохимический процесс, состоящий из нескольких последовательных реакций взаимопревращения веществ – трикарбоновых кислот (табл. 10). Первым результатом цикла Кребса является лимонная кислота, поэтому его также называют *циклом лимонной кислоты*, или *циклом трикарбоновых кислот*. Этот процесс был открыт

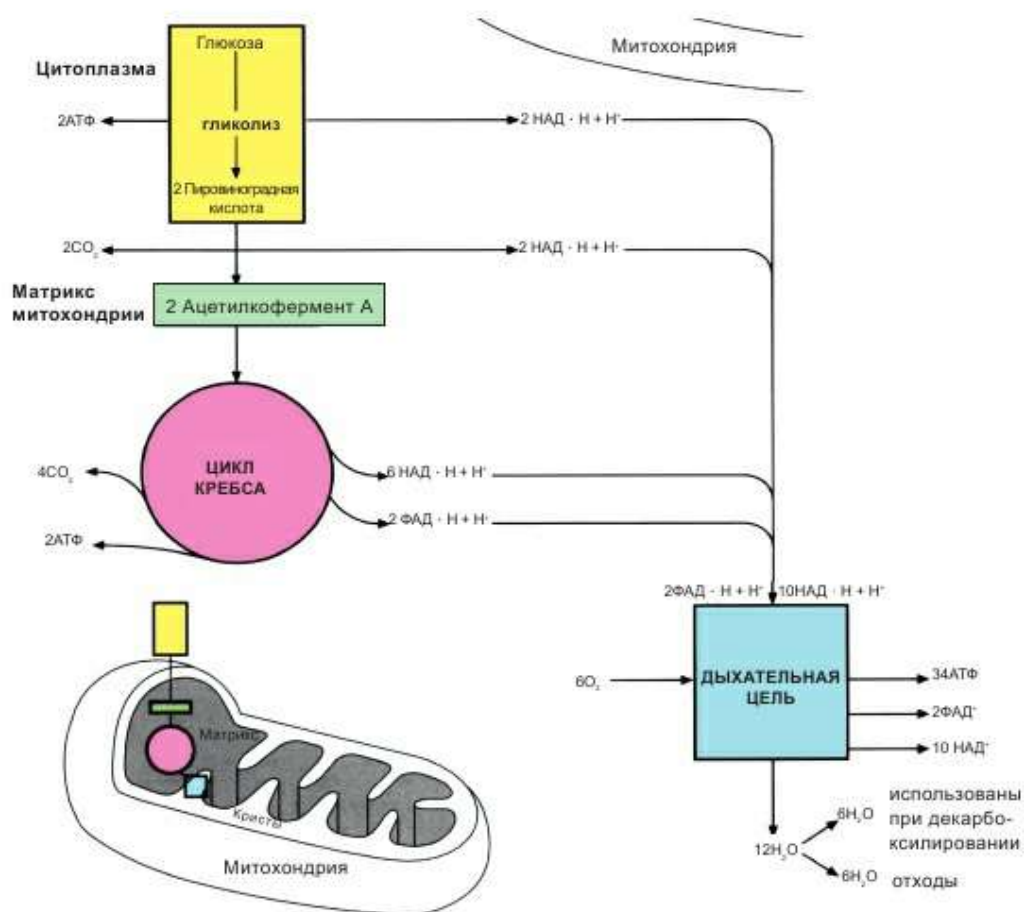


Рис. 28. Схема взаимосвязанных энергетических процессов, роль митохондрий

в 1937 г. английским биохимиком Хансом Кребсом, за что тот был удостоен Нобелевской премии в 1953 г. Это очень важный и очень сложный биохимический процесс, который происходит в матриксе митохондрий. Реакции цикла Кребса происходят ступенчато.

Результаты цикла Кребса:

1. Разложение $2C_3H_6O_3$ до $6CO_2$ и $4НАД \cdot Н$, $ФАД \cdot Н^+Н$.
2. Синтез энергии – 2 АТФ или 2 ГТФ.
3. Взаимопревращение веществ – трикарбоновых кислот в аминокислоты, превращение КоА в компоненты жиров (вне цикла трехуглеродных соединений в любые другие сахара) (рис. 29).

Таблица 10. Реакции цикла Кребса

№	Исходная кислота	Суть реакции	Результаты химических реакций	
			остается в цикле, кислота	выходит из цикла
0	Щавелевоуксусная C_4	Присоединение ацетильной группы – C_2H_3O от ацетил-КоА	Лимонная C_6	Свободный переносчик КоА, готовый присоединить новую ацетильную группу
Это реакция вхождения в цикл ацетил-КоА, поэтому мы обозначили ее №0				
1	Лимонная	Перестройка молекулы	Изолимонная C_6	---
2	Изолимонная C_6	Отнятие водорода	Щавелево-янтарная C_6	$НАД \cdot H^{N2}$
3	Щавелево-янтарная C_6	Выделение CO_2	α -Кетоглутаровая C_5	CO_2^{N2}
4	α -Кетоглутаровая C_5	Взаимодействие с НАД, КоА	Сукцинил (сукцинат) C_4	CO_2^{N3} , $НАД \cdot H^{N3}$
5	Сукцинат C_4	Взаимодействие с АДФ или ГДФ	Янтарная C_4	АТФ или ГТФ
6	Янтарная C_4	Взаимодействие с ФАД	Фумаровая C_4	$ФАД \cdot H_2$
7	Фумаровая C_4	Перестройка молекулы	Яблочная C_4	---
8	Яблочная C_4	Взаимодействие с НАД	Щавелево-уксусная C_4	$НАД \cdot H^{N4}$

Дыхательная цепь митохондрий. Таким образом, 2 молекулы АТФ образовались в гликолизе, еще 2 – в цикле Кребса. Остальные молекулы АТФ образуются на выростах внутренней мембраны митохондрий – кристах. После того как CO_2 выделился в ходе цикла Кребса из глюкозы, остался водород, связанный с молекулами-переносчиками $НАД \cdot H$ и $ФАД \cdot H_2$.

У водорода этих молекул отнимается электрон, после чего водород превращается в протон H^+ . Протоны водорода выкачиваются в межмембранное пространство митохондрий (между внутренней и наружной мембранами). А оставшийся от водорода электрон попадает в электронно-транспортную цепь. Это несколько молекул-переносчиков, вмонтированных в крист-мембрану и способных последовательно присоединять к себе электроны.

По структуре эти молекулы представляют собой сложные белки, содержащие металлы. Называются они *цитохромами*. Пройдя по электронно-транспортной цепи, электрон соединяется с кислородом. (Вот для чего при дыхании нужен атмосферный кислород – для соединения с электроном.) Молекула кислорода становится отрицательно заряженной O_2^- .

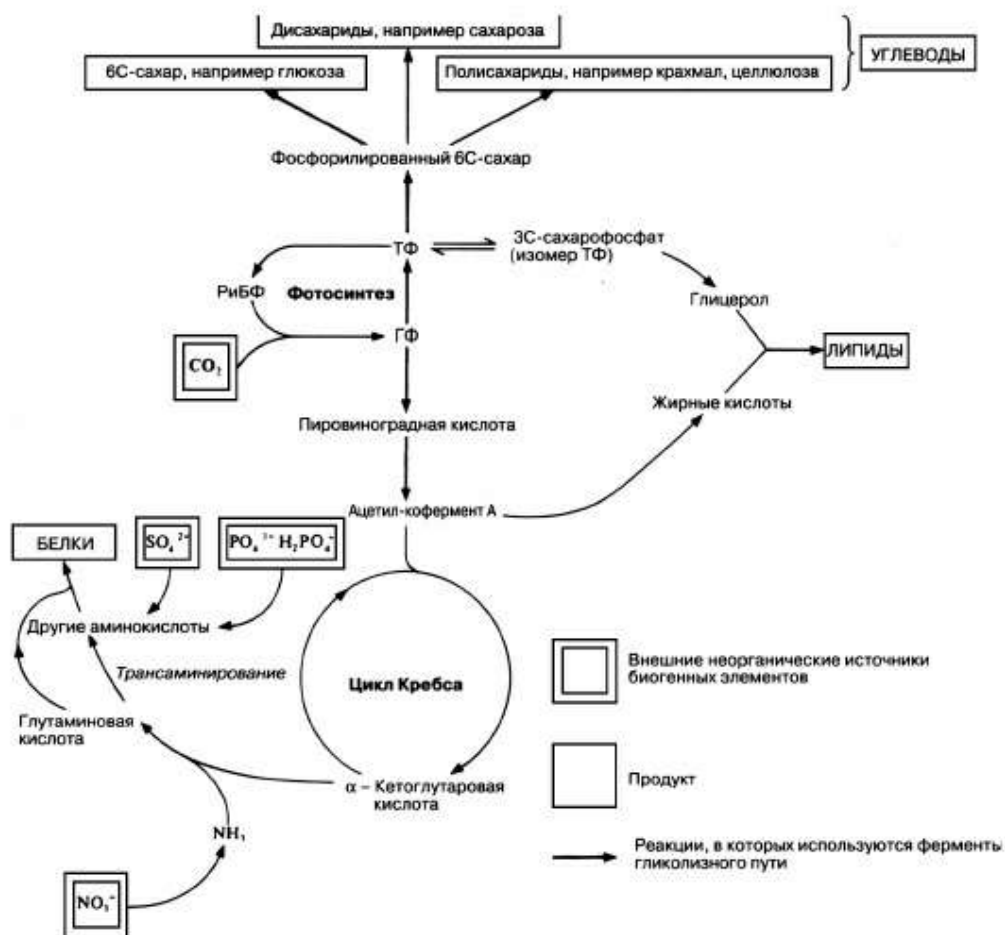


Рис. 29. Роль цикла Кребса в процессе превращения веществ

Следовательно, теперь матрикс митохондрий заряжен отрицательно (O_2^-), а межмембранное пространство – положительно (H^+).

Разница зарядов растет по мере накопления все большего числа молекул H^+ и O_2^- , а значит, растет и электрическая энергия заряда мембраны. В определенный момент эта разность потенциалов достигает критической величины, примерно 200 мВт. Тогда срабатывает специальная молекула, называемая молекулой *АТФ-синтетазой*, или «протонным каналом».

Эта молекула огромна. Она состоит из более чем девяти белковых субъединиц и пронизывает крист-мембрану насквозь. Когда по этой молекуле протоны водорода проходят внутрь матрикса митохондрий,

они отдают энергию, которая идет на синтез АТФ. Прошедшие сквозь молекулу АТФ-синтетазы протоны H^+ соединяются с O_2^- до образования воды. То есть в мембрану крист дыхательной цепи вмонтированы 2 системы важнейших молекул: переносчики *электронно-транспортной цепи* и молекула *АТФ-синтетазы*, пропускающая протоны и синтезирующая АТФ.

В механизмах этого процесса до сих пор остаются невыясненными некоторые аспекты. Но одно точно – из последних компонентов глюкозы, оставшихся после цикла Кребса (молекул водорода), после соединения с кислородом атмосферы образуется вода. А энергия, полученная в ходе этих сложнейших процессов, осуществляемых специальными молекулами, запасается в виде АТФ. Энергетический результат дыхательной цепи – 34 молекулы АТФ из одной молекулы глюкозы. Таким образом, общий итог превращения в митохондриях (цикл Кребса + дыхательная цепь) – 36 молекул АТФ.

Следует отметить, что так могут разлагаться не только глюкоза, но и жиры или аминокислоты. В этих реакциях происходило присоединение к молекуле АДФ фосфата для ее превращения в АТФ. Поэтому реакции можно назвать общим термином – *фосфорилирование*. А использование энергии для окисления глюкозы делает термин более точным – *окислительное фосфорилирование*.

Для процесса в митохондриях необходимы следующие условия:

1. Наличие результатов гликолиза.
2. Наличие ферментов цикла Кребса в матриксе митохондрий.
3. Наличие молекул-переносчиков НАД и ФАД, коферментов типа КоА.
4. Наличие молекул, встроенных в мембрану крист:
 - а) цитохромов электронно-транспортной цепи;
 - б) молекулы АТФ-синтетазы.
5. Наличие кислорода.
6. Целостность митохондриальных мембран.

Если мембраны митохондрий повредить, то 34 молекулы АТФ из одной молекулы глюкозы никогда не синтезируются.

Некоторые вещества способны вызвать такое повреждение. Они опасны для организма, так как приводят к потерям энергии. Даже если пища потребляется нормально, энергия в виде АТФ не запасается. Но в организме подобные вещества могут вырабатываться специально. Это происходит в митохондриях клеток специфической жировой ткани – бурого жира. Так как мембраны митохондрий пропускают H^+ , разность зарядов не образуется. Поэтому молекулы АТФ не образуются, а вся энергия вместо этого выделяется в виде тепла и согревает организм.

Бурого жира много у теплокровных животных в период зимней спячки, когда энергия им нужна в основном для того, чтобы не замерзнуть. У человека такой бурый жир функционирует в первые дни после рождения. Это нужно, пока организм младенца не научится самостоятельно регулировать температуру тела. Ведь до рождения он пользовался теплом организма матери.

Краткие выводы

1. В митохондриях происходят два самостоятельных, но взаимосвязанных процесса: цикл Кребса и дыхательная цепь.

2. Вещества, полученные в процессе гликолиза, вступают в цикл Кребса через специальную молекулу – ацетил-КоА.

3. Суть циклических реакций цикла Кребса сводится к взаимопревращению веществ – трикарбоновых кислот. В результате из остатков глюкозы (молочной или пировиноградной кислоты) удаляется CO_2 , образуются 2 молекулы АТФ и переносчики, содержащие водород: $\text{НАД} \cdot \text{Н}$ и $\text{ФАД} \cdot \text{Н}_2$.

4. Кроме энергетического результата, цикл Кребса необходим клеткам для синтеза и взаимопревращения собственных веществ: белков, жиров и углеводов.

5. Остальные 34 молекулы АТФ образуются на мембране крист. Дыхательная цепь крист включает в себя сложные молекулы: электронно-транспортную цепь и АТФ-синтазу. После ряда превращений водород из $\text{НАД} \cdot \text{Н}$ и $\text{ФАД} \cdot \text{Н}_2$ соединяется с кислородом атмосферы до образования воды. Как побочный продукт выделяется энергия в виде тепла.



Циклические реакции, цикл Кребса (цикл лимонной кислоты, или трикарбоновых кислот), ацетил-КоА, аминирование, дыхательная цепь; молекула АТФ-синтаза, или протонный канал; электронно-транспортная цепь, окислительное фосфорилирование.



Знание и понимание:

1. Объясните, для чего нужны мембраны крист в митохондриях.
2. Каков порядок протекания процессов в митохондриях? В чем заключается различие между ними?

Применение:

1. Объясните значение кислорода в обеспечении процессов в митохондриях. С чем он соединяется? Какое вещество после этого образуется?
2. Сравните энергетические результаты (количество молекул АТФ) работы цикла Кребса и электронно-транспортной цепи митохондрий.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы взаимосвязь процессов в митохондриях, расположив на ней следующие понятия и компоненты: лимонная кислота, молочная кислота, ацетил-КоА, CO_2 , O_2 , H_2O , Н-НАД, АТФ, цикл Кребса, получение аминокислот из карбоновых кислот, глицерин и жиры, полученные из трикарбоновых кислот, матрикс, кристы, протонный резервуар – межмембранное пространство.
2. Докажите на примерах, что митохондрии необходимы разным группам организмов, в том числе анаэробам.

Синтез:

Систематизируйте по критериям процессы биологического окисления, происходящего в митохондриях, и обычного горения. Выявите сходство и отличия, заполните по итогам этой работы таблицу.

Признак	Биологическое окисление	Горение
1. Поглощаемые в ходе реакций вещества		
2. Выделяемые в ходе реакций вещества		
3. Количество и скорость выделения тепла		
4. Предшествует гликолиз		
5. Запасание химической энергии		
6. Потребность в кислороде		
7. Потребность в ферментах		
8. Выделение CO_2		
9. Требование к целостности мембран митохондрий		
10. Потребность в молекулах-переносчиках		

Оценка:

1. Оцените значение явлений, происходящих в митохондриях.
2. Оцените роль цикла Кребса для жизнедеятельности организмов.

Дискуссия:

Смогли бы появиться в ходе эволюции митохондрии, если бы окружающая среда всегда оставалась бескислородной? Обсудите аргументы «ЗА» и «ПРОТИВ» альтернативных гипотез.

Раздел 5. ВЫДЕЛЕНИЕ

§21. Регуляция обмена воды

Объяснять роль антидиуретического гормона (АДГ) в регуляции уровня воды



Что вы помните о гормонах? Как они взаимодействуют с нервной системой? Что вы помните о «центре жажды»? Где он расположен? Каковы его функции? Что такое осмотическое давление? Почему оно должно быть постоянным? Что такое нефрон, обратное всасывание (реабсорбция) и вторичная моча?

Поступление воды и ее выделение происходят через различные органы тела. При нормальной температуре окружающей среды, невысоких физических нагрузках и нормальном питании человеку в сутки необходимо 2–2,5 л воды. Большая ее часть поступает при питье (примерно 1–1,5 л) и с пищей (около 1 л). Небольшое количество воды образуется в организме при химических реакциях преобразования белков, жиров и углеводов – примерно 300–350 мл.

Всасывание воды происходит в толстом кишечнике. Удаляют воду из организма в основном почки. В среднем выделяется 1,2–1,5 л мочи в сутки. Кроме того, выделительную функцию осуществляют и потовые железы. При нормальной температуре они выделяют 500–700 мл воды в сутки. В жаркую погоду и при активной физической работе пота выделяется значительно больше. Даже в условиях Крайнего севера при низких температурах с потом теряется 200–300 мл воды.

Воду выделяют также легкие (350–700 мл при учащенном дыхании) и кишечник (100–150 мл/сутки).

Водный баланс. Чтобы организм человека мог нормально функционировать, количество поступившей и удаленной воды должно быть равным. Это называется *водным балансом*. Если из организма выводится воды больше, чем поступает в него, то возникает чувство *жажды*. Тогда человек пьет воду и восстанавливает водный баланс. Нарушение водного баланса может быть двух типов.

Обезвоживание наступает, если организм теряет воды больше, чем получает. Это затрудняет работу всех клеток и органов. Сердце вынуждено перекачивать более густую кровь. Клетки теряют воду, подвергаясь плазмолизу. Обезвоживание может возникнуть при расстройстве работы кишечника (дизентерия, холера). В этом случае вода не только теряется, но и не всасывается в кровь в толстом кишечнике.

Водное отравление – переизбыток воды в организме. Это явление описано в курсе биологии 7 класса как результат экспериментов по стимулированию электродами «центра жажды» у животных. У человека подобные состояния возможны в жаркую погоду. Если происходит постоянное испарение воды с поверхностей слизистых оболочек рта, возникает чувство «ложной жажды». И при этом потребление воды не ограничено. Поэтому в жару (как и в холод) нужно стараться дышать носом; пить воду часто, медленно (не залпом), маленькими порциями, ополаскивая ею рот, прежде чем проглотить. Перед предстоящей физической работой или длительным пребыванием в местах с высокой температурой можно выпить подсоленной или минеральной воды или поесть умеренно-соленую пищу и запить ее небольшой порцией воды.

Переизбыток воды может возникать и из-за нарушения механизмов регуляции водного обмена в самом организме. Кроме нагрузки на сердце, почки и другие органы это явление приводит к видимым последствиям – отекам и нарушает биохимические процессы.

Также важно помнить, что многие элементы и растворимые соли человек получает в виде водных растворов. Поэтому физиологи не рассматривают нарушение водного обмена изолированно, а говорят о нарушении обмена солей и электролитов, объединяя эти понятия в термине *водно-солевой обмен*.

Регуляция водно-солевого обмена, как и другие процессы в организме человека, осуществляется *нейрогуморально*. При недостатке воды в организме повышается осмотическое давление тканевой жидкости. Это приводит к раздражению расположенных в сердце и сосудах *барорецепторов*. Импульсы от них направляются в головной мозг по специальным нервам. Напомним, что центры регуляции многих обменных процессов находятся в промежуточном мозге. Именно здесь расположен *центр регуляции водно-солевого обмена*. Импульсы из этого центра поступают в *осморецепторы* гипоталамуса. В ответ на раздражение он синтезирует нейрогормон *вазопрессин*, или *АДГ* – *антидиуретический гормон*, который поступает в кровь из нервной доли *гипофиза* (нейрогипофиза).

После поступления в кровь вазопрессина (АДГ) резко снижается *диурез* – выделение мочи. *Органом-мишенью* для АДГ являются почки. Ведь этот гормон усиливает деятельность извитых канальцев нефрона, в которых происходит *обратное всасывание*, или *реабсорбция*.

Эффектом действия вазопрессина является увеличение реабсорбции, т.е. возврата воды из первичной мочи в кровь. Это повышает концентрацию мочи и уменьшает ее объем. Для этого в собирательных трубочках почек, куда поступает разбавленная (неконцентрированная) моча, усиливается

обратное всасывание воды в кровь. АДГ (вазопрессин) увеличивает водную проницаемость собирательных трубочек почек. При повышении вязкости плазмы крови и при уменьшении объема тканевой жидкости секреция АДГ в организме увеличивается.

Вспомогательную роль играет также ряд эффектов воздействия АДГ на кровеносные сосуды и головной мозг. Он вызывает сужение сосудов и повышение кровяного давления.

Под воздействием АДГ вода активно возвращается в кровь, количество мочи сокращается, и она становится более концентрированной (вторичная моча). Содержание в ней вредных веществ возрастает за счет уменьшения воды, но при этом процесс избавления от вредных веществ серьезно не страдает. Под действием АДГ в организме остается больше воды. Соответственно, давление в крови падает, и ситуация нормализуется.

Синтез и выделение АДГ стимулируются повышением осмотического давления (концентрация солей, уменьшение воды) в плазме крови. Как только осмотическое давление крови достигает нормального уровня, выделение и воздействие АДГ на извитые канальцы почек уменьшается. Если из-за эндокринных нарушений возникает *гипофункция* – недостаток АДГ, в организме проявляется *несахарный диабет*. Это состояние, при котором человек выделяет по 10 л неконцентрированной мочи в сутки, вместе с которой теряется и глюкоза. Кроме очень частых позывов к мочеиспусканию и постоянного чувства жажды у человека возникают все симптомы недостатка глюкозы в организме – слабость, головокружение, дрожь в конечностях, потеря сознания и т. д. Слишком большое количество выделенной мочи ведет к потерям не только воды, но и многих полезных веществ, которые не возвращаются обратно в кровь и теряются организмом (глюкоза, натрий, электролиты и др.). При *гиперфункции* выделение гормона увеличивается.



АДГ является главным, но не единственным механизмом регуляции обмена воды.

Количество образовавшейся мочи меняется в зависимости от кровяного давления в почечных артериях. Чем выше давление, тем больше мочи образуется. Поэтому одним из важных показателей, измеряемых при оценке работы почек, является почечное давление.

Кроме АДГ есть еще два типа гормонов, участвующих в обмене воды и солей. Это минералокортикоиды и гормон ренин. *Минералокортикоиды* – группа стероидных гормонов, вырабатываемых корой надпочечников. Самый активный из них *альдостерон*. При избытке гормонов этой группы вода задерживается в организме, и как следствие появляются отеки и повыша-

ется кровяное давление. При их недостатке возникает обезвоживание. Они также играют важную роль в задержке Na и выведении из организма K . Ренин вырабатывается в самих почках особыми клетками артериол почечных клубочков. Он регулирует артериальное давление, функцию почек и водно-солевой обмен организма.

Краткие выводы

1. В организме человека, как и других существ, должен регулироваться водно-солевой баланс.
2. Одним из механизмов предупреждения нарушений водно-солевого баланса является АДГ – антидиуретический гормон.
3. АДГ способствует сохранению необходимой влаги в теле за счет стимулирования обратного всасывания (реабсорбции) и образования вторичной мочи.
4. При недостатке АДГ организм покидает слишком много воды, солей и глюкозы, и развивается несахарный диабет.



Водный баланс, обезвоживание, водное отравление, водно-солевой обмен, барорецепторы, гипоталамус, осморецепторы; вазопрессин, АДГ – антидиуретический гормон гипофиза; обратное всасывание, или реабсорбция; вторичная моча, несахарный диабет, минералокортикоиды, альдостерон, ренин.



Знание и понимание:

1. Дайте определения водному балансу, водно-солевому обмену.
2. Что такое обезвоживание организма?

Применение:

1. Опишите функции почек.
2. Назовите причины гипофункции.

Анализ:

1. Проанализируйте этапы образования мочи.
2. Выскажите ваше мнение о причинах появления несахарного диабета.

Синтез:

1. Оцените роль барорецепторов.
2. Дайте общее описание центра регуляции водно-солевого обмена.

Оценка:

1. Выскажите свое мнение о роли гипоталамуса.
2. Объясните значение обратного всасывания – реабсорбции.

§22. Искусственное очищение крови

Объяснять механизм очищения крови и других жидкостей тела



Каковы функции выделения? Сколько раз за сутки вся кровь проходит через почки? Как это можно вычислить?

Очищение крови почками происходит в организме постоянно. Если этот процесс нарушается или прерывается, опасные последствия станут заметны очень быстро. Как вы помните, крови в организме в среднем 5 л. А если вспомнить, что жидкая часть крови – плазма составляет всего 55% от общего объема крови, становится понятно, что вся жидкая часть крови фильтруется в почках каждые полчаса. Следовательно, при полном отказе почек организм ощутит негативные последствия уже в первые 30 мин.

Гемодиализ (от др.-греч. *гемо* – кровь и *диализ* – отделение) – метод очищения крови без участия почек организма. Показанием к применению процедуры диализа является частичный или полный отказ почек. Это может быть вызвано отравлением, механическим повреждением или хроническим заболеванием. Неспособность почек выполнять свои функции независимо от причины называется *почечной недостаточностью*. С учетом причины почечная недостаточность подразделяется на острую (травма, отравление) и хроническую (инфекционное или иное длительное заболевание почек).

Во время гемодиализа происходит удаление из жидкостей организма токсических продуктов обмена веществ и нормализация *водного* и *электролитного* балансов.

Принцип действия диализа основан на законах *осмоса* и *диффузии*. Необходимы очень тоненькие мембраны, проницаемые только для воды и определенных веществ, растворенных в ней. Если с одной стороны мембраны образуется высокая концентрация веществ в жидкости, а с другой – низкая, то молекулы растворенных веществ пытаются проникнуть сквозь мембрану, чтобы выровнять уровень концентрации и установить равновесие. Следовательно, если с одной стороны мембраны каких-либо веществ больше, чем с другой, часть их молекул перетекает на другую сторону.

В организме человека роль таких природных мембран выполняют капилляры легких и стенки альвеол, капилляры почечных клубочков, клетки капсулы нефрона и брюшины. Сквозь мембраны этих клеток определенные вещества проходят, а другие составные части крови (клетки, крупные белки и многие другие вещества) остаются в ней.

Подобный механизм действия и у диализа.

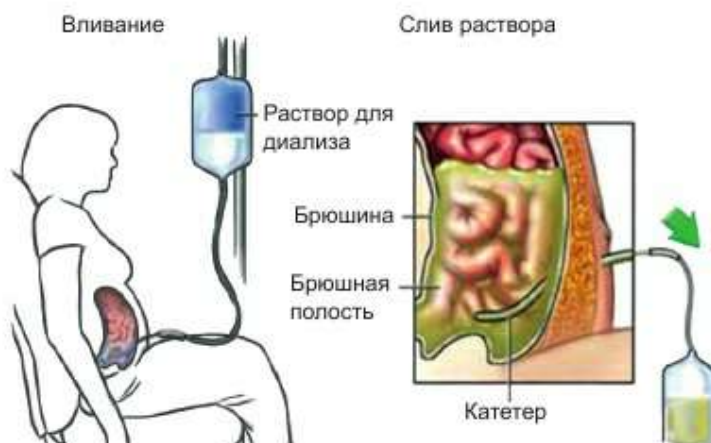


Рис. 30. Процедура перитонеального гемодиализа

Методы диализа. Выделяют два основных способа диализа.

Перитонеальный гемодиализ – это метод, когда роль фильтрующей мембраны выполняет брюшина самого человека (рис. 30). В брюшную полость пациента вводят большое количество (1–2 л) раствора солей и глюкозы. При этом между кровью, находящейся в сосудах самой брюшины, и введенной жидкостью начинаются процессы осмоса и диффузии. Кровь содержит большое количество вредных веществ, образовавшихся в организме, а введенный раствор не содержит их вовсе. Из-за разности концентрации начинается осмотический процесс перетекания молекул вредных веществ из крови в закачанную жидкость. Роль полупроницаемого барьера выполняет брюшина, сквозь которую в раствор не попадают клетки крови и крупные белковые молекулы. Проникновение вредных веществ в раствор прекратится, когда их концентрация станет одинаковой и в растворе, и в крови. После этого раствор удаляется так же, как и закачивался (чаще всего с помощью катетеров под местной анестезией).

Другой способ гемодиализа – *метод искусственной почки*. В этом случае кровь пациента очищается вне организма (рис. 31). Роль мембраны выполняет искусственная конструкция из специально обработанного материала. Кровь человека, нуждающегося в диализе, не должна свертываться во время процедуры. Для этого в нее вводят антисвертывающие вещества, например гепарин. По стерильным каналам кровь из вены выводится из организма и пропускается сквозь *диализатор*, специальную мембрану или *искусственную почку*. В этом аппарате с одной стороны мембраны находится кровь пациента, а с другой *диализирующий раствор*.



Рис. 31. Схема работы искусственной почки

По законам осмоса молекулы вредных веществ проникают в этот раствор сквозь мембрану. При этом мембрана не пропускает полезные вещества, клетки крови и большую часть воды. Все эти вещества остаются в составе очищенной крови, прошедшей через аппарат.

После очищения кровь возвращается в организм также по стерильным каналам – катетерам. Эту процедуру проводят в специальных медицинских учреждениях, соблюдая все меры предосторожности: антисептика, противошоковая терапия и т. д.

Метод искусственной почки эффективнее перитонеального гемодиализа. Кровь при нем очищается более качественно. Этот метод спас огромное количество людей.

Краткие выводы

1. Диализ – процедура искусственного очищения крови. Ее применяют при проблемах с почками.
2. Есть два метода диализа. Традиционный, менее эффективный, но более легкий, не требующий серьезного оборудования, – перитонеальный гемодиализ.
3. Более современный, эффективный, но нуждающийся в сложном оборудовании, – метод искусственной почки.



Гемодиализ, почечная недостаточность, водный баланс, электролитный баланс, осмос, диффузия, перитонеальный гемодиализ, метод искусственной почки, диализатор, диализирующий раствор.

**Знание и понимание:**

1. Объясните, когда применяется гемодиализ.
2. Что такое метод искусственной почки?

Применение:

1. Опишите принцип действия диализа.
2. Объясните значение гемодиализа.

Анализ:

1. Проанализируйте процесс искусственного очищения крови.
2. Оцените роль природных мембран в организме человека.

Синтез:

1. Дайте общее описание очищения крови.
2. Сравните два основных способа диализа.

Оценка:

Считаете ли вы, что метод искусственной почки эффективнее других методов?

§23. Хроническая почечная недостаточность

Познакомить с видами расстройств функций почек



Каковы функции почек? К чему закономерно приводит отказ почек? По каким причинам почки могут прекратить свою работу?

Термин «почечная недостаточность» обозначает нарушения работы почек, приводящие к тому, что они перестают выполнять свои функции. При этом кровь перестает очищаться от вредных веществ, образующихся в организме. Почечная недостаточность может быть вызвана как временными проблемами, так и следствием длительно развивавшейся болезни. По этому принципу почечную недостаточность подразделяют на острую и хроническую.

При **острой почечной недостаточности** почки резко теряют способность выполнять свои функции. Причинами, по которым почечная недостаточность возникает неожиданно и развивается очень быстро, могут стать отравления и травмы. При этом отказ почки может произойти в считанные часы.

Острую почечную недостаточность могут вызвать *отравления* грибами, солями тяжелых металлов, лекарственными препаратами и спиртами. Кроме того, к острой почечной недостаточности могут привести *травмы* почек, возникающие при ДТП, падении с высоты и т. д. Независимо

от причин заболевания суть острой почечной недостаточности не меняется. Могут возникнуть состояния, связанные со смертельно опасными последствиями: отек мозга или легких.

При острой почечной недостаточности назначают комплекс мер, снижающих действие отравляющих веществ. Одной из обязательных процедур является гемодиализ.

Если в ходе лечения функции почек восстанавливаются за короткий срок, острая почечная недостаточность может пройти без серьезных последствий для организма. При неблагоприятном развитии ситуации, как и при хронической почечной недостаточности, необходима пересадка донорской почки или постоянное использование гемодиализа.

Хроническая почечная недостаточность – это нарушение функциональной целостности почечной ткани из-за прогрессирующего заболевания почек. Причинами такого состояния чаще всего являются хронические и некоторые другие заболевания (рис. 32). Так как функциональная целостность нефронов значительно уменьшается, почки не справляются со своей работой. В результате в организме накапливаются вредные азотистые вещества (продукты распада белков): мочевина, креатинин и т. д. Это ведет к развитию *уремии* – самоотравлению организма, вследствие чего нарушается работа всех органов и тканей.

У больного возникает отвращение к мясной пище, приступы тошноты и рвоты. Человека мучает постоянное чувство жажды. Начинаются судороги в мышцах, боли в костях. Лицо приобретает желтушный оттенок, при дыхании ощущается запах аммиака. Количество выделяемой мочи заметно снижается.

При этом, несмотря на прием мочегонных, у человека появляются отеки, повышается артериальное давление, возникает дисбаланс электролитов. Из-за сбоя в почках процесса синтеза биологически активных веществ развиваются анемия и подагра, повышается содержание липидов в крови, нарушаются функции половых желез, обмен глюкозы, фосфора и кальция.

На ранних этапах заболевания врачи рекомендуют диеты с пониженным содержанием белка и соли. Параллельно исключаются все препараты и любые вещества, которые могут оказать отрицательное влияние на почки. Также проводится лечение обменных нарушений и осложнений; по возможности – воздействие на основное заболевание (пиелонефрит или др.). Выявляются и лечатся также болезни, усугубляющие плохое состояние, такие как инфекции мочевыделительной системы и др.

Если заболевание отступает и функции почек восстанавливаются, дальнейшее лечение сводится к профилактическим мероприятиям, направленным на снижение негативного воздействия на почки.



Рис. 32. Факторы риска хронических заболеваний

Если же заболевание прогрессирует, больные нуждаются в регулярном гемодиализе или трансплантации донорской почки.

Краткие выводы

1. Почечная недостаточность – тяжелейшее расстройство функций почек.
2. Причиной этого состояния могут быть отравления организма, инфекции (пиелонефриты), травмы, нарушения обмена веществ (мочекаменная болезнь).

3. Почечная недостаточность может быть острой и хронической.
4. При лечении применяют два основных метода: гемодиализ и трансплантацию почек.



Почечная недостаточность – острая и хроническая, уремия, пиелонефрит, гемодиализ, трансплантация.



Знание и понимание:

1. Дайте определение почечной недостаточности.
2. Что такое уремия?

Применение:

1. Опишите функции почек.
2. Определите связь между почечной недостаточностью и отравлением организма.

Анализ:

1. Выскажите ваше мнение о причинах отравления организма.
2. Проанализируйте и установите зависимость появления отвращения к мясной пище.

Синтез:

1. Систематизируйте нарушения почечной недостаточности.
2. Дайте общее описание диеты при хронической недостаточности почек.

Оценка:

1. Выскажите свое мнение о развитии заболеваний почек.
2. Перечислите факторы, которые могут спровоцировать почечную недостаточность.

§24. Трансплантация почек и диализ. Преимущества и недостатки

Обсуждать преимущества и недостатки трансплантации почек и диализа



Каково значение терминов «донор» и «реципиент»? Что такое трансплантация? Что такое биологическая совместимость? У кого она может быть 100%-ной?

Трансплантация почек – это процедура, при которой больную почку реципиента заменяют здоровой почкой донора. Одна здоровая почка может делать всю работу, которую не могли делать две больные почки. Хирурги пересаживают новую почку в тело реципиента, соединяя почечные артерию и вену с донорской почкой. Кровь реципиента проходит

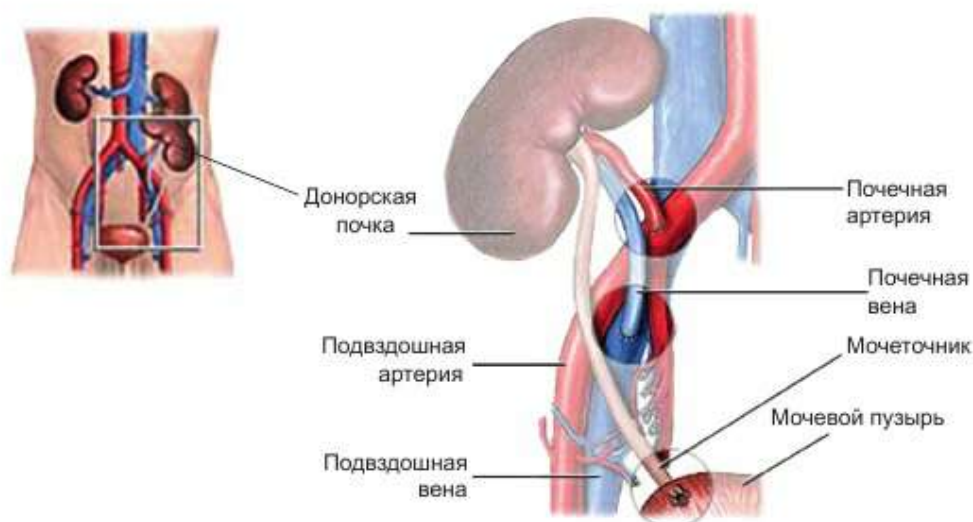


Рис. 33. Трансплантация почек

через почку (или почки), и пересаженные органы производят мочу, как и собственные почки. Новые почки могут начать работу сразу или через несколько недель. Собственные почки пациента не удаляются, если они не являются причиной инфекции, онкологического заболевания или высокого артериального давления. Они остаются на том же месте и соседствуют с донорскими органами (рис. 33).

Проблемы трансплантации. Надо понимать, что трансплантация почки – это не лечение, а вынужденная мера, когда иные методы помочь пациенту оказались неэффективны. Отторжение донорской почки не может исключить ни один врач. В отдельных случаях такая вероятность составляет 20–25% в течение первого года после операции. Принятие организмом донорской почки и ее последующее приживание зависят от многих факторов, прежде всего от возраста и общего состояния здоровья пациента.

Но самое важное – его совместимость с донором. Чем большее число последовательностей нуклеотидов ДНК у донора и реципиента совпадают, тем выше шансы на успешную пересадку. Поэтому почки, пересаженные от кровных родственников, лучше принимаются организмом реципиента. Абсолютно идеальными донорами друг для друга являются однояйцевые близнецы. Но если почечная недостаточность обусловлена наследственной предрасположенностью, то скорее всего оба близнеца будут иметь слабые почки, подверженные заболеваниям.

Для предотвращения отторжения любого донорского органа назначают специальные препараты – иммуносупрессанты. Реципиенты вынуждены принимать их ежедневно всю жизнь. Хотя эти лекарства призваны остановить отторжение почки, их побочный эффект – снижение иммунитета и ослабление всей иммунной системы организма. Следовательно, организм реципиента постоянно будет подвержен инфекционным заболеваниям, которые негативно влияют как на почки, так и на весь организм.

Трансплантация и гемодиализ. У людей, почки которых перестали функционировать настолько, чтобы обеспечивать жизнь организма, нет другого выхода, кроме пересадки почки или гемодиализа. Оба эти решения имеют свои плюсы и минусы.

Достоинства трансплантации почек:

- 1) исчезает потребность в диализе;
- 2) сокращаются ограничения в питании;
- 3) донорская почка работает, как собственная.

Недостатки трансплантации почек:

- 1) поиски донора;
- 2) проведение серьезной полостной операции;
- 3) возможность отторжения донорской почки;
- 4) прием препаратов, подавляющих иммунитет, до конца жизни.

Недостатком перитонеального гемодиализа является возможность побочных эффектов, связанных с болями в животе, проникновением в брюшную полость. Этот метод не может применяться более 6 месяцев, так как гарантированно возникают нарушения пищеварения. Но в целом перитонеальный гемодиализ остается наиболее эффективным методом очистки крови там, где нет аппаратов искусственной почки, либо для людей с сосудистыми проблемами.

Недостатки гемодиализа с помощью аппарата искусственной почки:

- 1) постоянные медицинские процедуры в стационаре;
- 2) ограничения в пище, физических нагрузок и т. д. Например, человек не может отправиться в поездку, если не уверен, что там ему смогут обеспечить гемодиализ. Хотя сейчас существуют портативные одноразовые аппараты для гемодиализа, их применение связано с соблюдением стерильности, контролем за свертываемостью крови и целостностью сосудов;
- 3) постоянная зависимость от поставок расходных материалов и исправности оборудования для гемодиализа.

Следует отметить, что и гемодиализ, и трансплантация почек уже сделали жизни миллионов людей возможными и более качественными. Ведь без этих процедур пациенты с почечной недостаточностью были обречены. Принимать решение, чем лучше воспользоваться – процедурой

трансплантации или гемодиализом, необходимо с учетом всех обстоятельств. Прежде всего это состояние здоровья самого пациента, его возраст, наличие или отсутствие подходящего донора и т. д. Именно лечащим врачам необходимо четко оценить наличие или отсутствие показаний и противопоказаний к процедуре как диализа, так и трансплантации почки.

Краткие выводы

1. Почечная недостаточность – тяжелейшее расстройство функций почек.
2. Причинами этого состояния могут быть отравления организма, инфекции (пиелонефриты), травмы, нарушения обмена веществ (мочекаменная болезнь).
3. Почечная недостаточность может быть острой и хронической.
4. При лечении данного состояния применяют два основных метода: гемодиализ и трансплантацию почек.



Трансплантация почек, донор, реципиент, гемодиализ.



Знание и понимание:

1. Опишите достоинства и недостатки пересадки почек.
2. Дайте определение искусственной почки.

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит пересадка донорской почки.
2. Объясните значение трансплантации почек.

Анализ:

1. Выскажите ваше мнение о причинах неудачной трансплантации донорских органов.
2. Проанализируйте процесс пересадки органов. С какими проблемами это может быть связано?

Синтез:

Перечислите проблемы трансплантации.

Оценка:

Оцените значение гемодиализа и трансплантации почек.

Дискуссия:

Обсудите, возможна ли трансплантация человеку органов млекопитающих.

Раздел 6. КЛЕТочный ЦИКЛ

§25. Гаметогенез у животных и человека

Объяснять особенности формирования гамет у животных и человека



Что такое гаметы? На каком этапе эволюции они появились? Какие типы гамет характерны для высших животных и человека? Каков набор хромосом в гаметах? Какой тип деления клеток необходим для формирования гамет человека и высших животных?

Гаметогенез – процесс развития и формирования половых клеток. Мы уже знаем, что половые клетки образуются мейозом. Но одним этим процессом формирование специализированных половых клеток не ограничивается. Поэтому выделяется *гамето́генез*, в ходе которого на одной из стадий и будет происходить мейоз (рис. 34). У животных гаплоидные гаметы образуются из диплоидных клеток половых желез. Половые железы подразделяются на 4 зоны, в каждой из которых происходят специфические процессы (табл. 11).

Таблица 11. Процессы гаметогенеза

№ зоны	Название зоны	Количество хромосом n и хроматид c	Процесс
I	Зона размножения	Диплоидны $2n\ 2c$	МИТОЗ – происходит увеличение количества клеток половых желез
II	Зона роста	Диплоидны $2n\ 4c$	ИНТЕРФАЗА – между митозом и мейозом. Происходит репликация. Каждая диплоидная клетка содержит хромосомы, состоящие из 2 хроматид. Готовность к делению
III	Зона созревания	Гаплоидны $1n\ 1c$	МЕЙОЗ – формируются 4 гаплоидные клетки из диплоидной материнской клетки половой железы
IV	Зона формирования	Гаплоидны $1n\ 1c$	У сперматозоидов формируется хвост, ядро перемещается в верхушке клетки, в основании хвоста накапливаются митохондрии. У яйцеклеток цитоплазма накапливает запас питательных веществ. Они покрываются группой вспомогательных клеток, называемых <i>лучистым венцом</i> , что препятствует проникновению сразу 2 сперматозоидов

Сравнительная характеристика сперматогенеза и оогенеза. Процесс образования мужских половых клеток *сперматозоидов (спермиев)* носит название *сперматогенеза*. Женские *яйцеклетки* образуются в процессе *оогенеза*. Между этими процессами есть некоторые отличия. Рассмотрим их на примере организма человека.

1. У мужчин из 1 клетки половой железы в результате мейоза образуются 4 полноценных сперматозоида (сперматогонии → сперматоциты → сперматиды → спермии).

У женщин при мейозе из 1 клетки-предшественницы ежемесячно образуется 1 функциональная яйцеклетка (оогонии → ооциты → яйцеклетка). В период ее созревания происходят два деления мейоза. В результате первого образуется крупный ооцит второго порядка и небольшое полярное тельце (первое). При втором делении мейоза отделяется второе полярное тельце, а первое – делится надвое. Таким образом, образуется только одна зрелая яйцеклетка с гаплоидным набором хромосом (n) и три маленькие клеточки, которые называются *полярными тельцами*. Они содержат мало цитоплазмы, не способны оплодотвориться и вскоре погибают. Их роль заключается только в том, чтобы получить «лишние» хромосомы от диплоидной материнской клетки, см. ооцит первого порядка ($2n$).

2. У сперматозоидов мало цитоплазмы, у них не бывает специальных оболочек.

В яйцеклетках накапливается много цитоплазмы с большим количеством питательных веществ, часть из которых образуется в печени, а

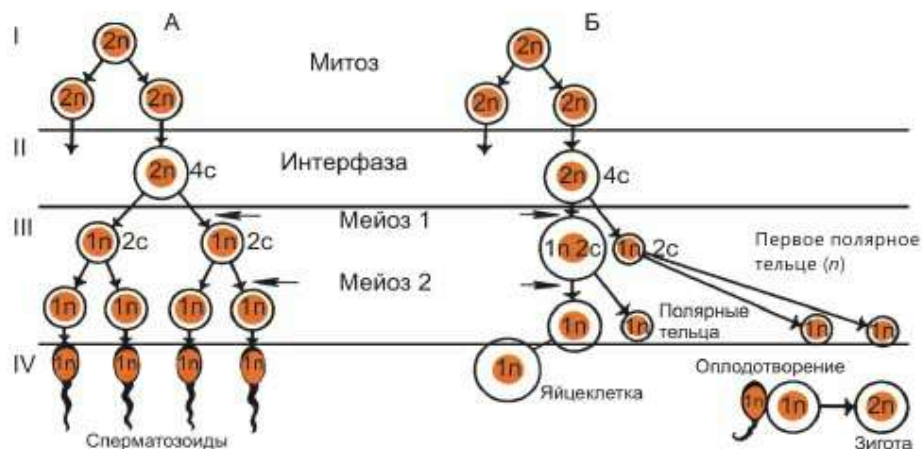


Рис. 34. Гаметогенез и оплодотворение у животных: I – зона размножения; II – зона роста; III – зона созревания; IV – зона формирования; А – сперматогенез; Б – оогенез; n – гаплоид; $2n$ – диплоид

поступает в яйцеклетки. У многих яйцеклеток есть оболочки. (У яиц птиц скорлупа, у ящериц и змей мягкая волокнистая оболочка, у черепахах и крокодилов – известковая.) У яйцеклетки человека тоже есть оболочка из вспомогательных клеток – *лучистый венец*. Он препятствует проникновению в яйцеклетку одновременно 2 сперматозоидов.

3. Подвижны только мужские половые клетки. Женские половые клетки человека и всех позвоночных неподвижны.



Размножение клеток половых желез у мужчин происходит всю жизнь, особенно интенсивно – в период половой зрелости.

У женщин этот процесс идет только до 4 месяцев внутриутробного развития. Потом значительная часть клеток яичников исчезает. Оставшееся количество сохраняется неизменным от рождения до наступления полового созревания.

Когда половые клетки готовы, может произойти процесс их слияния – *оплодотворение*.



Его часто изображают как попадание сперматозоида внутрь яйцеклетки. На самом деле в яйцеклетку попадает не весь сперматозоид, а только его ядро. Другие части клетки (хвост и шейка, вся цитоплазма) остаются снаружи и в зиготу не попадают.

После оплодотворения гаплоидные ядра сперматозоида и яйцеклетки сливаются в одно диплоидное ядро зиготы.

Факторы гаметогенеза. Гаметогенез, как и любой биологический процесс, подвержен влиянию. Положительным фактором, в первую очередь, является наличие необходимых веществ: микроэлементов, белков, жиров и углеводов. Это особенно важно для организмов женщин. Ведь процесс формирования яйцеклетки требует большого количества специфических питательных веществ, необходимых для обеспечения развития зародыша. В практике сельского хозяйства давно замечено, что при неполноценном питании яйценоскость кур, например, резко снижается. В то же время при правильном рационе, включающем все необходимые витамины, микроэлементы и другие вещества, яйценоскость резко растет.

Во время Второй мировой войны медики отмечали случаи полного прекращения гаметогенеза как у мужчин, так и у женщин в условиях постоянного недоедания и высоких физических нагрузок.

Еще одним важнейшим фактором, влияющим на процесс гаметогенеза высших животных, является гормональный фон. Так, у большинства копытных и хищников оплодотворение возможно только в определенные сезоны года. У человека гаметы формируются независимо от сезонов года, но для него также важен гормональный фон.

Однозначно негативными факторами, влияющими на процесс гаметогенеза, являются употребление алкоголя, никотина, наркотических веществ, отравление организма любыми ядами, даже с небольшим превышением ПДК, радиоактивное и другие виды ионизирующего излучения.

Краткие выводы

1. Гаметогенез проходит в половых железах.
2. Процессы последовательно происходят в 4 зонах половых желез: в первой зоне (размножение) – митоз, во второй зоне (рост) – интерфаза, в третьей зоне (созревание) – мейоз. После образования гаплоидные клетки поступают в четвертую зону (формирование), где и преобразуются в яйцеклетки и сперматозоиды.
3. Сперматогенез и оогенез имеют 4 основных отличия:
 - количество функциональных гамет;
 - сроки размножения половых клеток;
 - наличие оболочек и вспомогательных клеток;
 - подвижность гамет.
4. На процесс гаметогенеза оказывают влияние различные факторы.



Гаметогенез, сперматозоид, яйцеклетка, оогенез; полярные тельца; лучистый венец.



Знание и понимание:

1. Дайте определение терминам: гаметогенез, сперматогенез, оогенез, сперматозоид, яйцеклетка.
2. Каков порядок процессов, проходящих при гаметогенезе?

Применение:

1. Определите связь между зонами гаметогенеза и процессами, происходящими в них.
2. Назовите причины, которые будут способствовать полноценному формированию гамет человека.

Анализ:

1. Проанализируйте этапы гаметогенеза, укажите их принципиальные отличия.
2. Изобразите в виде схемы процесс гаметогенеза.

Синтез:

1. Систематизируйте по критериям сходство и отличия сперматогенеза и оогенеза у человека.

2. Оцените роль различных положительных и отрицательных факторов, влияющих на процессы оогенеза и сперматогенеза человека.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что процесс гаметогенеза полностью выполняет свои функции? Можно ли его усовершенствовать? Ответ аргументируйте.
2. Оцените значение следующих явлений: малое количество цитоплазмы в спермиях; большое количество цитоплазмы в яйцеклетках; наличие хвоста и лучистого венца; наличие полярных телец; большое количество лизосом и митохондрий в спермии, их расположение на противоположных полюсах клетки.

§26. Спорогенез и гаметогенез у растений

Объяснять особенности формирования гамет у растений



Из скольких зон состоит гаметогенез у животных? Где он происходит? Каким способом деления клеток, из каких клеток-предшественниц образуются гаметы у животных? Что такое «спорофит» и «гаметофит»?

История формирования гаплоидных и диплоидных жизненных форм у растений. Как вы помните, первыми настоящими растениями были одноклеточные зеленые водоросли. По общепринятому научному мнению, они возникли из цианобактерий, называемых также синезелеными водорослями. Сохранившаяся до наших дней одноклеточная зеленая водоросль *хламидомонада* во взрослом состоянии – гаплоидный организм.

Очень многие водоросли, как одноклеточные, так и многоклеточные, гаплоидны. Их половые клетки, как и все клетки тела, образуются митозом. Но при половом процессе в результате слияния *гаплоидных гамет* образуется *диплоидная зигота*. Впоследствии происходит так называемая *зиготическая редукция* – мейоз диплоидной зиготы, из которой образуются 4 гаплоидные клетки. Они и дают начало новым организмам, сохраняющим гаплоидность до следующего полового размножения.

Клетки взрослых мхов тоже гаплоидны. Логично предположить, что предками первых наземных растений были гаплоидные водоросли. Но, как вы помните, мхи являются самыми примитивными из высших наземных растений. В их гаплоидном теле так и не сформировались опорная и проводящая ткани. Видимо, поэтому мохообразные не смогли занять господствующее положение. Несмотря на большое количество видов (20–25 тыс.), они обитают в строго определенных местах – на заболоченных участках,

камнях и коре деревьев, в местах с высокой влажностью. Диплоидным у мхов является только результат развития диплоидной зиготы – спорофит (коробочка со спорами на ножке). В диплоидных тканях спорофита мхов происходит мейоз, и гаплоидные споры дают начало новому поколению гаплоидных растений.

У всех остальных высших растений – и споровых, и семенных – тела состоят из диплоидных клеток. Но «наследие гаплоидных предков» проявляется в том, что существуют как бы две жизненные формы: спорофит и гаметофит.

Смена жизненных циклов (ядерных фаз) у растений. У споровых растений (хвощи, плауны, папоротники) взрослое растение представлено *диплоидным спорофитом*, на котором мейозом образуются *гаплоидные споры*. Из гаплоидных спор, выпавших из спорангия, вырастают *гаплоидные гаметофиты*. У большинства папоротникообразных *гаметофит* существует отдельно в виде маленькой зеленой пластинки, на которой гаплоидные гаметы образуются митозом. А у большинства плаунов форма жизни – гаметофит – так мала и беспомощна, что не выживает самостоятельно, без симбиоза с гифами грибов. После формирования гамет происходит *оплодотворение*. В результате образуется диплоидная зигота, из которой формируется многоклеточный *зародыш*, вырастающий впоследствии во взрослое диплоидное растение – *спорофит*.

У семенных растений (голосеменные и покрытосеменные) гаметофит не существует в виде отдельной жизненной формы. Взрослые растения – сосны, ели, березы, клены, картофель и клубника, ландыш и подснежник – это *диплоидные спорофиты*. Они существуют как единственная жизненная форма данных организмов.

Спорогенез и гаметогенез у семенных растений. Эти процессы у голосеменных и покрытосеменных несколько отличаются. Но общая схема образования спор и гамет выглядит следующим образом.

Взрослое растение – *спорофит* (сосна, тюльпан, береза и т. д.) образует *гаплоидные споры* мейозом. Этот процесс *спорогенеза* происходит в половых органах: шишках или цветках. Мужские споры традиционно мелкие и называются *микроспорами*. *Микроспорогенез* у голосеменных происходит в мужских шишках, а у цветковых – в мякоти пыльника в тычинках. Женские споры крупные и традиционно называются *мегаспорами*. Процессы *мегаспорогенеза* происходят в женских шишках или в завязи пестиков. Женский *мегаспорангий* никуда не высыпается из цветков или шишек.

Итак, в результате мейоза на взрослых растениях развиваются гаплоидные споры. Они дают начало гаплоидному гаметофиту, как мужско-

му, так и женскому. То есть из спорангиев сразу образуется гаплоидная ткань – *гаметофит*. Из клеток гаметофита митозом формируются *гаплоидные гаметы*.

У **голосеменных мегаспорангии** образуют семязачатки женских шишек. В них происходит процесс гаметогенеза – образование гаплоидных яйцеклеток митозом. В результате развития одного женского гаметофита формируются две структуры: 1) *семязачаток* с одной единственной *гаплоидной яйцеклеткой*, готовой к оплодотворению и 2) *гаплоидный эндосперм* семени. То есть зародыш голосеменных образуется в результате оплодотворения яйцеклетки спермием и формирования диплоидной зиготы. А запас питательных веществ семени формируется без оплодотворения, путем многократного митоза другой гаплоидной женской клетки, образовавшейся из мегаспорангия, но не являющейся яйцеклеткой.

В мужских шишках микроспорангии образуют пыльцу. Она представляет собой мужской гаметофит, в котором идет процесс образования гаплоидных гамет митозом. В результате развития мужского гаметофита у сосны образуются четыре гаплоидные клетки – *ядра* и *пыльцевая трубка*. Одна из этих гаплоидных клеток (ядер) и станет спермием, который оплодотворит яйцеклетку.

В результате у голосеменных формируется семя с диплоидным многоклеточным зародышем, развившимся из зиготы, и многоклеточным гаплоидным «женским» эндоспермом.

У **покрытосеменных** один мегаспорангий образует один семязачаток (*плодолистик*) пестика. В нем происходит процесс гаметогенеза – образование гаплоидных ядер митозом. В результате



Рис. 35. Двойное оплодотворение

развития одного женского гаметофита формируется одна гигантская клетка, которая называется *зародышевым мешком* (рис. 35). В ней находятся 8 гаплоидных ядер. Одно из ядер становится *яйцеклеткой*. Два других сливаются и образуют *центральную диплоидную* клетку зародышевого мешка. А остальные 5 ядер выполняют вспомогательные функции и в оплодотворении не участвуют. Зародыш покрытосеменных образуется в результате оплодотворения яйцеклетки одним спермием и формирования диплоидной зиготы. А запас питательных веществ – эндосперм

семени – образуется из оплодотворенной центральной клетки зародышевого мешка покрытосеменных. Поэтому эндосперм цветковых триплоидный. Такой сложный процесс называется *двойным оплодотворением*.

Мужские микроспорангии образуют пыльцу. Каждое пыльцевое зерно, вылетевшее из тычинки, представляет собой мужской гаметофит, в котором идет процесс образования митозом двух гаплоидных клеток. В результате развития мужского гаметофита у цветковых образуется пыльца, в которой две гаплоидные клетки: вегетативная и генеративная.

Вегетативная клетка образует пыльцевую трубку, которая и обеспечивает попадание спермиев в зародышевый мешок.

Генеративная клетка делится один раз митозом и образует два гаплоидных спермия. Один из спермиев впоследствии оплодотворит яйцеклетку и образует диплоидную зиготу, из которой разовьется зародыш семени. А второй – оплодотворит центральную клетку и сформирует триплоидный эндосперм.

Считается, что семенные растения заняли господствующее положение по сравнению со споровыми, так как обладали семенами с толстыми оболочками, выдерживавшими неблагоприятные условия и имевшими внутри многоклеточный зародыш с запасом питательных веществ – эндоспермом.

Краткие выводы

1. Эволюционно у первых растений – водорослей тела состояли из гаплоидных клеток, а диплоидной стадией была зигота.
2. После выхода на сушу у растений сформировались две жизненные формы – гаплоидный *гаметофит* и диплоидный *спорофит*.
3. На гаметофите митозом образуются гаметы. После оплодотворения они дают диплоидную зиготу, из которой разовьется спорофит. Затем мейозом образуются гаплоидные споры, которые прорастут в гаметофит.
4. Среди споровых взрослое растение гаметофит – только у мхов. Все остальные взрослые споровые растения (хвои, плауны и папоротники) – это диплоидные спорофиты. Их гаметофиты – мелкие заростки, гибнущие сразу после оплодотворения.
5. Все семенные растения не имеют отдельно живущего гаметофита. Их женские и мужские гаметофиты развиваются внутри шишек или цветков (пестик и тычинка).



Митоз, мейоз, спорофит и гаметофит, диплоидность, гаплоидность, гаметы, зигота, споры, спорогенез, микроспорогенез, мегаспорогенез, мегаспорангии, микроспорангии, пыльцевая трубка.

**Знание и понимание:**

1. Дайте определение терминам: *митоз, мейоз, спорофит и гаметофит, диплоидность, гаплоидность, гаметы, зигота, споры*.
2. Дайте определение опылению и оплодотворению. Каков их порядок, обязателен ли он, и в чем заключаются различия между ними?
3. Выясните, какие органы цветка участвуют в опылении и оплодотворении. Какова роль каждого из них?

Применение:

1. Опишите, каким образом происходит образование гаплоидного растения из диплоидной зиготы.
2. Назовите, какие организмы могут образовывать 8 гаплоидных ядер. Объясните, для чего они нужны.
3. По рисунку расскажите о типах смены поколений у растений диплоидной и гаплоидной стадий.

Анализ:

1. Нарисуйте схему «Оплодотворение голосеменных растений».
2. Проанализируйте процесс образования клеток эндосперма у голосеменных и покрытосеменных.

Синтез:

1. В каких органах голосеменных и покрытосеменных происходит процесс микроспорогенеза? Какой набор хромосом имеют образовавшиеся клетки? Приведите примеры.
2. Перечислите, в чем заключаются различия между процессом размножения мхов и других споровых растений; голосеменных и покрытосеменных.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что появление семенных растений стало прорывом в эволюции? Ответ аргументируйте. Объясните их роль в природе.
2. Оцените значение следующих явлений: 1) преобладание диплоидной стадии над гаплоидной; 2) формирование семян, цветков и плодов; 3) появление процесса двойного оплодотворения.

§27. Возникновение онкологических новообразований

Объяснять взаимосвязь неконтролируемого деления клеток с возникновением опухолей



Что вы помните о таких явлениях, как митоз, мейоз и амитоз? К чему может привести неконтролируемое размножение клеток?

Эволюционные предпосылки онкологии (от греч. *онкос* – опухоль и *логос* – учение). В период развития зародыша все его клетки четко специализируются – *дифференцируются*, превращаясь в клетки тканей определенного типа. Часть клеток многоклеточного организма, став специализированными, навсегда теряет способность к размножению. Это клетки крови, нервной системы, некоторые зрелые клетки костной, хрящевой и жировой тканей, неповрежденные мышечные клетки и т. д. Другие же клетки, напротив, активно размножаются всю жизнь. Это стволовые клетки красного костного мозга, клетки внутреннего слоя эпителия кожи, кишечника и большинства желез.

Если заложенная генетическая программа клеток перестает работать, они становятся *неспециализированными*. Так же ведут себя и клетки «в культуре». Это удаленные из организма и выращенные в пробирках на питательных средах клетки. Через несколько поколений они теряют свою специализацию и перестают быть клетками определенного типа.

В норме у каждой здоровой клетки многоклеточного организма существует генетическая программа. В определенные моменты жизни клетка приступает к размножению, претерпевает развитие – специализируется и растет с разной скоростью, а затем гибнет. Сам процесс жизни многоклеточного организма – это постоянное чередование процессов рождения и гибели его клеток. Представьте себе, как выглядела бы кожа человека, если бы ее отмершие верхние клетки не отшелушивались, а сохранялись и продолжали делиться.

Признаки онкологических заболеваний выявлены уже у кишечнополостных (гидр), являющихся чуть ли не самыми примитивными из многоклеточных животных. Этот факт говорит о том, что процесс формирования высокоразвитых специализированных многоклеточных животных уже предполагал возможные сбои в программе функционирования разных специализированных клеток в организме.

Онкологические новообразования, или **опухоли**, представляют собой результат неконтролируемого размножения клеток. В процессе изменений в регуляции генетических механизмов клеточного деления, роста и дифференцировки появляются так называемые раковые, или онкологические, клетки, отклоняющиеся в развитии. *Раковая опухоль* – это патологическое новообразование, сформированное из клеток с нарушениями механизмов генетической регуляции. В зависимости от того, насколько клетки опухоли способны к дальнейшему неконтролируемому делению, их подразделяют на две основные группы.

Доброкачественные опухоли представлены клетками, не способными к бесконечному, неконтрольному делению. Геном этих клеток разрушен

в меньшей степени. То есть сбой, приведший к образованию опухоли, не провоцирует ее дальнейшего разрастания.

Злокачественные опухоли, напротив, представлены клетками, способными бесконтрольно и бесконечно делиться. При этом клетки теряют специализацию и принадлежность к какой-либо ткани и органу. Они становятся неспециализированными клетками, не имеющими характерных признаков. Их генетическая программа оказывается полностью разрушенной, и они уже не ведут себя как клетки многоклеточного организма. То есть их дальнейшее размножение неуклонно будет вести к разрастанию опухоли.

Теории возникновения онкологических состояний. В медицине нет единого мнения о природе онкологических заболеваний.



Логично предположить, что под общим названием «онкологические новообразования» человечество обозначает результат изменения состояния организма, но не его причину. Также можно использовать термин «отравление». Его симптомы всегда будут схожи: тошнота, рвота, слабость, головокружение, нарушение пищеварения и т. д. Но причины отравления могут быть самыми разными: от паров ядовитых веществ до облучения радиоактивными элементами.

Наиболее признанной считается мутационная теория возникновения онкологических патологий. Приведем ряд теорий, объясняющих причины возникновения неконтролируемого роста клеток организма.

Радиационная теория считает причиной возникновения опухолей ионизирующее или другие излучения в опасной (канцерогенной) дозе.

Химическая теория связывает развитие злокачественных опухолей с влиянием некоторых химических веществ. Основную роль играют канцерогены табачного дыма, являющиеся причиной развития рака легких и гортани. Среди химических веществ, вырабатываемых в самом организме, важное значение имеют *метаболиты* – продукты обмена таких веществ, как, например, холестерин в клетках толстой кишки под влиянием микроорганизмов. Считается, что его образование способствует развитию рака толстой кишки, а высокий уровень половых гормонов приводит к развитию рака молочных желез и яичников.

Вирусно-генетическая теория решающую роль в развитии опухолей отводит онкогенным вирусам. К ним относят только те вирусы, которые непосредственно вызывают превращение исходно незлокачественной клетки в клетку злокачественной опухоли, принося в ее геном *вирусные онкогены*. Некоторые вирусы способствуют развитию злокачественных опухолей косвенно, обуславливая фоновый патологический процесс. Например, вирусы

гепатитов В, С, D, не являясь онкогенными, способствуют развитию рака печени, вызывая цирроз.

Согласно вирусно-генетической теории интеграция генома вируса с генетическим аппаратом клетки может привести к ее опухолевой трансформации. При дальнейшем росте и размножении опухолевых клеток вирус перестает играть существенную роль.

Дизонтогенетическая теория причиной развития опухолей считает нарушения эмбрионального развития тканей. В результате чего после провоцирующего действия определенных факторов может возникать онкотрансформация клеток ткани.

Травматическая теория считает возможным появление злокачественной опухоли в месте травмы. Например, к развитию рака может привести хроническая травма красной каймы губ.

Термическая теория считает возможным развитие злокачественной опухоли в местах длительного дозированного воздействия высокой температуры (в местах ожогов). Например, рак слизистой оболочки полости рта и пищевода у любителей горячей пищи.

Комплексная теория объединяет все вышеперечисленные теории, не отдавая предпочтения ни одной из них. Ее сторонники считают, что в каждом конкретном случае решающую роль могут сыграть различные факторы и причины.

Краткие выводы

1. *Онкологические новообразования* – это результат нарушения генетической программы, которая контролирует время и количество делений клетки в многоклеточном организме.

2. У *доброкачественных опухолей* генетическая программа клеток нарушена, но не утрачена полностью. *Злокачественные клетки* теряют специализацию и размножаются постоянно.

3. Теорий возникновения этих состояний множество. Но точно известно, что онкологические клетки не способны к запланированной гибели отдельных клеток в многоклеточном организме.



Неспециализированные клетки, раковая опухоль, доброкачественная опухоль, злокачественная опухоль, онкологические новообразования, теории: радиационная, химическая, вирусно-генетическая, дизонтогенетическая, травматическая, термическая, комплексная.



Знание и понимание:

1. Когда и как некоторые клетки становятся неспециализированными?

- Опишите виды болезней, способных привести к циррозу или раку печени.

Применение:

- Почему некоторые клетки становятся неспециализированными?
- Назовите теории возникновения онкологий. Какие организмы участвуют в развитии злокачественных опухолей?

Анализ:

- Выскажите ваше мнение о возможных причинах образования опухолей.
- Опишите разницу между злокачественной и доброкачественной опухолью.

Синтез:

- Какие химические вещества способствуют появлению и развитию раковых клеток?
- Перечислите, в чем заключаются различия и сходство между онкогенными клетками и клетками: 1) зародыша; 2) взрослого организма.

Оценка:

- Напишите реферат о перспективах лечения онкологических заболеваний.
- Выскажите свое мнение о причинах и теориях возникновения онкологического состояния клеток слизистой оболочки рта, пищевода, легких.

Дискуссия:

Какие теории о возникновении злокачественных опухолей кажутся вам наиболее обоснованными? Почему?

§28. Факторы, способствующие возникновению предраковых состояний

Познакомиться с факторами, способствующими возникновению предраковых состояний



Какие факторы из повседневной жизни могут способствовать развитию злокачественных опухолей? Какая из причин, вызывающих онкологию, может быть полностью исключена благодаря только желанию самого человека?

Канцерогенами называют вещества или факторы, под воздействием которых вероятность возникновения онкологических заболеваний резко возрастает. Буквально в переводе с латинского *канцерогены* – вызывающие рак.

Разные канцерогены по-разному влияют на структуру ДНК. Например, физические канцерогены (ультрафиолетовое, рентгеновское, а также

ионизирующее излучения) вырабатывают большое количество свободных радикалов и тем самым обуславливают повреждение клеток сердца, печени, мозга и др.

Химические канцерогены наносят повреждения путем создания или разрушения химических связей.

К биологическим канцерогенам относят вирусы либо токсины. Вирусы обычно встраиваются в саму структуру ДНК и разрушают ее. А яды могут вырабатываться как клетками самого организма, так и патогенными агентами – вирусами.

Влияние канцерогенов. Главная причина возникновения рака заключается в основном свойстве заболевания – повреждении структуры ДНК. А повреждают ее канцерогены. Естественно, у человека есть природная защита от этого. Организм способен сам восстанавливаться и уничтожать канцерогены и даже сами злокачественные опухоли. Но с возрастом эта функция организма слабеет. Поэтому шанс заболеть раком будет зависеть не только от работы организма, но также от количества поступающих канцерогенов. Следовательно, уменьшение поступления канцерогенов само по себе способствует профилактике рака.

Наследственность тоже влияет на риск возникновения рака. У человека может быть наследственная предрасположенность к онкологии, связанная со слабым иммунитетом или сниженной способностью восстанавливать повреждения в ДНК.

В процессе накопления канцерогенов участвует и само общество. Так, многие полимерные материалы, красители и другие химикаты, применяемые в качестве упаковочной тары для пищевых продуктов, детских игрушек либо посуды, могут иметь канцерогенный эффект.

Тщательную экспертизу должны проходить все разрабатываемые материалы. Ведь канцерогенный эффект может быть не выявлен в ходе простых химических анализов. Поэтому безопасность применения новых материалов при строительстве и отделке помещений, использование их в качестве тары должны подвергаться всестороннему анализу.

Даже в области медицины применяются канцерогены. Но они используются для того, чтобы повредить и вызвать гибель именно онкогенных клеток. Цель – окончательно разрушить механизмы функционирования их ДНК, чтобы эти клетки потеряли способность размножаться и прекратили свое существование в здоровом организме. Так, медики используют ионизирующее излучение (лучевая терапия), вредные токсические вещества (химиотерапия) и отдельные виды гормональной терапии.

Природные и техногенные канцерогены. Основным природным канцерогеном для лиц европеоидной и монголоидной рас является ультрафиоле-

товое излучение солнца. Оно вызывает разрушение молекул ДНК в клетках кожи. В организме существуют мощные механизмы восстановления поврежденной ультрафиолетом ДНК. Но если воздействие ультрафиолета становится чрезмерным, эти механизмы не справляются. Поэтому привычка бесконтрольно загорать на солнце способствует развитию злокачественных новообразований кожи.

Курение табака – страшный источник сразу двух факторов риска: кроме химического отравления курильщик получает и физическое облучение. Доказано, что из одной пачки сигарет выходит около 8 микрозиверт, что равно 800 микрорентгенам. Такое количество облучения за 24 ч создает определенный радиационный фон. А если курильщик курит больше, чем одну пачку? Другими словами, активно курящий человек получает огромное количество отравляющих веществ, от которых страдают прежде всего легкие и желудок. Кроме того, он получает дозу облучения. По статистике, в Великобритании в 1990 г. 99,7% людей, умерших от рака легких, были курильщиками.

Сейчас считается доказанным факт, что у 80% заболевших раком легких причиной стало курение и только по 10% приходится на природные канцерогены, такие как радон, и прочие виды природного химического и физического воздействия.

В большинстве развитых стран онкологические заболевания по причинам смертности стоят на втором месте после сердечно-сосудистых (инфаркты, инсульты и т. д.). Разные органы и системы страдают от онкологии с разной частотой.

В 95% случаев рак возникает из-за неблагоприятной окружающей среды и нездорового образа жизни. Весомый канцерогенный эффект оказывают следующие негативные воздействия (рис. 36):

- неправильное питание;
- курение табака;
- инфекции;
- профессиональные канцерогены;
- ионизирующее и ультрафиолетовое излучение;
- половые инфекции;
- низкая физическая активность;
- алкоголизм;
- загрязнение воздуха и т. д.

Заметьте, что самый высокий процент показывает неправильное питание. Это касается, в первую очередь, стран, в сельском хозяйстве которых распространено применение гормонов, антибиотиков, химикатов (пестицидов) и других неприродных агентов.

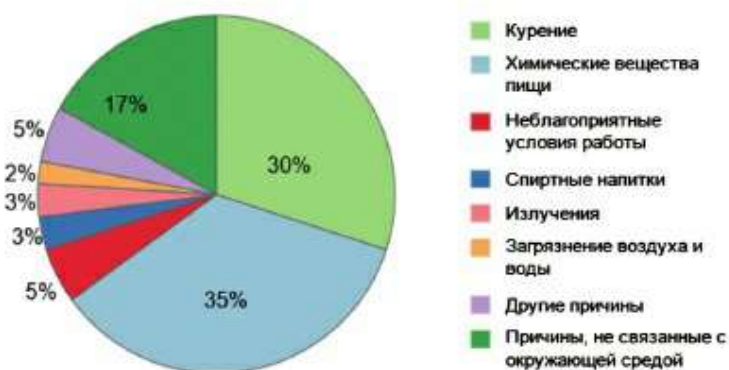


Рис. 36. Причины возникновения онкологических заболеваний

В качестве причин влияния неправильного питания на рост риска онкологий называются: *высококалорийная диета, ожирение, наличие канцерогенов в продуктах, недостаточное количество растительной клетчатки*. При анализе приведенных данных становится понятно, что здоровье в большой степени зависит от самого человека.

Краткие выводы

1. Канцерогенами называют вещества или факторы, под воздействием которых вероятность возникновения онкологических заболеваний резко возрастает.
2. Канцерогены повреждают ДНК. Их количество в окружающей среде постоянно растет.
3. На первом месте среди канцерогенов находятся неправильное питание, в том числе вредные вещества, получаемые с пищей, и курение.



Канцерогены химические, физические, биологические.



Знание и понимание:

1. Что такое канцерогены? Почему их так называют?
2. Опишите виды канцерогенов.
3. Приведите примеры биологических канцерогенов. Чем они вредят организму?

Применение:

1. При какой вредной привычке вероятность онкологических заболеваний достигает 30%?
2. Каким образом происходит нанесение вреда организму ионизирующим излучением?

3. При каком облучении для большинства людей действие человек может получить дозу облучения, равную 800 микрорентгенам?
4. Когда и как канцерогены могут помочь в борьбе против рака? Назовите, в ходе каких процедур это возможно.
5. Выясните, почему излишний загар опасен для здоровья человека.

Анализ:

1. Нарисуйте схему «Положительные и отрицательные факторы, влияющие на развитие онкогенных состояний».
2. Проанализируйте процесс влияния на организм различных канцерогенов: избытка гормонов, антибиотиков, химикатов, ГМО. Какой вред организму может наносить каждый из них?

Синтез:

Смоделируйте ситуацию. Один человек занимается спортом, следит за своим питанием, не употребляет продуктов, содержащих канцерогены, не страдает вредными привычками, не злоупотребляет солнечными ваннами. Другой человек не изнуряет себя утренними зарядками, налегает на жирную и калорийную пищу, возможно, содержащую канцерогены, увлекается алкоголем и курением, а также живет в какой-то южной стране или у моря и любит загорать.

Можно ли приравнять шансы этих двух субъектов в развитии онкозаболеваний? Ответ аргументируйте.

Оценка:

Оцените, как могут повлиять на здоровье человека новые упаковочные материалы, используемые в пищевой и иной промышленности, если их свойства еще не изучены.

Дискуссия:

Способен ли человек защитить себя от онкологических заболеваний?

§29. Старение. Теории о процессе старения

Объяснять процесс старения



Считаете ли вы старение естественным процессом? Почему разные люди в преклонном возрасте сохраняют разную активность и чувствуют себя по-разному?

Старение – естественный процесс снижения функций организма. С биологической точки зрения это время постепенного нарушения и потери важных функций организма или его частей, в частности способности

к регенерации и размножению. Вследствие старения организм становится менее приспособленным к условиям окружающей среды, у него уменьшается и теряется способность бороться с неблагоприятными факторами. Можно также сказать, что старение – это период жизни, когда возрастает статистическая вероятность смерти.

Но тем не менее, по результатам ряда исследований, в дикой природе особи, достигшие определенного возраста, накапливают опыт, благодаря чему могут избегать многих опасностей. Возрастные пирамиды некоторых популяций высших животных показывают, что в определенном, немолодом, возрасте смертность даже ниже, чем у молодняка. У человека медицинским фактом является то обстоятельство, что хотя активность иммунной системы с возрастом снижается, но за счет накопленной иммунной памяти люди зрелого и преклонного возраста менее восприимчивы ко многим инфекциям.

Возраст старения – от 60 до 74 лет. Люди, достигшие этого возраста, считаются *пожилыми*, в возрасте от 75 до 89 лет – *старыми*, а в возрасте 90 лет и старше – *долгожителями*.

В этот период почти все жизненные показатели изменяются. Так, к 75 годам у человека по сравнению с 30-летним возрастом происходят следующие изменения:

- кровоток по сосудам головного мозга снижается на 20%;
- жизненная емкость легких падает на 56%;
- гибнет до 44% нефронов;
- сохраняется только 36% вкусовых луковиц;
- количество цитоплазмы в клетках снижается примерно в 1,5 раза (за счет накопления в клетках «пигментов старения»);
- сокращается количество митохондрий в клетках;
- изменяется количество и соотношение половых гормонов и т. д.

Но при этом замечено, что интеллектуальные способности у людей в 55–70 лет сохраняются такими же, как в 20–30 лет. А в возрасте 55–60 лет наблюдается даже второй пик творческой активности.

В современной науке существует около 500 теорий процесса старения. Поэтому единого взгляда как на процессы старения, так и на вопросы продления жизни человека в науке не существует. Но можно выделить две основные общепринятые тенденции.

Генетическая теория старения утверждает, что в клетках человека изначально заложены механизмы, ограничивающие как число клеточных делений, так и способность клеток к самоомоложению. Согласно одним взглядам, данный процесс контролируется специальными *генами старения*. Согласно другим, существуют некие *генетические программы*

процесса старения, сходные с программами дифференцировки клеток и формирования органов в ходе эмбрионального развития.

Теория накопления ошибок, вредных веществ и износа различных структур. Согласно этой теории старение представляет собой процесс накопления износа биологических механизмов. Он как бы аналогичен процессу износа любых машин и механизмов, с той только разницей, что в организмах могут также накапливаться вредные продукты жизнедеятельности. Причем многие исследователи считают, что процесс износа изначально возникает внутри клеток на уровне функционирования ДНК, РНК и белков. А уже затем это приводит к износу целых органов.

Обе теории подтверждены множеством доказанных научных фактов.

Продолжительность жизни и ее зависимость от различных факторов. *Генетическая предрасположенность* к долгожительству опровергается статистикой. Попытка выявить закономерность продолжительности жизни детей от продолжительности жизни их родителей не подтвердилась. Выяснилось, что увеличение жизни родителей на 10 лет добавляет к жизни детей в среднем только 1 год. Следовательно, нельзя утверждать, что долгожительство является исключительно результатом генетической предрасположенности.

Влияние условий жизни, природной среды на процесс старения бесспорно, но само понятие «условия жизни» слишком многогранно. Так, например, известно, что одним (но не единственным) из *центров долгожительства* на нашей планете является территория «полюса холода» близ города Оймякон (Россия). Здесь средние температурные значения ниже, чем где бы то ни было. При этом процессы полового созревания у жителей данного региона тоже замедлены и наступают в возрасте 18–19 лет у девушек и 19–20 лет у юношей.

Интересен пример с мужчинами, проживающими в Северной Карелии. Там очень низкий показатель продолжительности жизни и высока смертность от сердечно-сосудистых заболеваний – в 2,7 раза, а от ишемии – в 3,6 раза выше, чем в среднем по Европе. При изучении состава воды и почвы в данной местности был выявлен недостаток селена (Se). Оказывается, без этого микроэлемента не образуются ферменты, необходимые для распада перекиси водорода (H_2O_2), в результате чего разрушаются мембраны и другие клеточные структуры. А у женщин генотип (наличие второй X-хромосомы) позволял компенсировать недостаток селена.

Социально-экономические условия, и в первую очередь уровень медицинского обслуживания, также играют бесспорную роль в формировании продолжительности жизни. Тот простой факт, что сегодня средняя продолжительность жизни в экономически развитых странах превышает 70 лет

и продолжает расти, а в большинстве развивающихся стран едва достигает 40 лет, говорит сам за себя.

Образ жизни, бесспорно, зависит как от социально-экономических условий, так и от индивидуальной активности и жизненной позиции самого человека.

Не следует забывать, что здоровое питание, ведение активного здорового образа жизни – надежный способ достичь не только долголетия, но и сохранить здоровье в преклонном возрасте.

Краткие выводы

1. Старение – естественный процесс снижения функций организма с возрастом, в период от 60 до 74 лет.
2. Теорий старения множество, выделяют две основные: генетическая и накопление ошибок, вредных веществ и износа различных структур.
3. Продолжительность жизни зависит от многих факторов. На генетическую предрасположенность к долгожительству мы повлиять не можем.
4. Каждый выбирает для себя «образ жизни» и может по-сильно участвовать в улучшении социально-экономических условий.



Пожилой возраст, старость, долгожительство, генетическая теория старения, ген старения, генетическая программа, теория накопления ошибок, вредных веществ и износа различных структур, генетическая предрасположенность, центры долгожительства, социально-экономические условия, образ жизни.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему женщины некоторых регионов Финляндии заболевают сердечно-сосудистыми заболеваниями гораздо реже мужчин.
2. Что вы считаете причиной старения?

Применение:

1. Определите связь между возрастными изменениями, например потерей части цитоплазмы клетками, и их влиянием на процесс старения.
2. Назовите животных, которые используют опыт старшего поколения во время поиска водоемов, мест кормления, безопасных троп и т. д.

Анализ:

1. Проанализируйте этапы старения и возрастные категории человека. В каком возрасте наступает второй пик творческой активности?
2. Проанализируйте и докажите на примерах, насколько продлевают жизнь различные факторы: 1) генетическая составляющая; 2) образ жизни; 3) природная среда; 4) социально-экономические аспекты.

Синтез:

1. Составьте схему, отразив в ней изменения, происходящие в организме человека в период старения: на уровне биохимических и молекулярных процессов; на уровне клеток; отдельных органов; систем органов.
2. Выскажите ваше мнение о причинах существования гена старения.
3. Как взаимосвязаны генотипы мужчин и женщин и сроки старения организма? Приведите статистику онкологических заболеваний, инсультов и инфарктов среди мужчин и женщин.

Оценка:

1. Напишите реферат о перспективах развития теорий о продлении жизни человека.
2. Считаете ли вы, что процесс старения и гибели изначально является неотъемлемой программой существования человека, заложенной в нем с рождения? Ответ аргументируйте.
3. Обсудите, что имеет первостепенное значение в вопросах продления жизни: 1) климат; 2) социально-экономические аспекты; 3) образ жизни; 4) генетическая предрасположенность. Ответ аргументируйте, используя как примеры из учебника, так и иные источники информации.

Дискуссия:

1. Удастся ли в ближайшие 50 лет серьезно увеличить продолжительность жизни людей?
2. Какие способы продления жизни и замедления процесса старения наиболее эффективны?

Раздел 7. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

§30. Модификационная изменчивость

Исследовать закономерности модификационной изменчивости



Что такое наследственность? Что такое изменчивость? Какие вещества, процессы и органоиды обеспечивают эти свойства живого?

С понятиями «наследственность» и «изменчивость» вы уже знакомы. Это общие свойства живого, присущие всем организмам. *Наследственность* – способность организма быть похожим на своих предков. *Изменчивость* – его способность отличаться от своих предков. В биологии выделяют 2 основных типа изменчивости: наследственную и ненаследственную, или модификационную.

В процессе эволюции важнейшую роль играют наследственные изменения – мутации и комбинации. При *мутационной изменчивости* происходят изменения в ДНК, генах и хромосомах. Возникают совершенно новые признаки, которых не было у предков этой особи. При *комбинативной изменчивости* у потомков по-новому сочетаются признаки различных предков.

Следовательно, процесс эволюции – это не что иное, как процесс накопления полезных мутаций у определенной группы особей в течение длительного времени. У видов одного рода – общие предки. Соответственно, их гены и хромосомы сходны по строению. Поэтому у родственных видов возникают схожие мутации, что приводит к формированию гомологических рядов, т. е. устанавливает параллелизм в наследственной изменчивости организмов.

Модификационная изменчивость формируется под прямым воздействием окружающей среды. Она проявляется в фенотипе большого числа особей одновременно, не затрагивая при этом гены и хромосомы. А раз не изменяются материальные носители наследственности: ДНК, гены и хромосомы, следовательно, полученные изменения не передаются потомству. Но модификации тоже необходимы, так как способствуют выживанию особей при резком изменении условий окружающей среды.

Невозможно представить себе, например, чтобы в результате засухи или кислотного дождя растения не сбросили листьев. Если бы этого не произошло, они непременно погибли бы. Ненаследственные изменения одинаковы у всех особей популяции. Они происходят под прямым воздействием среды. Так, при плохом кормлении все животные теряют массу.

История формирования представлений о модификациях. Одну из первых эволюционных теорий обосновал Жан Батист Ламарк. Он принимал

результаты модификационной изменчивости за результаты тренировок. Так, если листья у стрелолиста формировались на воздухе, их листовая пластинка имела правильную стреловидную форму, а черешок листа был длинным. Если листья формировались, будучи погруженными в воду, они становились узкими, имели лентовидную форму, а черешок у них почти отсутствовал. Ученый утверждал, что так листья приспосабливаются к условиям окружающей среды.

Ч. Дарвин выделял 2 типа изменчивости: определенную и неопределенную. Под *определенной изменчивостью* он понимал изменения, которые возникают под воздействием окружающей среды сразу у многих особей вида или популяции. Поэтому ее называют еще *групповой изменчивостью*. Примером такой изменчивости могут служить опадание листьев при засухе или изменение цвета покровов у животных по сезонам года. Эти изменения не передаются по наследству. В современной биологии термин «определенная изменчивость» соответствует *модификационной изменчивости*.

Неопределенная изменчивость – это изменения, возникающие у отдельных особей и передающиеся по наследству. Поэтому ее еще называют *индивидуальной изменчивостью*. Такие изменения могут быть полезными, вредными или бесполезными. Именно неопределенная изменчивость, по мнению Ч. Дарвина, дает материал для естественного отбора. Отбор сохраняет особей с полезными изменениями, а они передают эти изменения следующим поколениям. В современной науке термин «неопределенная изменчивость» соответствует термину «мутационная изменчивость».

Практическое применение знаний о модификационной изменчивости. С некоторыми примерами модификаций вы уже познакомились. Так, у многих животных при воздействии определенной температуры изменяется цвет шерсти, а у растений – цвет лепестков. То есть температурный фактор напрямую влияет на пигментацию. Например, при низких температурах выщипанная у белых кроликов шерсть отрастает черной. Эту особенность использовали производители меха, привязывая к кроликам с выщипанной по определенному рисунку шерстью грелки со льдом. Также было замечено, что некоторые бегонии дают цветки определенного цвета в температурном диапазоне в 20°C. Этим пользуются при выращивании бегоний в оранжереях.

Одним из наиболее ярких примеров применения модификационной изменчивости в практической деятельности является предопределение пола у тутового шелкопряда, открытое Б. Л. Астауровым. Изменяя температуру, при которой развивались коконы, исследователям удалось получить (в зависимости от потребностей производства) в одном поколении 100% самок, а в другом – 100% самцов. Дело в том, что более прочную и

качественную шелковую нить образуют самцы. То есть для производства лучше получать больше самцов. Но они не дают следующих поколений. Поэтому для получения большего количества потомства необходимо получать больше самок.

Основные способы графически отражать варьирование того или иного признака – построение вариационного ряда и вариационной кривой. При этом *вариационный ряд* показывает только изменения значения признака и его предельные значения. Так, можно построить всех учеников в классе по росту, и это будет моделью вариационного ряда роста в данной группе людей.

Вариационная кривая отражает количество особей, обладающих определенным значением данного признака, т.е. демонстрирует «среднюю норму» данного признака, характерную для какой-либо группы особей или всего вида в целом.

Краткие выводы

1. Изменчивость – общее свойство организмов отличаться от своих предков. В основе изменчивости, как и наследственности, лежат те же механизмы – поведение хромосом в ходе мейоза и оплодотворения.

2. Изменчивость подразделяется на наследственную и ненаследственную – модификационную. *Наследственная изменчивость* бывает *комбинативной* и *мутационной*.

3. При *модификационной изменчивости* меняется только внешний вид особи, гены и хромосомы не затрагиваются. Такие изменения не передаются потомкам (не наследуются) и не играют роли в эволюции, но способствуют выживанию особей.

4. Модификации имеют большое значение для сохранения жизни организмов, особенно при резком изменении условий окружающей среды. Изучение модификаций имеет практическое значение и используется человеком.



Наследственность; изменчивость: модификационная (ненаследственная), наследственная (комбинативная и мутационная); определенная, или групповая; неопределенная, или индивидуальная.



Знание и понимание:

1. Объясните, для чего нужно изучать модификационную изменчивость.
2. Что такое наследственность? изменчивость? наследственная изменчивость? ненаследственная изменчивость? Почему они так называются?

Применение:

1. Определите связь между понятиями: *мутации, модификации, определенная, групповая, неопределенная, индивидуальная изменчивость*.
2. Назовите возможные причины модификаций.
3. Объясните значение модификационной изменчивости.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы различные типы изменчивости, обязательно используя все термины, выделенные курсивом в конце параграфа.
2. Выскажите ваше мнение о роли модификаций в формировании жизни на нашей планете.

Синтез:

1. Систематизируйте по критериям модификационную изменчивость.
2. В чем заключаются различия между разными типами изменчивости?

Оценка:

1. Напишите реферат о модификациях в организме человека, оказавшегося высоко в горах, в условиях низкого содержания кислорода, повышенной солнечной радиации, отраженной от снежного покрова горных вершин, обильной и калорийной пищи, при значительных физических нагрузках.
2. Считаете ли вы, что если бы белковая жизнь зародилась на других планетах, там могла не сформироваться модификационная изменчивость? Ответ аргументируйте. Обсудите эти аргументы в классе.



Лабораторная работа №5. Изучение модификационной изменчивости, построение вариационного ряда и вариационной кривой. См. с. 272.

§31. Цитологические основы дигибридного скрещивания. Решение задач

Применять цитологические основы дигибридного скрещивания при решении задач



Какие признаки и на каких объектах исследовал Г. Мендель при открытии закона независимого наследования признаков? Какие числовые соотношения возникают в потомстве при расщеплении и дигибридном скрещивании в первом и втором поколениях? Помните ли вы, какие процессы происходят в ядре клетки, из которой формируются гаметы, при дигибридном скрещивании? Как сочетаются в зиготах аллельные гены неальтернативных признаков?

Цитологические основы дигибридного скрещивания. При дигибридном скрещивании исследуются две пары признаков. Например, цвет и форма горошин. При этом цвет может быть желтым и зеленым; а форма – гладкой и морщинистой. Аллели, отвечающие за желтый и зеленый цвет, находятся в одной паре *гомологичных хромосом* и обозначаются буквами **A** – желтый, **a** – зеленый, соответственно.

Гены, отвечающие за форму, находятся в другой паре – *негомологичных хромосом*. Они обозначаются: **B** – гладкая форма, **b** – морщинистая форма. При скрещивании двух противоположных по признакам чистых линий в потомстве возникают *дигетерозиготы AaBb*. В принципе гаметы, вообще лишенные генов цвета (аллели группы A или a), как и гаметы без формы (аллели B или b), никогда не могут возникнуть. Это невозможно! Иначе при оплодотворении могли бы появиться бесцветные горошины (зигота без букв A или a) или вообще бесформенные – негладкие и неморщинистые (зигота без букв B или b). Поэтому при мейозе дигетерозигота всегда дает 4 разных сорта гамет, а именно: **AB**; **Ab**; **aB**; **ab**.

Составление гамет для дигетерозигот напоминает математические действия по почленному умножению многочлена.

Так как у дигетерозигот возможно формирование 4 типов гамет, то и решетка Пеннета (рис. 37) для дигибридного скрещивания должна иметь 4 столбца и 4 строки (рис. 38). Ведь материнская особь дает 4 сорта яйцеклеток, а отцовская особь – 4 сорта сперматозоидов. Раз процесс оплодотворения стихийен, и каждый из сперматозоидов может попасть в каждую из яйцеклеток, то всех возможных вариантов зигот 16. Как 16 и ячеек в таблице из 4 строк и 4 столбцов.

Общее число возможных комбинаций гамет составляет 16, т. е. образуется 16 типов зигот. Они представлены 4 *фенотипическими классами*:

- 1) *желтые гладкие* – 9;
- 2) *желтые морщинистые* – 3;





		♂ A		a
♀	A	AA 	Aa 	
	a	Aa 	aa 	

Рис. 37. Решетка Пеннета

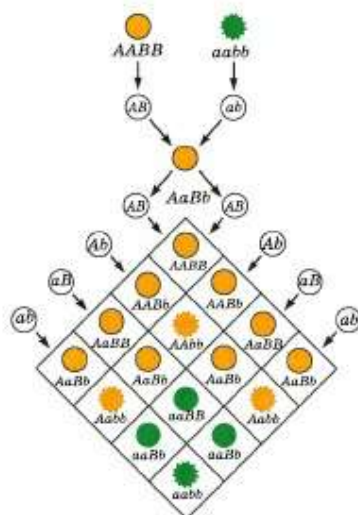


Рис. 38. Схема дигибридного скрещивания

- 3) *зеленые гладкие* – 3;
 4) *зеленые морщинистые* – 1.

Таким образом, возникает числовое соотношение 9 : 3 : 3 : 1.

Генотипических классов больше, их 9:

№1 4 шт. *AaBb*, №4 2 шт. *Aabb*, №7 1 шт. *AAbb*,
 №2 2 шт. *AABb*, №5 2 шт. *aaBb*, №8 1 шт. *aaBB*,
 №3 2 шт. *AaBB*, №6 1 шт. *AABB*, №9 1 шт. *aabb*.

Образец решения задач

При решении задач на дигибридное скрещивание не всегда обязательно чертить решетку Пеннета, содержащую 16 ячеек. Ее можно сокращать. Если в скрещивании участвуют дигомозиготные особи, они будут образовывать только 1 сорт гамет. Если же особи гомозиготны по одному признаку, а гетерозиготны – по другому, то будет 2 сорта гамет. Поэтому решетка в этих скрещиваниях может быть сокращена. Продемонстрируем это на 3 простых примерах.

ПРИМЕР №1. P – *AaBB* × *AaBb*. Женская особь образует 2 сорта гамет, а мужская – 4:

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

Такие сокращенные варианты решеток Пеннета для дигибридного скрещивания отнюдь не отменяют закономерностей формирования гамет при мейозе. Схемы этих же скрещиваний можно представить в виде классических решеток, состоящих из 16 ячеек. Но часть ячеек будет дублироваться.

ПРИМЕР №2. P – *AaBb* × *aabb* (полная версия)

♀ \ ♂	ab	ab	ab	ab
AB	<i>AaBb</i>	<i>AaBb</i>	<i>AaBb</i>	<i>AaBb</i>
Ab	<i>Aabb</i>	<i>Aabb</i>	<i>Aabb</i>	<i>Aabb</i>
aB	<i>aaBb</i>	<i>aaBb</i>	<i>aaBb</i>	<i>aaBb</i>
ab	<i>aabb</i>	<i>aabb</i>	<i>aabb</i>	<i>aabb</i>

Повторы даны курсивом. Первый столбец зигот повторился трижды.

ПРИМЕР №3. P – AaBB × AaBb (полная версия)

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb

В данном случае продублировались две последние строки.

Чем больше ячеек в решетке, тем сложнее не ошибиться, выписывая генотипы и фенотипы потомков. Поэтому мы настоятельно рекомендуем: прежде чем чертить решетку Пеннета для дигибридного скрещивания, выясните количество типов возможных гамет, а уже потом готовьте подходящую решетку.

Деление задач на дигибридное скрещивание по уровням сложности еще более условно, чем при моногибридном. Поэтому не стоит серьезно относиться к уровням сложности при оценивании работ.

Решение задач**Уровень А**

Задача №1. У морских свинок курчавая шерсть – А, гладкая – а; короткая шерсть – В, длинная – в. Каким будет F₁ от скрещивания дигетерозиготы и доминантной дигомозиготы?

Какое потомство можно ожидать от дигетерозиготы и гладкой длинношерстной свинки?

№2. У кур черная окраска – А, бурая – а; наличие хохолка – В, отсутствие – в. Бурый хохлатый петух скрещен с черной курицей без хохолка. В F₁ 50% цыплят черные хохлатые, 50% бурые хохлатые.

Каковы генотипы родителей?

№3. У кур черная окраска – А, бурая – а; наличие хохолка – В, отсутствие – в. Курица и петух черные и хохлатые. В F₁ всего получено 13 цыплят, из них 7 черных хохлатых, 3 бурых хохлатых, 2 черных без хохолка и 1 бурый без хохолка.

Описать все генотипы.

№4. Курица и петух черные и хохлатые. В F₁ всего получено 26 цыплят, из них 15 черных хохлатых, 6 бурых хохлатых, 4 черных без хохолка и 1 бурый без хохолка.

Описать все генотипы.

№5. Отец с курчавыми волосами и без веснушек и мать с прямыми волосами и с веснушками имеют троих детей. Все дети курчавые и веснушчатые.

Какие признаки доминируют? Опишите все генотипы.

№6. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие коробочки – над гладкими. Растение с пурпурными цветками и гладкой коробочкой скрещено с белым колючим. Получено 320 пурпурных колючих и 312 пурпурных гладких потомков.

Каковы будут генотипы родителей и потомков?

№7. От скрещивания сортов земляники, один из которых имеет красные ягоды и усы, а у второго ягоды белые и усы отсутствуют, получено F_1 с розовыми ягодами и усами.

Каковы все генотипы? Как наследуются признаки? Можно ли вывести безусый сорт с розовыми ягодами?

Уровень В

№1. У томатов красная окраска плодов доминирует над желтой, нормальный рост – над карликовостью. Имеются сорта желтоплодный нормальный и красноплодный карликовый.

Как из этого исходного материала получить гомозиготные формы: красноплодную нормальную и желтоплодную карликовую?

Какую получить легче и почему?

№2. Отец глухонемой (рецессивный ген) с белой прядью (доминантный ген), мать здорова и не имеет белой пряди. Ребенок родился глухонемой и с белой прядью на лбу.

Можно ли утверждать, что ребенок унаследовал признаки только от отца? Ответ обоснуйте.

№3. Две черные морские свинки с курчавой шерстью дали всего двух потомков: один курчавый белый, другой гладкий черный.

Какие признаки доминируют? Каковы генотипы всех животных?

№4. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие коробочки – над гладкими. Скрещены гомозиготные растения дурмана:

1) пурпурные колючие \times белые гладкие = F_1 ?

2) пурпурные гладкие \times белые гладкие = F_1 ?

Каким будет потомство от скрещивания F_1 из первого варианта с F_1 из второго варианта?

№5. У матери свободная мочка уха (рецессивный ген) и гладкий подбородок, у отца – сросшаяся мочка уха и треугольная ямочка на подбородке (доминантный ген). У сына свободная мочка уха и треугольная ямочка на подбородке. У дочери – те же признаки, что и у матери.

Опишите возможные генотипы детей и родителей.

Уровень С

В качестве примера уровня С на дигибридное скрещивание предлагаем задачу, подобная которой использовалась на олимпиадах школьников городского и районного уровней.

У томатов окраска стебля – пурпурная и зеленая, форма листьев – цельная и рассеченная. В таблице даны результаты экспериментов по многократному скрещиванию томатов.

Признаки родительских растений	Количество растений в потомстве			
	пурпур- ные рас- сеченные	пурпурные цельно- крайние	зеленые рассе- ченные	зеленые цельно- крайние
№1. Пурпурные рассеченные × пурпурные рассеченные	268	95	100	28
№2. Пурпурные цельнокрайние × зеленые рассеченные	117	120	123	119
№3. Пурпурные рассеченные × зеленые цельнокрайние	98	0	0	0

Используя данные, приведенные в таблице по результатам скрещиваний, дайте ответ на следующие вопросы:

- Какой признак доминирует по цвету?
- Какой признак доминирует по форме листа?
- Каковы генотипы всех родительских форм в опытах?

№1. Пурпурные рассеченные × пурпурные рассеченные
№2. Пурпурные цельнокрайние × зеленые рассеченные
№3. Пурпурные рассеченные × зеленые цельнокрайние

Краткие выводы

1. При дигибридном скрещивании исследуются 2 пары альтернативных признаков (цвет и форма), находящихся в разных парах негомологичных хромосом. Поэтому диплоидный организм обозначается 4 буквами – 2 аллелями цвета и 2 аллелями формы. А его гаплоидные гаметы содержат по одному гену от двух пар и записываются как две буквы: одна – аллель цвета, другая – аллель формы.

2. После скрещивания чистых линий – дигомозигот (рецессивной **aabb** и доминантной **AABB**) образуются дигетерозиготы – **AaBb**. Они имеют единообразный фенотип с 2 доминантными признаками, как у доминантной дигомозиготы.

3. Гены цвета неаллельны генам формы, т. к. хромосомы, содержащие гены цвета, не гомологичны хромосомам, содержащим гены формы.

4. При мейозе расхождение гомологичных хромосом с генами цвета не влияет на расхождение хромосом с генами формы. Поэтому цвет и форма наследуются независимо друг от друга.

5. Дигетерозиготы **AaBb** дают 4 сорта гамет: **AB, Ab, aB, ab**. При скрещивании дигетерозигот возможны 16 вариантов зигот. Это соответствует формированию 4 фенотипических классов у гибридов в F_2 в соотношении **9 : 3 : 3 : 1**.



Дигибридное скрещивание, гомологичные и негомологичные хромосомы, доминантная дигомозигота (AABB), рецессивная дигомозигота (aabb), дигетерозигота (AaBb), фенотипические классы.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему у дигетерозигот возникают 4 сорта гамет.
2. Возможно ли формирование гамет **Aa, AA, Bb, bb, BB, aa** организмов **AaAa; BBbb; AAaa; BbBb** и т. д.?

Применение:

1. Заполните таблицу. Укажите количество возможных гамет.

№	Зигота	Количество сортов формируемых гамет	Сами гаметы – сорта гамет			
1	AaBb					
2	AABb					
3	AaBB					
4	Aabb					
5	aaBb					
6	AABB					
7	AAbb					
8	aaBB					
9	aabb					

2. Самостоятельно решите любую из задач уровня **A**.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы процесс скрещивания следующих организмов: **AaBB × aaBb**. Каковы будут генотипы и фенотипы потомства?
2. Самостоятельно решите любую из задач уровня **B**.

Синтез:

1. Составьте схему скрещивания дигетерозиготы и рецессивной дигомозиготы.
2. Самостоятельно решите задачу уровня С.

Оценка:

1. Оцените качество решения и оформления задач разного уровня вашими одноклассниками.
2. Прокомментируйте работы тех одноклассников, кто не справился с решением задач разного уровня сложности. Научите их решать задачи.

§32. Наследование признаков, сцепленных с полом. Решение задач

Применять цитологические основы наследования признаков, сцепленных с полом, при решении задач



Что такое аутосомы и половые хромосомы? Как наследуются гемофилия и дальтонизм у человека? Какие половые хромосомы характерны для мужчин, а какие – для женщин? Какой пол у человека называется гомогаметным, а какой гетерогаметным? Почему?

Признаки, сцепленные с полом, – это те признаки, гены которых находятся в половых хромосомах. У человека X-хромосома практически не содержит жизненно важных генов, но ее наличие определяет мужской пол как таковой. У некоторых видов рыб X-хромосома содержит гены с фенотипически выраженными признаками (цвет). Для человека и большинства млекопитающих справедливо утверждение: *«Сцепленными с полом являются гены, находящиеся в X-хромосоме»*.

Следовательно, признаки, сцепленные с полом, передаются от матерей сыновьям и дочерям, а от отцов – только дочерям. Уже знакомыми вам признаками, сцепленными с полом, являются дальтонизм и гемофилия. Оба эти заболевания контролируются рецессивными аллелями генов, находящимися в X-хромосомах. Доминантные аллели отвечают за отсутствие болезней. Гетерозиготные женщины фенотипически здоровы, но их называют носительницами, потому что они несут в своем генотипе не проявившийся ген болезни и могут передать его сыновьям.

Еще одним примером признака, сцепленного с полом, может служить наследование окраски у кошек. Черная окраска рецессивна по отношению к доминантной рыжей окраске. Гены находятся в X-хромосомах. Другой неаллельный ген контролирует, будет ли окраска сплошной или останут-

ся белые пятна (неокрашенные участки). В результате коты могут быть черными X^aY или рыжими X^AY (сплошь окрашенными или с белыми пятнами). Но они никогда не бывают гетерозиготными, т. е. черепаховыми (сочетание трех цветов: черного, рыжего и белого). А кошки могут быть любыми: черными X^aX^a , рыжими X^AX^A или черепаховыми X^AX^a .

Образец решения задач

Уровень А

Задача №1. Дальтонизм определяется рецессивным аллелем гена, сцепленного с полом. Отсутствие цветовой слепоты кодирует доминантный аллель, находящийся в X-хромосоме.

Какое возможно потомство у здоровой женщины и мужчины-дальтоника?

Ход решения и оформление задач по генетике начинается с обозначения известных величин. В данном случае – с доминантного и рецессивного признаков и аллеля:

ДАНО:

X^A – здоровье

X^a – болезнь

Схема скрещивания обозначается так, как она дается в условии задачи:

$P - \text{♀ } X^AX^A \times \text{♂ } X^aY$

$F_1 - ?$

Проводим скрещивание по решетке Пеннета.

♀ \ ♂	X^a	Y
X^A	X^AX^a	X^AY
X^A	X^AX^a	X^AY

Ответ: Все дети фенотипически здоровы. При этом все дочери гетерозиготны и являются носительницами дальтонизма.

№2. Дальтонизм определяется рецессивным аллелем гена, сцепленного с полом. Отсутствие цветовой слепоты кодирует доминантный аллель, находящийся в X-хромосоме.

Какое возможно потомство, если отец здоров, а мать больна?

№3. Дальтонизм определяется рецессивным аллелем гена, сцепленного с полом. Отсутствие цветовой слепоты кодирует доминантный аллель, находящийся в X-хромосоме.

Какое возможно потомство, если мать – носительница, а отец – дальтоник?

№4. Ген гемофилии, как и дальтонизма, сцеплен с полом и является рецессивным по отношению к нормальной свертываемости крови.

Какое возможно потомство, если мать – носительница, а у отца нормальная свертываемость крови?

№5. У кошек черная окраска рецессивна по отношению к доминантной рыжей окраске. Гены находятся в X-хромосомах. Гетерозиготные особи имеют черепаховую окраску – 3 цвета пятнами: черный, рыжий и белый.

Какое возможно потомство от черной кошки и рыжего кота?

№6. Какое возможно потомство от рыжей кошки и рыжего кота?

№7. Какое возможно потомство от рыжей кошки и черного кота?

№8. Какое возможно потомство от черепаховой кошки и рыжего кота?

№9. Какое возможно потомство от черепаховой кошки и черного кота?

№10. Если учесть примету, что черепаховые кошки приносят в дом удачу, каких особей нужно взять в качестве родителей, чтобы получить побольше черепаховых котят?

Могут ли самцы быть черепаховыми?

Уровень В

Задача №1. Здоровая женщина, отец которой был дальтоником, выходит замуж за мужчину-дальтоника. У них рождаются здоровая дочь и сын-дальтоник.

Можно ли сказать, что сын унаследовал заболевание от отца?

Опишите все генотипы, включая генотип матери.

ДАНО:

X^A – здоровье

X^a – болезнь

В данной задаче мы имеем 3 поколения; отец-дальтоник и его неизвестная супруга, о которой в условии ничего не сказано, – родители (P).

F_1 – это супруги: здоровая женщина и ее муж-дальтоник;

F_2 – их дети – сын-дальтоник и здоровая дочь.

Если в условии задачи есть неизвестные генотипы, можно начать решение задачи «от противного», т. е. попытаться сначала заполнить известные ячейки решетки Пеннета. Например, построить решетку последнего поколения:

♀ \ ♂	X^a	Y
X^A	$X^A X^a$	$X^A Y$
X^a	$X^a X^a$	$X^a Y$

Из условия задачи мы знаем, что женщина здорова. Значит, по крайней мере одна из ее X-хромосом имеет доминантный аллель и обозначается X^A , другая ее хромосома нам неизвестна. Она может быть как с доминантным, так и с рецессивным геном, поэтому мы обозначим ее $X^?$. Хотя можно догадаться, что во второй X-хромосоме будет рецессивный ген дальтонизма X^a . В этом браке не родились еще двое детей – здоровый сын и больная дочь, поэтому мы обозначили их в решетке бледно. Исходя из условий скрещивания, мать имеет генотип $X^A X^a$, и ее сын унаследовал дальтонизм от матери, а не от отца. Напомним, что **признаки, находящиеся в X-хромосоме, передаются от отцов дочерям, а от матерей – сыновьям.** Так как от отца сыновья получают только Y-хромосому, она и определяет их мужской пол.

Далее можно предположить, в результате какого скрещивания сформировался генотип жены. Известно, что она здорова, а ее отец – дальтоник. Сначала внесем в решетку только известные факты, обозначив неизвестные знаком вопроса.

♀ \ ♂	X^a	Y
$X^?$	$X^A X^a$?
$X^?$?	?

Нетрудно догадаться, что ее мать была здорова, ведь иначе сама женщина не обладала бы здоровьем. При этом мы не можем утверждать, была ли ее мать гетерозиготной носительницей или доминантной гомозиготой. У нас также нет сведений о родных братьях и сестрах женщины. Поэтому с полной уверенностью можно утверждать только, что генотип ее матери $X^A X^?$.

♀ \ ♂	X^a	Y
X^A	$X^A X^a$	$X^A Y$
$X^?$?	?

Ответ: Сын не мог унаследовать дальтонизма от отца. Это наследование материнского гена. Генотип отца жены $X^a Y$, генотип матери жены $X^A X^?$, генотип самой жены $X^A X^a$, генотип мужа $X^a Y$, генотип здоровой дочери такой же, как у матери – $X^A X^a$.

№2. У мужа и жены нормальное зрение, а сын – дальтоник.

Каковы генотипы всех участников?

№3. Здоровая женщина, имеющая здоровых родителей, выходит замуж за здорового мужчину, но ее родной брат – дальтоник. Можно ли ожидать в браке детей с дальтонизмом? Если да, то какого пола и с какой вероятностью?

№4. Женщина с полноценным зрением, имеющая родителей без нарушений зрения, выходит замуж за мужчину-дальтоника. Ее родной брат – дальтоник.

Можно ли ожидать в браке детей с дальтонизмом? Если да, то какого пола и с какой вероятностью?

№5. Женщина-дальтоник имеет отца-дальтоника, здоровую сестру и брата-дальтоника.

Каковы генотипы всех участников?

№6. Женщина-дальтоник имеет отца-дальтоника, здоровую сестру и брата-дальтоника. Если ее сестра с нормальным зрением выйдет замуж за мужчину, у которого зрение тоже нормальное, какое у них возможно потомство? Указать генотипы всех участников.

Уровень С

Задачи на дигибридное скрещивание с сочетанием аутосомного наследования, сцепленного с полом

Задача №1. Здоровый мужчина-альбинос женился на здоровой женщине, чей отец был гемофилик, а мать – альбинос.

Какие фенотипы и генотипы могут быть у детей в этом браке?

Ход решения этой задачи нужно начать с логического рассуждения и сопоставления известных данных.

ДАНО:

X^H – здоровье

X^h – гемофилия

A – здоровье, наличие пигментов

a – альбинизм, отсутствие пигментов

Начнем рассуждения с выявления генотипа женщины. Известно, что она здорова. Следовательно, у нее есть как минимум по одному доминантному аллелю гена гемофилии и гена альбинизма $X^H X^? A$? При этом мы знаем, что ее отец – гемофилик $X^h Y A$?, а мать – альбинос $X^H X^? aa$. Значит, генотип этой женщины будет $X^H X^h Aa$. Проверим это, составив схему скрещивания ее родителей:

$P - \text{♀ } X^H X^? aa \times \text{♂ } X^h Y A$?

F_1 – искомая фенотипически здоровая женщина.

♀ \ ♂	$X^h A$	$Y A$	$X^h ?$	$Y ?$
$X^H a$	$X^H X^h Aa$?	?	?
$X^? a$?	?	?	?

Генотип ее супруга известен. По условию задачи, это здоровый мужчина-альбинос: $X^H Yaa$.

Теперь проиллюстрируем их скрещивание: $X^H X^h Aa \times X^H Yaa$. Важно помнить: решетка будет почти как при дигибридном скрещивании, так как у женщины образуются 4 сорта гамет. Но мужчина гомозиготен по гену альбинизма и поэтому образует только 2 сорта гамет.

♀ \ ♂	$X^H a$	$Y a$
$X^H A$	$X^H X^H Aa$	$X^H Y Aa$
$X^h A$	$X^H X^h Aa$	$X^h Y Aa$
$X^H a$	$X^H X^H aa$	$X^H Y aa$
$X^h a$	$X^H X^h aa$	$X^h Y aa$

Ответ: Все потомки-девочки не будут страдать гемофилией, но 50% из них будут носительницами. При этом половина девочек будет иметь нормальную пигментацию кожи, а остальные будут альбиносами. Среди сыновей с одинаковой долей вероятности могут появиться 4 фенотипа в соотношении 1 : 1 : 1 : 1. Первый фенотип – это здоровый мальчик, гетерозиготный по гену альбинизма. Второй фенотип – гемофилик, но не альбинос (тоже гетерозиготен по гену альбинизма). Третий фенотип – не гемофилик, но альбинос. Четвертый фенотип – альбинос и гемофилик.

№2. Какое возможно потомство от брака мужчины-дальтоника, гетерозиготного по гену альбинизма, и женщины-носительницы этих двух признаков?

№3. Мать и двое сыновей в семье здоровые кареглазые (доминантный ген), отец – голубоглазый гемофилик.

Какую дочь можно ожидать в этом браке?

№4. У мужа и жены нормальное зрение и карие глаза. Они имеют голубоглазого сына-дальтоника.

Каковы генотипы всех участников? Каких еще детей можно ожидать в этом браке?

№5. Гипертрихоз (оволосение ушной раковины) наследуется как доминантный признак, находящийся в Y-хромосоме. У здоровой женщины и мужа с гипертрихозом родился мальчик с дальтонизмом и гипертрихозом.

Могут ли в этой семье быть дети без аномалий? Если да, то какого пола и с какой вероятностью?

№6. Полидактилия (лишние пальцы) кодируется аутосомным доминантным аллелем. В семье, где отец имел гипертрихоз, а мать – полидактилию, родилась здоровая девочка.

Каких еще можно ожидать потомков?

Краткие выводы

1. Гены человека, находящиеся в X-хромосоме, называются сцепленными с полом. Они передаются от отца дочерям, а от матери – сыновьям и дочерям.
2. Примерами признаков, сцепленных с полом, являются рецессивные заболевания дальтонизм и гемофилия.



Гены (признаки), сцепленные с полом; носительница.

**Знание и понимание:**

1. Объясните, почему признаки, сцепленные с полом, никогда не переходят от отцов к сыновьям.
2. Возможна ли передача признаков от бабушки по отцовской линии к внуку? от бабушки по материнской линии к внуку? Ответ поясните.

Применение:

1. Какие сорта гамет будут образовывать организмы: 1) $AaX^H X^h$, 2) $aaX^h Y$?
2. Самостоятельно решите любую из задач уровня А.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы процесс скрещивания следующих организмов: $AaX^h Y \times aaX^H X^h$. Каковы будут генотипы и фенотипы потомства, если А – темные волосы; а – светлые волосы, X^H – отсутствие гемофилии, X^h – наличие гемофилии?
2. Самостоятельно решите любую из задач уровня В.

Синтез:

1. Составьте схему скрещивания $AaX^h Y \times AAX^H X^h$.
2. Самостоятельно решите любую из задач на с. 146.

Оценка:

1. Оцените качество решения и оформления задач разного уровня вашими одноклассниками.
2. Дайте свои комментарии тем из одноклассников, кто не справился с решением задач разного уровня сложности. Научите их решать задачи.

§33. Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Полимерия. Комплементарность. Множественный аллелизм

Сравнить взаимодействие аллельных и неаллельных генов



Что вы помните об аллельных и неаллельных генах? Считаете ли вы, что за все оттенки цвета кожи человека отвечает отдельный неаллельный ген?

Взаимодействие аллельных генов. В классических опытах на горохе Г. Мендель столкнулся с явлением *полного доминирования* (рис. 39). В этом случае ген желтой окраски полностью доминирует над зеленой. Это означает, что транскрипция и трансляция (биосинтез белка) происходят только с гена желтой окраски. Ген зеленой окраски есть во всех клетках гетерозиготного организма. Но белок-пигмент, закодированный в нем, не синтезируется клетками. Этот аллель зеленого цвета никуда не исчезает из хромосом организма, он просто не работает, сохраняясь в неизменном виде. Он может быть передан потомкам через гаметы с той же вероятностью, что и аллель желтого цвета (*гипотеза чистоты гамет*).

В природе существует также явление *неполного доминирования*. В этом случае транскрибируются оба аллельных гена: и доминантный, и рецессивный. То есть в организме гетерозигот присутствуют оба белка-пигмента

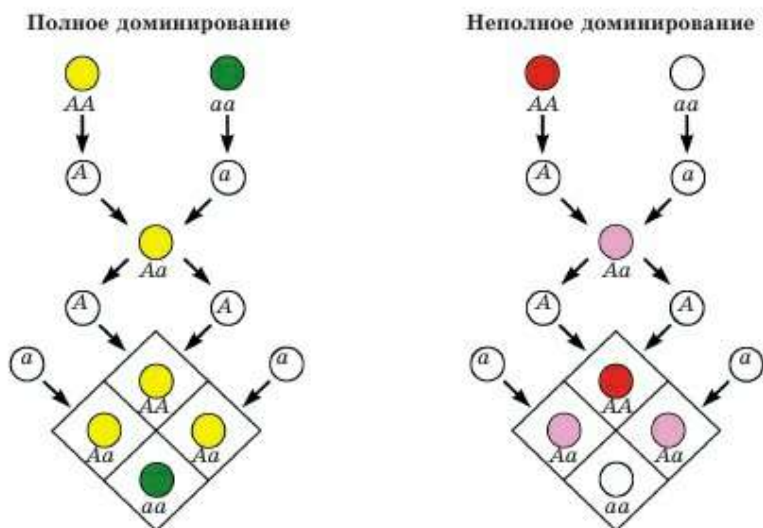


Рис. 39. Типы доминирования

и как бы «разбавляют» друг друга. У гетерозиготных особей при неполном доминировании проявляется *промежуточный фенотип*. Так, при скрещивании растений ночной красавицы с красными и белыми цветками в первом поколении все цветки были розовыми. Во втором поколении проявилось расщепление 1 : 2 : 1, т. е. 25% цветков красных, 50% розовых и 25% белых.

При неполном доминировании сохраняется *единообразие гибридов первого поколения*, имеющих промежуточный фенотип. А во втором поколении соотношение генотипических классов соответствует фенотипическим. Явление неполного доминирования оказалось широко распространенным в природе.

Неаллельное взаимодействие генов. Многие гены человека и других высокоорганизованных организмов взаимодействуют между собой. Продукт одного неаллельного гена – белок может усиливать, ослаблять или блокировать действие другого белка (и другого неаллельного гена соответственно). Как правило, белки генов, находящихся в неаллельном взаимодействии, являются ферментами одной цепи последовательных реакций. Представьте, что в присутствии одного аллеля и его белка действие другого неаллельного белка-фермента ослабевает. А в присутствии противоположного аллеля усиливается. Существует несколько форм *неаллельного взаимодействия генов*. Мы познакомимся с полимерией и комплементарностью.

Полимерия (от греч. *полимерия* – многообразие, наличие многих частей) – явление, связанное с тем, что на развитие одного признака влияют несколько пар неаллельных генов. При этом действие этих генов суммируется. Таким образом, чем больше в генотипе разных доминантных генов, тем ярче выражен признак.

По принципу полимерии часто наследуются количественные признаки, такие как цвет кожи и волос у человека, семян у растений, рост растений, жирность молока у коров, масса плодов тыквы, яйценоскость кур, сроки взросления некоторых видов животных и т. д. Например, очень темный цвет кожи многих африканцев определяется наличием 2 пар доминантных аллелей $A_1A_1A_2A_2$. Самый светлый цвет кожи европейцев (но не альбиносов) определяется наличием 2 пар рецессивных аллелей $a_1a_1a_2a_2$. В браках от европейцев и африканцев рождаются мулаты с генотипом $A_1a_1A_2a_2$. Если представить себе брак двух мулатов, то решетка их скрещивания будет напоминать решетку для дигибридного скрещивания с той только разницей, что в ней рассматриваются не 2 независимых признака, а гены и аллели, влияющие на развитие 1 признака – цвета кожи.

$$P - \varnothing A_1a_1A_2a_2 \times \sigma A_1a_1A_2a_2$$

В браке двух многодетных мулатов у детей должно наблюдаться расщепление признаков в следующем соотношении:

♀ \ ♂	A_1A_2	A_1a_2	A_2a_1	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$	$A_1A_2A_1a_2$	$A_1A_2A_2a_1$	$A_1A_2a_1a_2$
A_1a_1	$A_1A_2A_1a_1$	$A_1A_1a_2a_1$	$A_1A_2a_1a_1$	$A_1a_1a_1a_2$
A_2a_1	$A_1A_2A_2a_1$	$A_2A_1a_2a_1$	$A_2A_2a_1a_1$	$A_2a_1a_1a_2$
a_1a_2	$A_1A_2a_1a_2$	$A_1a_2a_1a_2$	$A_2a_1a_1a_2$	$a_1a_1a_2a_2$

темнокожие африканцы $A_1A_1A_2A_2$ – 1 из 16 потомков;

светлокожие африканцы $A_1A_2A_1a_2$ – 4 из 16 потомков;

мулаты $A_1A_2a_1a_2$ – 6 из 16 потомков;

светлокожие мулаты $A_1a_2a_1a_2$ – 4 из 16 потомков;

белые $a_1a_1a_2a_2$ – 1 из 16 потомков.

То есть интенсивность цвета кожи будет зависеть от соотношения доминантных и рецессивных генов. Биохимически явление полимерии объясняется тем, что функционирование большего числа доминантных аллелей приводит к большему количеству выработанного пигмента – меланина. А накопление меланина в свою очередь приводит к более насыщенному цвету кожи.

Комплементарность (от лат. *комплементум* – дополнение) – одна из форм неаллельного взаимодействия генов, при которой наличие 2 доминантных неаллельных генов приводит к формированию нового признака. При комплементарности доминантные гены как бы дополняют друг друга. И наличие 2 неаллельных доминантных белков приводит к проявлению признака, которого не может добиться ни один из доминантных аллелей в одиночку.

Самым ярким примером комплементарности может служить наследование цвета оперения у волнистых попугайчиков. Оказывается, смешивание красок происходит не только на бумаге, но и при скрещивании у попугайчиков. Если скрестить желтого и голубого попугайчиков, в первом поколении все попугайчики будут зелеными.

Это объясняется тем, что цвет попугайчиков определяется взаимодействием 2 пар неаллельных генов: **A** и **B**. Голубой цвет придает попугаю доминантная аллель **A**, т. е. голубые попугайчики имеют генотип **AAbb** или **Aabb**. Попугайчики желтого цвета имеют генотип **aaBB** или **aaBb**. Рecessивные аллели вообще не кодируют пигмент. Поэтому гомозиготы **aabb** имеют оперение белого цвета. При сочетании доминантных генов и их цветов – голубого и желтого – гибриды **F₁ (AaBb)** получают зелеными.

Причем уже не важно, каким будет второй ген у аллеля. Цвет все равно будет зеленым при всех генотипах: **AABB**, **AaBB**, **AaBb**, **AABb**. Главное, чтобы один доминантный аллель **A** и один доминантный аллель **B** функционировали совместно, т. е. комплементарно.

Проследим, как распределятся окраски при скрещивании дигетерозигот между собой:

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

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

Соотношение в F_2 тоже будет 9 : 3 : 3 : 1. Только фенотипы будут следующими:

9 зеленых (**A_B_**), 3 голубых (**A_bb**), 3 желтых (**aaB_**) и 1 белый (**aabb**). Так же наследуется форма гребней у петухов.

При одном и том же явлении комплементарного взаимодействия неаллельных генов возможны 4 разные формулы расщепления:

- 1) 9 : 3 : 3 : 1;
- 2) 9 : 7;
- 3) 9 : 6 : 1;
- 4) 9 : 3 : 4.

Согласно решеткам Пеннета для дигибридного скрещивания, все эти формулы являются только разными вариантами закономерностей независимого наследования, открытых Г. Менделем.

Множественный аллелизм – еще одно широко распространенное явление. Из опытов Г. Менделя нам известно, что цвет семян у гороха определяют всего два аллельных гена. Но в природе чаще всего мы имеем дело с *множественным аллелизмом*. Само это явление – результат мутаций, происходящих под воздействием различных мутагенных факторов. Так, например, темный цвет глаз у человека определяется не мутантным, а исходным природным аллелем. Все иные его оттенки: синий, зеленый, желтоватый – результат мутаций, произошедших в этом гене. Но так как данные мутантные аллели не имели какого-либо отрицательного значения для организма, все они сохранились в генофонде человечества.

Краткие выводы

1. В природе существует как *полное*, так и *неполное доминирование*, при котором у гетерозигот проявляется *промежуточный фенотип*. По-

томки красных и белых растений имеют розовый цвет. А соотношение фенотипов в F_2 соответствует генотипам и составляет 1 : 2 : 1.

2. Явление неаллельного взаимодействия генов основано на том, что разные неаллельные гены производят белки-ферменты, которые могут усиливать, ослаблять или прекращать действие друг друга. То есть белки взаимодействующих генов совместно участвуют в формировании определенного признака и степени его проявления.

3. Одна из форм неаллельного взаимодействия – *полимерия*. При полимерии несколько пар неаллельных генов влияют на признак. Наличие всех доминантных аллелей приводит к максимальному развитию признака. Если в генотипе только рецессивные аллели, признак будет едва заметен или вообще не выражен. Сочетание доминантных и рецессивных аллелей приводит к среднему развитию признака.

4. *Комплементарность* – еще одна форма неаллельного взаимодействия генов, при которой наличие одного доминантного гена дополняет или усиливает действие другого доминантного гена неаллельной пары. Это приводит к формированию нового признака.

5. Явление *множественного аллелизма* заключается в том, что один ген может иметь более двух аллелей. Большое количество аллелей – результат различных мутаций внутри одного гена.



Полное и неполное доминирование, промежуточный фенотип, аллельное и неаллельное взаимодействие генов, полимерия, комплементарность, множественный аллелизм.



Знание и понимание:

1. Что такое множественный аллелизм?
2. Назовите известные вам виды неаллельного взаимодействия генов.

Применение:

1. Соотнесите понятия: 1) аллельное взаимодействие; 2) неаллельное взаимодействие; 3) полимерия; 4) неполное доминирование; 5) комплементарность.
2. Назовите причины множественного аллелизма.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы различные виды неаллельного взаимодействия и аллельного взаимодействия – неполного доминирования.
2. Докажите на примерах, что множественный аллелизм не смог бы сформироваться на основе летальных и вредных мутаций.

Синтез:

1. Составьте схему разных типов комплементарности, отразив и объяснив все возможные формулы фенотипов потомства:
1) $9 : 3 : 3 : 1$; 2) $9 : 7$; 3) $9 : 6 : 1$; 4) $9 : 3 : 4$.
2. В чем эволюционный смысл множественного аллелизма? Смоделируйте ситуацию: какие преимущества возможны у данного явления?

Оценка:

1. Напишите реферат о практическом применении знаний о явлении полимерии, оценив следующую информацию. Для селекции очень важно, что многие ценные хозяйственные качества домашних животных и культурных растений наследуются по типу полимерии. Так, при скрещивании кур с самой высокой яйценоскостью была выведена порода леггорн, которая может давать до 350 яиц в год. Представители этой породы имеют в своем генотипе весь набор доминантных полимерных генов, что и привело к максимальному развитию признака. Но проблема в том, что из-за высокой яйценоскости они перестали насиживать яйца, и разведение происходит только в инкубаторах.
2. Выскажите свое мнение о явлении, когда при неполном доминировании наблюдается соотношение $2 : 1$. Примером может служить наследование окраски у мышей. Серые мыши имеют генотип aa , желтые – Aa . При скрещивании желтых мышей между собой появляется потомство, состоящее из двух частей желтых и одной части серых. Объясните это явление, обсудив его в классе.

§34. Мутации, их типы

Изучать причины мутагенеза и типы мутаций. Описывать хромосомные заболевания человека, связанные с аномалиями числа хромосом (аутосомные и половые)



Что вы знаете о мутациях? К какому типу изменчивости относятся мутации? Какова роль мутаций в эволюции? Всегда ли вредны мутации? Происходят ли мутации у сельскохозяйственных животных и культурных растений?

Мутации спонтанные и индуцированные. Мутационная изменчивость приводит к появлению совершенно новых признаков и свойств организма. Мутациями называют внезапные, скачкообразные изменения генетического материала, влияющие на какой-либо признак. В ходе мутации особь приобретает качества, которых не было ни у кого из ее предков.

Мутации, возникающие в естественных условиях, называют *спонтанными*, а искусственно вызванные – *индуцированными*. Причины спонтанного (естественного) и индуцированного мутагенеза абсолютно одинаковы. Их принято называть *мутагенными факторами*, или *мутагенами*. После их воздействия на клетки (организмы) возникают индуцированные мутации. Это серьезно повышает количество мутаций. Поэтому главным различием между индуцированными и спонтанными мутациями является частота, с которой они возникают.



Мутагены делятся на три группы: физические, химические и биологические. *Физическими мутагенами* являются некоторые виды электромагнитного излучения, ультрафиолетовое, рентгеновское и все виды радиоактивного излучения.

Химические мутагены – некоторые органические и неорганические кислоты, щелочи, перекиси, соли металлов, этиленамины, формальдегид, фенолы, акридиновые красители, алкилирующие соединения, аналоги пуриновых и пиримидиновых оснований и др. Все они взаимодействуют с ДНК клетки, вызывая те или иные структурные изменения. Приоритет открытия химических мутагенов принадлежит профессору **И. А. Рапопорту** (1946).

Биологические мутагены – это вирусы, которые вызывают хромосомные мутации в пораженных клетках. К ним также относятся некоторые яды (токсины), образующиеся в самом организме в ходе его жизнедеятельности.

Разные типы мутаций. Существует несколько принципов классификации мутаций. В зависимости от характера изменения генетических структур они могут быть объединены общей схемой (рис. 40).



Рис. 40. Типы мутаций

Самые мелкие мутации изменяют последовательность нуклеотидов в ДНК, а самые крупные – ведут к изменению количества хромосом. **По уровню возникновения измененного (мутировавшего) участка** все мутации делятся на 3 большие группы.

1. Генные, или точковые, мутации – изменения в пределах одного гена. Это может быть нарушение последовательности всего одного нуклеотида, что приводит к изменениям только одной аминокислоты в пределах одного белка. Они могут остаться незамеченными как незначимые, но могут оказаться и смертельно опасными для организма (серповидноклеточная анемия).

2. Хромосомные мутации (абберации) – изменения в структуре хромосом, в размерах и форме целой хромосомы.

3. Геномные мутации – изменение числа хромосом, т. е. их количества. При хромосомных и геномных мутациях изменения будут столь значительны, что непременно проявятся внешне. Эти мутации хорошо заметны на кариограмме – фотографии хромосом. Часто они приводят к тяжелым нарушениям.

По значению для организма все мутации делятся на:

- **летальные** – вызывают гибель организма (*серповидноклеточная анемия*);
- **вредные** – изменение наследственных свойств приводит к ухудшению жизнедеятельности (далтонизм, гемофилия, синдром Дауна и т. д.);
- **нейтральные** – изменения жизненных процессов не произошло, или оно было незначительным в данных условиях среды (глаза разного цвета у человека);
- **полезные** – изменение улучшило какие-то свойства организма. Например, мутантный фермент стал разлагать ранее недоступный корм.

Роль мутаций в целом очень велика. Именно они являются единственным источником появления новых качеств и свойств у организмов. И хотя подавляющее большинство мутаций вредно для организма, небольшая их часть может привести к появлению новых полезных признаков.



Мутации могут подразделяться и по другим принципам.

По типу клеток, в которых возникли мутации, они делятся на:

- **соматические** (в клетках тела) – передаются потомкам только при вегетативном размножении;
- **генеративные** (в половых клетках) – проявляются в следующих поколениях при половом размножении;
- **эмбриональные** (в клетках эмбриона).

По степени проявления мутации бывают **доминантными** (если они летальны, наступает смерть) и **рецессивными** (снижают жизнеспособность).

По характеру признака или свойства, подвергшегося мутации, они делятся на **морфологические** (изменение строения), **физиологические** (изменение работы органов) и **биохимические** (изменение биохимических процессов).

Краткие выводы

1. При *мутационной изменчивости* возникают совершенно новые признаки или свойства, которых нет у других (немутантных) особей. Изменения происходят в ДНК, генах или хромосомах.

2. Мутации возникают под воздействием *мутагенных факторов*, которые бывают химическими, физическими и биологическими.

3. *Спонтанные мутации* возникают без участия человека, а *индуцированные* – в результате искусственного воздействия на живые объекты с помощью мутагенов.

4. Мутации подразделяются по разным признакам. Один из них – размер наследственного материала, подвергшегося изменениям. Самые маленькие мутации – *генные*; средние по размерам – *хромосомные*; самые крупные (изменение количества хромосом, формы отдельных хромосом) – *геномные* мутации.



Мутации: спонтанные, индуцированные, генные, геномные, хромосомные; мутагены: химические, физические, биологические.



Знание и понимание:

1. Дайте определения понятиям: *мутации, мутагены, или мутагенные факторы*.
2. Объясните, почему генные мутации считаются самыми мелкими, а геномные – самыми крупными.

Применение:

1. Определите связь между понятиями: 1) индуцированные мутации; 2) селекционный мутагенез; 3) спонтанные мутации; 4) естественный радиоактивный фон; 5) направленный мутагенез; 6) мутагенное воздействие; 7) искусственный мутагенез; 8) резкий рост количества мутантных особей; 9) редко возникающие мутации.
2. Объясните значение положительных, отрицательных и нейтральных мутаций для организма.

Анализ:

1. Докажите на примерах, что существуют мутации различных типов.
2. Начертите схему «Классификация мутаций по различным принципам». Отрадите в ней всю информацию, изложенную в параграфе.

3. Установите зависимость между размерами изменений наследственного материала, подвергнувшегося мутагенному воздействию, и типом мутаций.

Синтез:

1. Порассуждайте: как могло бы сказаться на селекции открытие мутагена, способного увеличивать число мутаций в сотни тысяч раз? Что было бы лучше выражено при его применении – вред или польза?
2. Оцените роль мутаций в эволюции и селекции.

Оценка:

1. Известно, что селекционеры очень часто применяют индуцированный мутагенез в селекции грибов и микроорганизмов, реже, но все-таки довольно часто, – в селекции растений (особенно однолетних), и крайне редко – в селекции животных. Считаете ли вы, что такое применение мутагенов в селекции оправдано?
2. Оцените значение мутаций в природе.

§35. Характеристика генных, хромосомных и геномных мутаций

Описывать заболевания человека, связанные с аномалиями числа хромосом (аутосомные и половые)



На какие группы делятся мутации по размеру изменений? Какие из типов мутаций считаются самыми крупными, а какие – самыми мелкими? Каковы причины таких наследственных заболеваний, как гемофилия, дальтонизм, серповидноклеточная анемия, синдром Дауна, Клайнфельтера, Шерешевского–Тернера? Что такое первичная перетяжка (центромера)?

Характеристика генных мутаций. *Генные мутации* чаще всего связаны с изменением одного нуклеотида. Их называют *ошибками репликации*, так как обычно они и возникают как нарушение процесса точного копирования, а именно:

- 1) выпадение – исчезновение одного или нескольких нуклеотидов;
- 2) удвоение – встраивание лишнего нуклеотида (или нескольких);
- 3) замена – изменение одного нуклеотида.

Выпадение и удвоение могут привести к замене не только одной аминокислоты в белке, а к полному изменению всего аминокислотного состава мутантного белка. Это произойдет из-за того, что *сдвинется рамка считывания*. Как вы помните, одну аминокислоту кодируют три нуклеотида. Если в гене изменится количество нуклеотидов, рибосомы соответственно будут считывать уже другие триплеты.

Что касается *замены* нуклеотида, то эта мутация может быть вообще незначимой. Одну аминокислоту часто кодируют несколько триплетов. И при изменении только одного нуклеотида аминокислота может и не измениться. Кроме того, изменение всего одной аминокислоты в белке может не повлиять на его физиологическую активность. В этом случае мутация будет считаться *незначимой*.

Характеристика хромосомных мутаций. Чтобы разобраться в типах мутаций хромосом, необходимо вспомнить их строение.



В зависимости от того, как расположена *центромера*, хромосомы подразделяются на группы (рис. 41).

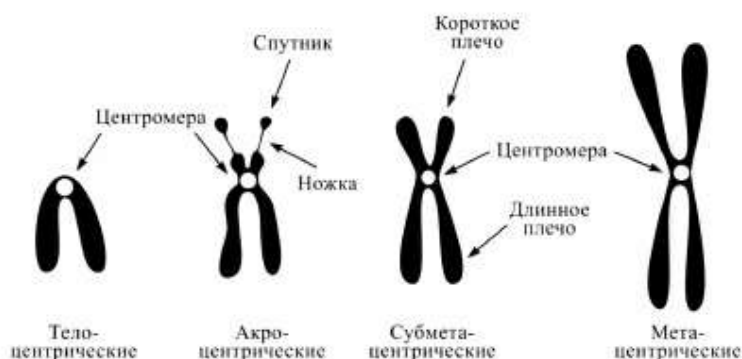


Рис. 41. Различные типы хромосом, находящихся в ядре

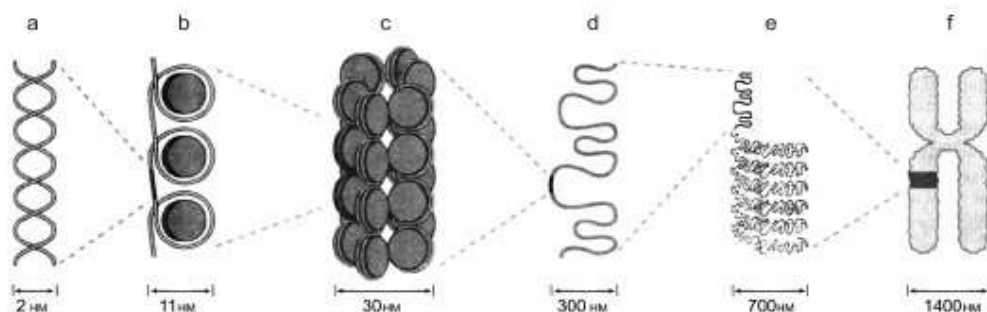


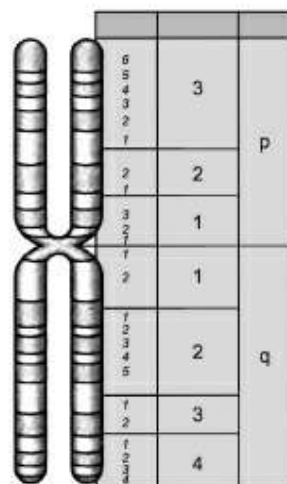
Рис. 42. Последовательность укладки ДНК в хромосому: а – двуспиральная ДНК; б – нуклеопротеид (хроматин); с – нуклеосомы, собранные в соленоид, d, e – нити хроматина; f – хромосома, состоящая из 2 хроматид



По форме выделяют 7 групп хромосом: равноплечие, разноплечие, субметацентрические и т. д. Если хромосомы окрашивать, то можно получить рисунок из чередования светлых и темных полос (рис. 43).

Рис. 43. Различные участки хромосомы человека, принятые в международной классификации для картирования

В ходе кропотливых исследований ученых из разных стран хромосомы человека были рассмотрены, качественно окрашены и сфотографированы. Каждая пара хромосом обозначена порядковым номером от 1 до 23. Была разработана первая международная классификация хромосом человека. Это событие произошло в 1960 г. в городе Денвере (США), поэтому ее до сих пор называют Денверской классификацией.



Как вы помните, участок хромосомы, в котором закодирован один белок, – это ген. Гены в хромосомах расположены один за другим, т. е. линейно. Не надо думать, что гены соответствуют темным или светлым полосам. Размер одного гена зачастую намного меньше, чем «полоса», светлая или темная.

Фотография всех хромосом одного вида организмов, отражающая их размер и форму, называется *кариотипом*. Кариотип более или менее постоянен. Нарушение его у одного организма возможно в результате крупной мутации: геномной или хромосомной. Если изменилось число хромосом, это геномная мутация. Если изменились только форма и (или) размеры хромосом, то это хромосомная мутация.

Хромосомные мутации подразделяют на следующие группы:

Делеция – исчезновение (выпадение, удаление) части хромосомы. Хромосома становится короче.

Дефиценси – частный случай делеции, при которой исчезают кончики хромосом. Хромосома становится короче, но только за счет уменьшения кончиков.

Дупликация – повторение части хромосомы. В целом хромосома становится длиннее.

Инверсия – поворот участка хромосомы на 180°. Размер хромосомы в целом может остаться без изменений, но хорошо заметно изменение местоположения центромеры.

Транслокация – обмен участками между негомолотичными хромосомами. Данная мутация хорошо заметна по изменению формы и характерной окраски участка хромосомы. Изменения формы может не происходить, если транслокация сопровождается делецией. Если же транслокация не сопровождалась делецией, хромосома может удлиниться.

Хромосомные мутации зачастую вызывают видимые изменения состояния мутантных организмов, так как при них происходит значительное изменение наследственного материала. Меняется более чем один ген – белок.

Характеристика геномных мутаций. Все геномные мутации связаны с изменением количества хромосом. Они тоже подразделяются на группы:

Анеуплоидия – мутация, при которой некратно изменяется число хромосом. То есть количество может меняться от одной хромосомы до нескольких, причем как в сторону их уменьшения, так и в сторону увеличения. Явление анеуплоидии может выражаться формулой: $2n \pm 1$, 2, 3 или 4 и т. д.

Гаплоидия – мутация, при которой число хромосом изменяется на 1 набор, т. е. кратно. При этом типе мутаций клетки из диплоидных могут становиться гаплоидными. Явление гаплоидии может выражаться формулой: $2n - 1n$.

Полиплоидия – мутация, при которой кратно увеличивается число хромосом на 1 набор. При этом типе мутаций клетки из диплоидных могут становиться триплоидными, тетраплоидными, пентаплоидными, гексаплоидными, октаплоидными и т. д. Явление полиплоидии может выражаться формулой: $2n + 1n$, $2n$, $3n$, $4n$ и т. д.

Геномные мутации человека встречаются как для аутосом, так и половых хромосом. Самая известная аутосомная геномная мутация – это синдром Дауна, т. е. трисомия по 21-й паре хромосом (рис. 44). Эта мутация широко распространена, детально описана в медицинской

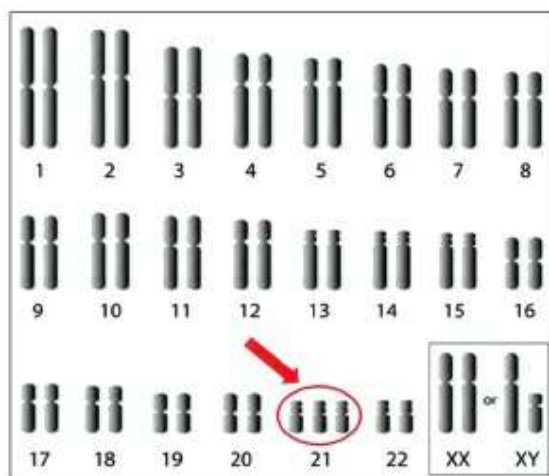


Рис. 44. Кариограмма синдрома Дауна

литературе и полностью изучена цитогенетиками. Многие другие геномные мутации долгое время оставались не изученными, так как их носители погибали в раннем возрасте. Так, известны анеуплоидии, выражающиеся в исчезновении 3, 4, 5 хромосом. Носители этих мутаций в основном нежизнеспособны. Больные же с синдромом Дауна хотя и имеют видимые отклонения, могут дожить до зрелого и даже преклонного возраста. Все носители этой мутации внешне похожи между собой, независимо от пола и возраста. Для них характерны несколько укороченные пальцы и конечности в целом, специфическое расположение глаз, носа и рта, так называемый «монголоидный тип лица». При должном уходе и обучении люди с синдромом Дауна могут научиться читать и писать, играть на музыкальных инструментах, выполнять несложную хозяйственную деятельность, заниматься спортом. Но все-таки их интеллект развивается не так, как у людей с 46 хромосомами.

Геномные мутации половых хромосом человека – это синдромы Клайнфельтера и Шерешевского–Тернера. Синдром Клайнфельтера (рис. 45) характерен только для мужчин. Эта патология вызвана лишними X-хромосомами у мужчин при наличии одной нормальной Y-хромосомы. Хромосомный набор может быть XXУ, или XXXУ, или XYУ. Это заболевание встречается с частотой 0,2%, т. е. из 500–700 новорожденных мальчиков, по статистике, один может оказаться с синдромом Клайнфельтера.

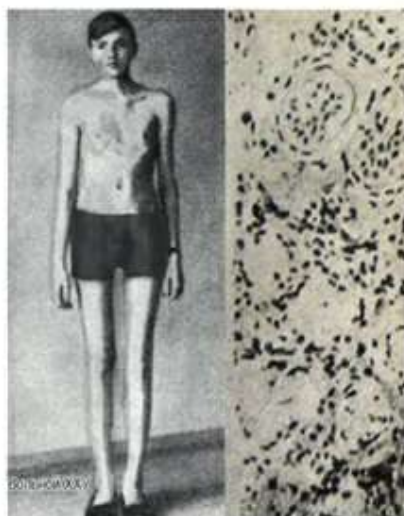


Рис. 45. Проявление симптомов синдрома Клайнфельтера

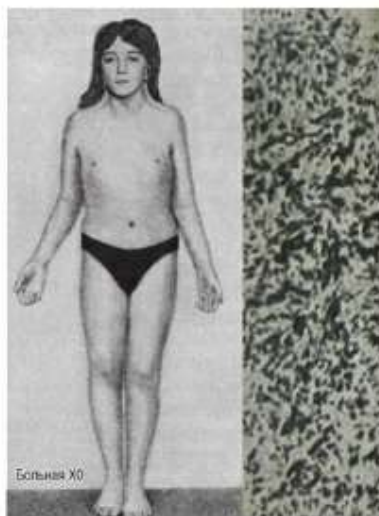


Рис. 46. Проявление симптомов синдрома Шерешевского–Тернера

У половины всех больных внешние симптомы вообще никогда не проявляются. У других после наступления полового созревания наблюдаются гормональные нарушения, диспропорции развития тела – высокий рост, длинные конечности, недоразвитие половых органов (мелкие, более плотные яички).

Синдром Шерешевского–Тернера (рис. 46) характерен для женщин. Это патология исчезновения одной X-хромосомы или ее недоразвитие (мозаичное повреждение). Отклонения у больных с этим синдромом видны с рождения. Они проявляются изменениями пропорций тела (рост 135–145 см у 98% больных), короткими конечностями (92%), складкой кожи на шее, деформацией конечностей, изменением интеллекта и т. д.

Краткие выводы

1. Генные мутации связаны с изменением порядка нуклеотидов внутри одного гена. Это могут быть выпадения, удвоения, замены. Первые два типа приводят к «сдвигу рамки считывания», т. е. меняют весь порядок нуклеотидов.

2. Хромосомные мутации – изменения в размерах и (или) форме хромосом. Это делеции, дефишенсы, дупликации, инверсии, транслокации.

3. Геномные мутации – изменение числа хромосом. Это гаплоидия, анеуплоидия и полиплоидия.

4. У человека возможны анеуплоидии, например синдром Дауна по 21-й аутосоме. По половым хромосомам – синдромы Клайнфельтера (XXY, XYY, XXXY и т. д.) у мужчин и Шерешевского–Тернера (X0) у женщин.



Удвоение, выпадение, замена нуклеотидов, делеция, дефишенсы, дупликация, инверсия, транслокация; аутосомные и геномные мутации; анеуплоидия, синдромы Дауна, Клайнфельтера и Шерешевского–Тернера.



Знание и понимание:

1. Как вы понимаете разницу между геномными, генными и хромосомными мутациями?
2. Опишите виды хромосомных мутаций.

Применение:

1. Определите связь между изменением числа хромосом и синдромами Дауна, Клайнфельтера и Шерешевского–Тернера.
2. Предположите, при каких генных мутациях изменения могут быть не заметны для организма вовсе, быть полезными или летальными.

Анализ:

1. Нарисуйте схему «Изменения количества хромосом в гаметах, зиготе и в клетках организма при разных вариантах – отцовский и материнский тип наследования синдромов Дауна, Клайнфельтера и Шерешевского–Тернера».
2. Покажите разницу между делецией, дефиценси, дупликацией, инверсией, транслокацией. Проанализируйте и установите зависимость между происходящими изменениями и типом хромосомных мутаций.

Синтез:

1. Порассуждайте, почему люди с синдромом Клайнфельтера часто живут всю жизнь и даже не подозревают об этом, а люди с синдромом Шерешевского–Тернера знают об этом всегда.
2. Систематизируйте по критериям разные типы мутаций, составив произвольную схему.

Оценка:

1. Напишите реферат «Мутации человека: генные, хромосомные и геномные и синдромы, связанные с ними».
2. Известно, что особи с синдромом Дауна (лишняя хромосома в 21-й паре) изредка встречаются среди популяций горилл и шимпанзе. Внешнее проявление этого заболевания схоже с таковым у человека. Оцените значение этих явлений с точки зрения закона гомологических рядов наследственной изменчивости.

Моделирование

**Составление кариограммы хромосомного набора человека.
Изучение геномных мутаций**

I. Определите типы генных мутаций.

Немутантный ген – исходный природный аллель дикого типа:

ТАЦ-ААА-ГАТ-АЦЦ-ГЦЦ-ЦГА-ТГЦ-АЦТ

Для того чтобы начать выполнять задания по моделированию, вспомните материал о генетическом коде и его свойствах. Ответьте на следующие вопросы:

1. Сколько триплетов содержит данный ген? Пронумеруйте нуклеотиды и триплеты данного гена.
2. Как вы полагаете, какое количество аминокислот содержит данный белок?
3. Используя таблицу генетического кода, укажите верную последовательность аминокислот данного белка.
4. Изменилось ли ваше представление о количестве аминокислот в белке после того, как вы воспользовались таблицей генетического кода?

Смоделируйте следующие генные точковые мутации:

- 1) замена 5 нуклеотида на Т;
- 2) замена 12 нуклеотида на Т;
- 3) замена 13 нуклеотида на Т;
- 4) замена 2 нуклеотида на Т.
- 5) исчезновение 4 нуклеотида;
- 6) удвоение 4 нуклеотида.

Ответьте на следующие вопросы.

- К какому типу относятся смоделированные мутации?
- Отличаются ли они друг от друга по сути и типу произошедших изменений?
- К каким последствиям приведет каждая из этих мутаций?
- Чем отличаются последствия?

II. Определите типы хромосомных мутаций.

Немутантная хромосома – исходная, участки которой изображаются в виде букв английского алфавита, а центромера (первичная перетяжка) обозначается как •

SFDWRHJY • LNVZ

Для того чтобы начать выполнять задания по моделированию, вспомните материал о строении хромосом. Ответьте на следующие вопросы:

1. К какому типу будет относиться данная хромосома?
2. Как вы полагаете, можно ли установить количество генов по данной схеме?

Рассмотрите смоделированные хромосомные мутации:

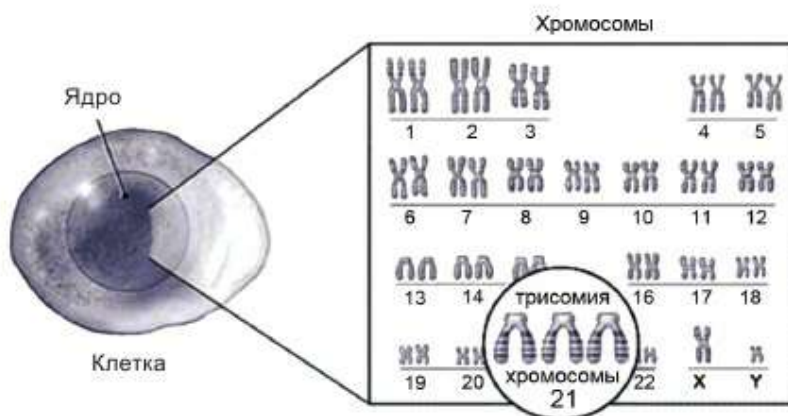
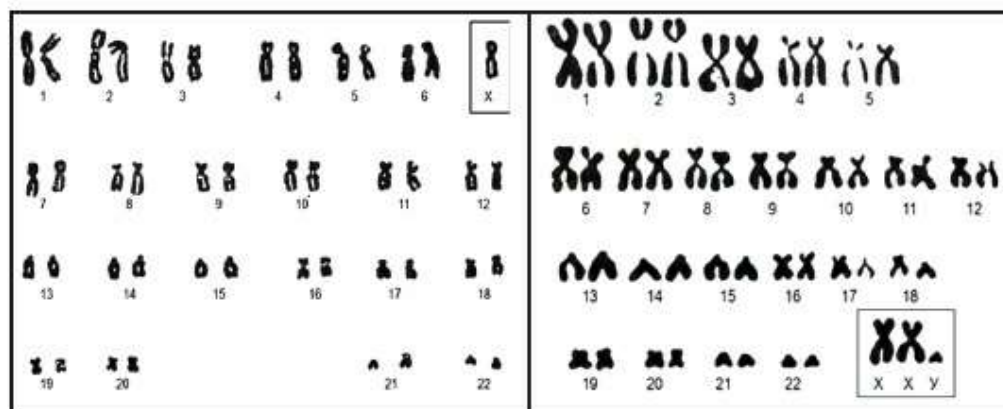
- 1) SFDHJY • LNVZ
- 2) DWRHJY • LN
- 3) SFDSFDWRHJY • LNVZ
- 4) SFDWRHJY • LNVNVNVZ
- 5) SFDWRHJY • LNVZ
- 6) SFDVNL • YJHRW Z
- 7) SFЩЖЧЫФУ • LNVZ

– К какому типу относятся смоделированные мутации? Ответ поясните и обоснуйте.

– Можно ли установить, как эти мутации повлияют на организм? Ответ поясните.

– Сможете ли вы самостоятельно смоделировать комбинированные хромосомные мутации? Например: SFSFSFЩЖЧЫФУ • LNVNVNVZ

III. Определите типы геномных мутаций по карнограммам:



Раздел 8. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

§36. Взаимосвязь между наследственной изменчивостью и эволюцией

Объяснять взаимосвязь между наследственной изменчивостью и эволюцией



Что вы знаете о наследственной изменчивости? Чем отличаются мутации от комбинаций? Какова роль положительных мутаций в эволюции? Что будет происходить с особями, получившими летальные или вредные мутации в ходе естественного отбора и борьбы за существование?

Виды наследственной изменчивости. В современной биологии принято деление наследственных изменений на комбинативные и мутационные.

Комбинативная изменчивость – это результат новых сочетаний признаков, свойственных разным (в том числе и далеким) предкам. В этом случае никогда не появляются совершенно новые признаки или свойства. Разнообразные полезные, бесполезные и вредные признаки у каждой новой особи сочетаются по-разному. А отбор «выбирает» тех, у кого признаки предков скомбинировались самым удачным образом. Именно эти организмы с удачным сочетанием признаков оставят наиболее многочисленное потомство. Соответственно, это наилучшее сочетание признаков (генов) перейдет в следующие поколения. Менее удачное сочетание признаков может сохраняться, но им будет обладать меньшее число особей.

Очень важно учитывать и тот факт, что чем более особи схожи между собой, тем острее будет конкуренция между ними. Соответственно, будет большее число погибших. В этом смысле комбинативная изменчивость способствует выживанию большего числа особей через увеличение их разнообразия.

Мутационная изменчивость приводит к появлению совершенно новых признаков и свойств. В ходе мутаций особь приобретает качества, которых не было ни у кого из ее предков. Внезапно появившись, мутации передаются следующим поколениям.

Наследственная изменчивость – это одна из важнейших причин эволюции, которая есть не что иное, как **процесс появления новых жизненных форм**. Но если представить отсутствие изменчивости как таковой, то живые организмы были бы неизменны. Ничего нового и появиться не могло бы. Наследственная изменчивость предоставляет материал для отбора.

Естественный отбор «выбирает» из этих изменений наиболее выгодные в данных условиях.

Таким образом, **естественный отбор диктует направление эволюционных изменений**. Если условия окружающей среды изменяются, живым организмам приходится «переадаптироваться».

Роль мутаций в эволюции очень велика (рис. 47). Они являются единственным источником появления **абсолютно новых качеств и свойств у живых организмов**. Подавляющее большинство мутаций вредны. Но небольшая их часть обязательно приводит к появлению **новых полезных признаков**. Именно они дают основной материал для естественного и искусственного отборов.

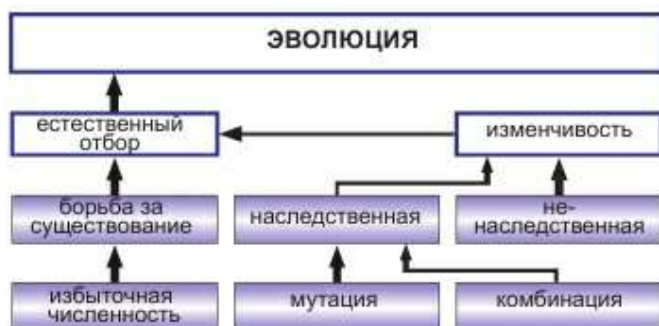


Рис. 47. Причины эволюции

Полезные мутации сохраняются естественным отбором. Они преумножаются в следующих поколениях, так как количество особей, имеющих полезную мутацию, постоянно растет. Конечно, появление единичных изменений не приводит к появлению нового вида. Но их постепенное накопление в ряду поколений обязательно обусловит то, что потомки рано или поздно будут отличаться от своих предков большей приспособленностью.

Избавиться от мутаций популяция может, если только не останется ни одного живого носителя данной мутации. Поэтому, если носителям отрицательных мутаций удастся выжить, данная мутация будет сохраняться в следующих поколениях. Но так как мутация вредна, ее носители будут очень малочисленны.

Естественный отбор как главный фактор эволюции. Напомним, основная заслуга Ч. Дарвина заключается в том, что он раскрыл причины эволюции. То, что эволюция как процесс происходит, изложил в своей теории еще Ж. Б. Ламарк. Он и другие трансформисты доказали, что изменения живых организмов в сторону их приспособления к окружающей среде

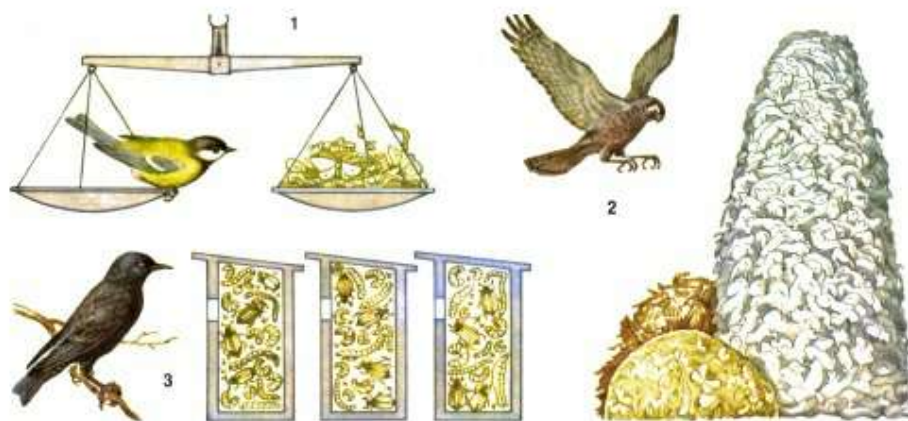


Рис. 48. Соотношение массы птиц и их пищи: 1 – синица за сутки съедает такую массу насекомых, которая равноценна массе ее тела; 2 – пустельга за год съедает 290 мышей, десятки мелких птиц и тысячи насекомых; 3 – скворец скормливает птенцам такое количество пищи, которым можно заполнить три скворечника

и постепенного усложнения происходят. Роль Ч. Дарвина в биологии заключается в том, что он **верно объяснил причины эволюции**.

Согласно теории Дарвина, эволюция живой природы происходит по трем взаимосвязанным причинам: *борьба за существование* и *естественный отбор* с одной стороны и *наследственная изменчивость* – с другой.

Каждое живое существо дает потомков больше, чем способно прокормиться на данной территории (рис. 48). Это явление называется *избыточной численностью*. В результате между всеми живыми существами возникает конкуренция, названная Ч. Дарвином борьбой за существование. Результатом всех видов борьбы за существование является естественный отбор, т. е. выживание одних (более приспособленных к окружающей среде) организмов и вымирание других (менее приспособленных). **Ч. Дарвин считал естественный отбор главным эволюционным фактором**. Вернее будет сказать, что отбор – **направляющий фактор**. Но сам процесс эволюции без наследственной изменчивости невозможен.

Элементарные эволюционные факторы. Названные Ч. Дарвином главные причины эволюции: естественный отбор, борьба за существование и наследственная изменчивость, – являются также **главными эволюционными факторами**. Как противоположное понятие в науке принято выделять **элементарные эволюционные факторы**. Уже из названия очевидно, что эти факторы будут играть вспомогательную роль в процессе эволюции, но не учитывать их вообще неверно. Именно они дадут более полное пони-

мание процессов и изменений, происходящих в генетической структуре популяций и видов.

Дрейф генов – это изменение частоты генов в популяциях. Явление дрейфа генов отчетливо прослеживается в малочисленных изолированных популяциях или при резком сокращении численности популяций в результате стихийных бедствий (пожаров, наводнений, сильных снегопадов или засухи) и как следствие – голода. В целом при дрейфе генов происходит снижение генетического разнообразия, т. е. в популяции может сохраниться всего одна аллель определенного признака.

Так как популяция малочисленна, явление дрейфа генов часто носит случайный характер. То есть сохраниться (выжить) может совсем не та аллель или генотип, который сохраняется естественным отбором в крупных многочисленных популяциях. Если вследствие лесного пожара новую популяцию возобновляют 10 оставшихся в живых организмов, это совсем не значит, что они – обладатели лучших генотипов. Просто они были дальше всех от эпицентра возгорания.

Это же явление происходит при заселении новых территорий небольшим количеством особей и их последующем размножении. Могут возникнуть крупные популяции, в которых будет минимальное генетическое разнообразие – *эффект основателя*, или *эффект бутылочного горлышка*. (Заселение материка через узкий сухопутный перешеек или островов через мелкий пролив; заселение горной долины через узкий перевал и т. д.) Не факт, что в организмах, основавших новую популяцию, окажутся лучшие аллели.

Популяционные волны – это изменения численности особей в популяциях. Это понятие ввел генетик и энтомолог **С. С. Четвериков**, назвав их еще *волнами жизни*. Колебания численности могут быть связаны с сезонами года, катастрофами и катаклизмами, вмешательством человека, изменением числа хищников или паразитов и т. д. Основная эволюционная роль популяционных волн заключается в том, что, когда волна на пике, отбор осуществляется активнее, так как животных много, и они разнообразны. Но когда волна находится в точке спада, борьба за существование обостряется настолько, что выживают только самые приспособленные. Поэтому новую популяционную волну образуют потомки лучших из лучших, тех, кто выжил на спаде волны. Таким образом, популяционные волны делают процесс естественного отбора более эффективным.

Еще одной важной проблемой, обозначенной при исследовании популяционных волн, является зависимость численности экологически и эволюционно взаимосвязанных видов. Например, хищников и их жертв, паразитов и хозяев, близкородственных видов, находящихся в условиях

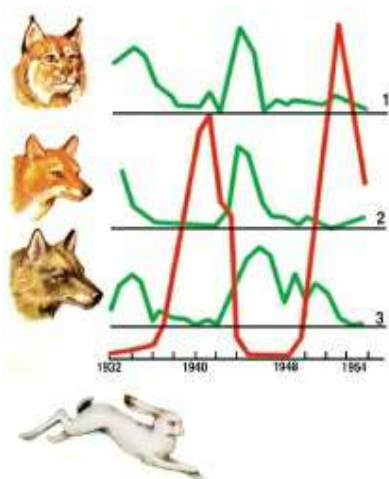


Рис. 49. Популяционные волны – элементарный эволюционный фактор

пищевой конкуренции, и т. д. (рис. 49). На рисунке видно, что после увеличения численности зайцев растет число поедающих их хищников. Зайцы оказываются в условиях жесточайшей межвидовой борьбы. Затем хищники уничтожают максимально возможное количество зайцев и начинают погибать от бескормицы. Как только численность хищников уменьшается до минимума, численность зайцев начинает возрастать.

Краткие выводы

1. Борьба за существование возникает из-за избыточной численности и приводит к естественному отбору.

2. Живые организмы не одинаковы благодаря изменчивости. Наследственная

изменчивость играет важную роль в эволюции.

3. Из всех возникающих изменений, мутаций или комбинаций, естественный отбор сохраняет наилучшие признаки. Они и передаются потомкам.

4. Существуют элементарные эволюционные факторы: популяционные волны и дрейф генов. Они делают этот процесс более эффективным либо более избирательным.



Наследственная изменчивость, мутации, комбинации, эволюционная теория, естественный отбор, борьба за существование, дрейф генов, популяционные волны.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему именно мутации и комбинации поставляют материал для естественного и искусственного отборов.
2. Выясните, что такое элементарные эволюционные факторы. Почему их так называют?

Применение:

1. Объясните значение комбинативной изменчивости в эволюции. Постарайтесь использовать постулат эволюционистов: «Естественный отбор выбирает не отдельные аллели или признаки, а целостные генотипы и фенотипы соответственно».

2. Заполните таблицу.

№	Термин/процесс	Пояснение термина	Роль процесса в эволюции
1	Естественный отбор		
2	Избыточная численность		
3	Борьба за существование		
4	Комбинативная изменчивость		
5	Мутационная изменчивость		
6	Дрейф генов		
7	Популяционные волны		
8	Условия окружающей среды		

Анализ:

1. Проанализируйте значение главных и элементарных эволюционных факторов, роль каждого из них.
2. Изобразите в виде схемы, как взаимосвязаны между собой причины эволюции.
3. Удалось ли вам отразить на схеме различные типы изменчивости, понятие «избыточная численность» и различные элементарные эволюционные факторы?

Синтез:

1. Перечислите, в чем заключаются различия и какая взаимосвязь возможна между:
 - 1) комбинативной и мутационной изменчивостью;
 - 2) естественным и искусственным отбором;
 - 3) борьбой за существование и избыточной численностью;
 - 4) дрейфом генов и популяционными волнами.
2. Смоделируйте ситуацию, при которой исчезла бы одна из причин – движущих сил эволюции. Продолжился бы процесс эволюции живого? Какую из причин легче всего исключить, чтобы эволюция не прекратилась? Как отсутствие каждого из факторов скажется на эволюционном процессе?

Оценка:

Оцените значение следующих фактов:

1. Только на островах, где преобладают сильные ветры, существуют популяции и виды бескрылых насекомых. На материковой части суши их сородичи имеют крылья и летают.
2. Все жители племени индейцев Бороро (около 2 000 человек) имеют I группу крови. У коренного населения Австралии нет представителей III и IV групп крови. Могла ли подобная ситуация сформироваться в Японии?

3. В захоронениях вымершей цивилизации ацтеков найдены черепа, в которых лобная кость была не цельной, а состояла из двух костей, соединенных костным швом.

Дискуссия:

Почему некоторые авторы утверждают, что мутации – важнейший фактор эволюции? Согласны ли вы с этим мнением? Приведите аргументы «За» и «Против».

§37. Доказательства эволюции

Изучать доказательства эволюции



Вспомните стадии развития зародыша. Для всех ли организмов характерны стадии зиготы, бластулы, гастролы? Что вы знаете о древних вымерших животных? Какие животные и растения сохранились с древнейших времен до наших дней? Вспомните, сколько камер в сердце у животных разных классов типа хордовых. В каком порядке вы их изучали в 7 классе? Что вам известно о животном мире Австралии? В чем его особенности?

С того самого момента, как Ч. Дарвин сформулировал свою теорию, и до наших дней продолжают споры о том, происходит ли эволюция на самом деле. Причем в наше время все чаще подвергают сомнению не процесс образования новых видов, а процесс появления таких крупных систематических единиц, как типы, классы, отделы. Но у эволюции существует множество научно обоснованных доказательств.

1. Сравнительно-анатомические доказательства основаны на сравнении строения как отдельных органов, так и организма в целом. Именно на этой группе доказательств основывались трансформисты. Изучение строения органов и отслеживание их усложнения подтолкнули Ж. Б. Ламарка к эволюционной идее. Сравнивая строение нервной и кровеносной систем, он проследил непрерывный ряд усложнений в группах животных от класса к классу и от типа к типу. Сегодня даже вы можете сделать вывод, что родственные группы живых организмов постепенно усложняются. Проявляется это прежде всего в совершенствовании отдельных органов и их систем.



Так, диффузная нервная система кишечнорастных уступила место лестничной системе плоских червей. Затем два нервных тяжа лестницы объеди-

нились у кольчатых в одну брюшную нервную цепочку. Она укрупнилась у моллюсков и членистоногих, образовав у самых высокоорганизованных представителей головной мозг из 2–3 отделов. Далее нервная трубка хордовых продолжала эволюционировать. Пять отделов мозга рыб у земноводных становятся крупнее, особенно передний мозг. Наконец, у птиц появляются извилины, пока только на мозжечке. Но зато большие полушария так разрастаются, что покрывают уже все остальные отделы. А вот у млекопитающих извилины есть не только на мозжечке, но и на больших полушариях. Кора головного мозга еще слабо развита у насекомоядных (самые древние и примитивные плацентарные), но зато максимально развита у приматов, к которым относится и человек.

Аналогичным образом можно проследить анатомические доказательства на любой другой системе органов, например на опорно-двигательной. У большинства позвоночных кости гораздо реже исчезали или возникали, чем видоизменялись. Одни и те же кости сохранились в конечностях почти у всех наземных хордовых. Но их строение было больше приспособлено к выполнению определенных функций (рис. 50).

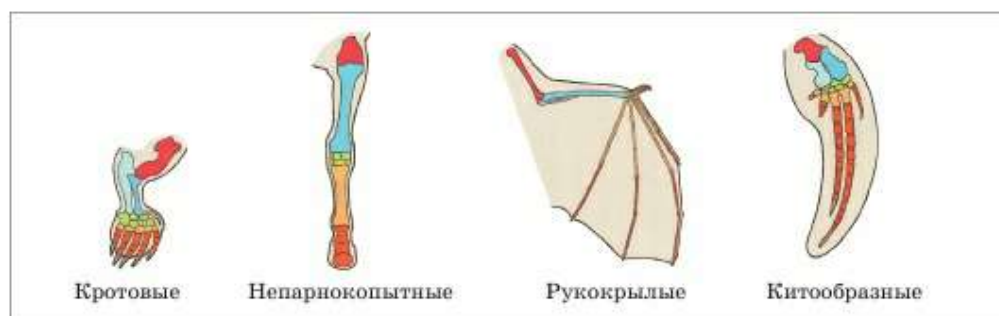


Рис. 50. Эволюция передних конечностей млекопитающих

2. Молекулярно-генетические доказательства. Генетические доказательства основаны на сравнении строения, числа и размеров хромосом. У близкородственных групп организмов хромосомы имеют гораздо большее сходство, чем у дальних. Так, у многих видов из семейства злаков число хромосом кратно семи. Значит, новые виды образовывались в результате геномных мутаций. У человека и человекообразных обезьян разница всего в 2 хромосомы, у нас 46, а у гориллы и шимпанзе – 48. Причем совпадают не только размеры и форма хромосом, но и их окраска, что свидетельствует об одинаковой «укладке» хроматина, т. е. ДНК (рис 51).

Современные молекулярно-генетические методы основаны на анализе порядка нуклеотидов в молекуле ДНК. Так ученые могут установить степень родства между живыми организмами с высокой точностью. Ведь

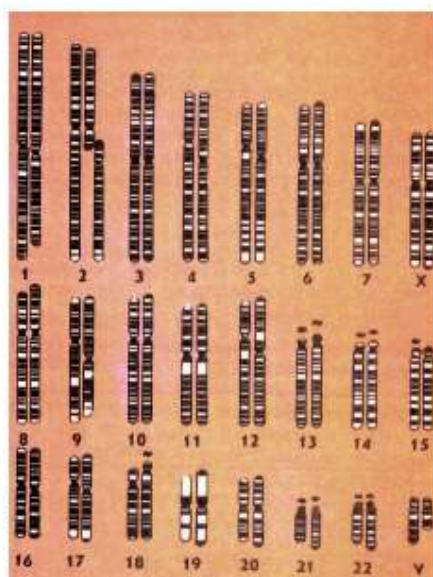


Рис. 51. Хромосомы человека и шимпанзе

чем больше схож порядок нуклеотидов в ДНК, тем более близкородственны будут организмы. Эти методы настолько точны, что применяются не только для подтверждения эволюционной теории, но и установления родства (отцовства), а также в криминалистике.

3. Биохимические доказательства схожи с молекулярно-генетическими. Они тоже являются современными и основаны на анализе порядка аминокислот белков. То есть с точки зрения наследственности это одно и то же. Ведь порядок аминокислот в белке определяется порядком нуклеотидов в ДНК. Но технически это разные группы анализов с применением разных реактивов и разного биоматериала. Биохимические методы стали использоваться раньше. У ученых даже появилось выражение

«биохимическая эволюция отстает от реальной». Это означает, что порядок аминокислот белков, например шимпанзе и человека, настолько близок, что мы должны были бы относиться к близким видам одного рода. Хотя по строению ученые относят нас к разным семействам. Значит, накопившиеся отличия внешнего и внутреннего строения выражены сильнее, чем биохимические.

4. Эмбриологические доказательства связаны с исследованием стадий развития зародышей различных организмов. Одними из первых успешные фундаментальные исследования в этой области провели немецкие биологи Э. Геккель и Ф. Мюллер. Им удалось установить **биогенетический закон**, или **закон Мюллера–Геккеля**. Рассматривая зародышей различных животных, ученые выяснили, что на ранних стадиях все они похожи (рис. 52). Сокращенно биогенетический закон звучит так: **Онтогенез есть краткое и неполное повторение филогенеза**. *Онтогенез* – это индивидуальное развитие одной особи от процесса ее зарождения до смерти. А *филогенез* – это исторический процесс развития всего живого. Без биологических терминов биогенетический закон приобретет следующую формулировку: **«Каждый живой организм кратко повторяет историю развития своего вида в целом»**. Мы, конечно же, не повторяем стадий развития растений,



Рис. 52. На ранних стадиях развития зародыши разных животных похожи друг на друга

а грибы не идут по пути становления животных. Но всем живым организмам свойственны основные этапы формирования их предков.

5. Палеонтологические доказательства основаны на ископаемых остатках вымерших живых организмов (рис. 53–55). В этой области можно выделить две группы доказательств: переходные формы и филогенетические ряды.

Переходными формами называют такие организмы, которые сочетают в себе одновременно признаки двух крупных систематических групп. Примером могут служить не только вымершие, но и ныне живущие организмы. Так, одноклеточные эвгленовые водоросли при невозможности осуществлять фотосинтез способны переходить к гетеротрофному питанию. Например, эвглена зеленая – переходная форма между растениями и животными. Клоачные (яйцекладущие) утконос и ехидна – переходные



Рис. 53. Окаменевшие раковины древних моллюсков



Рис. 54. Отпечаток древнего папоротника



Рис. 55. Насекомые в застывшей капле янтаря

формы животных между пресмыкающимися и млекопитающими. А живое ископаемое латимерия (кистеперая рыба) – переходная форма между рыбами и земноводными. Из ископаемых самые известные переходные формы – археоптерикс и иностранцевия.

Филогенетические ряды. Так называют всех предков современных животных (реже растений), которых удалось реконструировать благодаря раскопкам и выстроить в эволюционной последовательности. Открытия в области палеонтологии еще продолжаются, поэтому эти «ряды» все время пополняются. Термин «филогенетический ряд» применяется для достаточно полных коллекций, когда удалось найти всех или почти всех предков. Хорошие филогенетические ряды выстроены, например, для современной лошади (рис. 56) и человека.

6. Биogeографические доказательства. Биогеография – наука, изучающая закономерности расселения живых организмов по планете. Если сопоставлять растения и животных с разных континентов и островов, то можно сделать выводы, как проходила их эволюция. Вы знаете, что животные и растения Австралии очень своеобразны. В частности, все млекопитающие этого континента – или сумчатые, или яйцекладущие. Этот факт свидетельствует, что Австралия как континент отделилась от другой суши очень давно, когда млекопитающие только начинали формироваться как класс. На ней, как на более мелком континенте, эволюция шла несколько медленнее, высшие плацентарные млекопитающие не формировались, а архаичные сумчатые животные сохранились.

Сильно отличаются друг от друга флора и фауна Южной и Северной Америки. Хотя сейчас эти континенты соединяет Панамский перешеек, животный и растительный мир Северной Америки больше схож с евразийским. Это потому, что Северная Америка оказалась соединенной с Южной Америкой после того, как отделилась от Евразии Беринговым проливом.

Особенно своеобразна флора и фауна островов. Например, о. Мадагаскар знаменит своими лемурами. Эти небольшие обезьяноподобные животные схожи с примитивными обезьянами, которые были широко распространены на Земле около 50 млн лет назад. В материковой Африке лемуры не встречаются. Значит, Мадагаскар отделился от Африки до того, как там появились современные обезьяны. А на о. Новая Зеландия обитает живое ископаемое – гаттерия. Этот вид клювоголовых настолько древний, что в скелете взрослой гаттерии сохраняются остатки хорды.

В целом данные биогеографии совпадают с данными геологии о дрейфе материков согласно теории литосферных плит.

Краткие выводы

1. Эволюция научно доказана. Существуют разные категории доказательств.

2. *Сравнительно-анатомические доказательства* основаны на строении органов у разных групп организмов и на прослеживаемом их усложнении.

3. *Молекулярно-генетические доказательства* – на строении хромосом, их форме, плотности, размерах и окрашивании.

4. *Биохимические доказательства* основаны на строении белков.

5. *Эмбриологические доказательства* – на сходстве в строении зародышей и их органов.

6. *Палеонтологические доказательства* – на изучении вымерших организмов и установлении родства между разными группами организмов, как ныне живущих, так и вымерших.

Рис. 56. Лошади совершенствовались на протяжении 56 млн лет. Они постепенно увеличивались в размерах и приобретали современные черты. За последние 2 млн лет они мало изменились



Гиракотерий, эоцен



Мезогиппус, олигоцен



Меригиппус, миоцен



Плиогиппус, плиоцен



Эвкус, плейстоцен

7. *Биогеографические доказательства* – на сравнении видов организмов разных территорий Земли, что иллюстрирует существование в прошлом гигантского суперконтинента и дрейф материков.



Биогенетический закон, онтогенез, филогенез, переходные формы, филогенетические ряды; доказательства эволюции: сравнительно-анатомические, молекулярно-генетические, биохимические, эмбриологические, палеонтологические, биогеографические.



Знание и понимание:

1. Что такое доказательства макроэволюции?
2. Дайте определение терминам: *ископаемые организмы, онтогенез, палеонтология, переходные формы, филогенез, филогенетические ряды, эмбриология, анатомия, биогенетический закон.*

Применение:

1. Сравните строение сердца и головного мозга у разных классов позвоночных. Докажите процесс эволюции.
2. Приведите факты, иллюстрирующие биогенетический закон. Кто его авторы?

Анализ:

1. Выскажите ваше мнение: какие доказательства эволюции кажутся вам наиболее убедительными. Почему?
2. Приведите примеры как вымерших, так и сохранившихся переходных форм организмов. Где на Земле ныне обитает больше всего переходных форм? Почему?

Синтез:

1. Систематизируйте по критериям любые переходные формы и докажите, что они обладают признаками двух таксонов.
2. Дайте общее описание биохимических и молекулярно-генетических доказательств эволюции.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что современные доказательства эволюции (биохимические, молекулярно-генетические и биогеографические) являются более убедительными, чем классические (палеонтологические, сравнительно-анатомические и эмбриологические)? Ответ аргументируйте.
2. Обсудите в классе. Если бы существовал небольшой континент, отколовшийся от общего материка раньше Австралии, какие животные могли бы на нем сохраниться?

§38. Механизмы видообразования

Классифицировать основные механизмы видообразования



Что такое вид? Чем один вид отличается от другого? Что такое ареал? Какой видовой критерий считается основным? Какие межвидовые гибриды животных вам известны? Что такое полиплоидия?

Видообразование. Появление новых видов начинается с генетического обособления какой-либо популяции или группы особей внутри одного вида. Иногда термин *видообразование* отождествляют с термином *микроэволюция*. Под микроэволюцией понимают совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях вида и приводящих к изменению их генофондов и образованию новых видов (рис. 57).

Накопление полезных наследственных изменений у какого-то количества организмов и их сохранение отбором приводят к тому, что постепенно эти организмы и их потомки все больше и больше начинают отличаться от других особей своего вида и от предков. Поэтому **элементарным эволюционным материалом** называются *мутации* – наследственные изменения, ведущие к появлению новых признаков.

Роль отбора – сохранять полезные, целесообразные изменения и уничтожать вредные, т. е. направлять стихийность мутации по нужному эволюционному пути. **Элементарным эволюционным процессом** является накопление генетических отличий популяции или меньшей группы особей от других представителей того же вида.

Процессы видообразования изучали такие ученые, как С. С. Четвериков и И. И. Шмальгаузен. Эти исследователи отмечали, что процесс образования новых видов может долгое время протекать скрыто. Если новый вид возникает в результате накопления рецессивных мутаций, то пока они не накопятся в достаточном количестве, видообразование внешне не проявится.

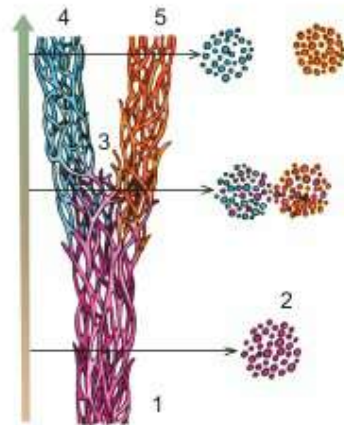


Рис. 57. Схема видообразования: 1 – исходный, материнский, вид; 2 – отдельные популяции вида (на поперечном срезе – это точки); 3 – процесс разделения прежде единого вида – микроэволюция; 4, 5 – два самостоятельных новых вида



Концепция дивергенции и монофилического происхождения видов. Суть видообразования раскрыл в своей теории Ч. Дарвин. Она заключается в том, что отбором сохраняются все более не похожие на исходные предковые организмы особи, если они все лучше и лучше приспосабливаются к окружающей среде. Вначале происходит накопление полезных изменений у какой-либо группы особей внутри определенного вида. В результате скрещивания эти изменения передаются потомкам и распространяются на все большее число организмов, составляющих популяцию. Через определенное количество поколений произойдет обособление этой группы особей от остального вида. Такое «ответвление» Ч. Дарвин назвал *дивергенцией*, или *расхождением*, т. е. большинство новых видов произошли от единых предковых форм путем их расхождения, или дивергенции (рис. 58). Большинство, но не все. Есть виды, которые не давали «ответвлений» и сохранялись на протяжении длительного времени. Накапливающиеся у них мутации делали их непохожими на своих предков, но не приводили к обособлению новых систематических групп.

Таким образом, согласно теории Дарвина, виды происходят от общего предка. Этот тип эволюции он назвал *монофилическим* (единое происхождение).

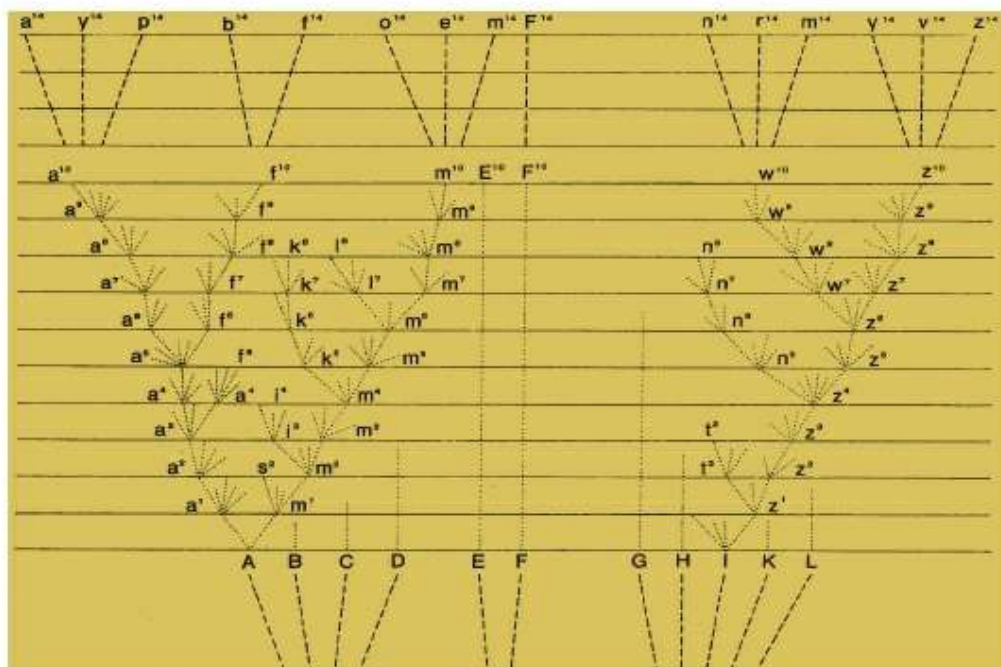


Рис. 58. Образование новых видов по Ч. Дарвину. Виды А и I дали много новых видов путем дивергенции: а, f, m, w, z; погибшие виды k, i, s, t. Вид F сохранился исторически без изменений. Виды G, E, H, K, L вымерли в разное историческое время, не дав новых видов

Изолирующие механизмы видообразования. В биологии выделяют три типа изоляции: *географическую, экологическую и биологическую*. Некоторые ученые-эволюционисты называют изоляцию *элементарным эволюционным фактором*, помещая ее в одну категорию с популяционными волнами и дрейфом генов. По общепринятому мнению большинства ученых, первые два типа изоляции также называют типами видообразования.

Географическое, или аллопатрическое, видообразование – это механизм появления новых видов в результате географической изоляции. То есть единый ареал исходного материнского вида оказывается разделенным. Например, в результате разлива реки или возникновения пролива, формирования горной гряды или пустыни, разделившей некогда единый вид. Разница, возникшая в условиях обитания популяций одного вида, приводит к тому, что каждая из них начинает приспосабливаться к своим условиям и накапливать полезные мутации. Буквально с латинского *аллопатрия* означает «другая родина».

Этот способ видообразования был хорошо изучен еще Ч. Дарвином. Во время кругосветного путешествия его сильно поразили виды организмов, населяющих различные острова, их некоторое сходство с материковыми видами и высокое разнообразие. Причем разные острова даже одного архипелага часто были заселены самостоятельными видами, относящимися к одному роду. Эти наблюдения привели исследователя к выводу, что много поколений назад материковые виды заселили острова в форме отдельных самостоятельных популяций. На момент заселения это были единые виды, **способные скрещиваться**. Оказавшись в разных условиях, они стали накапливать наследственные изменения, целесообразные именно для условий этого острова. Даже если у этих популяций возникали схожие мутации из-за общности строения генетического аппарата, все равно дальнейший отбор мог сохранить у одной популяции одни мутации и совсем другие – у другой, в зависимости от целесообразности в данных условиях. Ввиду того что эти популяции находились на разных островах и не могли скрещиваться, они становились все более непохожими друг на друга и на своих общих материковых предков. Примером может служить формирование подвидов золотого свистуна на Соломоновых островах (рис. 59).

Подвиды – это популяции одного вида, в которых не менее 75% особей хорошо отличимы внешне. Но у особей, входящих в состав разных подвидов, **сохраняется способность свободно скрещиваться**.

Географическое видообразование может возникать в случае сильного расширения ареала. Те организмы, ареалы которых занимают огромную территорию, так или иначе представлены популяциями, существующими

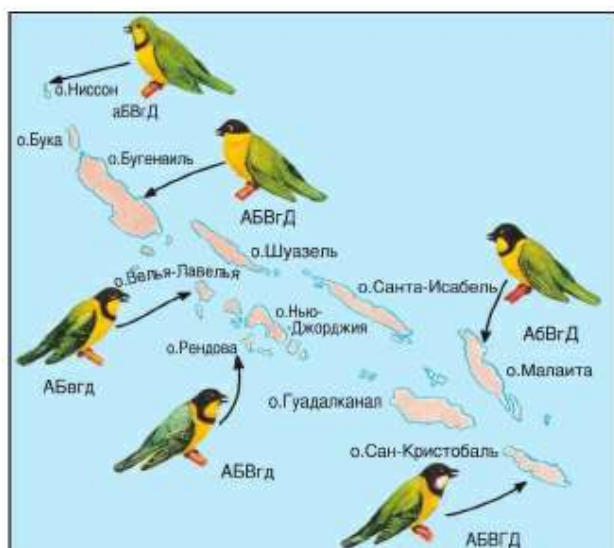


Рис. 59. Пример географического видообразования. На Соломоновых островах в Тихом океане золотой свистун образует 5 подвидов, которые отличаются по комбинации 5 пар признаков: горло белое или желтое, черная полоса на груди есть или нет, спина оливковая или темная, верх головы зеленовато-желтый или темный, крылья зеленоватые или темные

в более или менее разных условиях. Скрещивание между этими популяциями затруднено не потому, что они не могут преодолеть

какую-либо преграду в виде горного хребта, ледника или пролива. Преградой здесь часто становятся огромные расстояния. Так, вид белка обыкновенная встречается на материке Евразия от Атлантического океана до Тихого. Ученые выделяют в нем до 10 подвидов белок, два из которых имеют ареал на территории Казахстана. Крайние из этих 10 подвидов максимально удалены друг от друга. Они уже утратили способность скрещиваться между собой, но продолжают хорошо скрещиваться с представителями всех других подвидов (рис. 60).

Пять подвидов горного барана: алтайский, кызылкумский, казахстанский, тьянь-шаньский и каратауский также сохранили способность свободно скрещиваться. Их ареалы отражены в названиях подвидов.

Экологическое, или симпатрическое, видообразование – это процесс появления нового вида без разделения ареала, т. е. в рамках той же территории. Буквально с латинского *симпатрия* означает «единая родина». Этот способ видообразования связан прежде всего с приспособлением к разным экологическим условиям на одной территории. Разделение часто достигается разными сроками в размножении. Например, у растений созревание в разные сроки характерно для погремка. Разные расы лососевых рыб одного вида (яровые и озимые) живут в одном водоеме, но нерестятся в весеннее и осеннее время. Это препятствует обмену наследственной информацией между ними.

Примером такого типа видообразования могут также служить паразитические виды, избравшие себе разных близкородственных хозяев. Так,



Рис. 60. Белка обыкновенная. На карте обозначены ареалы различных ее популяций. Если 75% особей популяции имеют хорошо выраженные отличия, их определяют как подвид. На территории Казахстана обитают два подвида

до сих пор путают паразитиформных иксодовых клещей *Ixodes crenulatus* и *I. kaiseri*. В Жетысуском Алатау наблюдается их взаимное проникновение. Одни из них (*I. crenulatus*) населяют все типы степей, обитают в норах грызунов, насекомоядных и хищных млекопитающих. Другие (*I. kaiseri*) приурочены к нижней границе горных лесов, обитают преимущественно в норах хищных млекопитающих.

Биологическая, или репродуктивная, изоляция – это неспособность скрещиваться. С тех пор, как особи единого в прошлом вида теряют способность скрещиваться, они считаются разными самостоятельными видами. И хотя главным видовым критерием является *генетический*, он не считается *единственным*, потому что в природе существует явление *межвидовой гибридизации*. Среди растений (особенно орхидей) межвидовые гибриды возникают чаще, чем среди животных. И все-таки это явление встречается даже среди высших позвоночных животных. Так, хорошо известны такие **плодовитые** межвидовые гибриды, как собака/волк; карп/карась; куница/соболь; лисица/песец; белый и бурый медведи. Менее жизнеспособными являются, например, лигры – гибриды льва и тигра. Как правило, бесплодны мулы – гибриды лошади и осла и лошаки – гибриды ослицы и жеребца.

Но несмотря на наличие гибридов, **способность скрещиваться и давать плодовитое потомство** – главный показатель того, что эти организмы относятся к одному виду. Как только накопленные генетические изменения приводят к тому, что особи теряют способность скрещиваться и давать плодовитое потомство, возникают новые виды, обладающие биологической изоляцией.

Очень быстро процесс видообразования идет при полиплоидии и других геномных мутациях. Напомним, что *полиплоидия* – кратное увеличение числа хромосом. Этот вид изменчивости более характерен для растений. У них полиплоиды обладают большей вегетативной массой, т. е. они крупнее. (Иногда их урожайность снижается.) На основе полиплоидии созданы высокоурожайные сорта табака и картофеля.

У животных такие мутации бывают реже и часто вызывают гибель организма. Хотя среди насекомых и мышевидных грызунов полиплоидные виды встречаются нередко.

При возникновении геномных мутаций у нескольких особей они могут сразу обособиться в хорошо отличимую группу, не способную скрещиваться с другими особями. Это быстро приведет к появлению нового вида.



Хотя ученые и выделяют географическое и экологическое видообразование, в реальности эти два направления могут сменять друг друга на разных отрезках формирования нового вида. Но какой-то из типов всегда будет более значимым. Принято считать, что географическая микроэволюция идет несколько быстрее, чем экологическая, но быстрее всех способов видообразования будет, конечно, полиплоидия.

В среднем новые виды в природе образуются за 500–600 лет. Хотя реальные доказательства появления некоторых видов показывают сроки их образования в сотни тысяч лет.

Скорость видообразования у разных видов разная, и зависит она от сроков жизни организмов, сложности их генетического аппарата. Предположительно, на процесс видообразования должны уходить не менее 100 поколений определенного вида. На скорость процесса видообразования серьезно влияет и скорость изменения условий окружающей среды.

Краткие выводы

1. *Видообразование, или микроэволюция*, – это процесс появления новых видов (популяций, подвидов). Происходит после накопления мутаций (*элементарный эволюционный материал*) в любой популяции (*элементарный эволюционный процесс*).

2. Новые виды возникают в результате изоляции каких-то частей (популяций) исходных видов. Выделяют изоляцию трех типов:

1) при *географической изоляции* новые виды образуются благодаря разделению ареала материнского вида в пространстве (горная гряда, пустыня, остров, огромное расстояние);

2) при *экологической изоляции* новые виды образуются в том же ареале благодаря приспособлению к различным условиям (ранние и поздние сроки цветения, пищевая специализация у животных, разделение по глубине в крупных озерах и т. д.);

3) *биологическая изоляция* – это неспособность скрещиваться. Она возникает после накопления мутаций и серьезных различий в строении хромосом у вновь возникших видов.



Видообразование, микроэволюция, элементарный эволюционный материал, элементарный эволюционный процесс, мутации; изоляция: географическая, экологическая, биологическая (репродуктивная); гибридизация, полиплоидия.



Знание и понимание:

1. Что такое видообразование? Какими путями оно достигается?
2. Объясните, почему вообще возможна полиплоидия и к какому типу мутаций она относится.

Применение:

1. Определите связь между биологической изоляцией и видообразованием.
2. Рассмотрите рис. 59, 60. Определите, где какой тип видообразования изображен. Какое из направлений микроэволюции идет в пределах исходного ареала, а какое – вне него?

Анализ:

1. Проанализируйте этапы формирования нового вида.
2. Докажите на примерах, что для видообразования определенного типа характерны определенные условия.
3. Заполните таблицу.

Явление	Характеристика	Пример
Географическое видообразование большой ареал разделение ареала		
Экологическое видообразование разница в сроках размножения разные условия существования		
Полиплоидия		

Синтез:

1. Систематизируйте по критериям географическое и экологическое видообразования.
2. Как взаимосвязаны такие понятия, как *генетический критерий вида, видообразование, подвид, морфологический критерий вида, мутации, элементарный эволюционный процесс, элементарный эволюционный материал, полиплоидия, биологическая изоляция, экологическая изоляция, географическая изоляция*? Попытайтесь связать эти понятия в одной или нескольких схемах.

Оценка:

1. Оцените значение процессов образования новых видов в эволюции.
2. Предположите, при каких обстоятельствах скорость эволюционных изменений на нашей планете могла бы быть максимальной, а при каких – минимальной.

§39. Этапы антропогенеза

Называть этапы антропогенеза



Какие из современных обезьян наиболее близки к человеку? С какого момента время перестает быть доисторическим и становится историческим? Являются ли религия и культура критериями цивилизации?

Антропогенез – это сложный и длительный процесс формирования физического типа человека, его сознания, увеличения мозгового отдела черепа и ослабления лицевого, первоначального развития его трудовой деятельности, речи и т. д. Выделяют несколько этапов антропогенеза.

Проантропы. Место зарождения человекоподобных существ, давших начало современному человеку, считается в науке бесспорным. Это Юго-Восточная Африка. Проантропами принято называть разнообразных вымерших прямоходящих приматов, которые существовали 7,5–1,5 млн лет назад. Большая часть их вымерла и не дала каких-либо значимых ветвей в эволюции человека. Некоторые авторы делят всех проантропов на две эволюционные ветви: гоминид и австралопитеков. *Гоминиды* – самое высокоорганизованное семейство человекообразных обезьян. Оно включает современного человека и его предшественников – палеоантропов и архантропов, а часто и австралопитековых. Эволюции семейства гоминид предшествовала длительная эволюция всего класса млекопитающих и, в частности, отряда приматов (рис. 61).

Австралопитеки (от лат. *австралис* – южный и греч. *питекос* – обезьяна) – ветвь предков человека, живших около 2,5–1 млн лет назад.

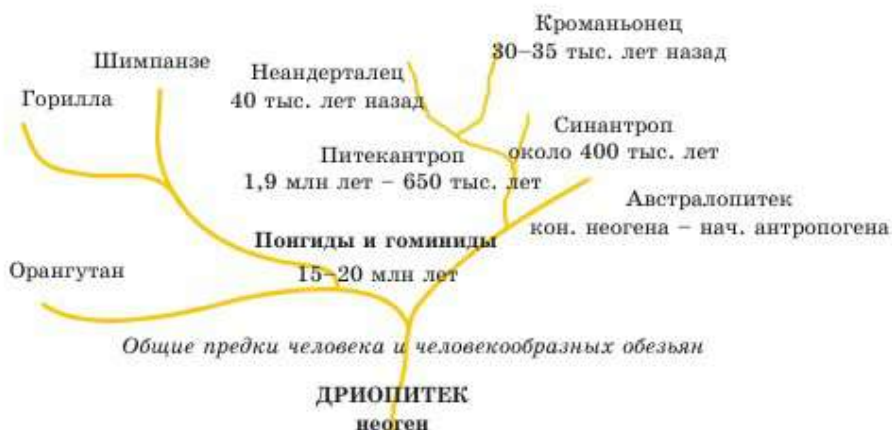


Рис. 61. **Схема происхождения человека** (Абсолютный возраст указан по: Биологический энциклопедический словарь, 1986)

Из них выделился первый представитель рода *Номо*.

Сегодня антропологи выделяют не менее трех самостоятельных видов австралопитеков. Следует отметить, что в последнее время остатки австралопитековых найдены в большом количестве не только в Африке (рис. 62), но и в Азии. Наибольший интерес как возможный предок человека представляет *австралопитек изящный* (*грациальный*), противопоставляемый *австралопитеку массивному* (рис. 63).

Изящные австралопитеки были небольшого роста (120–130 см). Масса тела 25–50 кг, объем мозга – до 650 см³. Половой диморфизм резко выражен. Предположительно от австралопитеков отделилась прогрессивная группа, которая имела человеческую природу и дала начало Человеку умелому (*Номо habilis*). Их стоянки, фрагменты скелетов и орудий были обнаружены в Восточной Африке: в Танзании – в ущелье Олдовай (Олдувай), в Эфиопии – в долине реки Омо и в Кении – близ оз. Рудольф. Позднее подобные находки были сделаны и на соседних территориях.



Рис. 62. **Частичный скелет и реконструкция гоминида.**

Эту находку из Эфиопии (1974) антропологи назвали Люси

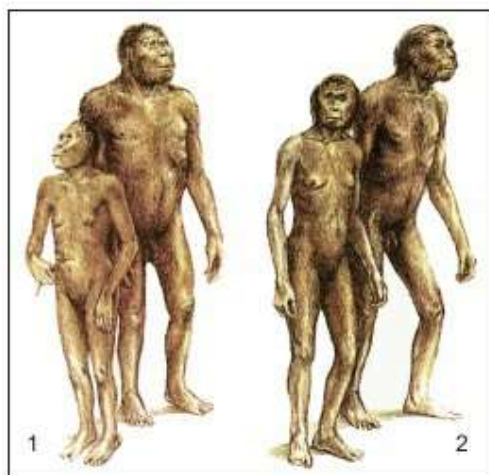


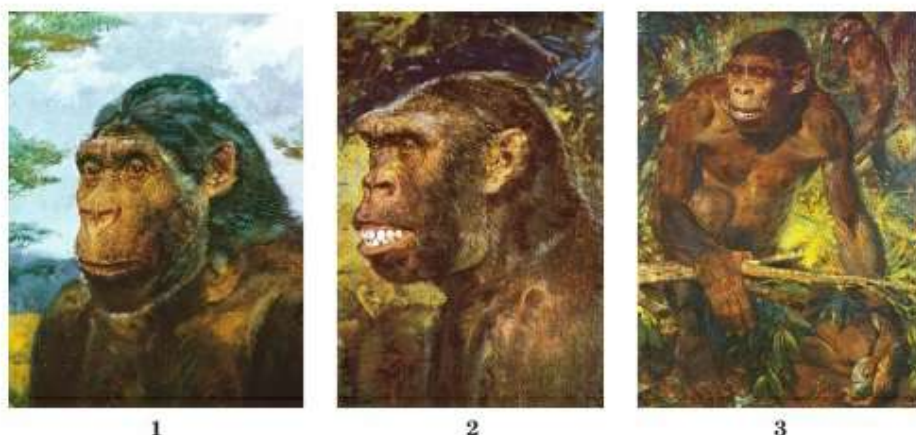
Рис. 63. Реконструкция австралопитеков. Австралопитеки массивные (1) населяли открытые территории, были растительноядными. Австралопитеки грациальные (2) населяли лесные зоны Африки

Главная особенность данной группы, отличающая их от животных, – способность изготавливать примитивные орудия труда из гальки. Эту первую человеческую культуру назвали *гальечной*, или *олдовайской*. Орудия датируются возрастом 1,8–2,5 млн

лет. Существа, изготовлявшие их, ходили на двух ногах, имели объем мозга 500–800 см³, были хищниками, лучше владели правой рукой, использовали огонь (на их стоянках найдены обожженные кости животных). Возраст последних находок австралопитеков – 1 млн лет. На смену им приходят архантропы.

Архантропы, или **древнейшие люди**, – собирательное название ископаемых людей. Прежде всего к ним относят *питекантропов* (от греч. *питекос* – обезьяна и *антропос* – человек), т. е. обезьянолюдей. Всех архантропов объединяют в один вид – *человек прямоходящий* (*Homo erectus*). Остатки этих древнейших людей найдены на значительных территориях Африки, Азии и Европы. Видимо, именно на этой стадии развития человечество вышло из Африки и около 1 млн лет назад заселило Старый Свет (в Австралии и Америке их представители не найдены). Возраст костных остатков архантропов от 1,9 млн лет до 360 тыс. лет. Объем мозга питекантропов – до 900 см³. Череп с мощным надглазничным валиком, низким сводом и выступающим затылком.

К архантропам относятся также *синантропы*. Впервые эти вымершие существа (рис. 64) были обнаружены в Китае в 1927–1937 гг., отсюда и их название (*Sina* – Китай и *антропос* – человек). Синантропы превосходят питекантропов по объему мозга (около 1000 см³), имеют более высокий лоб и свод черепа. У поздних представителей синантропов найдены особи с объемом мозга до 1400 см³. На стоянках эти существа сооружали переносные жилища. Если не мигрировали, то жили в пещерах, в которых обнаружены следы кострищ. До сих пор нет точных сведений, умели они разводить огонь или только поддерживали его.



1

2

3

Рис. 64. На смену австралопитекам пришли питекантропы. Парантроп (1) – самый массивный австралопитек; явантроп (2) – ранний *Homo erectus*; питекантроп (3) – более поздняя форма *Homo erectus*

Поздние питекантропы охотились на животных (около 40 видов), использовали копье и каменный топор. Но лука со стрелами обнаружено не было. У питекантропов отсутствовало почтительное отношение к умершим. Они не хоронили их и даже использовали в качестве утвари или орудий кости своих соплеменников вместе с костями животных. Поздние из древнейших людей одевались в шкуры, но еще не умели их сшивать. Их одежда представляла собой шкуру с отверстием для головы и поясом из конских волос, хвостов или полос шкур.



Костные остатки еще одного ископаемого представителя архантропов – *гейдельбергского человека* были обнаружены в 1907 г. в селении Мауэр близ г. Гейдельберг (Германия). Обычно гейдельбергского человека объединяют с питекантропами, синантропами и другими древнейшими людьми в один вид – *Homo erectus*.

Палеоантропы – обобщенное название древних ископаемых людей. В целом они следуют за архантропами и предшествуют неолитам, но не все являются непосредственными предками современного человека. Они заселяли обширные территории в Европе, Азии и Африке в эпоху оледенения и были хорошо организованы.

Одна из локальных групп палеоантропов – *неандертальцы* (*Homo sapiens neandertales*). Объем их мозга составлял до 1700 см³. Для сравнения: у современных людей он составляет 1000–1800 см³. Абсолютный возраст костных остатков от 250 до 40 тыс. лет.



Рис. 65. Судя по находкам в пещере Крапина в Хорватии, местные неандертальцы были каннибалами (З. Буриан)

Значительная часть поздних раскопок позволяет сделать вывод, что группа разумных людей этого типа была очень разнообразной, и среди ее представителей встречались как звероподобные (рис. 65), так и человекоподобные формы (рис. 66). Классические неандертальцы не имели подбородочного выступа и надбровных дуг, у них был покатый лоб, скошенный подбородок и мощный надглазничный валик. Название связано с долиной Неандерталь в Германии (близ Дюссельдорфа), где в 1856 г. были обнаружены их скелетные остатки.

Неандертальцы не только использовали огонь, но и без труда могли разводить его. Жили древние люди как в природных пещерах, так и в жилищах, построенных из костей мамонтов, шкур и других подручных материалов. Они выделывали шкуры, использовали одежду на шнуровке. Одно из самых серьезных отличий неандертальцев от их предшественников – возникновение религии и искусства. Они хоронили покойников, совершали обряды, рисовали на скалах и украшали орудия. В обработке камня они достигли совершенства. У них были не только каменный топор и каменные наконечники для гарпунов, но и каменная игла.

Культура и образ жизни древних людей тоже были разнообразными. Среди них были и каннибалы, и те, кто оберегал стариков, не способных добыть себе пищу, как носителей мудрости.



Рис. 66. Доисторический художник заканчивает рисунок тура на стене пещеры Ласко во Франции (З. Буриан)



Так, на одной из стоянок найдено захоронение человека с давно поврежденной ногой, умершего в естественной позе в возрасте 54 лет. Если учесть, что средний возраст охотника не превышал 35 лет, можно предположить, что этот человек был глубоким стариком, да еще и хромым. Он не мог самостоятельно охотиться, но соплеменники заботились о нем.

Первые сознательные захоронения относятся к среднему палеолиту: Ле Мустье и Ла Феррасси во Франции, Киик Коба в Крыму, мальчик из пещеры Тешик-Таш в Южном Узбекистане и др. Скелеты лежат в чашевидных углублениях, выдолбленных в скале и зачастую прикрытых лопатками и бивнями мамонтов. Часто – в скорченном положении. Рядом находят их нехитрое прижизненное имущество. Подобные захоронения говорят о развитой общественной жизни и культово-религиозных представлениях.

Неоантропы – обобщенное название людей современного вида – *Homo sapiens sapiens*. Одна из групп ископаемых неоантропов – *кроманьонцы*. Своим названием они обязаны гроту Кро-Маньон во Франции, где в 1868 г. были обнаружены несколько скелетов людей этого типа. Затем этим термином стали обозначать всех людей, которые жили в конце каменного века, от 35 тыс. лет назад и до исторического времени.

Неоантропы как правило были высокими, 170–180 см, имели крупную мозговую коробку (объем мозга 1800 см³), высокий свод черепа, прямой

лоб, надглазничный валик отсутствовал. Они заселили широкие территории, смогли проникнуть как в Австралию, так и в Америку – сначала в Северную, а затем и в Южную.

Кроманьонцы вели активный образ жизни. Наряду с собирательством и охотой они стали возделывать некоторые культуры и приручать животных. Они использовали не только каменные орудия, но и кость, украшали себя амулетами и делали прически. Их обряды, одежда и наскальная живопись стали более разнообразными и совершенными.

Внешне кроманьонцы почти не отличались от нас. Их лица – более широкие и короткие, но с подбородочным выступом и надбровными дугами. Возможно, у кроманьонцев уже зарождались расовые отличия. Социальная организация – родовое общество, тогда как у неандертальцев это было еще первобытное человеческое стадо.

Все современные люди считаются потомками кроманьонского человека. До сих пор ученые-антропологи не пришли к единому мнению о исторической последовательности всех предшественников человека.

Краткие выводы

1. *Антропогенез* – процесс формирования современного человека. В нем выделяют несколько обобщенных предковых форм.

2. *Проантропы* – разнообразная группа прямоходящих приматов, от которой предположительно произошли предки людей.

3. *Австралопитеки* обитали в Африке 2,5–1 млн лет назад. Впервые стали обрабатывать камень камнем – создали первые орудия и Олдовайскую, или галечную, культуру. Наиболее прогрессивные имели человеческую природу и дали начало *Homo habilis* – Человеку умелому.

4. *Архантропы*, древнейшие люди, или *Homo erectus*, т. е. *Человек прямоходящий* – питекантропы, синантропы и др. Жили предположительно от 1,9 млн до 360 тыс. лет назад. Имели примитивные каменные орудия и переносные жилища, использовали природные пещеры и огонь.

5. *Палеоантропы* – древние ископаемые люди. Одна из групп – *Homo sapiens neandertales*, т. е. *Человек разумный* неандерталец. Жили предположительно от 250 до 40 тыс. лет назад. Впервые появляется искусство (наскальная живопись) и религия (захоронения покойных). Использовали совершенные каменные орудия (каменная игла, топор).

6. *Неоантропы* – современные люди, *Homo sapiens sapiens*, т. е. *Человек разумный*. Кроманьонцы, одна из групп неантропов, жили предположительно 30–35 тыс. лет назад. Впервые появляется речь, одомашнивание животных и окультуривание растений, резьба по кости, украшения (бусы и браслеты из камешков, ракушек), прически.



Антропогенез, проантропы, австралопитеки, архантропы, питекантропы, синантропы, палеоантропы, неандертальцы, неоантропы, кроманьонцы.



Знание и понимание:

1. Каких существ относят к гоминидам?
2. Объясните, когда и как появились первые представители рода Человек.

Применение:

1. Определите связь между понятиями: *Человек прямоходящий, Человек умелый, Человек разумный, гоминиды, проантропы, архантропы, палеоантропы, неоантропы, австралопитеки, питекантропы, синантропы, неандертальцы, кроманьонцы.*
2. Сравните архантропов и палеоантропов. Докажите, что одни из них незря получили название «разумных».

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы этапы антропогенеза и укажите не только жизненные формы, но и время их существования.
2. Покажите разницу между палеоантропами и неоантропами. Проанализируйте и попытайтесь установить зависимость между развитием подбородочного выступа и способностью к членораздельной речи.

Синтез:

1. Порассуждайте: можно ли называть австралопитеков людьми?
2. Напишите эссе «Мое путешествие в мир австралопитеков».

Оценка:

1. Выскажите свое мнение о происхождении человека как биологического вида.
2. Считаете ли вы, что человечество может иметь внеземное происхождение? Ответ аргументируйте.

Дискуссия:

1. Оцените значение следующих высказываний: «Эволюция современного человека проходила в Африке и длилась около 2 млн лет. Только кроманьонцы являются потомками первых человекоподобных существ. Все остальные представители (от австралопитеков до неандертальцев) вовсе не являются нашими предками. Это тупиковые ветви в эволюции приматов». Разделяете ли вы эту точку зрения?
2. Обсудите ее в классе. Приведите аргументы «за» и «против». Предложите методы исследования, которые смогут пролить свет на эту проблему.

Раздел 9. ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

§40. Современные сельскохозяйственные технологии

Изучать способы улучшения сельскохозяйственных растений и животных с помощью методов селекции



Что такое селекция? В чем разница между искусственным и естественным отборами? За какое время можно создать новый сорт или породу? На каких закономерностях базируются селекционные исследования? Какая наука сделала возможным использование генов диких предков? Какие методы генетического манипулирования вам известны? Как вы понимаете клонирование? Кто такие клоны?

Селекция – это наука о методах создания и улучшения сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Как основа повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных она играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Образование новых форм живых организмов, изменение и совершенствование старых происходят в ходе естественного и искусственного отборов. При *естественном отборе* выживают и сохраняются организмы, которые лучше приспособлены к условиям окружающей среды. А *искусственный отбор* – это основной метод селекции. Как область науки она стала стремительно развиваться после создания эволюционной теории Ч. Дарвина и переоткрытия законов Г. Менделя.

Селекция в растениеводстве. Современное сельское хозяйство испытывает острую необходимость в новых сортах, отличающихся устойчивостью к воздействию *биотических* и *абиотических* факторов окружающей среды, высокой продуктивностью и продолжительными сроками хранения урожая. Такими качествами обладают дикие предки культивируемых растений. Чтобы передать их «полезные» гены современным сортам, нужно проводить межвидовое скрещивание, которое не всегда возможно в силу *генетической несовместимости* культур. Генетическая инженерия сделала возможным перенос генов из одного организма в другой.

Основными способами биотехнологического изменения генома растений являются:

искусственный *мутагенез* (физический и химический),
трансгенез – введение гена неродственного организма,

интрагенез – введение гена самого организма или его «выключение»,
цисгенез – введение гена близкородственного вида, с которым возможно скрещивание.

Принимая во внимание всеобщую обеспокоенность биологической безопасностью трансгенных продуктов питания, в настоящее время активно разрабатывается новый подход к модификации сортов растений – цисгенез.

Цисгенез – такая технология генетической модификации рекомбинантной ДНК, при которой манипуляция происходит с использованием ДНК того же или близкородственного вида растения, с которым возможен процесс переопыления. В отличие от трансгенных, такие растения не содержат гены неродственных организмов и гены устойчивости к антибиотикам. Это дает возможность ожидать, что общество с большей легкостью воспримет цисгенные растения, нежели трансгенные. Так, опрос в штате Миссисипи показал, что 81% респондентов готовы употреблять в пищу цисгенные растения, в то время как трансгенные – лишь 14–23%.

Итак, цисгенные растения, главной целью создания которых является перенесение генов устойчивости в коммерчески успешные сорта, экономят время селекционеров, не требуют применения пестицидов, не нарушают экосистему. Затраты на их выращивание минимальны, а урожаи максимальны.

В 2012 г. Европейское агентство по безопасности продуктов питания (EFSA) опубликовало доклад, в котором сравнивался *потенциальный вред* растительных продуктов, полученных различными способами. В результате был сделан вывод о том, что риски, связанные с употреблением цисгенных растений, сопоставимы с таковыми у сортов, полученных методами классической селекции.

Селекция в животноводстве. Для повышения продуктивности в животноводстве, в отличие от растениеводства, решающую роль играет использование достижений биотехнологии. Внедрение результатов *биотехнологических исследований* в животноводстве происходит в первую очередь в следующих областях:

- 1) улучшение здоровья животных;
- 2) лечение людей;
- 3) улучшение качества продуктов животноводства;
- 4) охрана окружающей среды и биологического разнообразия.

При работе с различными животными (скот, домашняя птица, рыба, насекомые, домашние и лабораторные животные) биотехнологи применя-

ют такие исследовательские приемы, как геномика, генная инженерия и клонирование.

Они помогают улучшать продуктивность скота с помощью различных вариантов селекционного разведения. Для начала отбираются особи, обладающие желаемыми характеристиками, после чего вместо традиционного скрещивания производится забор спермы и яйцеклеток и последующее экстракорпоральное (происходит вне тела) оплодотворение. Через несколько дней развивающийся эмбрион имплантируется (внедряется) в слизистую оболочку матки суррогатной матери соответствующего вида, и необязательно той же породы. Иногда эмбрион делится на несколько частей, каждая из которых имплантируется отдельно. Таким образом от одной высокопродуктивной коровы можно получить до 50 и более телят вместо обычных 6–7. Поэтому экономическая эффективность такой пересадки особенно возрастает при интенсивном использовании молочного скота в племенных хозяйствах с годовым удоем одной коровы 7–10 тыс. кг молока.

Такая форма клонирования используется для быстрого улучшения генетических характеристик сельскохозяйственных животных. Методы геномики применяют также при совершенствовании традиционных селекционных подходов.

С помощью таких биотехнологических методик, как нокаутирование генов и клонирование, ученые создают экспериментальные породы животных, устойчивых к вызываемой прионами губчатой энцефалопатии.

Вакцина для сельскохозяйственных животных, производимая из растительного сырья, способна существенно снизить загрязнение пастбищ бактериями, что способствует повышению безопасности продуктов питания.

Ведется работа над созданием генетически модифицированных растений, которые синтезировали бы вещества, способные выполнять роль вакцин против ящура, гастроэнтерита свиней и геморрагической болезни кроликов.

На стадии разработки находятся рекомбинантные белковые вакцины для профилактики кокцидиоза, существенно замедляющего рост цыплят. Метод клонирования ДНК используется в экспериментах по лечению криптоспориديоза – паразитарного заболевания телят, поражающего иногда и людей с нарушениями иммунитета, в том числе больных СПИДом.

Биотехнологические приемы позволяют повысить усвояемость грубых кормов. Ученые работают над новыми сортами растений в целях создания вакцин для сельскохозяйственных животных. В ближайшем будущем

фермеры получают возможность кормить свиней генетически модифицированной люцерной, стимулирующей специфический иммунитет к опасным кишечным инфекциям.

Исследователи также работают над созданием вакцины, которая могла бы послужить альтернативой кастрации. Телят обычно кастрируют в целях снижения их агрессии, а поросят – во избежание появления специфического запаха, делающего мясо некастрированных кабанов малосъедобным. Новая вакцина обеспечит стерилизацию животных без хирургического вмешательства, не оказывая при этом негативного влияния на их рост.

Кроме диагностических тестов, вакцин и лекарственных препаратов, использующихся для поддержания здоровья сельскохозяйственных животных, биотехнологии играют все более важную роль при выведении новых пород.

Методы генетического картирования позволяют выявлять генетически устойчивых к различным заболеваниям животных и использовать их в селекционных проектах для получения здорового и невосприимчивого к болезням потомства.

Селекция микроорганизмов. Широкое использование микроорганизмов лежит в основе как традиционных биотехнологий (хлебопечение, производство кисломолочных и других продуктов), так и современных: при получении разнообразных чистых веществ – ферментов, аминокислот, антибиотиков, биологически активных веществ, в качестве бактериальных удобрений, при утилизации разнообразных отходов и т. д.

Поскольку половой процесс у большинства микроорганизмов отсутствует, то при размножении мутантной особи (клетки) может быть получена культура генетически идентичных организмов – *клонов*. Длительно сохраняемый клон микроорганизмов, характеризующийся собственными генетически устойчивыми признаками, называется *штаммом*.

Основные методы селекции микроорганизмов – *индуцированный мутагенез* и последующий отбор. Поскольку скорость размножения микроорганизмов очень велика, то из множества полученных мутантов можно отобрать те, продуктивность которых в десятки и сотни раз превышает продуктивность «диких» штаммов. В настоящее время при селекции микроорганизмов используются методы биотехнологии, в частности генной инженерии, которые позволяют внедрять требуемый аллель в генетический аппарат клетки.

Для решения проблем продовольственного обеспечения, насыщения рынка высококачественными и конкурентоспособными продуктами пита-

ния и их доступности для всех слоев населения первостепенное значение имеет их производство на основе новейших ресурсосберегающих технологий. Значительное увеличение объемов сельхозпродукции в сравнительно короткие сроки можно будет обеспечить путем выведения новых сортов сельскохозяйственных растений и пород животных и улучшения существующих.

Краткие выводы

1. Современная селекция пользуется методами генетического манипулирования – изменения ДНК организмов с помощью мутагенов и генной инженерии, созданием комбинированных молекул, содержащих ДНК различных групп организмов (ГМО).

2. При создании ГМО выделяют *трансгенез* – введение гена неродственного организма, *интрагенез* – введение или удаление гена самого организма и *цисгенез* – введение гена близкородственного вида, с которым возможно скрещивание.

3. Исследования в области создания ГМО должны быть направлены на исключение потенциального вреда при их использовании.

4. *Биотехнологии* – использование биологических процессов и организмов в промышленных масштабах. Сочетание современных методов биотехнологии и генной инженерии в перспективе должно решить продовольственные, медицинские и экологические проблемы, стоящие перед обществом.



Селекция, биотические факторы, абиотические факторы, генетическая несовместимость, мутагенез, трансгенез, интрагенез, цисгенез, биотехнология, клоны, штаммы, индуцированный мутагенез.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему дикie растения не могут свободно скрещиваться с культурными.
2. Дайте определение терминам: *генетическая несовместимость, мутагенез, трансгенез, интрагенез, цисгенез.*

Применение:

1. Определите связь между спасением амурских тигров и имплантацией эмбрионов суррогатным матерям у крупного рогатого скота.
2. Выскажите ваше мнение: для чего применяется процесс экстракорпорального оплодотворения?

Анализ:

1. Выскажите ваше мнение о причинах вреда современных сельскохозяйственных технологий.
2. Докажите на примерах пользу современных сельскохозяйственных технологий, в частности генной инженерии.
3. Как вакцина, изготовленная на основе трав, может помочь в экологии и животноводстве?

Синтез:

1. При применении каких научных достижений будет возможно появление животных с врожденным иммунитетом к конкретным заболеваниям? Перечислите их и дополните своим мнением. Ответ обоснуйте.
2. Смоделируйте ситуацию. В природе появился вредитель, наносящий огромный ущерб нескольким видам сельскохозяйственных культур. Благодаря каким современным подходам, методам и манипуляциям можно решить проблему?

Оценка:

1. Напишите реферат о новейших достижениях в области современных сельскохозяйственных технологий.
2. Выскажите свое мнение. Считаете ли вы, что поедание мяса свиней, питавшихся генномодифицированным кормом, может оказать воздействие на здоровье и сохранность будущих поколений людей? Ответ аргументируйте.
3. Как вы думаете, на какие исследования в области редактирования генов должен быть наложен мораторий?

Раздел 10. МНОГООБРАЗИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

§41. Этапы формирования жизни на Земле

Описывать этапы и схему формирования жизни на Земле



Сколько этапов в развитии жизни на Земле выделяют ученые? Что такое геохронологическая шкала, эры и периоды? В чем их отличительные особенности?

При изучении курса 9 класса у вас уже сформировалось представление о геологическом прошлом планеты. Палеонтология изучает ископаемые организмы, населявшие Землю в прошлые эпохи. Вся история Земли подразделяется на крупные и мелкие отрезки исторического времени (эры, периоды и т. д.). В каждый из них происходили определенные биологические и геологические события. Например, формировался специфический растительный и животный мир.

В результате комплексного анализа напластований горных пород и содержащихся в них остатков живых организмов ученые разных стран создали геохронологическую шкалу относительного геологического времени. *Геохронологией* называют учение о хронологической последовательности формирования и возрасте горных пород, слагающих земную кору.

Геохронологическая шкала – это летопись эволюции планеты Земля и жизни на ней. Она включает пять эр. Эры (эратемы) делятся на периоды (системы), каждый из которых может еще подразделяться на эпохи (отделы), века и времена (см. 1-й форзац, рис. 67).

Архейская эра была самой древней. Она длилась около 1 млрд лет. Живые организмы еще не слишком разнообразны и представлены в основном одноклеточными прокариотами и, по мнению некоторых исследователей, – эукариотами. Главной особенностью этой эры является **появление жизни и основных свойств живого** (обмен веществ, рост, размножение, наследственность и т. д.). В архейскую эру сформировались все основные типы питания: автотрофность, фототрофность, хемотрофность и гетеротрофность.

Именно в архее появились все основные типы бактерий. Об эволюции эукариот в это историческое время нет достоверных сведений. Представления ученых основываются не на найденных остатках, а на косвенных биохимических доказательствах. Это вещества, обнаруженные исследователями при анализах горных пород того времени. Древнейшие однокле-

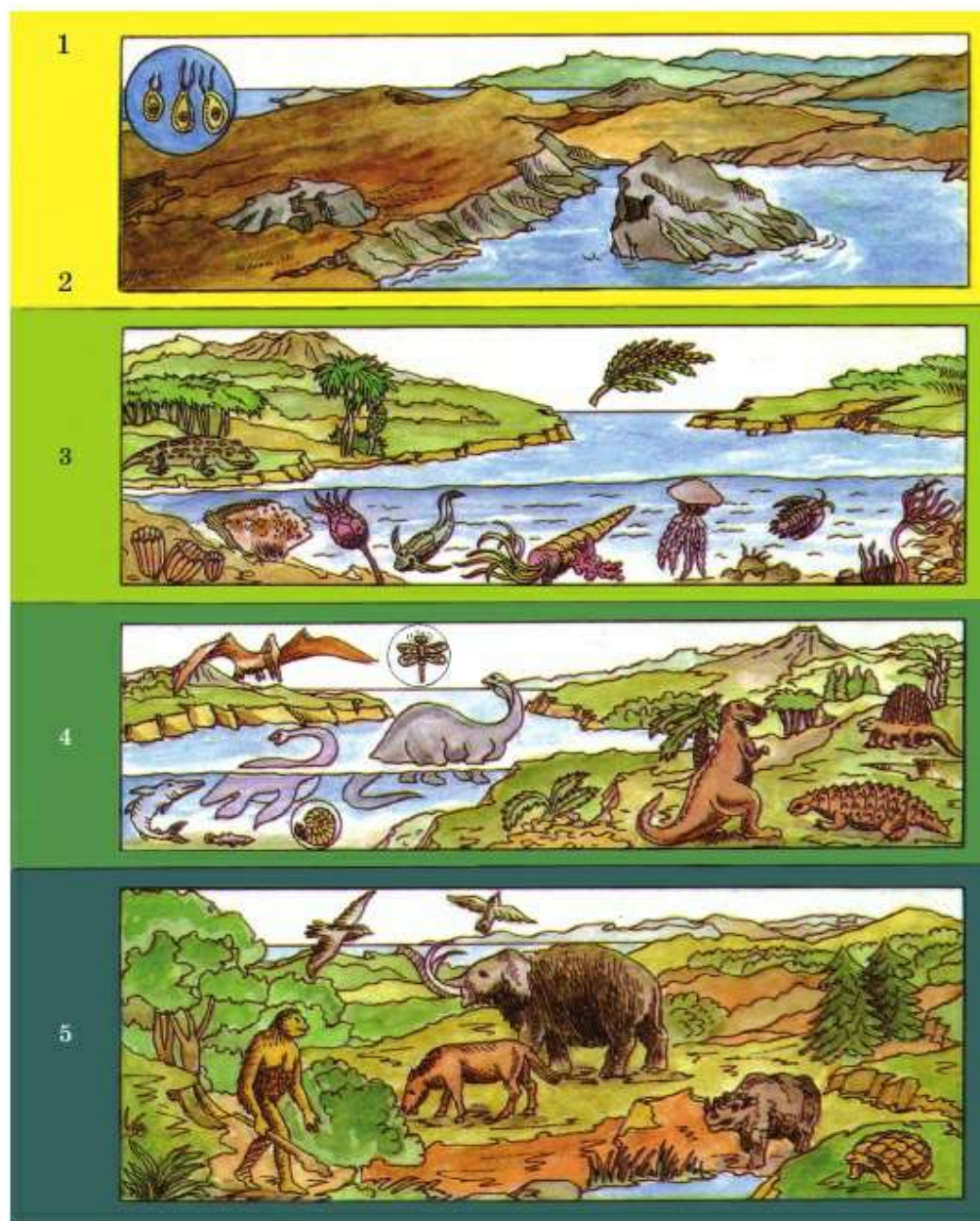


Рис.67. Геохронологическая шкала – отражение эволюции.
Эры: 1 – архей; 2 – протерозой; 3 – палеозой; 4 – мезозой; 5 – кайнозой

точные организмы еще не имели ни твердых частей, ни раковин, ни каких-либо скелетов. Органы, которые палеонтологи рассматривают как окаменелости, еще не сформировались в ходе эволюции. Поэтому о жизни в период архея можно судить только по химическому составу горных пород того времени. Так учеными были обнаружены различные биохимические следы жизни. В частности, хлорофилл и железо, окисленное кислородом в результате фотосинтеза.

Протерозойская эра была второй и самой длительной в истории Земли. Она длилась около 2 млрд лет. Появились важнейшие ароморфозы, которые в дальнейшем позволили развиваться всему живому. И главный из них – **многоклеточность**. Из растений пока существуют только низшие (водоросли), так как на протяжении всего протерозоя, как и архея, жизнь была только в океане. Но **среди водорослей появляются все известные ныне отделы: зеленые, бурые, красные и диатомовые.**

Очень быстро и мощно протекает эволюция животных. От одноклеточных, свойственных для архея, в царстве животных образуются **все типы беспозвоночных**: губки, кишечнополостные, причем как кораллы, так и медузы; все три типа червей: плоские, круглые и кольчатые. Хотя такие животные, как хорошо знакомые нам дождевые черви или паразитические аскариды, еще не существуют, так как жизнь есть только в океане. Во второй половине протерозоя из древнейших кольчатых червей формируются типы моллюсков и членистоногих – трилобиты. Это первые морские обитатели с раковинами и наружным скелетом – хитиновым покровом. Их ископаемые остатки уже встречаются в окаменелостях протерозоя. Вероятно, в самом конце протерозоя в группе древних кольчатых червей появляются и примитивные хордовые, отдаленно напоминающие современных ланцетников.

Две первые эры в истории Земли – архей и протерозой – объединяют в **докембрий** (рис. 68). Его продолжительность – около 3 млрд лет (см. Биологический энциклопедический словарь).

Палеозойская эра менее длительная – около 340 млн лет, но жизнь в ней более разнообразна. Именно потому, что жизненные формы палеозоя разнообразны и резко отличаются друг от друга, эта эра включает в себя 6 периодов: *кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь*. Климат палеозоя периодически меняется. Море то наступает, то отступает. Обширные территории то затапливаются, то осушаются. Эта эра ознаменовалась завоеванием суши. Появляются не просто примитивные хордовые, но и **настоящие позвоночные животные.**

В начале палеозоя, в *кембрии*, одна из основных групп животных – трилобиты. Эти морские членистоногие к концу палеозоя вымерли. В *ордовике*



Рис. 68. Докембрий. Все организмы в протерозое были мягкотелыми:
1 – медуза, 2 – диксонии, 3 – спригины, 4 – харниодиск, 5 – рангея

на сушу вышли первые одноклеточные, как бактерии, так и эукариотные организмы. Именно они подготовили процесс формирования почвы. С ордовика по пермь жили ракоскорпионы. Эти водные членистоногие в силуре дали начало предкам скорпионов, которые перешли к обитанию на суше. Так что скорпионы не просто древние, а очень древние животные, как и наutilusы, предки которых достигали гигантских размеров и переживали расцвет в ордовике и силуре, т. е. около 500 млн лет назад.

В конце *силура* появились панцирные рыбы. Затем почти одновременно образуются классы хрящевых, костных и кистеперых рыб, из которых в девоне формируются первые хвостатые земноводные.

В силуре же появляется наземная растительность. Это примитивные споровые, эволюционировавшие из многоклеточных зеленых водорослей, которые приспособились выдерживать длительное высыхание.

В конце *девона* образуется почвенный покров, появляются первые хвостатые земноводные и голосеменные.

В *карбонном периоде* живые организмы полностью осваивают сушу. Они начинают быстро эволюционировать. Среди растений развиваются споровые:



Рис. 69. Поздний карбон. В палеозое жизнь активно развивается не только в море, но и на суше: 1 – бабочка; 2 – летучий таракан; 3 – стрекозы; 4 – поденки; 5 – многоножка; 6 – земноводное зогиринус; 7 – урокордилус; 8 – зауроплевра; 9 – долихосома

мхи, хвощи, плауны и папоротники, – и появляются настоящие хвойные. Именно в карбоновом периоде папоротники достигают своего расцвета. Они представлены гигантскими деревьями, из которых формируются каменно-угольные леса. В карбоне появляются летающие насекомые, паукообразные и наземные позвоночные: земноводные и пресмыкающиеся (рис. 69).

В пермском периоде климат становится более засушливым. Это приводит к тому, что споровые растения начинают уступать место голосеменным, а земноводные – пресмыкающимся.

Мезозойская эра включает в себя 3 периода: триасовый, юрский и меловой (рис. 70). Климат мезозоя становится более сухим, но остается в основном теплым. В триасе погибают каменноугольные леса, появляются первые яйцекладущие (клячные) млекопитающие. Пресмыкающиеся становятся очень разнообразными, начинается **век динозавров**. Формируются сохранившиеся до наших дней представители ящериц, крокодилов и черепах.



Рис. 70. Засушливый ландшафт в начале мезозоя: 1 – лиценос; 2 – пелтобатрахус; 3 – титанозух; 4 – мосхопсы; 5 – авлакоцефалы; 6 – целурозавравус; 7 – тадеозавр; 8 – клаудиозавр; 9 – мезозавр

А в *юрском периоде* – первые птицы, в т. ч. археоптериксы, хвост которых состоит еще из позвонков, как у пресмыкающихся. И уже в *меловом периоде* возникают первые цветковые растения – покрытосеменные, а также формируются настоящие веерохвостые птицы и настоящие млекопитающие, как сумчатые, так и плацентарные.

Кайнозой – эра современной жизни. Он тоже включает 3 периода: палеоген, неоген и антропоген. Происходят оледенения, климат в целом становится более суровым: сухим и холодным одновременно. **Господствуют цветковые растения и насекомые**, которые эволюционируют совместно (коэволюция). Например, возникло огромное количество видов насекомых-опылителей. Также господствуют и **теплокровные позвоночные** – птицы и млекопитающие. Процесс их эволюции завершается появлением человека.

В *палеогене* произошло массовое вымирание многих живых организмов. На смену им приходят новые формы: появляются грызуны, копытные, непол-

нозубые (муравьеды и броненосцы), первые китообразные. Возникают все современные отряды земноводных и пресмыкающихся и все семейства птиц.

В *неогене* господствуют птицы и млекопитающие. Расцвет переживают приматы, из которых обособляются австралопитеки.

В *антропогене* было несколько глобальных похолоданий и оледенений. Количество видов животных сокращается: исчезли саблезубые тигры, мамонты, пещерные львы и медведи, крупные нелетающие птицы и др. Формирование человека завершилось появлением человека разумного (*Homo sapiens*). Люди расселились по всем континентам, кроме Антарктиды.

Краткие выводы

1. В развитии жизни на Земле выделяют 5 крупных отрезков времени, в каждом из которых происходили важнейшие эволюционные события.

2. *Архей* – эра зарождения жизни – появление настоящих прокариотных клеток, питающихся различными способами.

3. *Протерозой* – самая продолжительная в истории эра. Появились эукариотные организмы, в том числе многоклеточные. Из растений сформировались все отделы водорослей, из животных – представители всех типов беспозвоночных (в водной среде).

4. *Палеозой* – жизнь вышла на сушу, сформировались споровые растения и впоследствии – голосеменные. Из животных появились все классы рыб, земноводные, пресмыкающиеся, наземные беспозвоночные – паукообразные и насекомые. Возникло царство грибов.

5. *Мезозой* – эра динозавров. Появление млекопитающих, птиц и цветковых растений.

6. *Кайнозой* – эра современной жизни. Развитие цветковых, насекомых, птиц и млекопитающих. Появление человека.



Геохронология, геохронологическая шкала, прокариоты, эукариоты, архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой.



Знание и понимание:

1. Объясните, когда и как формировались основные типы животных и отделы растений.
2. Каков порядок эр развития жизни на Земле? В чем заключаются различия между ними?

Применение:

1. Определите связь между эрами и периодами. Выстройте их в верной последовательности.
2. Сравните эры между собой.

Анализ:

1. Проанализируйте основные этапы развития живого на нашей планете.
2. Изобразите в виде схемы формирование жизни на Земле.

Синтез:

1. Систематизируйте по следующим критериям эры в развитии Земли: порядок, длительность, особенности природных условий (климат и т. д.), появление новых групп животных и растений.
2. Перечислите различия между эрами.

Оценка:

1. Напишите реферат «Основные этапы формирования жизни на Земле».
2. Выскажите свое мнение о том, какая эра в истории Земли самая важная, и почему.

§42. Кладogramмы и филогенетические деревья

Сравнивать кладogramмы и филогенетические деревья



Знаете ли вы, что такое кладogramмы и филогенетические деревья? Есть ли отличия между ними?

Кладogramмы и филогенетические деревья – это графическое изображение происхождения каких-либо систематических групп организмов от общих предков (рис. 71, 72). Это комплекс, который включает все таксоны организмов, произошедших от общего предка. Они чем-то схожи с *родословными*, или *генеалогическими, деревьями*. Можно изображать эволюцию нескольких взаимосвязанных видов, а можно и целых царств живого. Чем мельче будут систематические категории, тем точнее график их происхождения. Такие схемы отражают процесс эволюции организмов – появление новых видов и более крупных таксонов от общего предка.



Первые родословные деревья растений и животных были составлены немецким биологом-эволюционистом Э. Геккелем. В 1874 г. в работе «Антропогения» была опубликована схема происхождения человека (см. 1-й форзац). Она представляет большой исторический интерес, хотя, с современной точки зрения, и имеет ряд ошибок.

У корня дерева помещаются первичные простейшие одноклеточные организмы – Protozoa, от которых, по мнению Э. Геккеля, произошли все остальные. Ветви, отходящие от ствола у корня, – это различные типы низших животных. Следующий уровень – Metazoa. Это многоклеточные беспозвоночные. Третий уровень – позвоночные Vertebrata. Здесь даже среди сплошной латыни и родного Э. Геккелю немецкого языка вы видите

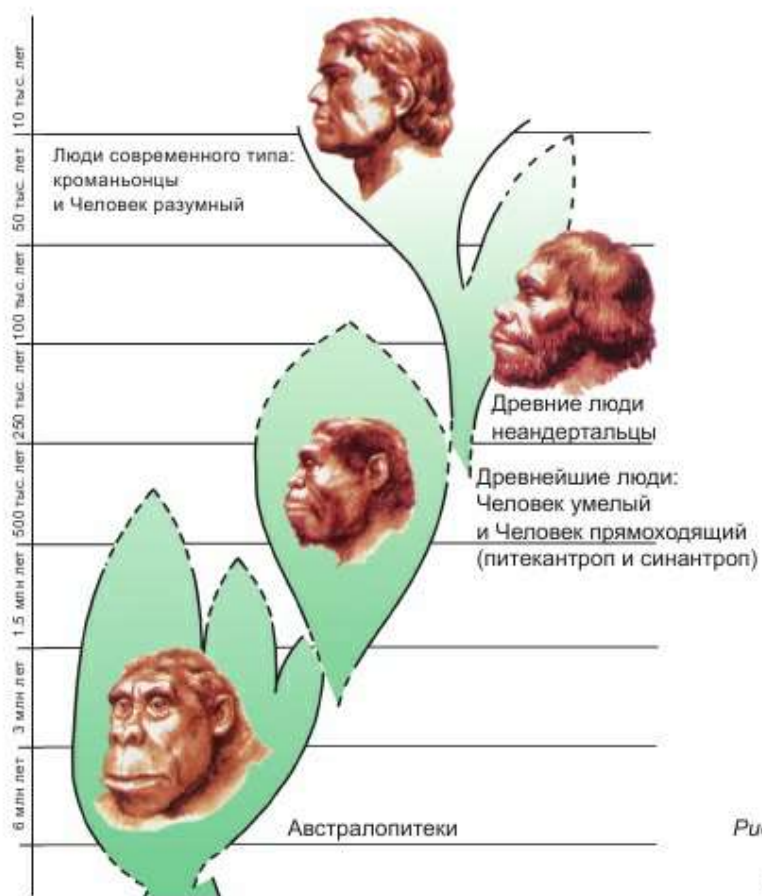


Рис. 71. Представители семейства людей – гоминид

круглоротых (Myxine), костных рыб (Teleostei); земноводных (Amphibien), пресмыкающихся (Reptilien) и птиц (Aves). Верхний отдел – млекопитающие (Mammalia). Человек стоит на самой вершине.

Концепция дивергенции и монофилического происхождения видов.

Суть видообразования раскрыл в своей теории Ч. Дарвин. Она заключается в том, что отбором сохраняются всё более не похожие на исходные предковые организмы особи, если они всё лучше и лучше приспосабливаются к окружающей среде. Вначале происходит накопление полезных изменений у какой-либо группы особей внутри определенной популяции. В результате скрещивания эти изменения передаются потомкам и распространяются на все большее число организмов, составляющих популяцию. Через опреде-

ленное количество поколений произойдет обособление этой группы особей от остального вида. Такое «ответвление» Ч. Дарвин назвал *дивергенцией*, или *расхождением*, т. е. большинство новых видов произошло от единых предковых форм путем их расхождения, или дивергенции (см. рис. 58). Большинство, но не все. Есть виды, которые не давали «ответвлений» и сохранялись на протяжении длительного времени. Накапливающиеся у них мутации делали их непохожими на своих предков, но не приводили к обособлению новых систематических групп.

Таким образом, согласно теории Дарвина, виды происходят от общего предка. Такой тип эволюции он назвал *монофилическим* (от греч. *монос* – один, единый и *филон* – племя, род, вид).

Построение кладограмм и всех подобных схем основывается на анализе различных объективных научных данных. В XIX в. анализировалось только строение организмов. Этими же методами пользовались и Ч. Дарвин, и Ж. Б. Ламарк. Сейчас применяются методы биохимического и молекулярно-генетического анализа. Сопоставляются не только строение, окраска, форма и размеры хромосом, но и последовательность нуклеотидов в ДНК, порядок аминокислот белков организмов. Современные ученые используют комплексный подход. Анализируются и сравниваются как анатомо-морфологические, так и молекулярно-биохимические данные.

Обязательные части кладограмм и филогенетических древ. Изображение в виде дерева предполагает такие обязательные компоненты, как корень, ствол, ветви и листья. Места, от которых отходят «ветви» или «листья», называются *узлами*. Именно узлы отражают появление новых жизненных форм от тех или иных предков. Если изображенное дерево имеет «корень», значит в науке существует представление об общем предке данной группы. Это говорит о монофилическом происхождении. Если же корня нет, то, следовательно, исходный предок не выявлен. И происхождение данной группы организмов остается дискуссионным.

Ветви древа – это новые виды или более крупные таксоны, возникшие в эволюции. Листья – это виды, сохранившиеся до наших дней.



До сих пор ученые не могут получить абсолютно точные и абсолютно полные графики происхождения всех известных науке групп организмов. Это так же невозможно, как и надеяться отыскать остатки абсолютно всех предков ныне живущих групп и проанализировать их. Поэтому кроме понятия «монофилия» есть понятия «политомия» и «парафилия».

При *политомии* из одного узла отходит более трех ветвей, которые продолжают ветвиться. Эти графики не показывают, когда образовалось множество предков данного вида. Они могли возникать в разное историческое время, но их ветви будут выходить из одного узла.

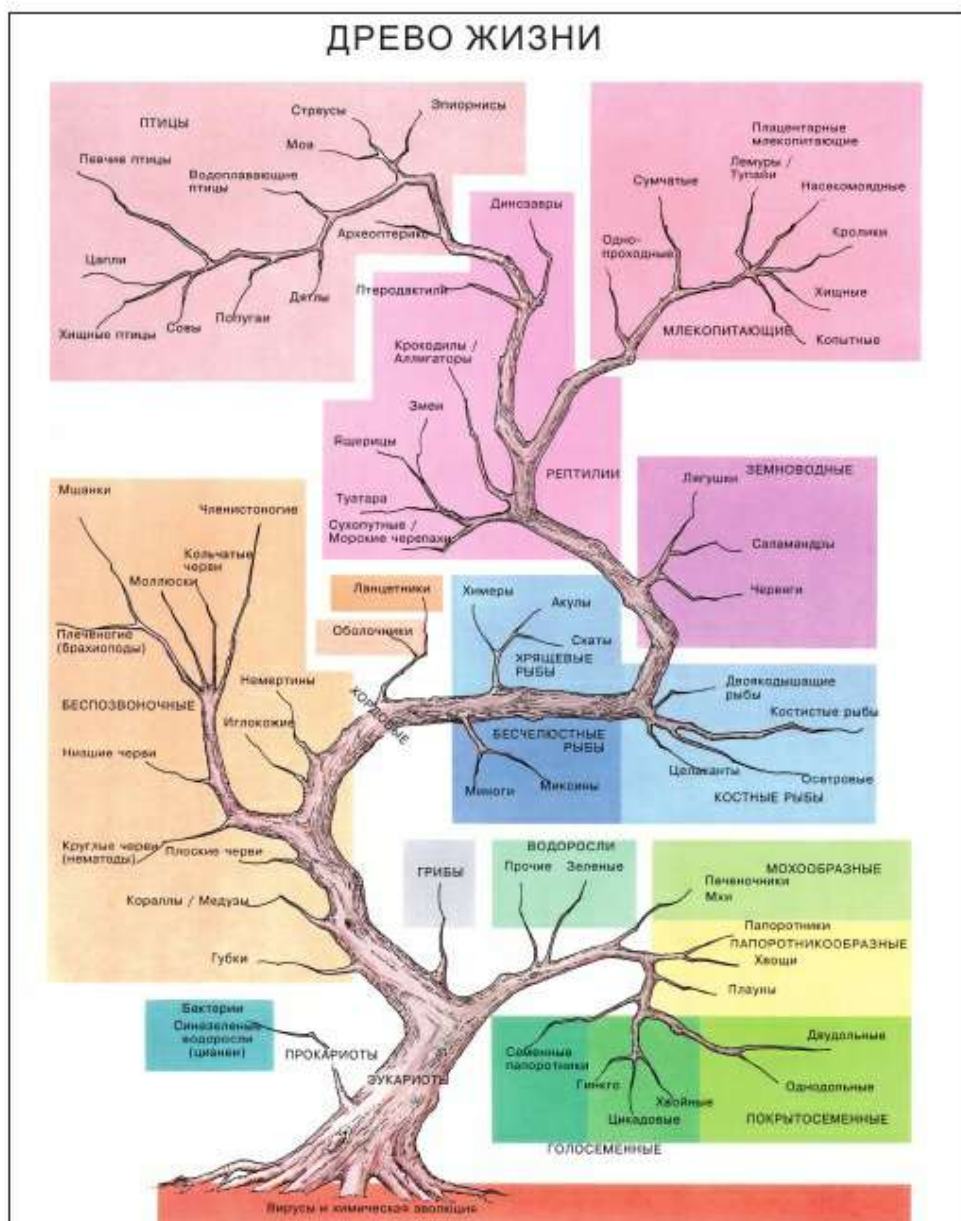


Рис. 72. За сотни миллионов лет эволюции возникло множество разнообразных жизненных форм, каждая из которых заняла свою собственную экологическую нишу на Земле. На схеме показаны родственные связи между различными группами растений и животных



Парафилическая группа включает ближайшего общего предка, но, в отличие от монофилической, не всех потомков. При парафилическом построении графиков указывается неточное происхождение одних видов от других. То есть возможно происхождение не от того «узла» – родоначальника, который мог бы являться общим предком, а от более отдаленных предков.

Также возможна «сетчатая эволюция», когда близкородственные виды, некогда имевшие общего предка, начинают вновь скрещиваться и образуют новую группу с новыми свойствами (вспомните гибриды: собака/волк, бурый/белый медведи).

Отличия кладограмм и филогенетических древ. Следует отметить, что первыми в науке появились все-таки кладограммы. Они являются очень обобщенными графиками. В сравнении с филогенетическими деревьями кладограммы менее подробны и содержат меньше информации и уточнений. Классические кладограммы часто не содержат информации о длине ветвей. В самом примитивном, общем виде они даже не устанавливают какой-либо генеалогической связи от предка к потомку. То есть на первых примитивных кладограммах **отражалось всего лишь размещение организмов** в соответствии со сходством внешнего и внутреннего строения между ними. Примером такой обобщенной кладограммы может служить изображение царства животных (рис. 73).

Филогенетические деревья, напротив, отражают более полную информацию. Длина их ветвей часто отражает продолжительность времени существования той или иной систематической группы организмов. Также важным отличием филогенетических древ является правило не изображать предположений. Те из предковых форм, наличие которых считается сомнительным, обычно не отображаются. На филогенетических деревьях более детально отображаются реальные родственные связи между видами. У кладограмм изображение более схематичное и более графическое. Даже если общий предок и не был достоверно определен, он выявляется методом наибольшей вероятности и изображается на кладограмме.

Краткие выводы

1. Эволюцию как отдельных групп организмов, так и всего живого можно изобразить в виде схем, отражающих степень родства.

2. Кладограммы и филогенетические деревья отображают общего предка – «корень», появление новых групп организмов – «узлы» (места ответвлений), а вновь возникшие систематические группы организмов – в виде «ветвей» или «листьев».

3. *Кладограммы* – более ранние (в науке), менее точные и обобщенные схемы, отражающие только генеалогическое родство.

4. *Филогенетические деревья* – точнее, т. к. отражают продолжительность существования той или иной группы (длина ветвей), вымерших сородичей, не давших ныне существующих форм (сучья), и в целом более подробны.



Кладогаммы, филогенетические деревья, дивергенция, монофилия.



Знание и понимание:

1. Что такое кладогаммы и филогенетические деревья?
2. Как вы понимаете выражение «графическое отображение процесса эволюции»?
3. Дайте определение понятиям: *корень, ветвь, узел, лист* относительно кладогамм и филогенетических деревьев.

Применение:

1. Определите связь между понятиями *монофилическая эволюция* и *дерево* (не важно, *кладистическое* или *филогенетическое*).
2. Рассмотрите рис. 73. Определите, что на нем изображено: кладогамма или филогенетическое дерево.

Анализ:

1. Проанализируйте, какое значение для развития биологии имеет появление кладогамм и филогении.
2. Покажите разницу между кладогаммой и филогенетическим деревом.
3. Проанализируйте и установите зависимость между методами и характером исследований, использованных при составлении кладогамм и филогенетических деревьев.

Синтез:

1. Систематизируйте по критериям сходство и отличия кладогамм и филогенетических деревьев.
2. Дайте общее описание принципов составления графических изображений процесса эволюции.

Оценка:

1. Выстройте в верной последовательности известные вам систематические группы живых организмов. Создайте свою, авторскую, кладогамму – общую или для отдельных групп организмов.
2. Считаете ли вы, что кладогаммы являются достоверными доказательствами эволюции? Ответ аргументируйте.

Раздел 11. КООРДИНАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ

§43. Строение и функции центральной нервной системы человека

Описать строение и функции спинного и головного мозга



Из каких двух отделов состоит ЦНС человека? Какой отдел выполняет проводниковую и рефлекторную функции? Какие отделы головного мозга человека вы помните? Каковы функции каждого из них?

Нервная система управляет нашим организмом, посылая нервные импульсы в определенные органы, заставляя их работать быстрее или медленнее. По расположению она делится на центральную (ЦНС) – спинной и головной мозг и периферическую – все остальные структуры вне ЦНС.

Спинной мозг – один из двух отделов ЦНС. Он расположен в позвоночном канале, окружен тремя оболочками и состоит из 31 сегмента. Все пространства между оболочками и спинномозговой канал заполнены спинномозговой жидкостью. Канал окружает серое вещество в виде бабочки (рис. 74, 75). Снаружи серого находится белое вещество.

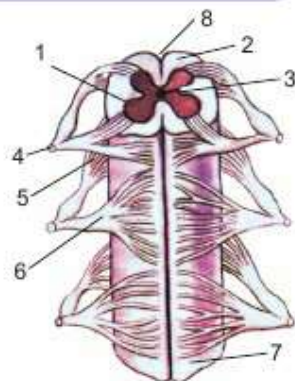


Рис. 74. Расположение сегментов спинного мозга:

1 – серое вещество;
2 – белое вещество;
3 – спинномозговой канал;
4 – смешанный спинномозговой нерв;
5 – задний корешок (чувствительный);
6 – передний корешок (двигательный);
7 – передняя срединная щель;
8 – задняя срединная борозда

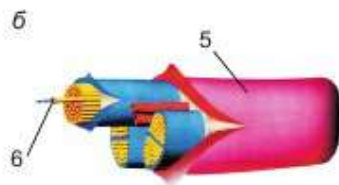
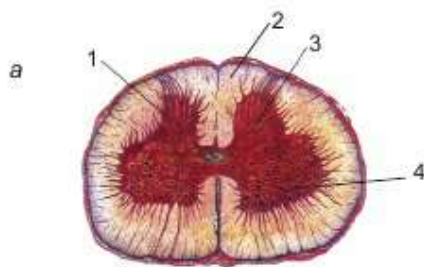


Рис. 75. Строение спинного мозга: а – поперечный срез спинного мозга; б – строение нервных волокон, идущих из спинного мозга: 1 – серое вещество; 2 – белое вещество; 3 – задний рога; 4 – передний рога; 5 – соединительнотканная оболочка пучка нервных волокон; 6 – пучок нервных волокон

Серое вещество каждого сегмента имеет по два передних (брюшных) и задних (спинных) рога, от которых отходят передние и задние корешки белого вещества. Брюшные корешки – двигательные, а спинные – чувствительные (сенсорные). Проходя через отверстия в позвонках, брюшные и спинные корешки объединяются по два в левые и правые смешанные спинномозговые нервы. Их 31 пара – по количеству сегментов.

Спинальный мозг выполняет две важнейшие функции: *проводниковую* и *рефлекторную*. При повреждении спинного мозга сигналы не поступают в головной мозг, и человек теряет чувствительность ниже места повреждения. Сигналы от головного мозга также не могут попасть в органы. Поэтому, если спинной мозг поврежден, ниже места повреждения наступает паралич.

В спинном мозге человека находятся центры простых рефлексов, например коленного (рис. 76).

Головной мозг – другой важнейший отдел ЦНС. Он состоит из 5 отделов (конечный мозг, промежуточный, средний, задний и продолговатый мозг). Лучшее всего развит *конечный мозг*. У человека он представлен *большими полушариями* (БП). Полушария (левое и правое) состоят из белого и серого вещества. Белое вещество залегает внутри. Снаружи расположено серое вещество, «смятое» в складки: *борозды* и *извилины*. Оно образует кору больших полушарий (КБП). Борозды (углубления) и извилины (складки) увеличивают площадь поверхности коры в среднем до 2000–2500 см². Благодаря КБП осуществляются сложные условные рефлексы, процессы высшей нервной деятельности (ВНД): память, мышление, воображение, речь и др.

Каждое полушарие разделено глубокими бороздами на 4 доли. В *лобной доле* расположены функциональные центры (зоны) мышления и управления сложными движениями; в *теменной* – кожно-мышечная чувствительность; в *затылочной* – зрительные центры; в *височной* – слуховые.

Сразу под БП находится *промежуточный мозг*. Он управляет обменом веществ, терморегуляцией, нейрогуморальной регуляцией, кровяным давлением, участвует в осуществлении сна.

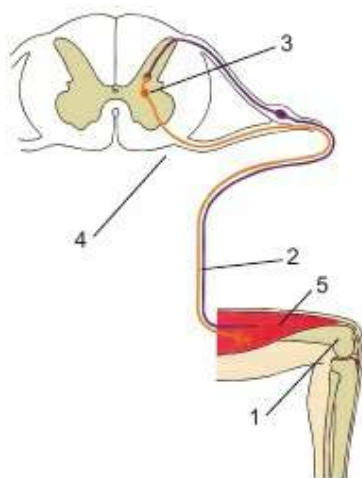


Рис. 76. Рефлекторная дуга коленного рефлекса:

- 1 – коленный сустав (рецепторы);
- 2 – чувствительный нейрон;
- 3 – спинной мозг (нервный центр);
- 4 – двигательный нейрон;
- 5 – мышцы

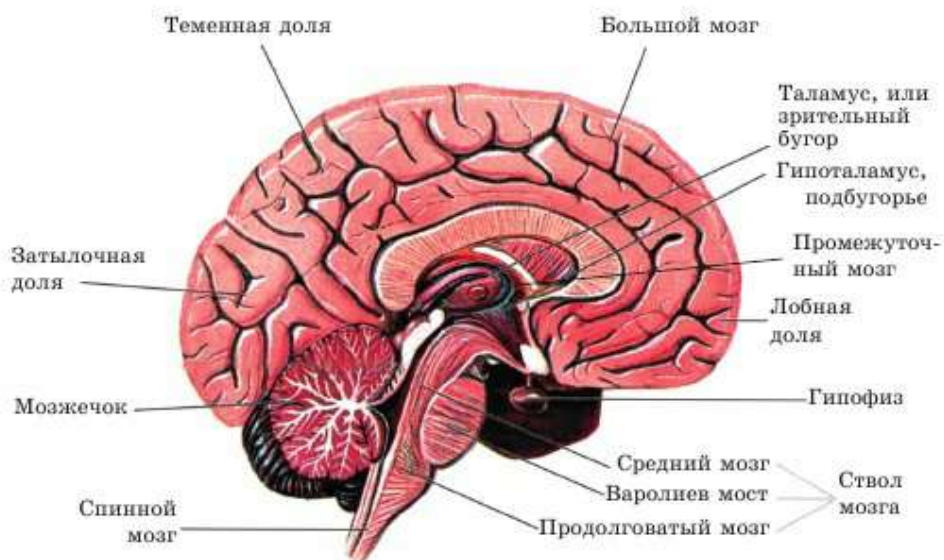


Рис. 77. Строение головного мозга

Остальные отделы головного мозга без мозжечка образуют *ствол мозга*. Средний мозг расположен после промежуточного. Он отвечает за мышечный тонус, ориентировочные рефлексы (на новый звук, предмет). Задний мозг состоит из варолиева моста и мозжечка. Мост проводит сигналы между выше- и нижележащими отделами. Мозжечок управляет координацией движений. Он имеет кору с более мелкими извилинами, чем на КВП. Продолговатый мозг управляет сердечным ритмом, сменой вдоха и выдоха (дыхательные рефлексы кашля, чихания), пищеварением (рефлексы глотания, выделения слюны, сокращения желудка, кишечника и т. д.). Он соединяет спинной мозг с головным. Серое и белое вещества расположены в нем, как в спинном мозге (белое сверху), а не как в головном (рис. 77).

От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых нервов. Первая и вторая – от больших полушарий, а остальные – от ствола мозга (рис. 78).

По выполняемым функциям вся нервная система делится на 2 отдела: соматическую и вегетативную. Соматическая НС управляет движениями тела, т. е. скелетной мускулатурой. Она подчиняется нашему сознанию, воле человека. Вегетативная (автономная) НС управляет всеми внутренними органами: пищеварительной, выделительной, дыхательной, кровеносной системами и т. д. (рис. 79). Она не подчиняется нашему сознанию, поэтому ее называют автономной. (Мы не можем сознательно

заставить желудок, сердце или легкие работать быстрее или медленнее.)

Вегетативная НС, в свою очередь, подразделяется на симпатическую и парасимпатическую. *Симпатическая нервная система* переводит организм в активное состояние (как и гормон адреналин). Она учащает сердцебиение, стимулирует дыхание, увеличивает скорость тока крови и давление, расширяет зрачки. При этом она тормозит пищеварение и выделение. *Парасимпатическая нервная система*, наоборот, замедляет сердцебиение и дыхание, снижает скорость тока крови и давление, но стимулирует пищеварение и выделение (сокращения кишечника, желудка, мочевого пузыря, выделение слюны и пищеварительных соков).

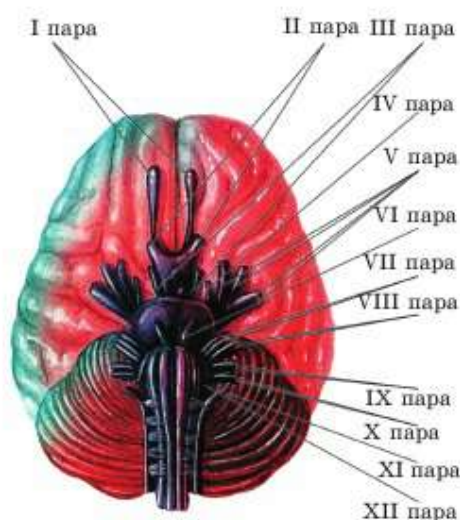


Рис. 78. Черепно-мозговые нервы

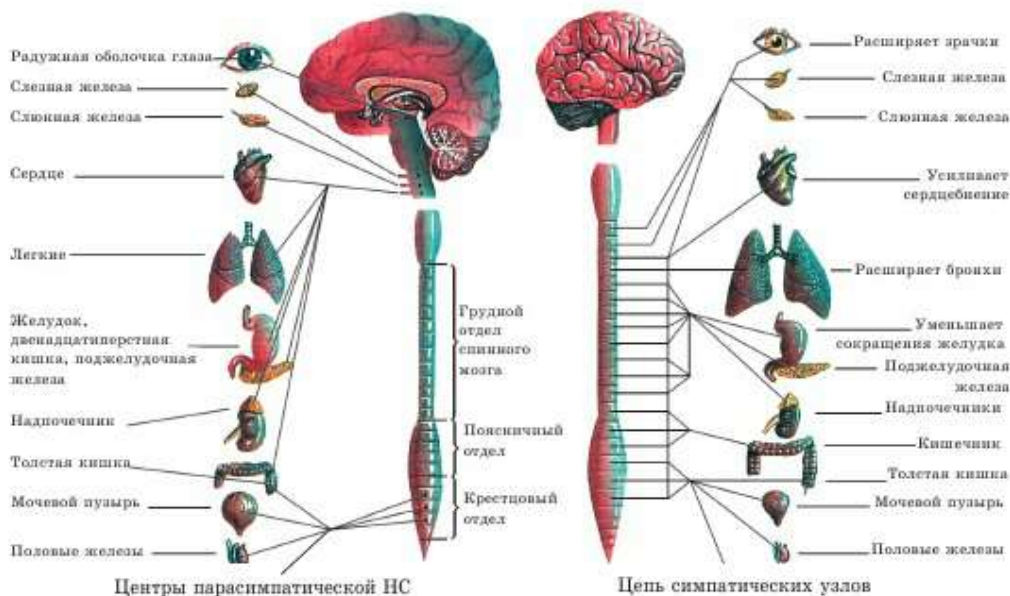


Рис. 79. Вегетативная нервная система

К каждому органу подходят нервы и симпатической, и парасимпатической систем. **Центры симпатической НС находятся в спинном мозге** (от шейного до поясничного отдела), отсюда отходят и симпатические нервы. **Центры парасимпатической НС находятся в стволе головного мозга и в крестцовом отделе спинного мозга.** Отсюда отходят парасимпатические нервы, самый крупный из которых – черепно-мозговой блуждающий нерв (X пара).

Краткие выводы

1. Центральная нервная система (ЦНС) – спинной и головной мозг – управляет организмом.

2. Спинной мозг выполняет проводниковую функцию и контролирует простые рефлексы.

3. Каждое из полушарий мозга делится на 4 доли. В лобной доле расположены функциональные центры мышления и управления сложными движениями; в теменной – кожно-мышечная чувствительность; в затылочной – зрительные центры, в височной – слуховые.

4. Все находящиеся под корой отделы мозга выполняют важные функции. *Промежуточный мозг* управляет обменом веществ, терморегуляцией, нейрогуморальной регуляцией, сменой сна и бодрствования. *Средний мозг* – мышечный тонус, ориентировочные рефлексы. *Задний мозг (варолиев мост и мозжечок)* – проведение сигналов, координация движений. *Продолговатый мозг* контролирует кровеносную, дыхательную, пищеварительную системы.

5. По выполняемым функциям вся нервная система (НС) делится на 2 отдела. *Соматическая НС* управляет скелетной мускулатурой и подчиняется нашему сознанию. *Вегетативная (автономная) НС* управляет внутренними органами и в свою очередь делится на 2 отдела: *симпатическая* переводит организм в активное состояние, а *парасимпатическая* – стимулирует пищеварение и выделение.



Центральная и периферическая НС, проводниковая и рефлекторная функции; симпатическая и парасимпатическая НС, соматическая и вегетативная НС; лобная, затылочная, теменная и височная доли КБП; большие полушария, ствол мозга, промежуточный, средний, задний мозг, варолиев мост, мозжечок, продолговатый мозг.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему при повреждении спинного мозга ниже места повреждения теряется чувствительность и наступает паралич.
2. Дайте определение центральной и периферической нервным системам.

Применение:

1. Опишите функции ствола головного мозга.
2. Определите связь между отделами КБП и их функциями.

Анализ:

1. Докажите на примерах, что работа симпатической и парасимпатической нервных систем зависит от состояния организма в данный момент.
2. Проанализируйте значение и функции спинного мозга.

Синтез:

1. Порассуждайте, какие изменения произошли бы в организме при «отключении» разных отделов головного мозга.
2. Напишите эссе о функционировании ЦНС человека.

Оценка:

1. Напишите реферат о процессе эволюции головного мозга человека. Какие его отделы получили наибольшее развитие в сравнении с приматами?
2. Оцените значение разных отделов ЦНС человека для согласованной работы всего организма и полноценного развития личности.

§44. Взаимосвязь строения и функций холинергических синапсов**Установить взаимосвязь строения и функций синапса**

Что такое возбудимые ткани? Какие ткани к ним относятся? С какими клетками могут быть связаны нейроны? Что такое синапс?

Типы и расположение синапсов. *Синапс* – это структура, обеспечивающая передачу нервного импульса между возбудимыми клетками. Синапсы расположены на концах отростков нервных клеток – аксонов и дендритов. В основу классификации синапсов положены три разных принципа.

По расположению между клетками синапсы могут быть *нервно/нервными; нервно/мышечными* и *нервно/железистыми*.

По способу передачи нервного импульса синапсы делятся на *электрические, химические* и *электрохимические*.

По функциональному значению, т.е. по типу передаваемого импульса, синапсы могут быть *возбуждающими* и *тормозными*.

Все эти типы классификации не связаны между собой. То есть в одном случае нервно/мышечный синапс может быть химическим, а в другом – электрохимическим, в одном случае возбуждающим, а в другом – тормозным. Более-менее четкую зависимость отражают особенности строения и работы синапсов.

Строение и работа синапса. Синапс представляет собой расширение нервного окончания. Эта структура имеет вид обтекаемой пирамидки, купола или луковички. В цитоплазме синапса в большом количестве находятся митохондрии и часто – *мембранные пузырьки* со специальным веществом – *медиатором*, или *нейромедиатором*. Это специфическое вещество синтезируется в цитоплазме нервного окончания непосредственно в области синапса либо выше, но затем транспортируется в синапс.

Мембрана клетки, ограничивающая синапс (нервное окончание), называется *пресинаптической мембраной* (рис. 80). Через эту мембрану, а точнее – ее молекулы-каналы будут выходить вещества-медиаторы, обеспечивающие передачу нервного импульса.

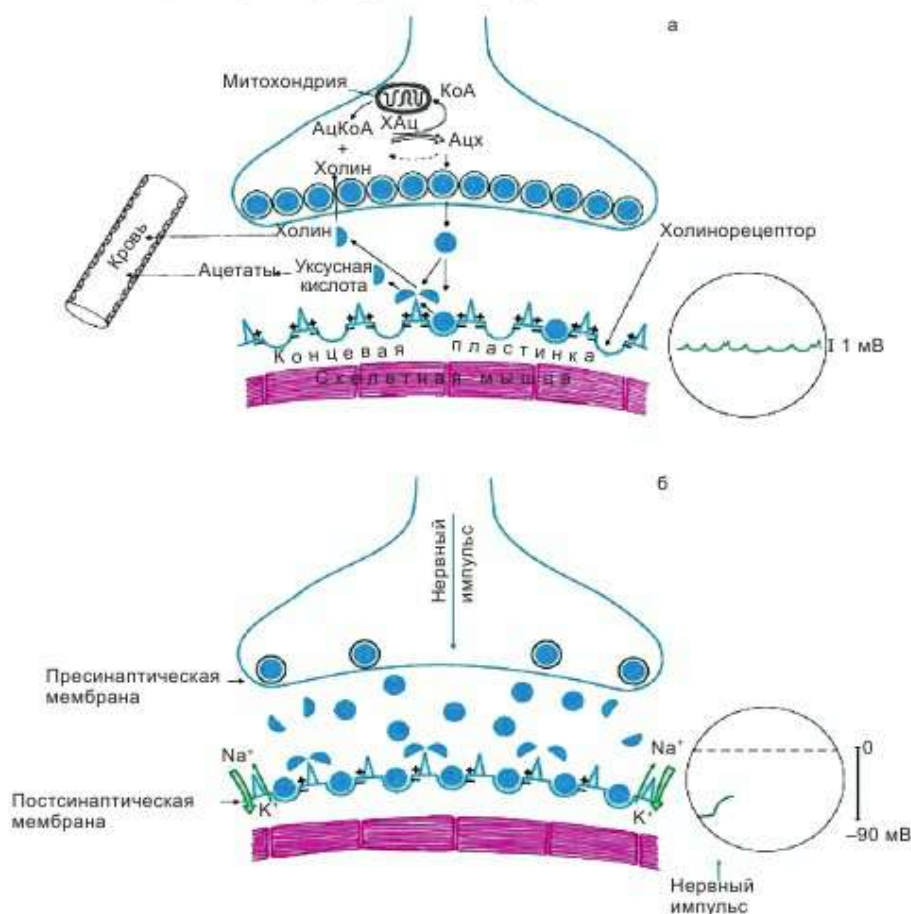


Рис. 80. Строение и работа синапса

Мембрана клетки, с которой контактирует синапс, называется *постсинаптической мембраной*. Ее чувствительные молекулы *мембран-рецепторы* будут воспринимать вещества-медиаторы и изменять состояние сначала мембраны, а затем – и всей клетки.

Между мембранами этих двух клеток обязательно находится пространство, называемое *синаптической щелью*. Оно необходимо для размещения медиатора и последующего его возврата в синапс.

Холинэргические синапсы – это почти половина синапсов нашего организма. Медиатором в них служит вещество *ацетилхолин*. Другая часть рецепторов называется *норадреналиновыми*, т. е. в них медиатором будет норадреналин. Запуск механизма передачи нервного импульса выглядит как каскадная цепь последовательных взаимосвязанных событий. Попробуем выстроить их в верной последовательности:

1. Поступление нервного импульса в нервное окончание.



2. Поляризация мембраны, которая становится проницаемой для ионов Ca^{+} .



3. Ионы Ca^{+} , попав в цитоплазму, вызывают слияние синаптических пузырьков с пресинаптической мембраной.



4. Медиатор ацетилхолин выливается в синаптическую щель и связывается с мембран-рецепторами постсинаптической мембраны, т. е. той клетки, с которой контактировал нейрон.



5. Изменения в мембран-рецепторах изменяют состояние самой мембраны, и она становится проницаемой для ионов, например Na^{+} , в нейронах или Ca^{+} в мышечных клетках.



6. Заряд мембраны клетки изменяется, состояние всей клетки изменяется, и возникает возбуждение. Если «принимающая» клетка – нейрон, она передаст возникшее в ней возбуждение дальше. Если возбуждение передалось мышечной клетке, она сократится.



7. Ацетилхолин разлагается с помощью фермента *ацетилхолинэстеразы* (*холинэстеразы*), находящейся в постсинаптической мембране, до холина и уксусной кислоты.



8. Холин удаляется из синаптической щели, всасываясь обратно в синапс, где вновь собирается в мембранных пузырьках и, соединившись с уксусной кислотой, превращается в *ацетилхолин*.

Таким образом, синапс вновь готов к действию. После передачи нервного импульса он восстанавливается до исходного состояния.

Нарушение деятельности холинергических синапсов. Некоторые яды, как природного, так и искусственного происхождения, нарушают передачу импульсов через холинергические рецепторы. Их действие различно. Так, например, некоторые нервно-паралитические вещества и инсектициды связываются с ферментом ацетилхолинэстеразой и блокируют ее действие. В этом случае ацетилхолин в синаптической щели не разрушается и не возвращается в медиаторные пузырьки синапса. Тогда нервный импульс, не прекращаясь, поступает в клетки. В результате дыхательные мышцы напрягаются и не могут расслабиться. Выдоха не происходит, наступает паралич дыхательных мышц.

Токсин ботулизма препятствует соединению медиаторных пузырьков с пресинаптической мембраной, и ацетилхолин вообще не попадает в синаптическую щель. В результате также может наступить смерть от паралича дыхательных мышц.

Кроме того, работу холиновых синапсов нарушают яды мухомора и курарепоподобные. Эффективным блокатором холиновых синапсов является и никотин в малых дозах. Именно этим обусловлен эффект «успокоения» после выкуренной сигареты – передача нервных импульсов по нервной системе блокируется.

Существуют также и вещества, стимулирующие работу холинергических синапсов.

Краткие выводы

1. *Синапс* соединяет нейроны с любыми другими клетками и проводит нервные импульсы.
2. По расположению между клетками синапсы бывают *нервно/нервными; нервно/мышечными* и *нервно/железистыми*; по способу передачи нервных импульсов их делят на *электрические, химические* и *электрохимические*; по типу передаваемого импульса – *тормозные* или *возбуждающие*.
3. Мембрана нейрона – *пресинаптическая*, контактируемой клетки – *постсинаптическая*, а пространство между ними – *синаптическая щель*.
4. Передача нервных импульсов происходит с участием химических веществ – *медиаторов*, ионов, электрического заряда мембран клеток.
5. Яды, нарушающие деятельность синапсов, смертельно опасны.



Синапс, пресинаптическая и постсинаптическая мембраны, нейромедиатор, норадреналин, мембран-рецепторы, ацетилхолинэстераза.



Знание и понимание:

1. Дайте определения понятиям: *синапс, пресинаптическая и постсинаптическая мембраны, нейромедиатор, норадреналин, мембран-рецептор.*
2. Объясните, почему синапсы расположены только между нервными, мышечными и железистыми клетками.
3. Возможно ли возникновение нервно/костного синапса? Ответ поясните.

Применение:

1. Опишите функции медиатора.
2. Определите связь между строением синапса и функциями его частей.

Анализ:

1. Проанализируйте этапы проведения нервного импульса через синапс.
2. Изобразите в виде схемы разные подходы к классификации синапсов. Внутри этой схемы дайте им краткую характеристику.

Синтез:

1. Порассуждайте: почему люди сознательно принимают вещества (никотин, алкоголь), тормозящие проведение импульсов в синапсах?
2. Как взаимосвязаны части синапса и порядок происходящих в нем процессов при передаче возбуждения? Систематизируйте полученные знания.
3. Смоделируйте ситуацию: синапс подвергся воздействию веществ –
 - 1) блокирующих ацетилхолинэстеразу;
 - 2) связывающихся с медиатором;
 - 3) стимулирующих возбуждение постсинаптической мембраны (например ионы Ca^{2+}). Что произойдет с организмом во всех трех случаях?

Оценка:

1. Напишите реферат об особенностях функционирования электрических, электрохимических и химических синапсов. Сравните их работу.
2. Известно, что если воздействовать на мембрану мышечной клетки молекулами адреналина, произойдет мышечное сокращение. А если впрыснуть адреналин в цитоплазму клетки, сокращения не произойдет. Выскажите свое мнение: почему так происходит?

§45. Виды механорецепторов. Их реакция на раздражители на примере телец Пачини

Описывать реакцию механорецепторов на раздражители



Что такое рецепторы? Что вы помните о чувствительной функции кожи? Какие структуры ее осуществляют? Где они расположены?

Механорецепторы – чувствительные образования. Как вы помните, *рецепторы* (от лат. *рецептор* – принимающий) – это чувствительные образования, способные воспринимать изменения окружающей среды. Определенный вид рецепторов способен воспринимать только строго определенный вид раздражителя. Так, большая группа рецепторов объединена в *механорецепторы*. Все они воспринимают только механическое воздействие: давление, растяжение, сжатие, вибрацию. По мнению многих биологов-эволюционистов, механорецепторы возникли в эволюции одними из первых. Это произошло потому, что механорецепторы, в первую очередь, реагировали на действие силы тяжести. Все многоклеточные организмы вынуждены сохранять нормальное положение своего тела относительно направления силы тяжести. Без этого процесс передвижения был бы затруднен или вовсе невозможен.

Благодаря механорецепторам организм воспринимает и внешние, и внутренние раздражители. Так, с помощью рецепторов кожи мы воспринимаем – осязаем информацию о форме, текстуре, массе и взаиморасположении окружающих нас предметов. Если же они расположены в органах, мы понимаем, в каком положении находится наше тело: сидим мы или стоим, согнуты наши конечности или разогнуты. Также мы осязаем и состояние наших внутренних органов, воспринимая степень заполнения желудка, прямой кишки, мочевого пузыря или пищевода.

Виды механорецепторов. В основу классификации механорецепторов положены разные принципы. В зависимости от типа воспринимаемых раздражителей их делят на три группы:

тактильные, или барорецепторы, – воспринимают давление, прикосновение;

проприоцепторы – воспринимают растяжение и скручивание (связки, сухожилия);

слуховые рецепторы – реагируют на колебания.

Механорецепторы также делят на *первичночувствующие* и *вторичночувствующие*. Это зависит от того, где возникает нервный импульс – непосредственно в рецепторной клетке, воспринимающей раздражение

(рецепторы кожи и внутренних органов), или в тесно связанной с ней нервной клетке (рецепторы уха и вестибулярного аппарата).

Наконец, все механорецепторы делятся на разные виды в зависимости от их строения. Количество видов механорецепторов велико. Их открывали и описывали разные ученые в разное время. Только в коже выделяют пять типов. Следует помнить, что в коже, как и в слизистой оболочке многих внутренних органов, кроме механорецепторов есть отдельные *болевые* и *терморецепторы* (холодовые – колбочки Краузе и тепловые – тельца Руффини).

По общему плану строения механорецепторы условно можно поделить на две группы: **свободные нервные окончания** (*болевые рецепторы*) и так называемые **капсулированные**, когда нервные окончания как бы погружены в дополнительные структуры – капсулы.

Часто одни и те же типы рецепторов присутствуют в коже, сосудах, суставах, сухожилиях, стенках органов пищеварения и т. д.

Кроме того, разные рецепторы воспринимают одни и те же раздражители, но разной силы. Так, тельца Пачини (А) и тельца Мейснера (Б) воспринимают давление (рис. 81). Только поверхностно расположенные тельца Мейснера воспринимают слабое давление (легкое, едва заметное прикосновение), а тельца Пачини, расположенные глубже, воспринимают давление большей силы.

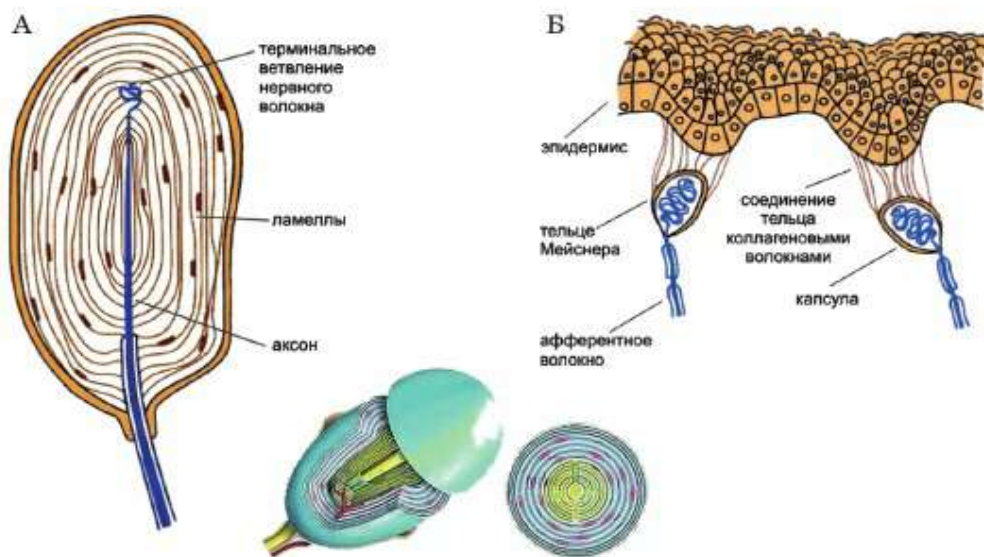


Рис. 81. Тельца Пачини (А) и Мейснера (Б)

Реакция механорецепторов на примере телец Пачини. Тельца Пачини являются одними из самых распространенных из всех видов механорецепторов. Они хорошо изучены, и их общий план строения такой же, как у всех капсулированных, первичночувствующих механо- и барорецепторов. Поэтому мы и рассмотрим механизм работы рецепторных образований на их примере.

Тельце Пачини состоит из нервного окончания, окруженного пластинками, между которыми находится жидкость. Пластинки могут быть до 60, и они очень тонкие (0,1 мкм). Механическое раздражение вызывает деформацию капсулы, что ведет, в свою очередь, к деформации нервного окончания. Его поверхностная оболочка (мембрана) растягивается, увеличивается ее проницаемость для некоторых ионов и прежде всего для ионов натрия. При этом возникают ионные потоки. Они легко обнаруживаются по электрической активности (рецепторный потенциал).

Заряд мембраны за счет ионов вызывает возбуждение – нервный импульс. Тельце Пачини, как и любая рецепторная клетка, связывается с центральной нервной системой с помощью чувствительного нейрона. По нему импульс подается в центральную нервную систему.

Чем сильнее раздражение, тем выше рецепторный потенциал и тем большее число импульсов поступает в головной мозг. Так как разные механорецепторы (тельца Мейснера и Пачини) воспринимают разные по силе раздражители, организм может точно различать разнообразные воздействия.

Краткие выводы

1. *Механорецепторы* имеют множество классификаций. Только в коже находится пять их типов.

2. Механорецепторы, воспринимающие прикосновение, давление, – *барорецепторы*, колебания, вибрацию – *слуховые*, сжатие, скручивание и растяжение – *проприоцепторы*.

3. *Тельца Пачини* – самые распространенные кожные механорецепторы. Они расположены глубже *телец Мейснера* и воспринимают не едва ощутимое, а более сильное давление (прикосновение).



Механорецепторы: тактильные, или барорецепторы; проприоцепторы, первичночувствующие и вторичночувствующие, тельца Мейснера и Пачини.



Знание и понимание:

1. Опишите виды рецепторов, расположенных в коже и во внутренних органах. Выясните, какова роль каждого из них.
2. Что такое первичночувствующие и вторичночувствующие рецепторы? Почему их так называют?

Применение:

1. Опишите функции механорецепторов: тактильных, или барорецепторов, и проприоцепторов.
2. Определите связь между типом рецептора и видом чувствительности.

Анализ:

1. Проанализируйте, почему лежа с закрытыми глазами мы можем ощущать, подняты наши руки или опущены, лежим мы или сидим, находимся на жесткой или мягкой поверхности.
2. Нарисуйте схему строения телец Пачини, охарактеризуйте их функции.

Синтез:

1. Составьте схему «Восприятие окружающей действительности организмом человека с помощью рецепторов».
2. В чем эволюционное значение механорецепторов? Какие преимущества они дали животным?

Оценка:

1. Известно, что даже растения способны воспринимать положение своего тела в пространстве относительно силы тяжести Земли, хотя у них и нет рецепторных образований. Корень всегда «знает», где низ, он обладает геотропизмом – растет вниз. Побег всегда «знает», где верх, он обладает положительным гелиотропизмом и тянется к Солнцу. Оцените значение разных типов чувствительности в жизни разных организмов.
2. Оцените, какая группа рецепторов является наиболее важной для человека, для летучих мышей и китов, хищников и копытных? Обсудите, почему в эволюции первыми сформировались кожные рецепторы, а зрительные – намного позднее.

Раздел 12. ДВИЖЕНИЕ

§46. Строение поперечнополосатой мышечной ткани. Структура миофибрилл. Механизм сокращения мышечного волокна

Объяснить взаимосвязь структуры поперечнополосатых мышц с механизмом мышечного сокращения



Что такое актин, миозин, миоцит, миофибрилла, мышечное волокно? Каковы свойства мышечной ткани? Какие типы мышечной ткани выделяют и каковы их особенности? У каких животных впервые в эволюции появились поперечнополосатые мышечные волокна?

Строение поперечнополосатой мышечной ткани. Как вы помните, поперечнополосатая мышечная ткань составляет скелетную мускулатуру позвоночных, а также сердечную мышцу – миокард. Отдельные мышцы покрыты соединительнотканной пленкой, или *фасцией* (рис. 82). В каждой фасции обязательно есть *пучки мышечных волокон*, кровеносные сосуды и нервы. С обоих концов фасция оканчивается сухожилиями, которые и прикрепляются непосредственно к костям.

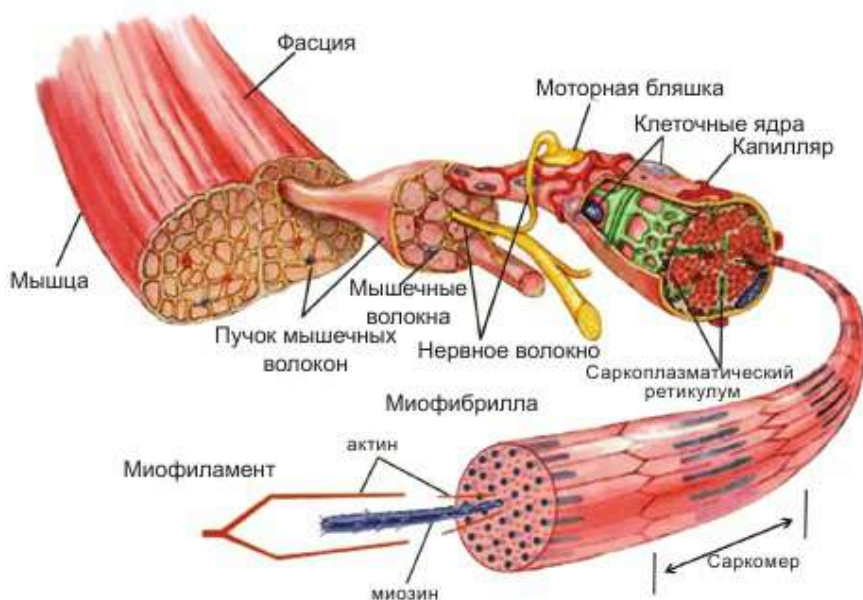


Рис. 82. Структура миофибриллы

Мышечные волокна – не что иное, как отдельные мышечные клетки *миоциты*. Они многоядерные и имеют огромные для клеток размеры – до 18 см в длину. Поперечнополосатую мышечную клетку можно увидеть невооруженным глазом. В микроскоп хорошо видны поперечная исчерченность и наличие большого количества ядер, расположенных ближе к мембране.

Структура миофибрилл. Чередование светлых и темных полос в мышечном волокне – это сократительные нити *миофибриллы*. Темные полосы состоят из белка *миозина*, а светлые – из белка *актина*. В остальном миоциты содержат те же элементы, что и другие клетки, а именно: ядро, цитоплазму, митохондрии, ЭПС и т. д. Все части миоцитов начинаются с греческого слова *саркос*. Так, цитоплазма называется *саркоплазмой*, мембрана – *сарколеммой*, эндоплазматическая сеть (ЭПС), или ретикулум, называется *саркоплазматической сетью* (рис. 83).

Функциональная единица поперечнополосатой мышечной ткани называется *саркомером* (от греч. *саркос* – мясо, плоть и *мерос* – часть, доля). В каждом мышечном волокне присутствует множество чередующихся саркомеров. Обязательные составные части саркомера: **А**-диск – скопление темных нитей, т. е. миозина; **І**-диск – скопление светлых нитей, т. е. актина; **З**-линия находится в центре светлого актинового **І**-диска. Полосу, в которой находятся цистерны ЭПС, называют **Т**-системой, так как она

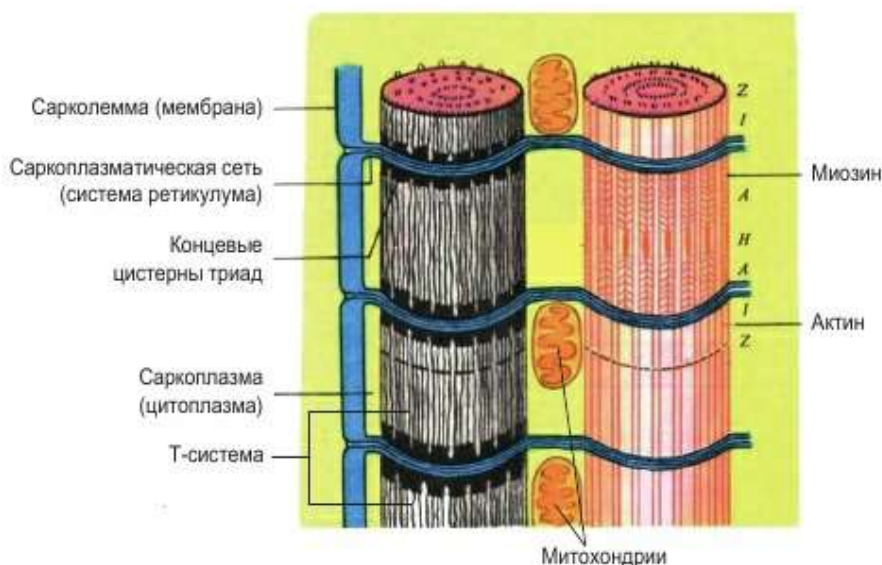


Рис. 83. Строение саркомера

внешне напоминает букву **Т**. Наружная мембрана мышечной клетки впячивается в цитоплазму и становится мембраной ЭПС. Именно в **Т**-зоне она образует мощные расширения, занимающие все пространство, свободное от тонких нитей сарколеммы. **М**-линия – полоса, находящаяся в центре темного миозинового **А**-диска. Она окружена более светлой, чем весь темный миозиновый диск, **Н**-зоной.

Н-зона – более светлая полоса в центре темного миозинового **А**-диска, окружающая с обеих сторон **М**-линию. Дело в том, что светлые нити актина заходят между темными нитями миозина. Хотя сам миозин и образует более толстые сократительные нити, но все же они были бы светлее, если бы между ними не находились еще и актиновые нити. Так вот, в **Н**-зоне есть только нити миозина, а нити актина туда не проникают, они короче и заканчиваются на границах **Н**-зоны. Именно поэтому **Н**-зона выглядит более светлой, чем весь темный **А**-диск.

Тропонин – белок, молекулы которого не видимы в микроскоп как окрашенная структура, но являются функционально очень важными. Они расположены между нитями актина и миозина, т.е. в темных участках, где нити актина входят в **А**-диск между нитями миозина. Важнейшую роль тропонина вы оцените после знакомства с биохимическим и молекулярным механизмом мышечного сокращения.

Механизм мышечного сокращения представляет собой сложный многоступенчатый процесс (рис. 84). Чтобы облегчить его восприятие, мы постараемся представить его схематично, как цепь событий, следующих одно за другим:

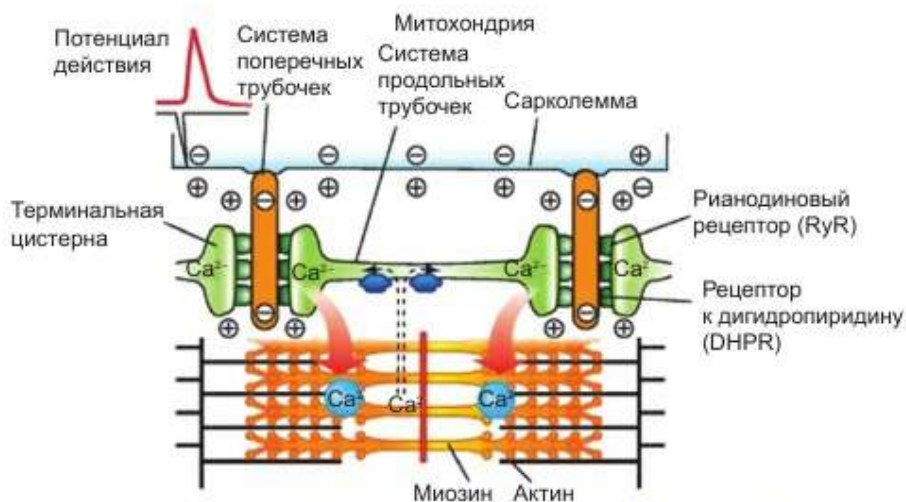
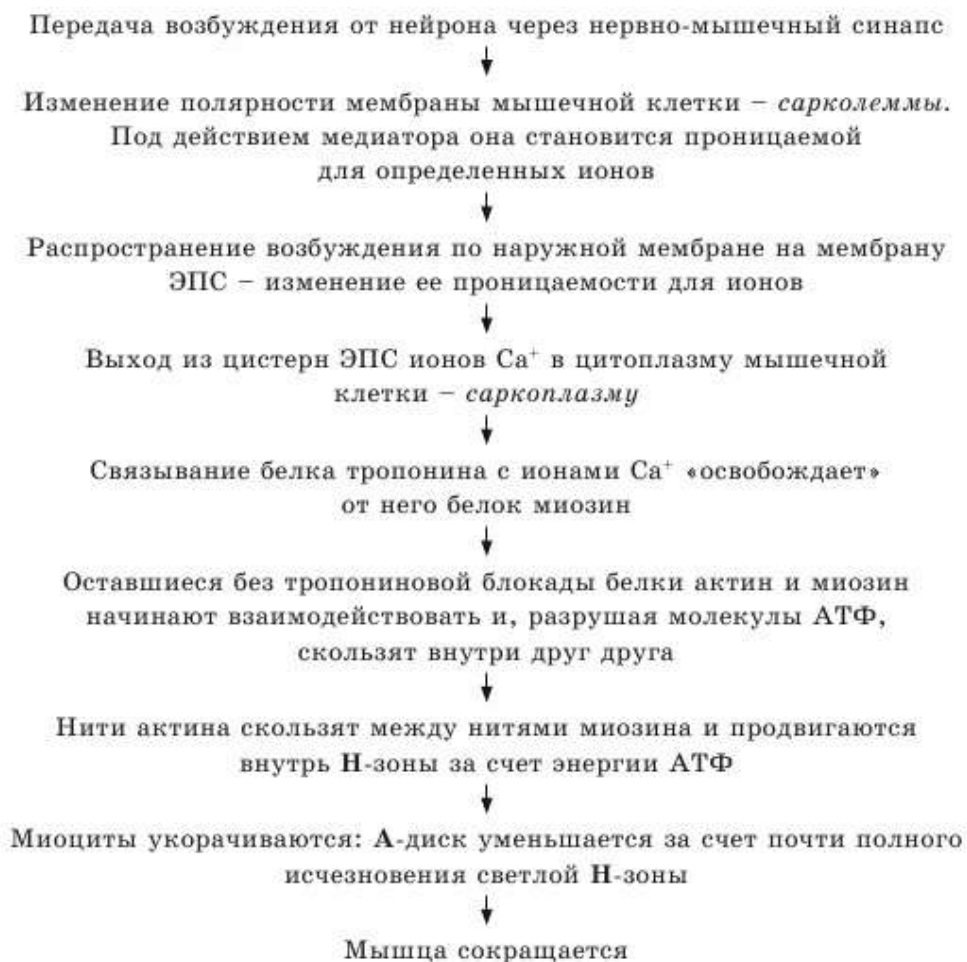


Рис. 84. Механизм мышечного сокращения



Следует отметить, что после сокращения мышц, чтобы они расслабились и пришли в исходное положение, запускаются обратные механизмы. Но их поэтапность мы рассматривать не будем. В целом благодаря специальным биохимическим реакциям ионы Ca^{+} возвращаются в резервуары ЭПС. Тропонин, лишившись ионов Ca^{+} , вновь связывается с миозином и препятствует полному взаимопроникновению нитей актина в темный диск. Митохондрии вырабатывают энергию, и происходит восстановление АДФ до АТФ. Наружная мембрана клетки и ЭПС переходят в невозбужденное состояние и опять становятся непроницаемыми для определенных ионов.

Краткие выводы

1. Скелетные мышцы – поперечнополосатые. Их клетки *миоциты* имеют светлые полосы – *актин (I-диск и Z-линия)* и темные полосы – *миозин (А-диск, Н – зона и М-линия)*.
2. Мембрана мышечной клетки заряжается нервным импульсом, от нее заряжается мембрана гладкой ЭПС, и ионы Ca^{+} попадают в цитоплазму.
3. Ca^{+} блокирует белок *тропонин*, который, находясь между нитями *актина* и *миозина*, не дает мышце сокращаться.
4. Взаимодействие сократительных белков и энергия АТФ приводят к мышечному сокращению: нити *актина* проникают между нитями *миозина*, *Н-зона* исчезает, *А-диск* и вся мышечная клетка в целом уменьшаются.



Миофибриллы, миоциты, миозин, актин, тропонин, саркомер, саркоплазма, сарколема, саркоплазматическая сеть, А-диск, I-диск, Z-линия, Т-система, М-линия, Н-зона.



Знание и понимание:

1. Дайте определение терминам: *миофибриллы, миоциты, миозин, актин, тубулин, саркомер, саркоплазма, сарколема, саркоплазматическая сеть.*
2. Что такое саркомер? Почему его так называют?

Применение:

1. Определите связь между понятиями: *мышечная клетка, ее мембрана, цитоплазма, ЭПС; мышечное волокно, миоцит, миофибрилла, нити сократительных белков, миозин, актин, тубулин, саркомер, саркоплазма, сарколема, саркоплазматический ретикулум.*
2. Рассмотрите рис. 83. Определите на нем *А-диск, I-диск, Z-линию, Т-систему, М-линию, Н-зону.*

Анализ:

1. Проанализируйте этапы мышечного сокращения.
2. Проанализируйте и установите зависимость между частями саркомера, различными сократительными белками и процессом мышечного сокращения.

Синтез:

1. Порассуждайте: как изменится вид саркомера после сокращения мышцы. Как изменится ширина *А-диска*? Останутся ли видимыми *Н-зона, М- и Z-линии*? Ответ обоснуйте.
2. Оцените роль каждого элемента в процессе мышечного сокращения, учитывая не только мышечные, но и нервные структуры. Дайте максимально полный ответ.

Оценка:

1. Считаете ли вы, что менее сложно устроенная структура поперечнополосатой мышечной клетки смогла бы быть тоже эффективной? Ответ аргументируйте.
2. Оцените значение поперечнополосатых мышц.

§47. Особенности и общие свойства быстрых и медленных мышечных волокон

Установить связь строения, локализации и общих свойств быстрых и медленных мышечных волокон



Что вам известно о том, на какие группы подразделяются поперечнополосатые мышцы? Что такое мышцы-антагонисты? Что такое мышечный тонус? Как должны работать мышцы, поддерживающие тело человека, стоящего в вертикальном положении? Приходилось ли вам замечать разницу в цвете мышц курицы в области грудины и голени?

Мышечные волокна быстрые и медленные. Вы познакомились с общими принципами функционирования *мышечного волокна*, или одной *мышечной клетки* поперечнополосатой ткани, т. е. *миоцита*. Так вот, устройство миоцитов имеет свои особенности, благодаря чему они и подразделяются на *быстрые и медленные*.

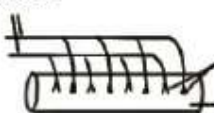
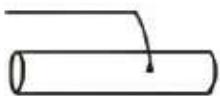
Каждая мышца состоит из отдельных мышечных клеток – *волокон*. Во многих мышцах эти волокна собраны в *мышечные пучки*. Каждый из них имеет свою тонкую соединительнотканную пленку в отличие от чуть более толстой *фасции* данной мышцы. У человека все мышцы смешанные, т. е. состоят из мышечных волокон двух типов: быстрых и медленных. Но в определенных мышцах преобладает какой-то один из типов волокон.

Быстрые волокна затрачивают много энергии и сокращаются с высокой скоростью. В среднем в 3 раза быстрее, чем *медленные*. Они хорошо развиты в тех группах мышц, которые обеспечивают передвижение. По цвету эти волокна светлее (белее), так как не содержат *миоглобина* – белка, связывающего кислород.

Медленные волокна тратят меньше энергии и способны на длительное, но медленное сокращение. В целом можно сказать, что медленные волокна сокращаются менее эффективно. По цвету эти волокна темнее (краснее), так как содержат много *миоглобина*.

Делят волокна на быстрые и медленные с учетом особенностей их физиологии и функционирования (табл. 12).

Таблица 12. Сравнительная характеристика типов мышечных волокон

Свойство	Медленные (тонические) волокна	Быстрые (физические) волокна
Строение	Много митохондрий Саркоплазматический ретикулум развит слабо Красные – из-за присутствия миоглобина и цитохромовых пигментов Содержат мало гликогена Для ускорения обмена веществ волокна тесно контактируют с капиллярами	Мало митохондрий Саркоплазматический ретикулум хорошо развит Белые – миоглобина и цитохромовых пигментов мало или нет вовсе Обилие гликогеновых гранул
Расположение	В глубоких слоях мышц конечностей	Ближе к поверхности
Иннервация	Тонкие нервные волокна ($\varnothing 5$ мкм) На одном мышечном волокне несколько концевых пластинок (это называется мультитерминальной иннервацией) Аксоны  Концевые пластинки Волокно	Толстые нервные волокна ($\varnothing 10-20$ мкм) Обычно на одном мышечном волокне одна концевая пластинка (могут быть две) 
Возбудимость	Скорость проведения импульса $2-8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ Мембрана не обладает электрической возбудимостью. Каждый импульс приводит к высвобождению лишь небольшого количества ацетилхолина. Таким образом, степень деполяризации мембраны зависит от частоты стимуляции	Скорость проведения $8-40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ Мембрана обладает электрической возбудимостью. Когда возникает потенциал действия, развивается ответ типа «все или ничего»
Тип ответа	Медленное градуальное сокращение. Медленное расслабление (приблизительно в 100 раз медленнее, чем у быстрых волокон)	Быстрое сокращение (в три раза быстрее, чем у медленных волокон). Довольно быстрое утомление
Физиологическая активность	Источник АТФ – аэробное дыхание Многие волокна при недостатке кислорода продолжают работать за счет анаэробного гликолиза; в этом случае образуется молочная кислота и создается кислородная задолженность	Источник АТФ – анаэробные процессы (гликолиз) Быстро создается кислородная задолженность

Функция	<p>По мере окисления дыхательного субстрата мобилизуются резервные углеводы и жиры Тепло отводится от мышцы по мере его выработки</p> <p>Устанавливается равновесие между работой мышцы с ее потребностями</p> <p>Обеспечивают длительное сокращение мышцы; это используется для поддержания позы</p>	<p>В качестве дыхательного субстрата интенсивно используется гликоген Тепло поглощается волокнами, так как кровеносная система не обеспечивает его быстрого отведения</p> <p>Мышца некоторое время сокращается даже тогда, когда кровеносная система не успевает обеспечить дополнительную доставку кислорода</p> <p>Обеспечивают немедленное быстрое сокращение, когда кровеносная система еще только приспособляется к новому уровню мышечной активности; поэтому очень важны при локомоции</p>
---------	---	---

Мышцы человека содержат как светлые быстрые, так и темные медленные волокна, т. е. у человека мышцы смешанные. Поэтому в отличие от птиц нет так называемого «белого мяса». Но в целом в каждой мышце какой-либо тип волокон будет выражен больше. В среднем красных медленных волокон больше в мышцах-разгибателях, обеспечивающих позы. А белых быстрых волокон больше в мышцах-сгибателях, обеспечивающих движение за счет быстрых сокращений.

Например, мышцы-антагонисты локтевого сустава – бицепс (двуглавая мышца) и трицепс (трехглавая мышца). Бицепс содержит больше быстрых волокон, а трицепс – больше медленных.

Краткие выводы

1. По физиологическим, биохимическим, цитологическим и функциональным особенностям мышечные волокна делятся на *быстрые* – белые, например большая грудная мышца птиц, и *медленные* – красные, например мышцы куриной голени.

2. У человека мышцы смешанные, т. е. содержат оба типа волокон, при этом какой-то тип будет преобладать.

3. Быстрые мышечные волокна сокращаются быстрее, обеспечивают мощные движения и тратят в 3 раза больше энергии. У человека это мышцы-сгибатели конечностей и т. д.

4. Медленные – сокращаются медленнее, дольше. В целом они слабее и тратят меньше энергии. У человека это мышцы-разгибатели туло-

вища, обеспечивающие позы, например неподвижное стояние часового в карауле.



Мышечное волокно, миоцит, быстрые и медленные мышечные волокна, миоглобин, мышечные пучки, фасции.



Знание и понимание:

1. Расскажите о функциях быстрых и медленных мышечных волокон.
2. Почему разные мышцы содержат разное количество быстрых и медленных волокон?

Применение:

1. Определите связь между количеством миоглобина, цветом мышечных волокон и их физиологической активностью.
2. Объясните значение быстрых волокон.
3. Объясните значение медленных волокон.

Анализ:

1. Проанализируйте, какие организмы будут иметь мышцы, содержащие только быстрые волокна. Почему?
2. Изобразите в виде схемы сравнительную характеристику быстрых и медленных мышечных волокон.

Синтез:

1. Порассуждайте: если бы в стенках полых внутренних органов (желудок, кишечник, кровеносные сосуды, мочеточники и т. д.) была не гладкая, а поперечнополосатая мышечная ткань, из каких волокон она бы состояла?
2. В чем заключаются различия между быстрыми и медленными мышечными волокнами?

Оценка:

1. Выскажите свое мнение, как и почему в эволюции могли сформироваться быстрые и медленные волокна.
2. Оцените значение следующих явлений в природе:
 - 1) известно, что мышцы китообразных богаты миоглобином и имеют характерный цвет. При этом благодаря насыщению миоглобина кислородом кит может не всплывать для вдоха около 2 ч;
 - 2) движение крыльев у птиц обеспечивают 35 мышц, но самое важное значение для полета имеет большая грудная мышца. Сокращаясь, она опускает крыло;
 - 3) известно, что гепарды могут развивать скорость выше 120 км/ч, но бежать с такой скоростью они способны меньше минуты.
 Обсудите в классе значение этих эволюционных приспособлений.

Раздел 13. БИОМЕДИЦИНА И БИОИНФОРМАТИКА

§48. Биомеханика инженерная

Исследовать применение биомеханики в робототехнике



Что вы знаете о механике, биомеханике, бионике? Какие физические законы наибольшее полно иллюстрируют живые организмы?

Биомеханика – наука, изучающая законы механического движения в живых системах. В самом широком смысле к живым системам в биомеханике относятся:

- целостные системы, например человек;
- его органы и ткани;
- объединения организмов, т. е. совершающая совместные действия группа людей.

Все движения человека осуществляются в полном соответствии с законами физики, но биомеханика много сложнее, чем механика неживых тел. Например, только сохранив равновесие, человек может сохранить вертикальное положение тела в пространстве. Одно из важных условий, обеспечивающих устойчивое равновесие тела, – определенное отношение его центра тяжести к площади опоры.

Становление биомеханики. Термин «биомеханика» составлен из двух греческих слов: *биос* – жизнь и *механике* – искусство построения машин. Это раздел биофизики, изучающий механические свойства живых тканей, органов и организма в целом, а также происходящие в них механические явления. Наибольший практический интерес представляет изучение движений человека и высших животных. Первые труды о локомоции животных написаны еще Аристотелем (384–322 до н. э.).

На становление биомеханики оказали влияние мыслители прошлого: К. Гален (ок. 130 – ок. 200), Леонардо да Винчи (1452–1519), Микеланджело Буонаротти (1475–1564), Альфонсо Борелли (1608–1679) – автор первой книги по биомеханике «Движения животных», И. М. Сеченов (1829–1905), П. Ф. Лесгафт (1837–1909), А. А. Ухтомский (1875–1942) и один из современных основоположников биомеханической школы Н. А. Бернштейн (1896–1966). В последнее время развиваются:

- инженерная биомеханика (робототехника);
- медицинская биомеханика (профилактика травматизма и протезирование);
- эргономическая биомеханика (облегчение процессов и условий труда).

Элементарной формой движения материи принято считать механическое движение, т. е. перемещение тела в пространстве. Двигательная деятельность человека осуществляется при участии всех органов тела. Однако непосредственным исполнителем функций движения является опорно-двигательный аппарат, состоящий из костей скелета, связок и мышц. Любое движение, даже элементарное, есть сложное явление, содержащее весь комплекс форм движения материи, начиная от простейшей – механической и заканчивая высшей формой – мышлением.

Объекты и принципы биомеханики. Важнейшее отличие движений человека и машин состоит в том, что машина делает только те движения, которые заложены в ее программу, человек же в любое мгновение может изменить свои движения.

Биомеханические исследования охватывают различные уровни организации живой материи: биологические макромолекулы, клетки, ткани, органы, системы органов, а также целые организмы и их сообщества. Чаще всего объектом исследования этой науки является движение животных и человека, а также механические явления в тканях, органах и системах. Под механическим понимается движение всей биосистемы в целом, а также изменение размеров и формы тела без изменения его массы – *деформация* системы.

Все деформации в биосистемах так или иначе связаны с биологическими процессами, которые играют решающую роль в движениях животных и человека. Это сокращение мышц, деформация сухожилий, костей, связок, фасций, движения в суставах. Отдельным объектом биомеханики является дыхательный аппарат, его эластичное и неэластичное сопротивление, *кинематика* (т. е. геометрическая характеристика движения) и *динамика* дыхательных движений. Биомеханика кровообращения (*гемодинамика*) изучает свойства упругости сосудов и сердца, сопротивление сосудов току крови, распространение упругих колебаний по сосудистой стенке, движение крови, работу сердца и др.

Биомеханика человека – наука комплексная, она включает в себя самые разнообразные знания из области других наук, таких как механика и математика, функциональная анатомия и физиология, возрастная анатомия и физиология, педагогика и теория физической культуры и т.д.

Особое положение биомеханика занимает в физическом воспитании и спорте. Она базируется на анатомии, физиологии и фундаментальных научных дисциплинах – физике (механике), математике, теории управления. Взаимодействие биомеханики с биохимией, психологией и эстетикой дало жизнь новым научным направлениям, которые, едва появившись, уже приносят большую практическую пользу. В их числе психобиоме-



Рис. 85. Тренажер для измерения силы удара



Рис. 86. Гребной тренажер с электронной системой датчиков

ханика, энергостатические и эстетические аспекты биомеханики. Более других медико-биологических и педагогических дисциплин биомеханика использует достижения электронно-вычислительной техники. Но главное – она служит связующим звеном между теорией и практикой физического воспитания, спорта и массовой физической культуры. Знание биомеханики помогает педагогу учить своих воспитанников различным движениям и анализировать их двигательную активность (рис. 85, 86).

В связи с тем, что с биомеханикой тесно связаны многие науки, сложились различные направления ее развития, т. е. комплексы изучения движений, их определенных законов, причин и оценки движения как всей живой системы, так и отдельных ее частей.

Механическое направление объясняет движения в живой системе.

Функционально-анатомическое направление учитывает в движениях биосистем их анатомическое строение и функциональные возможности.

Физиологическое направление изучает и обосновывает движение в биосистемах на базе физиологического развития человека, его биохимических реакций и работы нервной системы.

Метод биомеханики – системный анализ движений на основе количественных характеристик, в частности кибернетическое моделирование движений. Как наука экспериментальная, эмпирическая биомеханика опирается на опытное изучение движений. При помощи приборов регистрируются количественные характеристики, например траектории скорости,

ускорения, позволяющие различать движения, сравнивать их между собой. Рассматривая характеристики, мысленно расчленяют систему движений на составные части – устанавливают ее состав. В этом – суть системного анализа.

При изучении движений в процессе развития системного анализа и синтеза в последние годы все шире применяется метод кибернетического моделирования – построение управляемых моделей (электронных, математических, физических и др.) движений и моделей тела человека.

Краткие выводы

1. **Биомеханика** – наука, изучающая законы механического движения в живых системах.
2. В практических целях ее достижения используют в робототехнике, медицине (протезирование и профилактика травм) и эргономике (облегчение процессов и условий труда).
3. Различают механическое, функционально-анатомическое и физиологическое направления.
4. Современные методы изучения предполагают системный анализ, кибернетическое моделирование и т. д.



Биомеханика, деформация, кинематика, гемодинамика, механическое направление, функционально-анатомическое направление, кибернетическое моделирование.



Знание и понимание:

1. Как называются изменения мышц, сухожилий и других органов во время ходьбы?
2. Объясните, можно ли сравнить их деформацию с движением машин. Что у них может быть общего?
3. Что такое биомеханика? Почему ее так называют?

Применение:

1. Определите связь между такими науками, как физика и математика, и жизненными формами органов.
2. Предположите, какая наука изучает свойства упругости сосудов и сердца, гидравлическое сопротивление сосудов току крови, распространение упругих колебаний по стенкам сосудов.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы применение результатов научных исследований в области биомеханики.

2. Познакомьтесь с работой А. Борелли «Движения животных». Докажите на ее примере целесообразность биомеханических исследований.

Синтез:

1. Перечислите, в чем заключаются сходство и различия между живыми и неживыми системами.
2. Как взаимосвязаны спорт и биомеханика? Систематизируйте полученные знания и укажите, как биомеханика способна рассчитать движения человека и способствовать развитию спортивных достижений. Можно использовать дополнительные источники.

Оценка:

1. Подготовьте реферат на тему «Применение биомеханики в робототехнике».
2. Считаете ли вы, что человек является системой, придерживающейся только определенных рамок своей изначальной программы? Ответ аргументируйте.
3. Оцените значение следующего явления. Два человека пилат дрова двуручной пилой. В этот момент они являются ярким примером совместного действия и проявляют свойства единого механизма. Какая наука может объяснить этот механизм и почему?
4. Какие советы с учетом принципов биомеханики можно дать: 1) работающим двуручной пилой; 2) откручивающим туго затянутый болт; 3) прыгающим в длину?

§49. Биомеханика медицинская

Исследовать применение биомеханики в медицине
(протезирование и др.)



Что вы знаете о искусственных клапанах сердца, кардиостимуляторах, современных протезах конечностей?

Биомеханическое протезирование. Восстановление поврежденных или замена полностью утраченных в результате болезни или травмы отдельных органов человека – одна из проблем медицинской практики, которой врачи занимаются в тесном контакте со специалистами в области электроники и бионики.

Начиная с античных времен человек стремился к созданию различных приспособлений, способных заменить отсутствующие части тела (рис. 87). Попытки создания механического подобия кисти, приводимой в движение теми или иными группами мышц, долго не давали желаемого результата.



Рис. 87. Создание спортивных инвалидных колясок помогло людям с ампутированными или обездвиженными конечностями не просто комфортно передвигаться, но и участвовать в гонках

Положение изменилось лишь к середине XX в. В результате развития электроники, автоматизации управления, биомеханики начали вырисовываться новые пути решения этой задачи. Этому способствовало также утверждение кибернетического подхода к изучению общих закономерностей управления функциями живого организма. В итоге появилось принципиально новое направление в протезировании конечностей – создание биоуправляемых протезов. В 1956 г. на Всемирной выставке в Брюсселе в советском павильоне демонстрировался макетный образец «биоэлектронной руки» – протеза, управляемого с помощью биотоков мышц культи.

Многие ученые, работающие над проблемой *искусственного зрения*, пытаются активизировать потенциальные возможности мозга слепых. Так, была разработана электронная система искусственного зрения. Каждый раз, когда экран в глазнице слепого регистрирует какой-либо несложный объект, миниатюрная ЭВМ в дужке очков преобразует изображение в импульсы. В свою очередь электроды «переводят» их в иллюзорное ощущение света, соответствующее определенному пространственному образу.

Не менее успешно ведутся работы и по созданию электронных устройств для людей, частично или полностью потерявших слух. Усилительный тракт одного из наиболее удобных аппаратов построен на интегральной микросхеме. Его вес не более 7 г. Микрофоны со встроенными повторителями имеют высокую чувствительность.

История создания протезов. Известно, что первые протезы появились еще в глубокой древности. Сохранилось предание, что посаженный на цепь грек Фемистокл, чтобы осуществить побег, вынужден был отпилить себе ногу. Впоследствии он попросил знакомого плотника сделать ему деревянный протез. За 500 лет до н. э. в основном делали протезы ног, за 200 лет до н. э. стали изготавливать и протезы рук. Предположительно первая

рука была железной. Один такой протез хранится в Нюрнбергском музее техники. В 1552 г. был изготовлен протез ноги с коленным шарниром и замком внутри. Англичанин Д. Поте в 1800 г. изготовил деревянную ногу со сгибающимися коленным и голеностопным шарнирами, движения которых регулировались.

В современном протезировании апробированы различные материалы, применяются новые методики (биомеханические, физиологические и др.). В век электроники появились протезы внутренних органов: сердца, суставов, глаз, почек и др.

С 60-х гг. прошлого века внимание исследователей и практикующих врачей привлекает идея расширения физических возможностей человека. Первоначально внимание специалистов уделялось преимущественно созданию робокостюмов. Первая партия таких *экзоскелетов* была изготовлена компанией «GeneralElectric» в сотрудничестве с вооруженными силами США. Однако со временем, учитывая востребованность этих приборов в практическом здравоохранении, фокус исследований сместился в область медицины.

Современное биомеханическое протезирование. Виды протезов условно делятся на три группы. *Анатомические* используются для восстановления формы и частично функций утраченного органа (протезы рук, ног, глаз, уха, носа, зубов). *Функциональные* – при применении посторонних источников энергии для обеспечения функций конечностей или органа (протезы рук с биоэлектрическим управлением, слуховые аппараты). *Лечебные* направлены на временное ограничение функций органов (корсеты при сколиозах, ортопедические аппараты, ортопедическая обувь). Протезы бывают временными, лечебно-тренировочными, постоянными и рабочими, а также съёмными и несъёмными.

В настоящее время в организмы стали вводить импланты. В мире ежегодно выполняется 100 тыс. трансплантаций органов и более 200 тыс. – тканей и клеток человека. Из них до 26 тыс. приходится на трансплантацию почек, 8–10 тыс. – печени, 2,7–4,5 тыс. – сердца, 1,5 тыс. – легких, 1 тыс. – поджелудочной железы.

Будущее в области искусственных органов и тканей оптимистичное. Канадские ученые создали полимер, обладающий свойствами мышечной ткани. Он сможет служить имплантом при наращивании мышечных клеток человека. Уже созданы первые в мире искусственные сухожилия, искусственная кожа с потовыми железами, мимические мускулы. Хирурги проводят операции по имплантации искусственного сердца (рис. 88) пациентам с тяжелой сердечной недостаточностью. Уникальной разработкой



Рис. 88. Протез сердца способен заменить живой орган на неограниченное время

считается первая имплантируемая искусственная почка. В перспективе это устройство, состоящее из тысячи микрофильтров, сможет вылечить сотни тысяч больных, ожидающих своей очереди на гемодиализ.

Живой микрочип, стимулирующий работу легкого, – это уже не технология из фантастического фильма, а сегодняшняя реальность. Существуют разработки даже искусственной поджелудочной железы, что очень важно для больных сахарным диабетом. И уж совсем из области фантастики – искусственная сетчатка глаза и роговица, невизуальный интерфейс при вождении автомобиля, оптические импланты, вживляемые в глаз, и даже бионическое око.

Краткие выводы

1. Медицинская биомеханика специализируется на создании протезов, отвечающих требованиям современности.
2. Уже внедрены успешные разработки в области протезирования конечностей, различных корсетов, ортопедической обуви и т. д., применяемых для коррекции движения.
3. Иное направление – трансплантация искусственных органов или их частей (кардиостимуляторы, искусственные почки, сосуды, клапаны сердца и т. д.).
4. Исследования ведутся в направлении вживления визуальных интерфейсов, бионического ока и т. д.



Протез, робокостюм, или экзоскелет; анатомическая, функциональная и лечебная трансплантация; имплант, микрофильтр, гемодиализ, микрочип, бионическое око.



Знание и понимание:

1. Дайте определение терминам: *робокостюм, или экзоскелет, имплант, микрофильтр, микрочип.*
2. Каковы практические перспективы применения биомеханических исследований в медицине?

Применение:

1. Назовите причины создания протезов.
2. Опишите виды протезов. Какими они бывают? Где применяются?
3. Опишите функции первого биоэлектронного протеза.

Анализ:

1. Проанализируйте этапы использования разных материалов. Как это сказалось на совершенствовании протезирования?
2. Докажите на примерах, как разработки в области биомедицины повлияли на жизнь инвалидов.

Синтез:

1. Приведите примеры, какой вклад в развитие общества внесло изобретение биоэлектронной руки. Опишите, каким образом она управляется. Где была изобретена?
2. Как взаимосвязаны такие изобретения, как корсет, ортопедическая обувь и биоэлектронная рука?
3. Систематизируйте полученные знания, составив схему «Применение биомеханических знаний в медицине».

Оценка:

1. Напишите реферат о современных исследованиях и ближайших перспективах в развитии медицинской биомеханики.
2. Выскажите свое мнение: можно ли создать протезы для незрячих людей? Как, по-вашему, они будут выглядеть и работать? Какие исследования совершаются для их создания и совершенствования?
3. Считаете ли вы, что можно выращивать конечности, которые будут нормально функционировать и не будет отличаться от настоящих?
4. Оцените значение создания протезов, изобретения искусственных органов.

Дискуссия:

1. Удается ли со временем создать «биомеханического человека»?
2. Не являются ли исследования в области биомеханики самым перспективным способом продления сроков жизни?

§50. Механизм автоматии сердца

Изучать механизм работы сердца с использованием электрокардиографии



Может ли мышца сердца сокращаться без команды ЦНС? Что такое *автоматия*? Какой пульс человека считается нормальным? Как изменяется пульс под воздействием симпатической и парасимпатической нервных систем, адреналина и ацетилхолина?

Регуляция сердечных сокращений. Вы знаете, что сердце способно сокращаться под воздействием нервных импульсов, возникающих в нем самом. Это явление называется *автоматией*. То есть изолированное сердце способно сокращаться даже вне организма (какое-то время, если создать ему благоприятные условия). При этом работа сердца, как и всех других органов нашего тела, регулируется *нейрогуморально*.

Отделы ЦНС оказывают влияние на скорость сердечных сокращений, те – на учащение и замедление пульса. *Симпатический отдел* НС учащает сердцебиения, а *парасимпатический* – замедляет. Также оказывают влияние и химические вещества, переносимые кровью. В частности, гормон *адреналин* учащает сокращения сердца, а нейромедиатор *ацетилхолин* – замедляет.

Но надо признать, что в самой сердечной мышце есть специфические структуры, в которых вырабатывается биологический потенциал, или нервный импульс.

Проводящая система сердца включает специфические образования в самой сердечной мышце, которые способны вырабатывать нервные импульсы. Эти мышечные клетки выглядят не совсем так, как другие поперечнополосатые волокна сердца. Они похожи скорее на клетки мышц эмбриона. В них есть ядро, цитоплазма и все другие структуры, которые должны быть в клетках. Но они не вытянутые, как другие клетки, и не имеют светлых и темных полосок. Следовательно, в них нет поперечной исчерченности. По форме они овальные, иногда каплевидные или грушевидные. Эти клетки способны самостоятельно вырабатывать импульсы, приводящие к возбуждению и как результат – сокращению других миоцитов. Поэтому в гистологии принято разделять мышечную ткань на рабочую, обеспечивающую сокращение, и проводящую, обеспечивающую выработку импульсов.

Отделы проводящей системы сердца включают в себя скопления клеток, называемых *узлами*, и отходящие от них *волокна*. Узлов проводящей

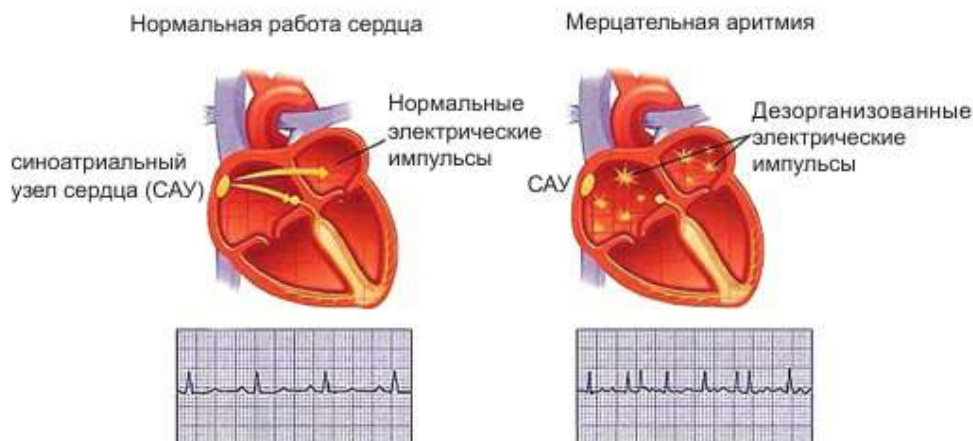


Рис. 89. Механизм автоматии сердца

системы всего два: синоатриальный (синусно-предсердный) и атриовентрикулярный (предсердно-желудочковый). Именно они и регулируют сокращения сердца (рис. 89).

1. *Синусоидный, или синоатриальный, узел (САУ)* расположен в устье верхней полой вены, в месте ее входа в правое предсердие. Этот узел чрезвычайно важен, так как именно в нем возникают импульсы с частотой 70 ударов в минуту. Именно за это его называют **водителем сердечного ритма**. Выработанная этим узлом волна возбуждения распространяется на миоциты предсердий, и оба предсердия сокращаются. Параллельно волна возбуждения распространяется не только в стороны – на предсердия, но и вниз. Тут расположен второй узел проводящей системы.

2. *Предсердно-желудочковый, или атриовентрикулярный, узел (АВУ)* находится на границе между желудочками и предсердиями. Он тоже очень важен, так как именно от него импульсы пойдут дальше по проводящей системе в желудочки (рис. 90).

Кроме узлов в проводящую систему входят и волокна, осуществляющие передачу нервных импульсов.

Предсердно-желудочковый пучок, как видно из названия, проводит импульс между двумя узлами: САУ и АВУ.

Пучок Гиса находится в перегородке между желудочками. Он проводит импульсы от АВУ. Дойдя до конца перегородки, волокна пучка Гиса разделяются на две *ножки пучка Гиса*. Они проникают в миокард левого и правого желудочков и там сильно разветвляются, образуя так называемые *волокна Пуркине*.

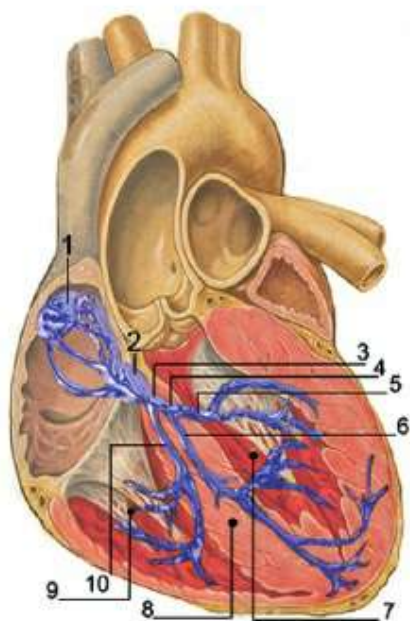


Рис. 90. Проводящая система сердца:

1 – синоатриальный узел (САУ); 2 – атриовентрикулярный узел (ABU); 3 – пучок Гиса; 4 – левая ножка пучка Гиса; 5 – левая передняя ветвь; 6 – левая задняя ветвь; 7 – левый желудочек; 8 – межжелудочковая перегородка; 9 – правый желудочек; 10 – правая ножка пучка Гиса

Взаимосвязь проводящей и нервной систем необходима для осуществления согласованной деятельности всего организма. К синоатриальному узлу подходят как симпатические, так и парасимпатические волокна. Нервные импульсы, поступающие по симпатическим волокнам, заставляют САУ вырабатывать возбуждение чаще. В результате сердцебиение учащается. А возбуждение, приходящее по парасимпатическим волокнам, наоборот заставляет САУ замедлять работу сердца.

Атриовентрикулярный узел не испытывает на себе отдельного влияния ЦНС. Он подчиняется САУ как водителю сердечного ритма.

Электрокардиография. Строение и функции сердечно-сосудистой системы, а также причины и механизмы развития сердечно-сосудистых заболеваний изучает специальный раздел медицины – *кардиология*. Один из методов исследования сердечной мышцы – *электрокардиография*, которая регистрирует биоэлектрические потенциалы работающего сердца. Записанная на движущейся бумажной ленте кривая – *электрокардиограмма* (ЭКГ) – играет важную роль в диагностике многих заболеваний сердца. На ней фиксируется весь сердечный цикл: возбуждения, паузы, сокращения предсердий и желудочков.

Краткие выводы

1. Сокращения сердца учащаются под воздействием симпатической НС и адреналина; замедляются под действием парасимпатической НС и ацетилхолина.
2. Сокращения возникают под воздействием *проводящей системы сердца* (ПСС) в нем самом. Это и есть *автоматия*.
3. ПСС состоит из волокон, узлов, пучков. Самый важный – САУ (синоатриальный узел). Он задает ритм – 70 ударов в минуту.

4. Вспомогательную роль выполняют: АВУ (атриовентрикулярный узел), пучки предсердно-желудочковый и Гиса, волокна Пуркине.



Автоматия, симпатический и парасимпатический отделы НС, адреналин, ацетилхолин, рабочая и проводящая мышечная ткань сердца, синоатриальный узел, атриовентрикулярный узел, предсердно-желудочковый пучок, ножки пучка Гиса, волокна Пуркине, электрокардиография и электрокардиограмма.



Знание и понимание:

1. Объясните, почему сердце способно сокращаться без участия нервной системы.
2. Что такое проводящая система сердца? Почему ее так называют?

Применение:

1. Определите связь между строением и функциями миоцитов рабочей и проводящей тканей сердечной мышцы.
2. Сравните влияние различных способов учащения и замедления работы сердца.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы проводящую систему сердца.
2. Покажите разницу между работой различных частей проводящей системы сердца.
3. Проанализируйте и установите зависимость между их названиями, расположением и функциями.

Синтез:

1. Составьте схему «Возникновение нервных импульсов в проводящей системе сердца и их изменения под влиянием различных факторов».
2. Смоделируйте ситуацию. У организма повреждены нервы, подходящие к сердцу. Как будет изменяться его сердечный ритм при беге, стрессе и во время сна в холодном помещении? Сравните этот организм с неповрежденным, а также – с таким же, коронарные сосуды которого стали задерживать гормоны и нейромедиаторы.

Оценка:

1. Напишите реферат об эволюции проводящей системы сердца.
2. Оцените значение проводящей системы сердца. Подискутируйте, почему она возникла в эволюции.

Дискуссия:

Подготовьте сообщение и обсудите в классе результаты экспериментов по наложению лигатур на изолированное сердце лягушки по Станниусу.

Раздел 14. БИОТЕХНОЛОГИИ

§51. Положительные и негативные аспекты использования микроорганизмов

Обсуждать преимущества и недостатки живых организмов, используемых в биотехнологиях



Кто относится к микроорганизмам? Какие одноклеточные и многоклеточные грибы используются в пищевой промышленности? Каково значение бактерий в природе, сельском хозяйстве и пищевой промышленности?

Жизнедеятельность *микроорганизмов* – необходимое условие существования на Земле органического мира. Они осуществляют минерализацию органических остатков и тем самым обеспечивают непрерывное поступление в атмосферу углекислоты, без которой невозможен фотосинтез. Также они принимают самое активное участие в различных *геологических процессах*. Выветривание горных пород, формирование почв, образование селитры, различных руд (в том числе серных), известняков, нефти, каменного угля, торфа – все эти и многие другие процессы протекают при непосредственном участии микроорганизмов.

Поскольку половой процесс у большинства микроорганизмов отсутствует, то при размножении мутантной особи (клетки) может быть получена культура генетически идентичных организмов – *клонов*. Длительно сохраняемый клон микроорганизмов, характеризующийся собственными генетически устойчивыми признаками, называется *штаммом*.

Основные методы селекции микроорганизмов – *индуцированный мутагенез* и последующий *отбор*. Поскольку скорость размножения микроорганизмов очень велика, то из множества полученных мутантов можно отобрать те, продуктивность которых в десятки и сотни раз превышает продуктивность «диких» штаммов. В настоящее время при селекции микроорганизмов используются методы биотехнологии, в частности генной инженерии, которые позволяют внедрять требуемый аллель в генетический аппарат клетки.

Для получения культуры микроорганизмов-мутантов с нужными качествами ученые-селекционеры разработали специальные методы отбора. Отобранный клон подвергается многократному пересеву на питательных средах с контролем за образованием требуемого продукта. Цель такого многократного клонирования – получение наиболее однородной популяции

клеток. Затем приступают к размножению продуктивных штаммов (рис. 91).

Бактерии – микроскопические организмы, обитающие во всех экосистемах. Они считаются самыми примитивными и самыми древними обитателями Земли. Без них жизнь была бы невозможна. Микроорганизмы могут приносить как пользу, так и вред. В организме человека обитает огромное количество простейших. Они отвечают за правильное протекание разных процессов, держат в нормальном состоянии микрофлору кишечника. Если нарушится баланс вредных и полезных микроорганизмов, возникнет *дисбактериоз*.

Кроме того, бактерии отвечают за круговорот веществ в природе, перерабатывают мертвую органику, разлагая сложные соединения до простых, которые и усваиваются обитателями почвы.

Одноклеточные микроорганизмы применяются в разных сферах деятельности человека, а именно:

- в пищевой промышленности;
- при производстве текстильных изделий, пластмассы, лакокрасочных покрытий;
- в медицине;
- при переработке отходов жизнедеятельности человека.

Технологическое применение биологических агентов, а именно использование бактерий в целях получения конкретных продуктов или проведение контролируемых направленных изменений, являются основой биотехнологии. Тысячи лет назад человек уже применял их в своем хозяйстве. Он варил пиво, занимался виноделием, пек хлеб и делал молочнокислые продукты и сыры.

В процессе своей жизнедеятельности бактерии способны избирательно извлекать вещества из сложных соединений. Этот процесс носит название *бактериального выщелачивания*. В промышленности оно имеет большое практическое значение при выщелачивании полезных ископаемых (уран,



Рис. 91. Упрощенная схема селекции микроорганизмов

медь) непосредственно на месторождениях. Процесс не требует сложного оборудования и с учетом возврата в технологический процесс отработанного раствора, содержащего бактерии, имеет ряд преимуществ: позволяет значительно снижать себестоимость добычи и расширять сырьевую базу за счет обедненных или потерянных руд, отходов обогащения, шлаков и др.

Препараты, созданные при участии бактерий, широко применяются в современной медицине. Революцией стало появление *пенициллина* – первого *антибиотика*. Инсулин и интерферон получают с использованием генной инженерии, которая наряду с клеточной инженерией лежит в основе современной биотехнологии.

Применение человеком методов биотехнологии в сельском хозяйстве успешно решает целый ряд вопросов:

- создание болезнестойких и высокоурожайных сортов растений;
- производство удобрений на основе бактерий (нитрагин, агрофил, азотобактерин и др.), в том числе компостов и сброженных (метановое брожение) отходов животноводства;
- разработка безотходных технологий.

При производстве силоса – силосовании, которое является одним из основных методов консервирования (сбраживания) растительной массы, используются молочнокислые, кокковидные и палочковидные формы бактерий.

Одной из основных экологических проблем, стоящих перед человечеством, является очистка воды. С этой задачей успешно справляются гетеротрофные и фототрофные бактерии. Они нормализуют кислотность воды, разлагают придонные отложения, в результате чего обеспечивается жизнедеятельность обитателей водоемов.

Также бактерии способны разлагать компоненты синтетических моющих средств и ряда лекарственных препаратов.

Для очистки почвы и воды при разливе нефти и нефтепродуктов успешно используются *ксенобактерии*. Сточные воды очищаются в *септиках*. Микроорганизмы, используемые в них, разлагают органические соединения любого происхождения. При очистке сточных вод они уничтожают и специфический запах. По составу бактериальная флора септиков представляет собой сочетание анаэробных и аэробных культур. Анаэробные (бескислородные) микроорганизмы осуществляют первичную очистку воды, а аэробные окончательно ее очищают и осветляют.

Если бактериальное равновесие нарушается, человек сталкивается с негативными сторонами такого соседства. Положительные микроорганизмы либо перестают преобладать в сообществе, либо становятся опасными

из-за изменения условий их обитания (температурный режим, появление дополнительных физических или химических факторов).

Человек – достаточно стабильная экосистема с постоянным температурным режимом, физическими процессами и химической средой. Любое нарушение в бактериальном равновесии – это серьезная угроза здоровью.

В цепи взаимосвязей растительных и животных организмов с окружающей средой микроорганизмы, с одной стороны, занимают такое место, благодаря которому живые существа получают пищевые ресурсы, недоступные им непосредственно. С другой стороны, растения, люди и животные представляют одно из звеньев круговорота веществ, являясь резервуаром и источником распространения различных микробов, среди которых есть сапротрофы и патогенные виды, способные вызывать инфекционные заболевания.

Каждый вид микробов в зависимости от конкретной ситуации и взаимосвязей может проявлять себя по-разному и нередко – в диаметрально противоположных ролях. Чтобы понять их обширные и разнообразные функции, необходимо усвоить основы микробиологии.

Краткие выводы

1. Микроорганизмы (бактерии и одноклеточные грибы) играют важнейшую роль в формировании и функционировании биосферы и применяются человеком в биотехнологии. Их использование имеет свои преимущества и недостатки.

2. Положительные стороны:

- очистка объектов окружающей среды (сточные воды, загрязненная почва);
- получение несинтетических антибиотиков, инсулина и других медицинских препаратов;
- снижение затрат при добыче некоторых полезных ископаемых, производстве пластмасс, текстиля и т. д.;
- решение ряда вопросов в сельском хозяйстве и промышленности.

3. Возможные негативные последствия:

- появление штаммов, разрушающих полезные вещества;
- нарушение бактериального равновесия;
- возникновение различных инфекционных заболеваний.



Микроорганизмы, микробы, дисбактериоз, бактериальное выщелачивание, пенициллин, антибиотики, гетеротрофы, автотрофы, ксенобактерии, аэробы, анаэробы, сапротрофы, патогены.

**Знание и понимание:**

1. Объясните, для чего нужны микроорганизмы.
2. Дайте определение терминам: *дисбактериоз*, *бактериальное выщелачивание*, *ксенобактерия*, *сапротрофные* и *патогенные бактерии*.

Применение:

1. Опишите функции различных групп бактерий, применяемых человеком.
2. Определите связь между положительным и негативным значением бактерий и особенностями их жизнедеятельности.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы применение микроорганизмов.
2. Докажите на примерах, какие бактерии способствуют производству удобрений.

Синтез:

1. Напишите эссе «Какие типы бактерий применяются при силосовании кормов».
2. Обоснуйте причины появления опасных для жизни человека бактерий. Приведите примеры.

Оценка:

1. Напишите реферат «Положительные и отрицательные стороны применения микроорганизмов в современном хозяйстве».
2. Считаете ли вы, что бактерии оказывают важнейшее влияние на очистку воды? Ответ аргументируйте.
3. Объясните значение в природе паразитизма. Чем он вызван? Перечислите известных вам бактерий-паразитов.

§52. Значение генной инженерии

Обсудить значение генной инженерии



Что вы знаете о генной инженерии? Каковы риски и преимущества генного редактирования?

Генетическая, или генная, инженерия – совокупность приемов, методов и технологий, используемых при получении *рекомбинантных РНК и ДНК*, выделении генов из организма (клеток), осуществлении манипуляций с генами, введении их в другие организмы и выращивании искусственных организмов после удаления выбранных генов из ДНК.

Генетическая инженерия не является наукой в широком смысле, а только инструментом биотехнологии. При этом используются методы таких

биологических наук, как молекулярная и клеточная биология, генетика, микробиология, вирусология.

Во второй половине XX в. было сделано несколько важных открытий и изобретений, лежащих в основе генной инженерии. Успешно завершились многолетние попытки «прочитать» биологическую информацию, которая «записана» в генах. Эта работа была начата английским биохимиком Фредериком Сенгером и американским биофизиком Уолтером Гилбертом (Нобелевская премия по химии 1980 г.).

Как известно, в генах содержится информация-инструкция для синтеза в организме молекул РНК и белков, в том числе ферментов. Чтобы заставить клетку синтезировать новые, необычные для нее вещества, надо обеспечить синтез соответствующих наборов ферментов. А для этого необходимо или целенаправленно изменить находящиеся в ней гены, или ввести в нее новые, ранее отсутствовавшие (рис. 92). Изменения генов в живых клетках – это мутации. Они происходят под действием мутагенов – химических ядов или излучений. Но такие изменения нельзя контролировать или направлять. Поэтому ученые сосредоточили усилия на попытках разработать методы внедрения в клетку новых, совершенно определенных генов, нужных человеку.



Рис. 92. Манипуляции с генами дают самые неожиданные результаты

Процесс синтеза генов в настоящее время разработан очень хорошо и даже в значительной степени автоматизирован. Существуют специальные аппараты, снабженные ЭВМ, в память которых закладывают программы синтеза различных нуклеотидных последовательностей. Такой аппарат синтезирует отрезки ДНК длиной до 100–120 азотистых оснований (олигонуклеотиды). Специальная техника позволяет использовать для синтеза ДНК, в том числе мутантной, полимеразную цепную реакцию. Термостабильный фермент ДНК-полимераза используется в ней для матричного синтеза ДНК, в качестве затравки которого применяют искусственно синтезированные кусочки нуклеиновой кислоты – олигонуклеотиды.

Наиболее развитая отрасль, где широко применяется генная инженерия, – это промышленная микробиология. Производство практически любого препарата, сырья или вещества в этой отрасли сейчас так или иначе связано с генетической инженерией. Например, можно получить микроорганизмы, синтезирующие витамин В₂ (рибофлавин), используемый

в качестве кормовой добавки в рационах животных. Его производство данным способом эквивалентно строительству 4–5 новых заводов по получению препарата обычным химическим синтезом.

Особенно широкие возможности появляются у генетической инженерии при производстве ферментов-белков – прямых продуктов работы гена. Если ввести в клетку несколько генов этого фермента либо улучшить их работу путем установки перед ними более сильного промотора, можно увеличить производство фермента. Так, продукция фермента β -амилазы в клетке была увеличена в 200 раз, а лигазы – в 500 раз.

В микробиологической промышленности кормовой белок получают обычно из углеводов нефти и газа, древесных отходов. Тонна кормовых дрожжей дает дополнительно до 35 тыс. яиц и 1,5 т куриного мяса. Задача генной инженерии в этой области – улучшение аминокислотного состава кормового белка и его питательности путем введения в дрожжи соответствующих генов.

С генетической инженерией связаны надежды на расширение ассортимента микробиологических удобрений и средств защиты растений, увеличение производства метана из бытовых и сельскохозяйственных отходов. Путем выведения микроорганизмов, более продуктивно разлагающих различные вредные вещества в воде и почве, можно существенно повысить эффективность борьбы с загрязнением окружающей среды.

Рост народонаселения на Земле опережает прирост производства сельскохозяйственной продукции. Следствие этого – хроническое недоедание, а то и просто голод миллионов людей. В настоящее время активно изыскиваются пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Большие надежды возлагаются на генетическую инженерию растений. Только с ее помощью можно радикально расширить границы изменчивости растений в сторону каких-либо полезных свойств, передав им гены от других (возможно, неродственных) растений или даже животных и бактерий.

Можно определять присутствие вирусов в сельскохозяйственных растениях, предсказывать урожайность, получать растения, способные противостоять различным неблагоприятным факторам внешней среды. Сюда относят устойчивость к гербицидам, инсектицидам, засухе, засолению почв, фиксации растениями атмосферного азота и т. п. В довольно длинном перечне свойств, которыми люди хотели бы наделить сельскохозяйственные культуры, не последнее место занимает устойчивость к веществам, применяемым против сорняков и вредных насекомых. К сожалению, эти средства пагубно влияют и на полезные растения. Решение этих вопросов – за генетической инженерией.

Благодаря генетической инженерии переплетаются интересы животноводства и медицины. В случае пересадки корове гена интерферона (лекарственного препарата, очень эффективного в борьбе с рядом заболеваний) из 1 мг сыворотки можно выделить 10 млн ед. интерферона. Аналогичным способом можно получить целый ряд биологически активных соединений. Таким образом, животноводческая ферма, производящая медицинские препараты, – явление не столь уж фантастическое.

С помощью генетической инженерии можно осуществлять и мутационный биосинтез антибиотиков. Суть его сводится к тому, что в результате целенаправленных изменений в гене антибиотика получается не законченный продукт, а некий полуфабрикат. Подставляя к нему те или иные физиологически активные компоненты, можно получить целый набор новых антибиотиков и вакцин.

Уже производятся, проходят клинические испытания или активно разрабатываются следующие препараты: инсулин, гормон роста, интерферон, фактор VIII, целый ряд противовирусных вакцин. Изучаются молекулярно-генетические механизмы возникновения раковых заболеваний. Кроме того, идет становление *генотерапии*, т. е. разрабатываются методы диагностики наследственных заболеваний и пути их лечения.

Следует иметь в виду и то, что все методы изменения наследственности таят в себе и элемент непредсказуемости. Многое зависит от целей проведения таких исследований. Этика науки требует, чтобы основу эксперимента по направленному преобразованию наследственных структур составляло безусловное стремление сохранить и упрочить наследственное достояние полезных видов живых существ. При конструировании генетически новых органических форм должна преследоваться цель повышения продуктивности и резистентности животных, растений и микроорганизмов, являющихся объектами сельского хозяйства, чтобы содействовать укреплению биологических связей в биосфере, оздоровлению внешней среды.

Краткие выводы

1. Генная инженерия имеет свои плюсы и минусы.

2. Плюсы:

- создание новых устойчивых, высокопродуктивных сельскохозяйственных пород животных и сортов растений;
- создание ГМ-организмов, производящих необходимые человеку вещества (ферменты, витамины, инсулин, аминокислоты и т. д.);
- диагностика генетических заболеваний и в перспективе – разработка методов генотерапии, т. е. предотвращение наследственных болезней и их последствий.

3. Минусы:

- создание ГМ-организмов, вред от применения которых превосходит пользу;
- риск случайного создания агрессивных болезнетворных микроорганизмов;
- этические проблемы.



Биотехнология, генная инженерия, рекомбинантные РНК и ДНК, мутагенез, микроорганизмы, генотерапия.



Знание и понимание:

1. Дайте определения терминам: *мутагенез, биотехнология, микроорганизмы.*
2. Объясните, для чего нужна генная инженерия. Приведите примеры.

Применение:

1. Опишите функции кормовых добавок.
2. Назовите причины стремления ученых повысить урожайность и устойчивость к угрозам окружающей среды, в том числе и к заболеваниям многих сельскохозяйственных растений.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы этапы генной инженерии, связанные с производством лекарств.
2. Докажите на примерах, какие полезные функции выполняют выведенные микроорганизмы, используемые человеком.

Синтез:

1. Каковы положительные стороны разработки антибиотиков? Приведите примеры.
2. В чем эволюционный смысл общности генетического кода и генетических механизмов у всех организмов Земли? Какие преимущества и негативные последствия несет такая ситуация?

Оценка:

1. Напишите реферат о перспективах развития биотехнологии в нашей стране.
2. Считаете ли вы, что генная инженерия играет огромную роль в сельском хозяйстве?

§53. Применение полимеразной цепной реакции

Описать значение полимеразной цепной реакции в таксономии, медицине и криминалистике



Что такое реакция полимеризации? Что вы знаете о ферменте ДНК-полимераза?

В настоящее время ДНК-диагностика базируется на *полимеразной цепной реакции* (ПЦР). Этот метод позволяет обнаружить в пробе всего одну молекулу ДНК. Принцип его основан на многократном увеличении числа копий искомого участка ДНК, достаточного для достоверной визуализации. *Аmplification* (от лат. *amplificatio* – усиление, увеличение) нуклеотидной последовательности ДНК катализирует ДНК-полимераза.

Процесс репликации искомого фрагмента ДНК обуславливают ген-специфические *праймеры* – ДНК-олигонуклеотиды, каждый из которых комплементарен одной из двух цепей молекулы ДНК. Праймеры (20–30 нуклеотидных пар) служат затравками для ДНК-полимеразы при синтезе комплементарной цепи ДНК. Длина амплифицируемого участка синтезируемой ДНК ограничена праймерами и обычно составляет несколько сотен. При этом каждая вновь синтезированная цепь ДНК (*амплификон*) служит матрицей для синтеза новой цепи комплементарной ДНК. Для получения достаточного количества копий искомого фрагмента ДНК требуется от 20 до 30 циклов ПЦР, характеризующихся увеличением числа копий специфического фрагмента ДНК. Каждый цикл реакции включает 3 этапа, протекающих в различных температурных режимах.

ПЦР дает возможность существенно ускорять и облегчать диагностику наследственных и вирусных заболеваний. Нужный ген амплифицируют с помощью ПЦР, используя соответствующие праймеры, а затем определяют мутации. Вирусные инфекции можно обнаруживать сразу после заражения, т. е. иногда за недели или месяцы до того, как проявятся симптомы заболевания.

Клонирование генов (не путать с клонированием организмов) – это процесс выделения генов и, в результате генноинженерных манипуляций, получение большого количества продукта данного гена. ПЦР используется для того, чтобы амплифицировать ген, который затем вставляется в *вектор* – фрагмент ДНК, переносающий чужеродный ген в тот же самый или другой, удобный для выращивания, организм. В качестве векторов используют, например, плазмиды или вирусную ДНК. Вставку генов в чужеродный организм обычно используют для получения продукта этого

гена – РНК или, чаще всего, белка. Таким образом в промышленных масштабах получают многие белки для использования в сельском хозяйстве, медицине и др.

Принцип метода полимеразной цепной реакции (ПЦР, Polymerase chain reaction, PCR) был разработан Кэри Мюллісом (фирма «Cetus», США) в 1983 г. Ее открытие стало одним из наиболее выдающихся событий в области молекулярной биологии за последние 20 лет. За разработку ПЦР-анализа К. Мюлліс был удостоен Нобелевской премии в области химии (1993).

Появление метода ПЦР было обусловлено определенными достижениями молекулярной генетики, прежде всего расшифровкой нуклеотидной последовательности геномов ряда микроорганизмов. Надо сказать, что ПЦР стала возможной благодаря открытию уникального фермента *taq-ДНК-полимеразы*, содержащегося у бактерий, обитающих в гейзерах. Особенность этой полимеразы заключается в ее исключительной термостойкости (выдерживает нагревание до температуры кипения без потери активности) и высокой рабочей температуре (оптимум работы +72°C). Простота исполнения и непревзойденные показатели чувствительности и специфичности принесли новому методу небывалую популярность.

За короткое время ПЦР-анализ распространился по всему миру, быстро выйдя из лабораторий научных институтов в сферу практического клинического использования. Диагностика инфекционных заболеваний, в том числе вызванных агентами, трудно поддающимися культивированию, генотипирование микроорганизмов, оценка их вирулентности, определение устойчивости микрофлоры к антибиотикам, генодиагностика и генетическая дактилоскопия, пренатальная (предродовая) диагностика, биологический контроль препаратов крови – вот далеко не полный перечень направлений медицины, где с успехом применяется ПЦР.

Принцип метода ПЦР. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) является универсальным носителем генетической информации у всех существующих на Земле организмов. Она представляет собой двойную нить, скрученную в спираль. Цикл репликации ДНК включает три основные стадии:

- 1) расплетение спирали ДНК и расхождение нитей (денатурация);
- 2) присоединение праймеров;
- 3) достраивание цепи дочерней нити.

В ПЦР эти процессы осуществляются в пробирке в циклическом режиме. Переход от одной стадии реакции к другой достигается изменением температуры инкубационной смеси. При нагревании раствора до 93–95°C

происходит денатурация ДНК. Для перехода к следующему этапу – присоединению или «отжигу» праймеров – инкубационную смесь охлаждают до 50–65°C. Далее смесь нагревают до 70–72°C. Это оптимум работы taq-ДНК-полимеразы. На этой стадии происходит достраивание новой нити ДНК. Далее цикл повторяется снова.

Поскольку наращивание дочерних нитей ДНК должно идти одновременно на обеих цепях материнской ДНК, то для репликации второй цепи также требуется свой праймер. Таким образом, в реакционную смесь вносятся два праймера: один для «+»-цепи, второй для «-»-цепи. Присоединившись к противоположным цепям молекулы ДНК, праймеры ограничивают собой тот ее участок, который в дальнейшем будет многократно удвоен или амплифицирован. Длина такого фрагмента, который называется *ампликоном*, обычно составляет несколько сот нуклеотидов. Разработка праймеров для ПЦР является самым ответственным звеном в создании *диагностикума*. Требуется подобрать такой фрагмент молекулы ДНК, который отличался бы генетической консервативностью и присутствовал только у интересующего вида микроорганизмов или в исследуемом гене (рис. 93).



Рис. 93. Для синтеза ДНК, в том числе мутантной, используется полимеразная цепная реакция – ПЦР

При этом длина такого фрагмента должна составлять 15–30 нуклеотидов. Прodelать эту работу помогают специальные компьютерные программы, использующие информацию о нуклеотидной последовательности известных микроорганизмов или генов человека. Получить подобную информацию можно из международных компьютерных банков данных (Gen bank, EMBL) через сеть Internet. Синтез праймера по заданной последовательности нуклеотидов не представляет технической сложности и осуществляется в автоматических синтезаторах.

Для проведения ПЦР-анализа не требуется выделения и выращивания культуры возбудителя, что занимает много времени. Унифицированный метод обработки биоматериала и *детекции* (обнаружение или выявление) продуктов реакции и автоматизация процесса амплификации дают возможность провести полный анализ за 4–5 ч.

ПЦР-анализ не является панацеей в диагностике и не заменяет существующие методы исследований, а лишь дополняет их. И главное – ПЦР не может заменить интуицию и аналитическое мышление, которыми должен обладать врач, рассчитывающий на успех.

Таким образом, ПЦР используется во многих областях при проведении анализов и научных экспериментов. Широко применяется ПЦР в направленном мутагенезе, для которого используются олигонуклеотиды, не полностью комплементарные матричной ДНК. Находит применение ПЦР и в генетических исследованиях по установлению эволюционного родства среди представителей растительного и животного мира, а также в криминалистике.

Краткие выводы

1. ПЦР-анализ – новый метод, позволяющий провести анализ ДНК по его небольшому фрагменту.

2. *Значение ПЦР (полимеразная цепная реакция) в медицине:* значительно ускоряет и облегчает диагностику наследственных и вирусных заболеваний.

3. *Значение ПЦР в криминалистике:* значительно ускоряет и облегчает анализ на сопоставление ДНК.

4. *Значение ПЦР в таксономии:* позволяет (облегчает и убыстряет процедуру) устанавливать эволюционное родство между представителями растительного и животного мира как ныне живущими, так и вымершими, ДНК которых зачастую повреждено и фрагментарно.



Полимеразная цепная реакция (ПЦР), праймер, амплификация, амплификон, вектор, диагностикум, детекция.



Знание и понимание:

1. Что такое полимеразная цепная реакция?
2. Объясните, почему применение ПЦР стало возможным.

Применение:

Сравните применение ПЦР в установлении отцовства и эволюционного родства между ныне живущими и вымершими организмами.

Анализ:

1. Изобразите в виде схемы все возможные сферы применения ПЦР.
2. Докажите на примерах, что применение ПЦР дало возможность получать новые точные сведения.

Синтез:

1. Порассуждайте: какие еще новые горизонты применения ПЦР вы могли бы предложить?
2. Дайте общее описание процедуры ПЦР-анализа.

Оценка:

1. Напишите реферат на тему «Методика ПЦР и перспективы использования ПЦР-анализов».
2. Считаете ли вы, что применение процедуры ПЦР – самое мощное практическое открытие последних десятилетий? Ответ аргументируйте.

Дискуссия:

Обсудите в классе, какие новые возможности открывает перед человечеством применение ПЦР.

§54. Положительные и отрицательные аспекты использования генетически модифицированных организмов

Обсудить этические вопросы применения генетически модифицированных организмов (ГМО)



Что вы слышали о ГМО?

Генетически модифицированные организмы (трансгены, ГМО) – это бактерии, растения, животные, в ДНК которых были искусственно внедрены гены других организмов. Их объединяют в три группы: генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ), животные (ГМЖ) и растения (ГМР).

Технологию, позволяющую создавать ГМО, часто называют современной биотехнологией. Она имеет большие перспективы в самых разных сферах деятельности человека. Однако при этом, как и любая другая, она должна применяться с осторожностью, и целью ее внедрения не должно являться лишь получение прибыли.

История развития геной инженерии берет свое начало с работ над растениями в 1977 г. Тогда и произошло открытие, позволившее использовать почвенный микроорганизм *Agrobacterium tumefaciens* в качестве орудия введения чужих генов в растения.

В 1987 г. были проведены первые полевые испытания генетически модифицированных сельскохозяйственных растений, устойчивых к вирусным инфекциям. В 1992 г. в Китае начали выращивать табак, который

«не боялся» вредных насекомых. Но массовое производство модифицированных продуктов началось в 1994 г., когда в США появились помидоры сорта Flavr Savr, которые не портились при транспортировке. Это помидоры с отложенным созреванием, которые хранятся до полугода при температуре 14–16°C. Дозревание их происходит в помещениях с комнатной температурой.

1994 г. считается официальным годом рождения ГМ-продуктов. В 1995 г. американская компания-гигант Monsanto запустила на рынок ГМ-сою Roundup Ready. В ДНК растений был внедрен чужеродный ген для повышения способности культуры противостоять сорнякам. В результате сейчас существует стойкая к засухам пшеница, в которую вживили ген скорпиона; помидоры с генами морской камбалы; соя и клубника с генами бактерий и т. д.

Перспективы применения ГМО. Список растений, выращиваемых с применением методов генной инженерии, очень большой. В него входят: яблоня, слива, виноград, капуста, баклажаны, огурцы, пшеница, соя, рис, рожь и другие сельскохозяйственные растения (рис. 94).



Рис. 94. Соя – излюбленный объект генной инженерии

В медицине генная инженерия с успехом применяется уже многие годы. Например, при помощи *трансгенной бактерии* производится инсулин для людей, который спас уже сотни тысяч человеческих жизней. ГМО находятся в закрытом пространстве лаборатории и никак не взаимодействуют с окружающей средой, а конечным продуктом является не сам ГМО (например, бактерия с измененным генетическим кодом), а его производное, т. е. в данном случае – инсулин.

Относительно подобного использования ГМО у большей части общества опасений нет. Но все же наиболее массово эта технология применяется в сельском хозяйстве. Здесь с ГМО (а не с его производными) сталкивается уже большая часть населения. Например, определенные сорта картофеля имеют ген земляной бактерии Bt, который придает ему устойчивость к

колорадскому жуку. Сейчас многие сельскохозяйственные ГМ-культуры выращиваются в открытом грунте и взаимодействуют с окружающей средой.

Современные биотехнологии в зависимости от назначения подразделяются на четыре типа:

- *Красные биотехнологии* – использование ГМО на фабриках по производству лекарственных препаратов.
- *Зеленые биотехнологии* – использование ГМ-растений в сельском и лесном хозяйстве.
- *Белые биотехнологии* – использование ГМО в различных отраслях промышленности.

Существует также термин *голубые биотехнологии*. Он, как правило, применяется при использовании ГМО в водных экосистемах.

Для объективной оценки пользы или вреда, который приносят ГМО человеку, нужно определить положительные и негативные стороны их применения.

Основной источник опасности – несовершенство технологий получения трансгенных организмов. Несмотря на то что геновая инженерия – это современная и достаточно развитая наука, при создании ГМО ученые зачастую действуют вслепую. Вставляя генный фрагмент, они точно не знают, в какой именно участок генома он попадет и как это отразится на его работе. Трансформированная клетка приобретает совершенно новые, не характерные для нее свойства.

В местах выращивания ГМ-растений научно зафиксированы отдельные факты исчезновения целых групп насекомых, возникновение новых мутантных форм сорных растений и насекомых, биологического и химического загрязнения почв и постепенной потери биоразнообразия, особенно в центрах возникновения культурных растений.

Манипуляции с генами могут привести к непредсказуемому увеличению содержания в пище абсолютно новых токсинов; спровоцировать возникновение некоторых заболеваний; вызвать пищевые аллергии.

Ученые Вашингтонского университета вывели сорт ГМ-тополя, который может деструктурировать определенные промышленные яды, отравляющие природную среду, перерабатывая их в безвредные вещества. Лабораторные испытания определили, что генетически модифицированные тополя в 100 раз эффективнее поглощают из почвы трихлорэтилен, нежели обычные.

ГМО помогают решать проблемы обеспечения населения фруктами и овощами, которых остро не хватает, особенно в зимний период. Дан-



Рис. 95. Покупателей должны настораживать идеальные или необычные продукты



Рис. 96. Существуют международные правила, обязывающие поставщиков и продавцов маркировать ГМО-продукты

ные продукты более урожайны, менее подвержены влиянию засухи. Все меньше становится полей, а значит очень важно повышать урожайность на каждом квадратном метре земли.

В развитии рынка трансгенных продуктов биологи также отмечают положительные стороны. И все же, почти у всех культурных растений имеются какие-либо вредители, вынуждающие производителей проводить обработки саженцев и полей порой весьма вредными для человека веществами.

Использование генномодифицированных растений может в некоторой степени нарушить экологическое равновесие в природе. Имеется вероятность того, что естественные растения начнут вымирать, не выдержав конкуренции, что даст изменения в пищевых цепях животных и растений.

Выводы можно будет сделать только спустя 40–50 лет. Проблема ГМО – это существенный вопрос, требующий всестороннего изучения, но многие из фирм-гигантов рынка уже используют данные продукты в имеющемся производстве (рис. 95, 96).

Краткие выводы

1. ГМ-организмы могут быть как полезными, так и вредными; почти или полностью безопасными или, напротив, существенно опасными.
2. Применение ГМ-организмов при производстве пищевых продуктов или в виде лекарственных препаратов должно исследоваться на протяжении 40–50 лет, прежде чем запускаться в массовое производство.



Генетически модифицированный организм (ГМО), трансгенные бактерии, красные, зеленые, белые, голубые биотехнологии.



Знание и понимание:

1. Как вы представляете потенциальный вред от генномодифицированных организмов?
2. Дайте определение терминам: *трансгенные бактерии, красные, зеленые, белые и голубые биотехнологии.*

Применение:

1. Назовите, какие ГМО могут быть безопасными.
2. Объясните значение процесса, позволяющего внедрять в плод помидора гены ядовитого растения. Какие потенциальные выгода и опасность скрываются в таких манипуляциях?

Анализ:

1. Сделайте сравнительный анализ и приведите примеры красных, зеленых, белых и голубых биотехнологий.
2. Изобразите в виде схемы процесс получения генетических модификаций организмов.
3. Выскажите ваше мнение о причинах вреда от применения продукции генной инженерии.

Синтез:

1. При каких научных достижениях будет возможно появление животных с врожденным иммунитетом к конкретным заболеваниям? Перечислите их и дополните своими взглядами. Ответ обоснуйте.
2. Смоделируйте ситуацию. В природе появился опасный для человека вирус. При его наличии в организме происходит деформация нитей веретена деления, в результате человек погибает. Как выяснилось, переносчиком этой болезни являются крысы, но сами они по какой-то причине погибают лишь в 30% случаев. В результате чего делается вывод, что в организмах 70% крыс находится природный антивирус. Скажите, благодаря каким манипуляциям возможно решение этой проблемы с помощью генной инженерии?

Оценка:

Напишите реферат о новейших достижениях в области генной инженерии в нашей стране.

Дискуссия:

Проведите дебаты с резолюцией – *позитив*. «Применение генетически модифицированных организмов **этично**» либо «Применение генетически модифицированных организмов приносит человечеству больше **пользы**, чем вреда»;

негатив: «Применение генетически модифицированных организмов **неэтично**» либо «Применение генетически модифицированных организмов **не** приносит человечеству **пользы** больше, чем вреда».

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1

Влияние различных условий (температура, pH) на структуру белков

Цель: выявить влияние различных условий на структуру белковых молекул.

Оборудование и материалы: 1) набор пробирок; 2) концентрированная щелочь; 3) концентрированная кислота; 4) крахмал; 5) термостат; 6) горелка; 7) раствор йода (аптечный).

Ход работы

1. Заполните 5 пробирок слюной (частично).
2. Первую пробирку оставьте без изменений, поместив в термостат с температурой 37–40°C.
3. Вторую пробирку нагрейте на открытом огне до кипения, после чего поставьте остывать в штативе.
4. В третью пробирку прилейте несколько капель концентрированной щелочи (можно сухой концентрированный NaOH или KOH) и перемешайте содержимое стеклянной палочкой.
5. В четвертую пробирку прилейте несколько капель концентрированной кислоты (можно в 2 разные пробирки разные кислоты, например уксусную и азотную) и перемешайте содержимое стеклянной палочкой.
6. Добавьте в каждую пробирку смешанный с небольшим количеством воды крахмал, помешайте и поместите все пробирки в термостат на 3–5 мин.
7. Добавьте в пробирки йод. Проведите йодную пробу, наблюдайте.
8. Результаты опытов занесите в таблицу.

Условия воздействия на белки слюны	Пробирки				
	Слюна без изменений	Воздействие температуры (кипячение)	Воздействие щелочи	Воздействие кислоты №1	Воздействие кислоты №2 (если использ.)
Цвет после воздействия йода					

9. Объясните полученные результаты. Сделайте выводы об изменении структуры белка слюны (амилаза) и, соответственно, его физиологической активности.

Лабораторная работа №2

Определение содержания белков в биологических объектах

Цель: определить содержание белков в биологических объектах.

Оборудование и материалы: 1) набор пробирок; 2) яичный белок; 3) желатин (раствор); 4) казеин (раствор); 5) раствор сахарозы; 6) реактивы: 10% -ный раствор гидроксида натрия; 1% -ный раствор сульфата меди.

Ход работы

1. Поместите в пять пробирок: 1) воду; 2) яичный белок; 3) раствор желатина; 4) раствор казеина; 5) раствор сахарозы.

2. Прилейте в каждую пробирку по 2 мл 10% -ного раствора гидроксида натрия и по 5–6 капель раствора сульфата меди с массовой долей 1 %.

3. Содержимое каждой пробирки перемешайте стеклянной палочкой.

4. Оставьте все пробирки при комнатной температуре на 10 мин для развития окраски.

Если окрашивания не произошло, реакции можно усилить путем добавления в растворы 1 мл раствора щелочи с массовой долей сульфата меди 1%.

Данные наблюдений занесите в таблицу.

Исследуемые образцы	Наличие окраски	Интенсивность окраски	Особенности окраски	Выводы о содержании белков
Вода				
Казеин				
Яичный белок				
Желатин				
Сахароза				

Учтите, что интенсивность окраски зависит от количества белка в растворе. Это позволяет использовать данную реакцию при количественном определении белка. Цвет окрашенных растворов зависит от длины полипептидной цепи. Белки дают сине-фиолетовое окрашивание; продукты их гидролиза (поли- и олигопептиды) – красную или розовую окраску.

5. Сделайте выводы о содержании белков в исследуемых образцах.

Лабораторная работа №3

Влияние различных факторов на мембрану клеток

Цель: выявить влияние различных условий на состояние мембраны клеток.

Оборудование и материалы: 1) набор пробирок (6 шт.); 2) концентрированная щелочь; 3) концентрированная кислота; 4) концентрированный 70–80% -ный солевой раствор; 5) горелка; 6) дистиллированная вода; 7) физиологический раствор (NaCl 0,9% -ной концентрации). Цельная кровь животных или образцы крови человека.

Ход работы

1. Разлейте по пробиркам физраствор – 1/4 пробирки, препарат крови – 1/4 пробирки.

2. Микроскопируйте препарат крови. Обратите внимание на состояние клеток.

3. Одну из пробирок оставьте без изменений.

4. Вторую пробирку прокалите на огне до кипения.

Последовательно прилейте на 1/3 объема в каждую из оставшихся четырех пробирок:

концентрированную щелочь;

концентрированную кислоту (серная);

концентрированный солевой раствор NaCl (70–80% -ной концентрации);

дистиллированную воду.

5. Дайте отстояться 7–10 мин содержимому пробирок, обеспечив взаимодействие с клетками крови.

6. Микроскопируйте содержимое каждой пробирки. Данные занесите в таблицу.

Воздействие	Форма и размеры клеток	Цвет	Произошедшие изменения	Выводы
Исходное состояние				
Физраствор				
Концентрированная щелочь				
Концентрированная кислота				
Концентрированный солевой раствор				
Дистиллированная вода				

7. Объясните полученные результаты. Сделайте выводы о влиянии различных условий на состояние клеток и их мембран.

Докажите, что изменения формы и размеров клеток под воздействием внешних факторов не могло произойти без изменения состояния мембран.

Лабораторная работа №4

Определение отношения величины площади поверхности к объему клетки

Цель: научиться рассчитывать значение отношения величины реагируемой площади поверхности к объему клетки на примере эритроцитов. Выявить зависимость соотношения площади поверхности к объему от формы и размеров клетки.

Оборудование и материалы: 1) учебник; 2) циркуль или готовальня; 3) калькулятор.

Ход работы

1. Ознакомьтесь с информацией.

Отношение площади поверхности к объему зависит от разных факторов. Учеными изучено изменение соотношения площади поверхности и объема эритроцитов в зависимости от их размеров. Известно, что средний объем эритроцитов составляет 87 мкм^3 , а его площадь $120\text{--}130 \text{ мкм}^2$. Проходя по капиллярам, эритроциты часто из округлых становятся все более эллипсоидными, а могут и вообще принять вид гантели. При некоторых видах патологий (анемий) встречаются так называемые мелкие эритроциты (микроцитоз) либо слишком крупные (мегацитоз).

2. Рассмотрите несколько значений соотношения площади поверхности и объема эритроцитов.

S поверхности эритроцита	V эритроцита	Соотношение S/V	Выводы о поверхности соприкосновения (насыщения газами)
87	127		
80	120		
70	110		
97	140		

3. Сделайте обоснованный вывод, как изменение размеров клеток может отразиться на их свойствах.

Лабораторная работа №5

Изучение модификационной изменчивости,
построение вариационного ряда и вариационной кривой

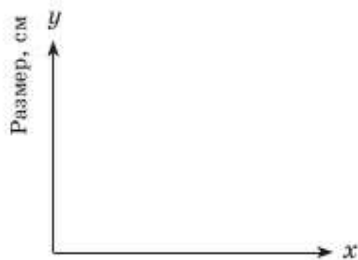
Цель: выявить явление как наследственной, так и ненаследственной изменчивости. Научиться строить вариационный ряд и вариационную кривую.

Оборудование и материалы: 1) листья, взятые с ветки одного дерева; 2) листья лавровишни (не менее 100 шт.).

Предварительное измерение листьев лавровишни необходимо организовать дома, а полученные данные занести в тетради.

Ход работы

1. Измерьте имеющиеся листья растений; запишите их данные в таблицу в порядке возрастания (№1 – самый мелкий, №25 – самый крупный).



№ листа	1	2	3	4	...	25
Размер, см						

2. Постройте *вариационный ряд*. Используя данные, отложите каждый лист в виде точки на графике; где ось y указывает размер, а ось x – порядковый номер листа по мере возрастания.

3. Составьте таблицу и график для листьев лавровишни с той разницей, что листья одинаковых размеров группируются и записывается их число.

4. Постройте *вариационную кривую*, отложив на оси x не порядковый номер, а размер листьев, а на оси y – количество особей, обладающих данным признаком.

Сделайте письменный вывод о причинах отличия графиков.

– Почему график выглядит таким образом?

– Каким показателем обладало наибольшее количество особей?

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ¹

А

Австралопитеки – ископаемые высшие человекообразные приматы. Жили 4–1 млн лет назад.

Автолиз – самопереваривание тканей, клеток или их частей под действием собственных ферментов у животных, растений и микроорганизмов.

Автоматия сердца – способность автоматически, т. е. без участия ЦНС, генерировать распространяющиеся импульсы.

Автотрофы – организмы, использующие для построения своего тела CO_2 в качестве единственного или главного источника углерода и обладающие как системой ферментов для ассимиляции CO_2 , так и способностью синтезировать все компоненты клетки.

Автохтоны – аборигены; организмы, обитающие в данной местности со времени своего становления.

Агглютинация – склеивание и выпадение в осадок (из гомогенной взвеси) микробов, эритроцитов и других клеточных элементов.

Адаптация – процесс привыкания.

Аденозиндифосфат (АДФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и двух остатков фосфорной кислоты.

Аденозинмонофосфат (АМФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и одного остатка фосфорной кислоты.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты.

Адреналин – гормон мозгового слоя надпочечников.

Азотфиксация – усвоение молекулярного азота воздуха азотфиксирующими бактериями с образованием соединений азота, доступных для других организмов.

Актин – белок мышечных волокон.

Аллелизм, аллеломорфизм – явление парности, или множественности, генов того или иного признака, привносимых каждым из родителей.

Аллель – вариант гена, контролирующий одно из проявлений признака.

Альтернативный – допускающий одну из двух или нескольких возможностей.

Аминокислоты – органические кислоты; основной элемент построения растительных и животных белков.

Амитоз – прямое деление клетки путем перетяжки без образования хромосом, вне митотического цикла.

Амфотерность (от греч. *amphoterous* – и тот, и другой) – способность некоторых веществ в зависимости от условий проявлять либо кислотные, либо основные свойства.

Анаболизм – совокупность реакций обмена веществ в организме, соответствующих ассимиляции.

Анализирующее скрещивание – скрещивание гибридной особи с особью, гомозиготной по рецессивным аллелям, т. е. «анализатором».

¹ Подготовлен в русской редакции издательства «Атамұра».

Анаэробы – организмы, живущие при отсутствии кислорода.

Андрогенез – форма размножения организмов, при которой в развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцо сперматозоидом, а женское – не участвует.

Анеуплоидия – явление, при котором клетки организма содержат измененное число хромосом, не кратное гаплоидному набору.

Антибиотики – органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать или подавлять развитие других микроорганизмов.

Антигены – вещества, воспринимающиеся организмом как чужеродные и вызывающие специфическую иммунную реакцию.

Антитела – глобулярные белки, специфически связывающиеся с чужеродными веществами (антигенами) и обеспечивающие иммунитет.

Антропогенез – происхождение человека, становление его как вида в процессе формирования общества – социогенеза.

Антропология – наука о человеке.

Ареал вида – территория, на которой обитают представители данного вида.

Ароморфоз – возникновение в ходе эволюции признаков, которые существенно повышают сложность уровня организации живых организмов.

Архантропы – собирательное название ископаемых людей, рассматриваемых как древнейшие представители человеческого рода.

Аутосомы – неполовые хромосомы, одинаковые у обоих полов.

Аутбридинг – скрещивание неродственных форм одного вида.

Аэробы – организмы, способные жить и развиваться только при наличии в среде свободного кислорода.

Б

Бактерии – микроорганизмы с прокариотным типом строения клетки.

Бактериофаги – вирусы бактерий.

Бациллы – любые бактерии палочковидной формы.

Бесполое размножение – различные способы размножения организмов, характеризующиеся отсутствием полового процесса и осуществляемые без участия половых клеток.

Бивалент – пара гомологичных хромосом, соединенных между собой в мейозе.

Биомеханика – раздел биологии, изучающий механические свойства тканей, органов и организма в целом и происходящие в них механические явления.

Биосинтез – образование органических веществ из более простых соединений, происходящее в живых организмах под действием биокатализаторов – ферментов.

Биотехнология – использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

Бластомеры – клетки, образующиеся в результате дробления яйца у многоклеточных животных.

Бластула – зародыш многоклеточных животных в период *бластуляции*.

Бластуляция – заключительная фаза периода дробления яйца у многоклеточных животных. Зародыш в этот период называется *бластулой*.

Бластоцель – полость, заполненная жидкостью, внутри *бластулы*.

Борьба за существование – совокупность отношений между особями и различными факторами внешней среды.

В

Вегетативное размножение – вид бесполого размножения; размножение с помощью отделения части тела взрослого организма (черенки, почки) или с помощью видоизмененных частей организма (клубни, луковицы, корневища).

Вектор – в генной инженерии искусственная генетическая конструкция для переноса генетической информации в чужеродную клетку; в качестве вектора используются плазмиды бактерий, вирусы.

Веретено деления – система микротрубочек в делящейся клетке, обеспечивающая расхождение хромосом в митозе и мейозе.

Видообразование – процесс возникновения видов посредством разветвления предковой филогенетической линии на несколько новых.

Включения клетки – компоненты цитоплазмы, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена или конечных его продуктов.

Г

Газообмен – совокупность процессов обмена газов между организмом и окружающей средой.

Гамета – репродуктивная клетка животных и растений.

Гаметогенез – развитие половых клеток (гамет).

Гаплоидный – имеющий один набор хромосом (*n*).

Гаструла – зародыш многоклеточных животных в период *гастрюляции*.

Гастрюляция – процесс обособления двух первичных зародышевых листков: наружного (*эктодермы*) и внутреннего (*энтодермы*) у зародышей всех многоклеточных животных.

Гемодиализ – метод лечения острой и хронической почечной недостаточности с помощью искусственной почки.

Ген – элементарная единица наследственности; участок ДНК, кодирующий одну полипептидную цепь или одну молекулу РНК.

Генетика – наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Генетическая инженерия, генная инженерия – методы молекулярной биологии и генетики, связанные с целенаправленным созданием не существующих в природе сочетаний генов.

Генетический код – свойственная живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов.

Геном – совокупность молекул ДНК гаплоидного набора хромосом; полный набор генов определенного вида организмов.

Генотип – совокупность аллелей гена или группы генов, контролирующих анализируемый признак у данного организма.

Генофонд – совокупность генов, которые имеются у особей данной популяции, группы популяций или вида.

Гетерогаметность – характеристика организма или группы организмов, имеющих в своем хромосомном наборе одну половую хромосому (тип XO) или пару различающихся половых хромосом (X и Y) и вследствие этого образующих разные гаметы.

Гетерозигота – организм или клетка, у которых гомологичные хромосомы несут различные аллели того или иного гена.

Гетерозис – превосходство гибридов по ряду признаков и свойств над родительскими формами.

Гетеротрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода органические вещества.

Гибрид – организм, полученный в результате объединения отличающихся друг от друга геномов.

Гибридизация – процесс образования или получения гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке.

Гликолипиды – липиды, содержащие углеводный фрагмент.

Гликопротеиды – сложные белки, содержащие углеводы.

Гомеостаз – способность биологических систем поддерживать постоянство своего состава и свойств.

Гомозигота – диплоидная или полиплоидная клетка или организм, у которых гомологичные хромосомы несут идентичные аллели одного гена.

Гомологичные хромосомы – пара хромосом диплоидной клетки, содержащих одинаковый набор генов и имеющих одинаковую морфологию.

Гомология – сходство между представителями разных видов, обусловленное общностью их происхождения.

Гормоны – биологически активные вещества, синтезируемые специализированными клетками и оказывающие целенаправленное действие на другие органы и ткани.

Д

Двойное оплодотворение – тип полового процесса, свойственный только цветковым растениям.

Дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК – одна из нуклеиновых кислот, биополимер.

Деление – форма размножения некоторых организмов и многих клеток, входящих в состав тела многоклеточных.

Делеция – тип хромосомной перестройки, в результате которой выпадает участок генетического материала.

Денатурация белков (от лат. *denaturare* – лишать природных свойств) – утрата природной конфигурации молекулами белков, нуклеиновых кислот и др. биополимеров в результате нагревания, химической обработки и т. п.

Детрит – мелкие органические частицы (остатки разложившихся организмов вместе с бактериями), осевшие на дно водоема или взвешенные в толще воды.

Дефишенс – концевые нехватки хромосом.

Диализ – освобождение коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных веществ от растворенных в них солей и других низкомолекулярных веществ.

Диарея, понос – частые и жидкие испражнения, обусловленные расстройствами функции кишечника.

Дивергенция – расхождение признаков у родственных видов за счет приспособления к разным условиям среды.

Диплоидный – имеющий двойной набор хромосом ($2n$).

Дискретный – состоящий из отдельных частиц.

Дифференцировка – возникновение различий между однородными клетками и тканями, изменения их в ходе развития особи, приводящие к формированию специализированных клеток, органов и тканей.

Диффузия – проникновение молекул одного вещества в другое при их непосредственном соприкосновении или через пористую перегородку.

Доминантность – участие только одного аллеля в определении признака у гетерозиготной особи.

Дрейф генов – случайные ненаправленные изменения частоты генов в популяциях ограниченного размера.

Дробление – последовательные митотические деления оплодотворенной яйцеклетки (или неоплодотворенной яйцеклетки при партеногенезе).

Дыхание – одна из основных жизненных функций, совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 , использование его в окислительно-восстановительных процессах, а также удаление из организма CO_2 и некоторых других соединений, являющихся конечными продуктами обмена веществ.

Е

Естественный отбор – основной движущий фактор эволюции организмов.

Ж

Железобактерии – организмы, способные отлагать окисное железо на поверхности клеток.

Жизненный цикл – совокупность всех фаз развития, пройдя которые, обычно начиная от зиготы, организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению.

Жирные кислоты – одноосновные карбоновые кислоты алифатического ряда.

Жиры – триглицериды, полные сложные эфиры глицерина и одноосновных неразветвленных высших жирных кислот с четным количеством атомов углерода.

З

Зародыш – организм в ранний период развития от оплодотворения яйца до выхода из оболочек или рождения.

Зародышевое сходство – на ранних стадиях эмбриогенеза представители разных групп организмов обычно более сходны друг с другом, чем взрослые особи.

Зародышевый мешок – центральная часть семязачатка цветковых растений, в которой развивается яйцеклетка и происходит двойное оплодотворение.

Зигота – клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола; оплодотворенное яйцо.

И

Идиоадаптация – частное приспособление к местным условиям среды.

Изменчивость – свойство живых организмов существовать в различных формах.

Изоляция – исключение или затруднение свободного скрещивания между особями одного вида, ведущее к обособлению внутривидовых групп и новых видов.

Иммунитет – способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.

Интерфаза – стадия клеточного цикла между двумя делениями.

Интерферон – белок, образующийся в клетках организмов при вирусных инфекциях.

Инtron – участок гена, не несущий информации о первичной структуре белка. Расположен между кодирующими участками – *экзонами*.

Искусственный отбор – выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении особей животных и растений данного вида, породы или сорта для получения от них потомства с желательными свойствами.

К

Кардиограмма – графическая запись движений грудной клетки, полученная при регистрации сердечных толчков.

Кариограмма – графическое изображение *кариотипа*.

Кариокинез – деление клеточного ядра, устаревший синоним *митоза*.

Кариотип – совокупность признаков хромосомного набора, характерных для того или иного вида.

Карты хромосом – схемы порядка расположения и относительных расстояний между генами определенных хромосом.

Катализатор (от греч. *katalysis* – разрушение) – вещество, изменяющее скорость химической реакции или возбуждающее химическую реакцию.

Кладограмма – графическое изображение отношений сестринского родства между таксонами.

Клеточный цикл – жизнь клетки от одного митотического деления до другого.

Клон – совокупность клеток или особей, происходящих от одного предка путем бесполого размножения.

Клонирование – образование идентичных потомков (клонов) путем бесполого размножения.

Кодоминантность – участие обоих аллелей в определении признака у гетерозиготной особи.

Кодон, триплет – последовательность трех нуклеотидов, кодирующая включение в синтезируемый белок строго определенной аминокислоты.

Комплементарность – взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающее их взаимодействие: спаривание двух нитей ДНК, соединение фермента с субстратом, антигена с антителом. Комплементарные структуры подходят друг к другу как ключ к замку, например азотистые основания в молекуле ДНК.

Конвергенция – независимое развитие сходных признаков у неродственных видов вследствие приспособления к сходным условиям среды.

Л

Лейкемия, белокровие, лейкоз (от греч. *leukós* – белый) – заболевание кроветворной системы, характеризующееся увеличением числа лейкоцитов и др.

Лизис – разрушение, растворение клеток под действием ферментов, содержащихся в лизосомах, или других агентов, обладающих растворяющим действием.

Липиды – жиры и жироподобные вещества, входящие в состав биологических мембран. Все липиды гидрофобны и плохо растворимы в воде.

М

Мезодерма – средний зародышевый листок у большинства многоклеточных животных.

Мейоз – особый способ деления клеток, в результате которого происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в дочерних клетках.

Метаболизм – то же, что обмен веществ.

Механорецепторы – чувствительные нервные окончания, воспринимающие механические раздражения извне или во внутренних органах.

Микроорганизмы – мельчайшие, преимущественно одноклеточные организмы, видимые только в микроскоп: бактерии, микроскопические грибы и водоросли, простейшие.

Миозин – белок мышечных волокон.

Миофибриллы – сократимые волокна в цитоплазме сердечной и поперечнополосатых мышц.

Митоз, непрямоe деление – основной способ деления эукариотных клеток.

Модификация – ненаследственное изменение.

Мутаген – физический или химический фактор, увеличивающий частоту мутаций.

Мутагенез – искусственное получение *мутаций* с помощью физических или химических *мутагенов*.

Мутант – наследственно измененная в результате *мутации* форма организма.

Мутация – наследуемые изменения генетического материала.

Н

Наследственность – свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями.

Незаменимые аминокислоты – не синтезируются в организме животных и человека или синтезируются в недостаточном количестве и должны поступать с пищей.

Незаменимые жирные кислоты – ненасыщенные жирные кислоты, необходимые для роста и развития млекопитающих.

Неоантроп – обобщенное название людей современного вида – *Homo sapiens*, ископаемых и ныне живущих.

Неотения – способность некоторых земноводных и ряда беспозвоночных (ракообразные, паукообразные, насекомые) достигать половой зрелости и размножаться на личиночной стадии развития.

Нуклеиновые кислоты, полинуклеотиды – фосфорсодержащие биополимеры, имеющие универсальное распространение в живой природе.

Нуклеонид – ДНК-содержащая зона клетки прокариот.

Нуклеопротеиды – сложные комплексы нуклеиновых кислот с белками.

Нуклеотиды – органические вещества, состоящие из пуринового или пиримидинового основания, углерода и одного или нескольких остатков фосфорной кислоты.

О

Овуляция (от лат. *ovulum* – яичко) – выход зрелых яйцеклеток (ооцитов) у млекопитающих из яичника в полость тела.

Олиготрофы – организмы (растения, микроорганизмы), развивающиеся в среде с низкой концентрацией питательных веществ.

Онкогенез (от греч. *ónkos* – опухоль и *génesis* – происхождение, возникновение) – процесс превращения нормальных клеток, ткани в опухолевые.

Онкогены – гены, обуславливающие превращение (трансформацию) нормальных клеток в злокачественные.

Онтогенез – индивидуальное развитие особи.

Оогенез (от греч. *óōn* – яйцо и ... генез) – совокупность последовательных процессов развития женской половой клетки от первичной половой клетки до зрелого яйца. Включает периоды размножения, роста и созревания.

Ооцит – женская половая клетка животных в периоды ее роста и созревания.

Оперон – единица транскрипции у прокариот, содержащая один или несколько генов, которые кодируют белки, принимающие участие в одной биохимической цепи реакций.

Органогенез – образование зачатков органов и их дифференцировка в ходе онто- или филогенеза многоклеточных организмов.

Органоиды – постоянные клеточные структуры, обеспечивающие выполнение специфических функций в процессе жизнедеятельности клеток: *немембранные, одномембранные и двумембранные*.

П

Палеоантропы – обобщенное название ископаемых людей, которых рассматривают как вторую стадию эволюции человека, следующую за архантропами и предшествующую неантропам.

Пенетрантность – частота проявления аллеля определенного гена у разных особей родственной группы организмов.

Перекрест – обмен идентичными участками гомологичных хромосом во время профазы мейоза.

Плазмиды – внехромосомные молекулы ДНК, не являющиеся жизненно необходимыми для клетки.

Полимеразы – ферменты, катализирующие образование макромолекул из низкомолекулярных веществ.

Полимерия – один из типов взаимодействия генов, при котором степень развития одного и того же признака обусловлена влиянием ряда так называемых полимерных генов (проявляющихся сходным образом).

Полимеры – вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев.

Полিপloidия – кратное увеличение числа хромосом.

Полисахариды, гликаны – высокомолекулярные углеводы; *полимеры*, мономерами которых являются простые сахара.

Почкование – способ бесполого размножения, при котором на материнском организме образуется вырост – почка. Из почки развивается новая особь.

Природные ресурсы (естественные ресурсы) – компоненты природы, используемые человеком: минеральные, земельные, климатические, водные, биологические ресурсы и др.

Промотор – узнаваемый РНК-полимеразой участок ДНК, с которого начинается синтез любой РНК.

Р

Радионуклиды – радиоактивные ядра и атомы.

Регенерация – восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей, а также восстановление целого организма из его части.

Регулярные гены – участки ДНК, специфически включающие или выключающие транскрипцию структурных генов в разных органах и тканях, на разных стадиях развития организма.

Редукция – недоразвитие или полное исчезновение органа, который был нормально развит у предковых форм или на более ранних стадиях онтогенеза.

Рекомбинация – перераспределение родительского генетического материала в потомстве в результате перекреста и расхождения гомологичных хромосом в мейозе.

Ренатурация – обратный переход молекулы биополимера из денатурированного состояния в биологически активное.

Репликация – процесс самовоспроизведения макромолекул нуклеиновых кислот, обеспечивающий точное копирование генетической информации и ее передачу от поколения к поколению.

Рецессивность – отсутствие фенотипического проявления одного аллеля у гетерозиготной особи.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) – нуклеиновые кислоты, содержащие в качестве углеводного компонента рибозу, а в качестве азотистых оснований – аденин, гуанин, урацил, цитозин, а также их модифицированные производные.

Робототехника – автоматические программно-управляемые системы, применяемые в технологических процессах и позволяющие создавать безлюдные технологии.

С

Саркомер – повторяющийся участок миофибриллы мышечного волокна, основная структурная единица *миофибрилл*.

Селекция – наука о методах создания сортов и гибридов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками.

Синантроп – древний тип ископаемого человека, близкий к питекантропу; остатки найдены в Китае.

Синапсы – специализированные функциональные контакты между возбудимыми клетками, служащие для передачи и преобразования нервных импульсов.

Скорость ежегодного прироста – ежегодный прирост, отнесенный к численности населения и выраженный в процентах.

Споры – специализированные клетки некоторых растений и грибов, служащие для бесполого размножения.

Старение – закономерный разрушительный процесс возрастных изменений организма, ведущий к снижению его адаптационных возможностей, увеличению вероятности смерти.

Стволовые клетки – родоначальные клетки в органах и тканях животных; способны размножаться, заменяя погибшие или поврежденные клетки.

Структурные гены – гены, в которых закодированы белки.

Сцепление генов – явление, в основе которого лежит локализация генов в одной хромосоме.

Т

Таксон – группировка организмов, принятая в систематике (например вид, род, семейство).

Терминатор – участок ДНК, на котором завершается синтез любой РНК.

Токсины – ядовитые вещества, образуемые некоторыми микроорганизмами, растениями и животными.

Трансгенез – внесение чужеродной или измененной генетической информации в геном животных, растений или микроорганизмов.

Транзиция – мутация, обусловленная заменой азотистого основания в молекуле нуклеиновой кислоты.

Транскрипция – биосинтез РНК на соответствующих участках ДНК.

Трансляция – биосинтез полипептидных цепей белков по матрице иРНК согласно генетическому коду.

Трансплантация – пересадка тканей или органов.

Трансформизм – система представлений об изменяемости видов.

Трисомия – наличие дополнительной гомологичной хромосомы.

У

Углеводы – сахара, компоненты всех без исключения живых организмов.

Уотсона–Крика модель – двойная спираль, структурная модель ДНК, согласно которой молекула ДНК состоит из двух цепей, образующих правильную правозакрученную переплетенную спираль.

Ф

Фенотип – совокупность всех признаков организма.

Ферменты – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов.

Филогенетическое древо – родословное древо, графическое изображение хода филогенеза и родственных связей разных групп организмов.

Фосфолипиды – сложные липиды, в молекулах которых присутствует остаток фосфорной кислоты.

Фосфопротеиды – сложные белки, содержащие остатки фосфорной кислоты.

Фосфорилирование – введение в органическое соединение остатка какой-либо фосфорной кислоты.

Х

Хемосинтез – тип питания бактерий, основанный на усвоении CO_2 за счет окисления неорганических соединений.

Хлорофиллы – зеленые пигменты растений, с помощью которых они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез.

Холестерин – вещество из группы стерина. Его избыток в организме человека приводит к образованию желчных камней, отложению холестерина на стенках сосудов и другим нарушениям обмена.

Хроматида – половина хромосомы после удвоения ДНК; одна хроматида содержит одну молекулу ДНК.

Хромосомные aberrации – хромосомные перестройки, тип мутаций, которые изменяют структуру хромосом.

Хромосомный набор – совокупность хромосом, заключенных в каждой клетке организма.

Хромосомы – немембранные органоиды клеточного ядра, состоящие из ДНК и упаковочных белков и являющиеся носителями генетической информации.

Ц

Целлюлаза – фермент класса гидролаз.

Целлюлоза, клетчатка – основной опорный полисахарид клеточных стенок растений, один из самых распространенных природных полимеров.

Центромера – участок хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления во время митоза и мейоза.

Цианобактерии – группа фототрофных прокариотных организмов, традиционно называемых синезелеными водорослями.

Цитогенетика – область генетики, изучающая закономерности наследственности и изменчивости на уровне клетки и субклеточных структур (главным образом хромосом).

Ч

Человекообразные обезьяны, гоминиды, антропоиды – надсемейство узконосых обезьян; объединяет 3 семейства: гиббоновые, понгиды, гоминиды.

Человекоподобные приматы, высшие приматы, антропоиды, обезьяны – подотряд приматов.

Чистая линия – потомки одной особи, размножающейся с помощью самоопыления (самооплодотворения), гомозиготные по большинству генов.

Ш

Штамм – чистая культура микроорганизма, выделенного из определенного источника или полученного в результате мутаций.

Э

Эволюция – необратимый процесс исторического изменения живого.

Экзон – участок гена (ДНК) эукариот, несущий генетическую информацию.

Эктодерма – наружный зародышевый листок у многоклеточных животных.

Энтодерма – внутренний зародышевый листок у многоклеточных животных.

Эон – наиболее крупное геохронологическое подразделение, объединяющее несколько геологических эр.

Эпистаз – один из типов взаимодействия генов, при котором аллели одного гена подавляют проявление аллелей других генов.

Эра – геологическое время, в течение которого образовались горные породы, составляющие геологическую группу; подразделяется на периоды.

Я

Явантроп – ископаемый человек, остатки которого были обнаружены на о. Ява.

Ядерная оболочка – структура, отграничивающая ядро клеток эукариот от цитоплазмы.

Список рекомендуемой литературы

1. Азбука природы. Более 1000 вопросов и ответов о нашей планете, ее растительности и животном мире. – М., 1997.
2. Байтенов М. С. Флора Казахстана. В 2-х томах. Иллюстрированный определитель семейств и родов. – Алматы, 1999.
3. Биологический энциклопедический словарь. – М., 1986.
4. Биология. Энциклопедия для детей. Т. 2. – Аванта+. – М., 1999.
5. Большая энциклопедия животного мира. – М., 2004.
6. Брушко З. К., Джумалиев М. К., Дуйсебаева Т. Н., Мамилев Н. Ш., Митрофанов В. П., Тимирханов С. Р., Хромов В. А., Чирикова М. А. Рыбы. Земноводные. Пресмыкающиеся. Школьная энциклопедия. Животные Казахстана. – Алматы, 2011.
7. Естествознание. Энциклопедический словарь. – М., 2002.
8. Жизнь животных. В 6-ти томах. – М., 1968.
9. Жизнь растений. В 6-ти томах. – М., 1974.
10. Заповедники и национальные парки Казахстана. – Алматы, 2006.
11. Казенас В. Л., Чильдебаев М. К., Николаев Г. В., Жданко А. Б., Митяев И. Д., Джанокмен К. А., Кашеев В. А., Есенбекова П. А., Кадырбеков Р. Х., Яценко Р. В., Златанов Б. В. Насекомые. Школьная энциклопедия. Животные Казахстана. – Алматы, 2010.
12. Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А. Птицы. Школьная энциклопедия. Животные Казахстана. – Алматы, 2006.
13. Ковшарь А. Ф., Байдавлетов Р. Ж., Бекенов А. Б., Грачев Ю. А., Касабеков Б. Б., Кашкаров Р. Д., Ковшарь В. А., Шаймарданов Р. Т. Млекопитающие. Школьная энциклопедия. Животные Казахстана. – Алматы, 2008.
14. Красная книга Казахстана. Том 1. Животные. Часть 1. Позвоночные. Изд. 3-е. – Алматы, 1996.
15. Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия Республики Казахстан. Кокшетау, 1999.
16. Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. 2004.
17. Орловская Э. Р. Первый палеонтологический заповедник СССР. – Алматы, 1996.
18. По страницам Красной книги Казахстана. Позвоночные животные. – Алматы, 2004.
19. Растительный мир Казахстана. Иллюстрированная энциклопедия. – Алматы, 2004.
20. Удивительный мир беспозвоночных. По страницам Красной книги Казахстана. – Алматы, 2005.
21. Экология. Энциклопедия для детей. Т. 19. – Аванта+. – М., 2005.

Сайты тестовых заданий

Электронные ресурсы для учащихся

<http://www.testent.ru/tests/> – Сайты по всем предметам, не только по биологии.

<http://biouroki.ru/test/> – Предлагаемые тесты разделены по темам: ботаника, зоология, анатомия, общая биология, развивающие, природоведение и экология. Программа сразу оповещает о допущенной ошибке и предлагает правильный вариант ответа с подробным объяснением.

http://www.moeobrazovanie.ru/online_test/biologiya – Быстрые тесты по 20 вопросов. Здесь имеется конструктор теста, т. е. учащиеся могут подготовиться по какой-то отдельной теме с 8 по 11 класс, выбрав и уровень сложности, и количество вопросов. При совершении ошибки программа автоматически оповещает об этом. Этот сайт идеально подходит для учащихся, которые планируют поступать в российские вузы.

http://bono-esse.ru/blizzard/A/biolog_test.html – Предлагаемые тесты включают вопросы по общей биологии, ботанике, зоологии, анатомии, физиологии и гигиене человека, основам генетики, экологии и биосфере. Тест по биологии состоит из 10 вопросов, произвольно выбранных из базы.

<http://onlinetestpad.com/ru-ru/Section/Biology-8/Default.aspx> – Категория содержит различные тесты по биологии, тесты для подготовки к ЕГЭ и мн. др. После прохождения теста вы увидите правильные ответы.

Биологический словарь: **bio=slovar.ru**

Биологическая энциклопедия: **http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biology/15/%D0%9A%D0%9B%D0%90%D0%A1%D0%A1**

Большой энциклопедический словарь: **dic.academic.ru**

Учебное издание

Асанов Нагымет Гатауович
Соловьева Алина Робертовна
Ибраимова Бакыт Тасболатовна

БИОЛОГИЯ

Учебник для 10 класса общественно-гуманитарного направления
общеобразовательной школы

Редактор *Н. Огнева*
Художественные редакторы *А. Лукманов, З. Аульбекова*
Технический редактор *О. Рысалиева*
Компьютерная верстка *Н. Развинавичене*

ИБ № 032

Сдано в набор 21.02.2019. Подписано в печать 27.06.2019. Формат $70 \times 90^{1/16}$.

Бумага офсетная. Гарнитура «SchoolBook». Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 21,06. Уч.-изд. л. 18,47. Тираж 11 000. Заказ 4419.

ОО «Корпорация «Атамұра», 050000, г. Алматы, пр. Абылай хана, 75.

Полиграфкомбинат ОО «Корпорация «Атамұра» Республики Казахстан,
050002, г. Алматы, ул. М. Макатаева, 41.

