Институт«Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»

Дисциплина: Биология

Лекция 6

Общие закономерности и направления макроэволюции

Лектор:
Конакова Ирина Александровна

ВОПРОСЫ

1. Введение в макроэволюцию
2. Направления макроэволюции
3. Вымирание видов: механизмы и значение
4. Общие закономерности эволюции
5. Значение для ветеринарной науки и практики



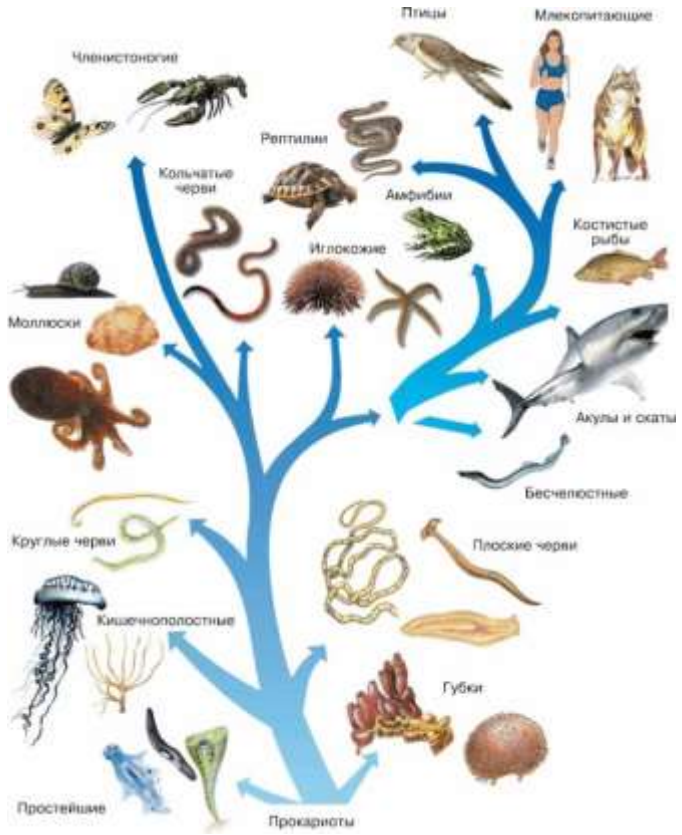
ВОПРОС ПЕРВЫЙ

Что такое макроэволюция?

– Эволюционные преобразования выше видового уровня
- Формирование новых родов, семейств, отрядов, классов и типов
- Изучение происхождения крупных таксонов
- Формирование новых органов и функций
- Исторический процесс на длительных временных интервалах

Ключевые аспекты:

- Изменения основного плана строения организмов
- Появление крупных эволюционных инноваций
- Изменение экологических ниш целых групп организмов



ВОПРОС ПЕРВЫЙ

История изучения макроэволюции

Ключевые вехи:

- Ж.Б. Ламарк (1809) – первая целостная эволюционная теория
- Ч. Дарвин (1859) – теория естественного отбора
- Р. Гольдшмидт (1940) – концепция “перспективных монстров”
- И.И. Шмальгаузен, А.Н. Северцов (1930-40-е) – направления эволюции
- С. Гулд и Н. Элдридж (1972) – теория прерывистого равновесия

Современное понимание:

- Синтетическая теория эволюции
- Эво-дево (эволюционная биология развития)
- Геномика и молекулярная филогенетика

Северцов Алексей Николаевич



ВОПРОС ПЕРВЫЙ

Соотношение микро- и макроэволюции

Микроэволюция:
- Процессы на популяционно-видовом уровне
- Изменения частот аллелей в популяциях
- Формирование адаптаций к локальным условиям
- Видообразование

Макроэволюция:
- Преобразования выше видового уровня
- Возникновение новых планов строения
- Крупные адаптивные комплексы признаков
- Смена эволюционных стратегий

Связь между ними:
- Макроэволюция базируется на микроэволюционных событиях
- “Накопление количественных изменений ведет к качественным скачкам”
- Дискуссия о достаточности микроэволюционных механизмов

ВОПРОС ПЕРВЫЙ

Механизмы макроэволюции

Традиционные механизмы:
- Естественный отбор на длительных временных интервалах
- Дрейф генов в изолированных популяциях
- Видообразование как элементарное макроэволюционное событие

Специфические механизмы:
- Гетерохронии (изменение темпов и сроков развития)
- Горизонтальный перенос генов
- Полиплоидизация и гибридизация
- Регуляторные изменения в генных сетях
- Макромутации (системные перестройки генома)

Пример из ветеринарной медицины:
- Эволюция устойчивости к антибиотикам у патогенов домашних животных

ВОПРОС ВТОРОЙ

Направления макроэволюции

Три основных направления:

1. **Арогенез** (ароморфоз) – повышение уровня организации
2. **Аллогенез** (идиоадаптация) – частные приспособления
3. **Катагенез** (общая дегенерация) – упрощение организации

Предложены А.Н. Северцовым:

- Классификация основана на изменении интенсивности жизнедеятельности
- Отражает разные эволюционные стратегии
- Не являются взаимоисключающими



ВОПРОС ВТОРОЙ

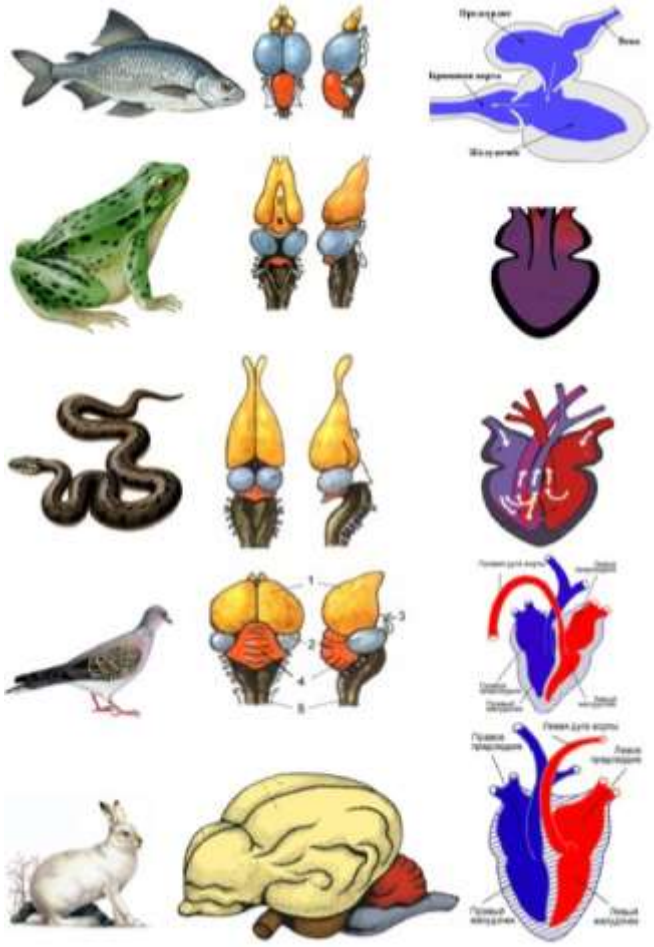
Арогенез (ароморфоз)

Определение:

- Крупные эволюционные приобретения, повышающие общий уровень организации
- Открывают доступ к новым адаптивным зонам
- Повышают энергетическую эффективность
- Увеличивают независимость от среды

Примеры у животных:

- Появление многоклеточности
- Формирование осевого скелета у хордовых
- Возникновение четырехкамерного сердца у птиц и млекопитающих
- Развитие плаценты у плацентарных млекопитающих
- Теплокровность



ВОПРОС ВТОРОЙ

Арогенезы у животных, значимые для ветеринарии

Ключевые ароморфозы позвоночных:

- **Челюсти** – переход к активному захвату добычи
- **Лёгкие** – эффективный газообмен в наземной среде
- **Замкнутая кровеносная система** – эффективный транспорт кислорода
- **Амниотическое яйцо** – независимость размножения от водной среды
- **Четырехкамерное сердце** – полное разделение кругов кровообращения
- **Диафрагма млекопитающих** – эффективное дыхание и терморегуляция
- **Молочные железы** – вскармливание потомства, иммунная защита

Ветеринарный аспект:

- Каждый ароморфоз создает новые системы органов, требующие изучения и лечения
- Основа для анатомо-физиологических различий между группами животных

ВОПРОС ВТОРОЙ

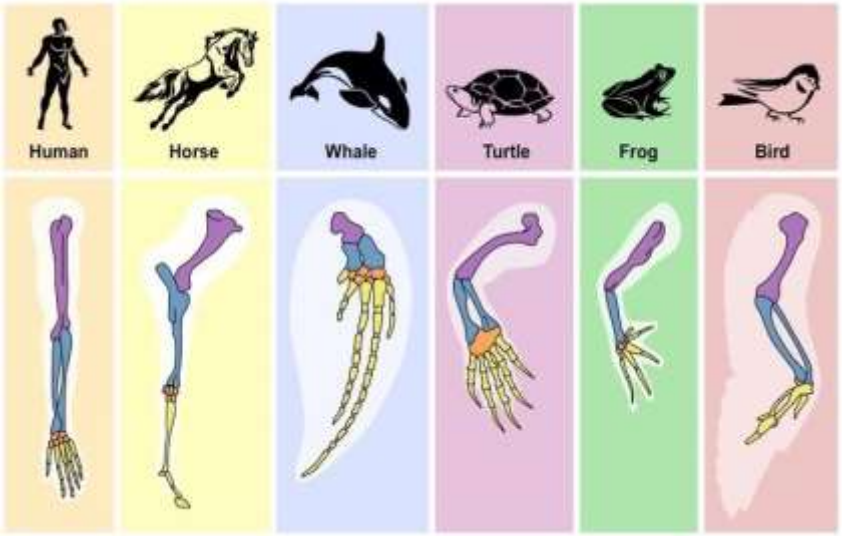
Аллогенез (идиоадаптация)

Определение:
- Частные приспособления при сохранении общего уровня организации
- Адаптация к конкретным экологическим нишам
- Специализация без повышения общей энергетики организма

Примеры у животных: - Разнообразие форм клювов у птиц (дятлы, колибри, фламинго)
- Разнообразие конечностей у млекопитающих (копыта, лапы, ласты, крылья)
- Приспособления к разным способам питания (зубная система хищников и травоядных)

Значение:
- Позволяет разным видам существовать в одном биоценозе
- Основа биоразнообразия в пределах одного уровня организации





ВОПРОС ВТОРОЙ

Примеры идиоадаптаций у домашних животных

Собаки:
- Вариации черепа и челюстного аппарата (брахицефалы, долихоцефалы)
- Специализация конечностей (бег, рытье, плавание)
- Адаптации шерстного покрова к разным климатическим условиям

Кошки:
- Специализированные когти и подушечки лап
- Особенности зубной системы для разрывания плоти
- Высокоразвитые органы чувств (зрение, слух, осязание)

Копытные:
- Строение копыт для разных типов грунта
- Особенности пищеварительной системы жвачных
- Роговые образования (рога, копыта)

Ветеринарное значение:
- Породоспецифичные патологии
- - Различия в подходах к лечению разных видов



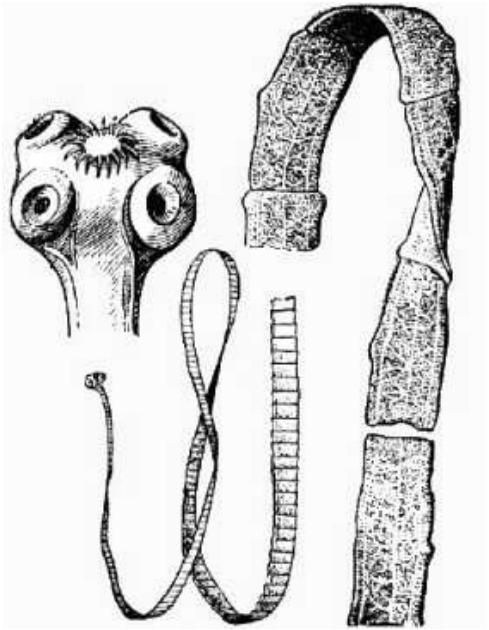
ВОПРОС ВТОРОЙ

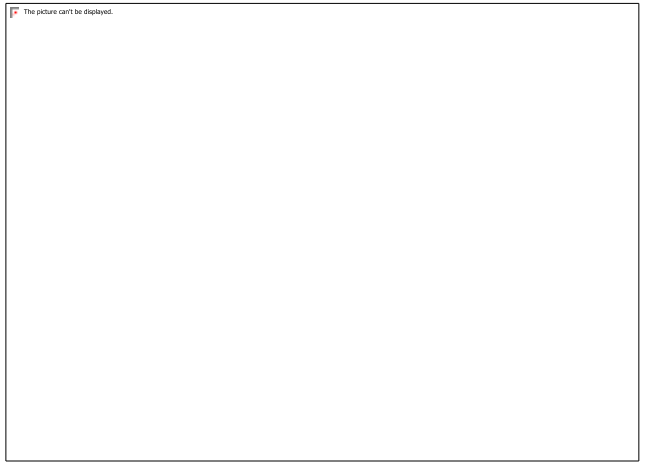
Катагенез (общая дегенерация)

Определение:
- Упрощение организации, утрата органов и функций
- Переход к более простому строению
- Часто сопровождается переходом к паразитизму или сидячему образу жизни

Примеры у животных:
- Редукция органов зрения у пещерных животных
- Упрощение строения у паразитических червей
- Редукция пищеварительной системы у ленточных червей
- Упрощение нервной системы у сидячих форм

Важно понимать:
- Не “регресс”, а специализированная адаптация
- Может быть эволюционно выгодной стратегией
- Сопровождается энергетической экономией





ВОПРОС ВТОРОЙ

Катагенез паразитических организмов

Упрощения у паразитов домашних животных:
Гельминты:
- Редукция пищеварительной системы (цестоды)
- Упрощение нервной системы
- Редукция локомоторных органов
- Утрата органов чувств



Членистоногие эктопаразиты:
- Редукция крыльев (блохи, вши)
- Упрощение сегментации тела
- Специализация ротовых аппаратов

Компенсаторные приспособления:
- Усиленная репродуктивная система
- Сложные жизненные циклы
- Защита от иммунной системы хозяина

Ветеринарное значение:
- Сложность диагностики из-за редукции морфологических признаков
- Устойчивость к антипаразитарным препаратам

ВОПРОС ВТОРОЙ

Соотношение направлений макроэволюции

Взаимосвязь направлений:

- Арогенез открывает новые возможности для аллогенеза
- Аллогенез может привести к катагенезу при глубокой специализации
- Катагенез может подготовить почву для нового арогенеза

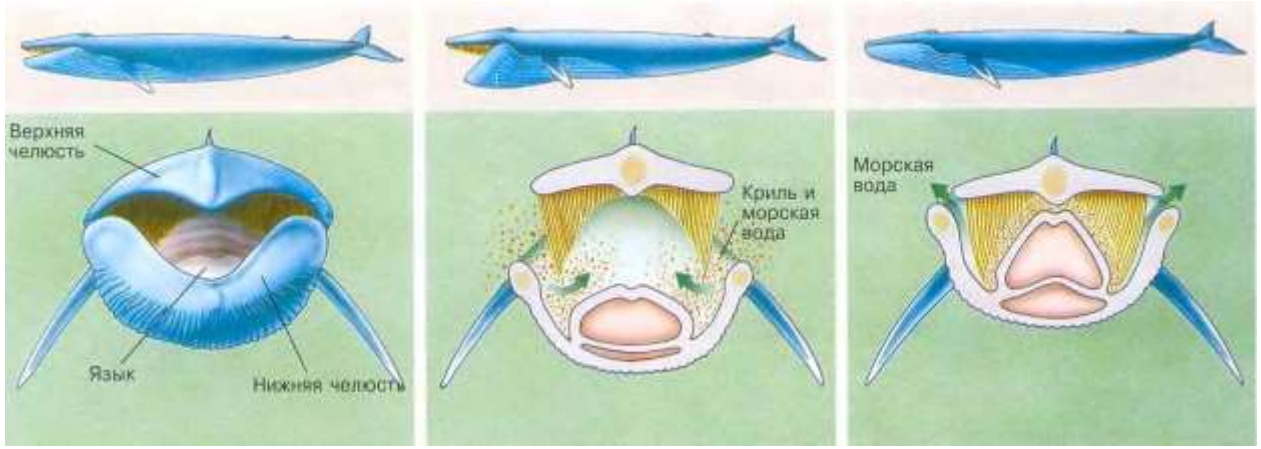
Примеры комплексной эволюции:

Эволюция млекопитающих:

* Арогенез: теплокровность, живорождение
* Аллогенез: разнообразие конечностей, зубных систем
* Элементы катагенеза: редукция зубов у китов, утрата конечностей у сирен

Динамика макроэволюции:

- Мозаичная эволюция – разные части организма эволюционируют с разной скоростью
- Чередование периодов стазиса и быстрых изменений



ВОПРОС ТРЕТИЙ

Вымирание видов

Определение:
- Полное исчезновение вида или таксона более высокого ранга
- Необратимый процесс в рамках существующей биосферы
- Естественная часть эволюции и истории Земли

Фоновое вымирание:
- Постоянный процесс исчезновения отдельных видов
- Естественная скорость: 1-5 видов в год
- Компенсируется видообразованием

Массовые вымирания: - Катастрофическое исчезновение большого числа таксонов
- Нарушение экологического равновесия
- Освобождение экологических ниш для новых групп

Современное вымирание:
- Скорость в 100-1000 раз выше естественной
- Преимущественно антропогенные причины
- Затрагивает все группы организмов

ВОПРОС ТРЕТИЙ

Массовые вымирания в истории Земли

Пять крупнейших вымираний:

1. Ордовикско-силурийское (445 млн лет назад) - Исчезло около 85% морских видов - Причина: оледенение и падение уровня моря

2. Девонское (370 млн лет назад) - Исчезло около 75% видов - Особенно пострадали морские организмы

3. Пермское (252 млн лет назад) - Крупнейшее вымирание: до 96% морских и 70% наземных видов - Причины: вулканизм, изменение климата, гипоксия океана

4. Триасово-юрское (201 млн лет назад) - Исчезло около 80% видов - Освободило ниши для динозавров

5. Мел-палеогеновое (66 млн лет назад) - Исчезли динозавры и многие другие группы - Причина: падение астероида, вулканизм - Открыло путь для расцвета млекопитающих

ВОПРОС ТРЕТИЙ

Современное (шестое) массовое вымирание

Характеристики:
- Началось с позднего плейстоцена (50-10 тыс. лет назад)
- Ускорилось в индустриальную эпоху
- Темпы в 100-1000 раз выше фонового уровня

Наиболее пострадавшие группы:
- Крупные наземные млекопитающие (мегафауна)
- Пресноводные рыбы
- Амфибии
- Островные эндемики
- Опылители

Причины:
- Разрушение местообитаний (вырубка лесов, осушение водоемов)
- Загрязнение среды
- Инвазивные виды
- Изменение климата
- Перепромысел

Ветеринарное значение: - Исчезновение природных резервуаров зоонозов - Сокращение генетического разнообразия у родственников домашних видов

ВОПРОС ТРЕТИЙ

Вымирание и ветеринарная медицина

Значимые аспекты:

Зоонозные инфекции:
- Нарушение природных очагов инфекций
- Изменение хозяино-паразитарных отношений
- Появление новых патогенов при изменении экосистем

Генетические ресурсы:
- Потеря генофонда диких родственников домашних животных
- Сокращение возможностей для селекции

Экологические взаимосвязи:
- Нарушение трофических цепей
- Изменение экосистемных функций
- Каскадные эффекты от исчезновения ключевых видов

Этические аспекты:
- Роль ветеринарных специалистов в сохранении диких видов
- Программы разведения исчезающих видов в неволе
- Ветеринарное обеспечение реинтродукции

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Общие закономерности эволюции

Ключевые закономерности:

1. **Необратимость эволюции (закон Долло):**
- Организм не может вернуться к предковому состоянию
- Пример: рудиментарные конечности у китов, змей

2. Прогрессивная специализация (правило Депере):
- Группы эволюционируют от генерализованного состояния к специализированному
- Пример: эволюция копыт у лошадиных

3. Неравномерность темпов эволюции:
- Чередование периодов быстрых изменений и стазиса
- Мозаичная эволюция разных частей организма

4. Адаптивная радиация:
- Быстрая диверсификация при освоении новых адаптивных зон
- Пример: разнообразие млекопитающих после вымирания динозавров

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Закон необратимости эволюции (закон Долло)

Суть закона:
- Эволюция необратима – организм не может вернуться точно к предковому состоянию
- Утраченные структуры не восстанавливаются в прежнем виде

Примеры у животных:
- Рудиментарные тазовые кости у китов
- Редуцированные крылья у нелетающих птиц
- Остатки задних конечностей у змей

Молекулярные механизмы:
- Накопление мутаций в неиспользуемых генах
- Изменение регуляторных механизмов
- Перестройка генных сетей

Исключения и дискуссионные моменты:
- Атавизмы (например, многопалость у лошадей)
- Реверсивная эволюция некоторых признаков
- “Скрытые” гены, сохраняющие функциональность

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Правило прогрессивной специализации

Суть правила (Депере):
- Филогенетические линии эволюционируют от генерализованного состояния к специализированному
- Специализация ограничивает дальнейшие эволюционные возможности

Примеры у животных:
- Эволюция конечности лошади: от пятипалой к однопалой
- Специализация зубной системы хищных млекопитающих
- Адаптации копытных к питанию грубой растительностью

Эволюционные последствия:
- Узкоспециализированные формы уязвимы при изменении среды
- “Эволюционные тупики” при чрезмерной специализации
- Новые крупные таксоны возникают от неспециализированных предков

Ветеринарное значение:
- Породоспецифичные патологии как результат узкой специализации
- Ограничения в лечении высокоспециализированных видов

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Правило происхождения от неспециализированных предков

Суть правила:
- Новые крупные таксоны происходят от относительно примитивных, неспециализированных форм
- Специализированные группы эволюционно “тупиковые”

Механизмы:
- Неспециализированные формы сохраняют эволюционную пластичность
- Широкая норма реакции
- Меньшая зависимость от конкретных условий среды

Применение в селекции:
- Использование примитивных пород для выведения новых линий
- Проблемы с высокоспециализированными породами

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Адаптивная радиация

Определение:
- Быстрое видообразование от общего предка с диверсификацией по разным экологическим нишам
- Возникает при освоении новых адаптивных зон или после вымираний

Примеры:
- Отряды плацентарных млекопитающих после вымирания динозавров
- Сумчатые в Австралии (конвергенция с плацентарными)
- Разнообразие копытных в кайнозое
- Псовые и кошачьи среди хищных

Механизмы:
- Географическая изоляция популяций
- Дивергентный отбор в разных экологических условиях
- Конкуренция, способствующая специализации

Современные примеры:
- Адаптация паразитов к новым хозяевам
- Формирование устойчивости к антибиотикам

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Темпы эволюции и их неравномерность

Модели эволюционных темпов:
Градуализм:
- Постепенное, непрерывное накопление мелких изменений
- Классическая дарвиновская модель

Пунктуализм (прерывистое равновесие):
- Длительные периоды стазиса
- Короткие периоды быстрых изменений
- Модель Гулда и Элдриджа

Мозаичная эволюция:
- Разные части организма эволюционируют с разной скоростью
- Пример: опережающее развитие мозга у гоминид

Факторы, влияющие на темпы эволюции:
- Размер популяции
- Скорость смены поколений
- Интенсивность отбора
- Изменчивость среды

Примеры быстрой эволюции:
- Устойчивость к антибиотикам у бактерий
- Индустриальный меланизм у бабочек
- Изменения в иммунных генах млекопитающих

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Эволюционные тренды

Определение:
- Направленные изменения признаков в филогенетических линиях
- Могут сохраняться на протяжении миллионов лет

Примеры эволюционных трендов:
Увеличение размеров тела (правило Копа):
- Лошадиные: от Hyracotherium (размер собаки) до современных лошадей
- Слоновые: от мелких форм до современных слонов

Цефализация:
- Увеличение относительного размера головного мозга
- Усложнение нервной системы
- Концентрация органов чувств в передней части тела

Олигомеризация гомологичных органов:
- Уменьшение числа однотипных органов и увеличение их сложности
- Пример: уменьшение числа позвонков, пальцев у копытных

Гиперморфоз: - Чрезмерное развитие отдельных структур
- Пример: бивни мамонтов, рога вымерших оленей

ВОПРОС ЧЕТВЕРТЫЙ

Коэволюция

Определение:
- Совместная эволюция взаимодействующих видов
- Взаимное приспособление организмов

Типы коэволюционных взаимодействий:

Хищник-жертва: - Совершенствование способов нападения и защиты
- Пример: скорость гепардов и антилоп

Паразит-хозяин: - Увеличение специфичности паразитов
- Совершенствование иммунных механизмов хозяев
- Пример: “гонка вооружений” между патогенами и иммунной системой

Мутуализм: - Взаимовыгодные отношения
- Пример: микрофлора рубца жвачных
- Пример: опылители и цветковые растения

Значение для ветеринарии:
- Эволюция патогенности возбудителей
- Устойчивость к лекарственным препаратам
- Видоспецифичность паразитов

ВОПРОС ПЯТЫЙ

Эволюционная медицина в ветеринарии

Эволюционные основы патологий:
Несоответствие современной среды эволюционному прошлому:
- Проблемы домашних кошек и собак при питании промышленными кормами
- Заболевания копыт при содержании на твердых покрытиях
- Ожирение при избытке питания и недостатке движения

Эволюционная “плата” за адаптации:
- Проблемы с родами у пород с крупной головой
- Дисплазия тазобедренных суставов у крупных собак
- Брахицефальный синдром

Эволюция патогенов:
- Антибиотикорезистентность
- Изменение вирулентности
- Расширение круга хозяев

Практическое применение:
- Прогнозирование эволюции патогенов
- Профилактика породных патологий
- Понимание видоспецифичности лекарств

ВОПРОС ПЯТЫЙ

Значение эволюционной теории для ветеринарии

Практические аспекты:

Сравнительная анатомия и физиология:
- Понимание гомологичных структур у разных видов
- Эволюционные основы видовых различий в физиологии
- Интерпретация рудиментарных органов

Фармакология и токсикология:
- Видовые различия в метаболизме лекарств
- Эволюционные основы чувствительности и устойчивости
- Прогнозирование межвидовых различий в действии препаратов

Инфекционные и паразитарные болезни:
- Эволюционная история патоген-хозяинных отношений
- Прогнозирование изменений в патогенности
- Понимание барьеров межвидовой передачи

Селекция и генетика:
- Эволюционные ограничения селекции
- Понимание наследственных заболеваний
- Прогнозирование побочных эффектов отбора

ВЫВОДЫ

- Макроэволюция – сложный процесс формирования крупных таксономических групп и новых планов строения организмов
- Направления макроэволюции (арогенез, аллогенез, катагенез) отражают разные эволюционные стратегии и могут сочетаться в эволюции одной группы
- Биологический прогресс и регресс – показатели эволюционного успеха группы, не всегда связанные с усложнением организации
- Вымирание – естественный компонент эволюции, но современные темпы вымирания многократно превышают естественные
- Общие закономерности эволюции (необратимость, прогрессивная специализация, неравномерность темпов) позволяют понять историю жизни и прогнозировать будущие изменения
- Эволюционный подход в ветеринарии помогает понять видовые особенности патологий, механизмы развития заболеваний и эволюцию патогенов

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

