

Тема 3. Биологическая характеристика класса птиц

1. Опорно-мускульная система.
2. Оперение.
3. Пищеварительная, дыхательная и кровеносная система птиц.
4. Органы выделения и половая система.

Класс птиц – хорошо обособленная группа позвоночных животных, сохраняющая много морфологических особенностей, общих с предками – пресмыкающимися, и в то же время, благодаря многим, часто мелким морфологическим преобразованиям практически всех систем органов, резко повысившая общий уровень жизнедеятельности (интенсификация обмена веществ, усложнение поведения и т. д.). Птицы – это покрытые перьями, с преобразованными в крылья передними конечностями, гомойотермные яйцекладущие амниоты, обладающие разнообразными формами заботы о потомстве и имеющие сложные взаимосвязи с окружающей средой.

В процессе эволюции птицы приобрели такие особенности организации, которые не только создают механические возможности полета, но путем резкого повышения интенсивности обмена веществ обеспечивают энергетику полета и более сложное поведение. В большей или меньшей степени эти преобразования охватили все системы органов.

Опорно-мускульная система. Из прямых приспособлений к полету прежде всего нужно отметить компактность туловища. Грудные позвонки прочно сочленяются друг с другом или – у многих видов – срастаются в грудную кость, а поясничные, крестцовые и часть хвостовых позвонков срастаются друг с другом и костями таза, образуя сложный крестец, поэтому осевой скелет туловища жесток и практически неподвижен; тело в полете не изгибается и не вибрирует. Число подвижных хвостовых позвонков невелико (5-9), а последние хвостовые позвонки сливаются в пластинку – пигостиль, к которой веером прикрепляются рулевые перья, образующие плоскость хвоста.

Резкое увеличение размеров грудины и образование на ней высокого выроста – киля обеспечивает место прикрепления мощных грудных мышц, двигающих крылья.

Из мышц, двигающих крыло в плечевом суставе, следует в первую очередь выделить две. Большая грудная мышца расположена на груди и ее киле, на коракоидах и вилочке; сухожилием она прикрепляется к дорсальной поверхности плеча; при ее сокращении плечо опускается. Это самая крупная мышца у птиц: у хороших летунов обе большие грудные мышцы – правая и левая – составляют до 25% всей массы птицы.

Превращение передних конечностей в крылья, выполняющие только функцию полета, привело к двуногости – перемещению по земле и в ветвях только с помощью задних конечностей. Дистальный ряд косточек предплюсны и все кости плюсны срастаются в единое костное образование – цевку, или плюсну.

Мускулатура задних конечностей представлена несколькими десятками мышц, по массе примерно равных мускулатуре передних конечностей.

По сравнению с пресмыкающимися череп птиц отличается значительно большим объемом мозгового отдела, крупными глазницами.

Очень важная особенность черепа птиц – кинетизм (подвижность) надклювья. Благодаря кинетизму клюв может совершать разнообразные, тонко дифференцированные движения. Захват и проглатывание крупной добычи облегчает стрептогнатизм – способность ветвей нижней челюсти выгибаться наружу при широком раскрытии клюва.

Однако, несмотря на легкость отдельных костей, весь скелет птиц, как и у млекопитающих, составляет 8-10 % общей массы животного. Легкость костей позволила птицам резко удлинить передние и задние конечности.

Оперение. Все тело птицы, за исключением клюва и дистальных частей задних конечностей, покрыто перьями, из клеток эпителиального слоя кожи. Контурные перья, покрывающие все тело птицы, имеют хорошо развитый плотный стержень, основание которого – полый очин – охватывается погруженной в кожу перьевой сумкой. Детали строения перьев варьируют в разных группах птиц. Контурные перья у большинства птиц, расположены по определенным участкам кожи – птерилиям, разделенным участками без перьев – аптериями. Это позволяет «закрыть» все тело меньшим числом перьев и обеспечивает подвижность отдельных порций оперения. Расположение и ширина птерилий, ширина аптерий широко варьируют в разных группах птиц, эта особенность используется как таксономический признак.

У большинства птиц есть пуховые перья и пух. Значение оперения очень многообразно. Оперение обеспечивает возможность полета, образуя несущие плоскости и создавая обтекаемость тела. Перья защищают кожу механических повреждений. Очень эффективна водозащитная и теплозащитная функции оперения: черепицеобразно налегающие друг на друга вершины опахал контурных перьев успешно противостоят намоканию и порывам ветра переплетение пуховых частей опахал контурных перьев и пуха удерживает около кожи неподвижный слой воздуха, что резко уменьшает потери тепла. Благодаря кожной мускулатуре птица может менять положение контурных перьев и тем самым регулируя в определенных пределах потерю тепла. Меняя, положение оперения птицы в определенных ситуациях выражают и свое эмоциональное состояние.

Пищеварительная система птиц. Характеризуется многими своеобразными чертами. Выше уже говорилось, что птицы лишены зубов, но обладают клювом – органом захвата пищи, способным к разнообразным, тонко дифференцированным движениям. Разнообразие формы и величины клюва и языка в классе птиц очень велико и отражает характер пищевой специализации. Длинный легко растяжимый пищевод дает возможность заглатывать крупные куски пищи. У части птиц есть четко выраженное расширение пищевода – зоб, служащий временным вместилищем пищи.

Своеобразие птиц – разделение желудка на два отдела: железистый и мускульный.

По сравнению с пресмыкающимися длина кишечника у птиц заметно возрастает: у разных видов он длиннее туловища в 3– 12 раз, редко больше. Относительно длиннее он у видов, питающихся грубой растительной пищей. Обычно парные слепые кишки у большинства птиц очень малы и выполняют лишь роль лимфоидных органов. Как и у пресмыкающихся, короткая прямая кишка открывается в клоаку. Крупные размеры печени позволяют птицам накапливать значительные энергетические резервы углеводов. Энергетические резервы накапливаются в виде гликогена в печени и особенно в виде жира – подкожного и внутреннего; по необходимости они вновь поступают в кровь и утилизируются в мышцах. По способности накапливать жир птицы примерно вдвое превосходят любых других животных. В миграционный период запасы жира у некоторых видов достигают 30-50 % от общей массы тела.

Дыхательная система. Эта система крайне своеобразна и отличается от дыхательной системы как пресмыкающихся, так и млекопитающих. Воздух через ноздри и внутренние отверстия ноздрей – хоаны попадает в ротовую полость. Позади основания языка расположена гортанная щель. От верхней гортани начинается трахея – длинная гибкая дыхательная трубка, поддерживаемая плотными хрящевыми кольцами. Войдя в полость тела, трахея разделяется на два бронха, ведущие в правое и левое легкое. Стенки бронхов поддерживаются хрящевыми полукольцами.

Нижний участок трахеи и начальные участки бронхов образуют характерную для птиц нижнюю гортань, строение которой сильно варьирует у разных групп. Расположенные здесь мембраны и складки слизистой оболочки, натяжение которых меняется специальной мускулатурой, вибрируют при прохождении воздуха при вдохе и выдохе, генерируя разнообразные, характерные для вида звуки.

Легкие птиц малы по объему, мало, эластичны и прирастают к ребрам и позвоночному столбу. Они имеют трубчатое строение и очень густую капиллярную сеть. С легкими связано 5 пар воздушных мешков – тонкостенных, легко растяжимых выростов вентральных ответвлений крупных бронхов.

В процессе дыхания через легкие при вдохе и выдохе, т. е. практически непрерывно, в одном направлении проходит свежий воздух и непрерывно идет насыщение крови кислородом. Это обеспечивает организм птицы достаточным количеством кислорода.

Наряду с основной функцией – участием в дыхании – воздушные мешки несут добавочные функции. Облегая все внутренние органы и примыкая к крупным группам мышц, они участвуют в терморегуляции. Ныряющие птицы, видимо, могут, изменяя объем воздушных мешков, менять в определенных пределах удельный вес: увеличение удельного веса облегчает ныряние, уменьшение – выныривание. Строение дыхательной системы птиц отражает их приспособленность к полету и во многом принципиально

отличается от дыхательной системы млекопитающих. Наиболее существенное отличие состоит в том, что у млекопитающих последовательные разветвления воздухоносных путей заканчиваются замкнутыми пузырьками — альвеолами, которые оплетены кровеносными капиллярами и представляют собой функциональную единицу легких. Газообмен в легочных альвеолах происходит в силу разницы парциальных давлений газов в альвеолах и протекающей по капиллярам крови. Дыхательный акт осуществляется путем растяжения и сжатия легких, т. е. имеет пульсирующий характер, определяющий возвратно поступательное движение воздуха в легких. У птиц легкие отличаются малой растяжимостью, ткань их представлена системой воздухоносных трубочек, открытых с обоих концов и потому допускающих возможно однонаправленного тока воздуха и, соответственно, непрерывность процесса газообмена.

Общие принципы строения функции дыхательной системы

Как и у млекопитающих начальная часть дыхательной системы птиц приставлена трахеей и бронхами. Первичные бронхи входят в легкие, где дают ряд ответвлений и в конце концов открываются в воздушные мешки. Воздушные мешки представляют собой тонкостенные полости, образующиеся как выросты бронхов и располагающиеся между внутренними органами; ответвления воздушных мешков заходят в некоторые трубчатые кости. У большинства птиц имеется пять пар воздушных мешков, функционально объединяющихся в две группы: передние и задние. К передним мешкам относятся шейные, межключичные и переднегрудные. Более объемистые задние мешки — заднегрудные и брюшные — размещены от печени до конца тазовой области; выросты брюшных мешков проникают в полости бедренных костей. Общий объем воздушных мешков составляет до 15—20 % объема тела.

Воздушные мешки играют важную роль в системе внешнего дыхания птиц. Не принимая непосредственного участия в процессе газообмена, они увеличивают общий дыхательный объем и активно участвуют в системе «воздушного насоса», продвигающего воздух по дыхательным путям.

Дыхательный акт происходит с участием ребер и грудины. Грудина соединена с позвоночником окостеневающими ребрами, каждое из которых состоит из подвижно сочлененных спинного и брюшного отделов. Соединение ребер с позвонками и грудиной также осуществляется с помощью суставов.

Несмотря на то что дыхательные движения состоят, как у всех животных, из вдохов и выдохов, через легкие птиц воздух идет все время в одном направлении. Это обеспечивает особенностями строения самих легких.

Первичные бронхи связаны с задними воздушными мешками, с передними воздушными мешками и с системой парабронхов, т. е. с собственно легкими. Однако поступающий по первичным бронхам воздух в течение каждой фазы Дыхательного цикла проходит только по некоторым из этих путей. При вдохе наружный воздух поступает в задние воздушные мешки и частично в

легкие; передние воздушные мешки на этой фазе дыхательного цикла заполняются воздухом из системы третичных бронхов, т. е. из легких собственно; вдыхаемый воздух в эту группу мешков не попадает. При выдохе мешки сжимаются, и воздух из задних мешков вталкивается в легкие, а из передних мешков — в трахею и через нее наружу. На этой фазе дыхательного цикла воздух из задних мешков не поступает в первичные бронхи, а из передних — в легкие. Таким образом, через газообменные структуры легочной ткани воздух и при вдохе, и при выдохе идет в одном направлении, что обеспечивает непрерывность процесса газообмена.

Кровеносная система птиц. Отличается от кровеносной системы пресмыкающихся прежде всего полным разделением большого и малого кругов кровообращения: сердце четырехкамерное (два предсердия, два желудочка), от правого желудочка отходит легочная артерия, от левого — только правая дуга аорты, левая — бесследно редуцировалась. Эритроциты птиц мелкие, овальные; как и у пресмыкающихся, они имеют ядра. Число эритроцитов у разных видов варьирует в широких пределах, оно заметно выше, чем у пресмыкающихся и меньше, чем у млекопитающих.

Относительные размеры сердца у птиц больше, чем у млекопитающих, и значительно больше, чем у пресмыкающихся. У быстро летающих или хорошо ныряющих видов сердце крупнее, чем у видов менее подвижных. Высока у птиц и частота сердечных сокращений, она также выше у более мелких видов. В полете, по сравнению с покоем, пульс заметно увеличивается. У кормящихся на земле голубей пульс был 170–200 ударов в минуту, а в полете 350–600. У воробья в покое пульс около 460 ударов в минуту, а в полете — около 1000.

Будучи гомойотермными животными, птицы характеризуются высокой и устойчивой температурой тела. Температура, тела у различных видов птиц, измеренная в клоаке, пищеводе или грудной мышце, в норме составит около 41 °С с колебаниями от 38 до 43,5 °С; такие колебания намного меньше, чем у млекопитающих.

Межвидовые отличия средней температуры тела у птиц по масштабам сопоставимы с суточными колебаниями ее у отдельных особей и значительно меньше отличий температуры в разных участках тела. Что касается устойчивости температуры тела, то у взрослых птиц она очень высока. Нерегулярные отклонения температуры от средней нормы могут происходить под влиянием различных причин. В частности, мускульная активность и специфическое динамическое действие пищи могут вызывать повышение температуры тела, как правило, не превышающее 2–4 °С. Хорошо развитая терморегуляция птиц способствует тому, что изменения температуры среды, как правило, существенно не сказываются на глубокой температуре тела. Это особенно относится к действию низких температур: даже у арктических видов при температуре среды до 20–50 °С ниже нуля колебания температуры тела не превышают обычного для всех птиц диапазона (около 2 °С). Повышение температуры среды может привести к возрастанию температуры тела. В большинстве случаев это означает

нарушение системы терморегуляции и может служить причиной гибели. Однако у видов, обитающих в засушливых условиях, некоторая степень гипертермии представляет собой адаптивное явление, способствующее уменьшению влагопотерь основывающееся на повышении тканевой устойчивости к высокой температуре.

Сезонных изменений температуры тела у птиц нет. В суточном цикле изменения температуры тела обычно не превышают 2—4°C. Эти изменения не связаны с суточной динамикой температуры воздуха, а коррелируют с характером активности данного вида, отражая ритмику обмена веществ. Это имеет определенный адаптивный смысл: в суточном цикле животных поддержание несколько пониженной температуры в фазе покоя позволяет более экономно расходовать энергетические ресурсы в течение той части суток, когда они не восполняются.

Высокая степень устойчивости температуры тела у птиц объясняется эффективной системой регуляции теплообмена характерной для этого класса. Регуляция теплообмена может осуществляться путем адаптивных изменений уровня теплопродукции и теплоотдачи.

Органы выделения. Крупные метанефрические почки лежат в углублениях тазового пояса, их масса у разных видов составляет 1,0–2,6% массы тела. Мочеточники открываются в клоаку, мочевого пузыря нет. Продукты - белкового обмена, как у большинства пресмыкающихся, выделяются преимущественно в виде мочевой кислоты. В клоаке происходит интенсивное обратное всасывание воды, а моча в виде беловатой кашицы выделяется вместе с фекалиями. Наряду с выделениями продуктов распада почки служат органом солевого обмена, удаляя из организма лишние соли.

Обмен веществ. Интенсивное пищеварение, дыхание и кровообращение обеспечивают свойственный птицам высокий уровень обмена веществ, несколько превышающий уровень обмена веществ млекопитающих и очень значительно – пресмыкающихся. У крупных птиц нормальная температура тела равна 38-40 °C, у мелких – 41-44°C. Высокий уровень обмена веществ, способность менять его в довольно широких пределах и наличие высокоэффективного теплоизолирующего перьевого покрова обеспечивают свойственную всем птицам гомойотермию – способность поддерживать температуру тела на определенном уровне независимо от изменений температуры окружающей среды.

Класс птиц относится к первично наземным позвоночным животным, для которых характерно обитание в условиях низкой и сильно меняющейся влажности окружающей среды. Компенсация постоянных потерь влаги происходит у этих животных путем потребления питьевой воды и поступления ее с кормом. Корм служит не только источником воды, но и исходным материалом для накопления жира, а окисление жиров приводит к образованию метаболической воды. Поэтому многие виды птиц способны длительное время обходиться без поступления питьевой воды. При такой структуре водного обмена адаптации направленные на экономию воды, очень важны.

Как и все амниоты птицы характеризуются развитием тазовых почек, структура которых обеспечивает фильтрацию жидкости только из кровяного русла. Конечным продуктом азотистого обмена является мочева кислота, не требующая для выведения из организма больших количеств воды. Почки птиц характеризуются сложным строением, они имеют три типа нефронов. У них отсутствуют почечные лоханки. Мочеточники выносят мочу в клоаку. Концентрационная способность почек более низкая чем у млекопитающих. Выделение концентрической по отношению к плазме крови характерно только для птиц и млекопитающих. Экономия воды эффективна. В полной мере компенсировать водные потери путем использования метаболической воды невозможно. Поэтому для птиц сухих районов очень важной является функция почечного аппарата, определяющая уровень реабсорбции воды в процессе выделения. Невысокая по сравнению с млекопитающими концентрическая способность почек у птиц компенсируется энергичным обратным всасыванием воды в клоаке. Кроме того часть мочи из клоаки поступает в толстую кишку где также происходит интенсивная реабсорбция воды из мочи и фекалий. Птицам аридных местообитаний свойственна высокая степень устойчивости к водному голоданию. Очевидно потребности и водного обмена хорошо обеспечиваются метаболической водой, так при опытах с некоторыми птицами лишение воды в течение 15 суток не вызвало значительного уменьшения массы тела. Замечательна способность пустынных птиц восстанавливать потерянный вес при возобновлении доступа к воде.

В приспособлениях водного обмена к обитанию в аридных условиях важное значение имеют специальные формы поведения. Они прежде всего связаны с использованием водоемов, в особенности зерноядными птицами, поскольку насекомоядные и хищные полностью обеспечивают свои потребности в воде, получая ее с кормом. Посещение водоемов находится в тесной взаимосвязи с водным балансом организма: оно возрастает при повышении температуры тела и в периоды, когда нет возможности добывать сочную растительность или животные корма. Некоторые птицы при посещении водоемов способны сразу выпить большое количество воды засасывая ее через клюв особыми движениями подклювья аппарата. Рябки и некоторые другие птицы способны транспортировать воду в оперении, для смачивания гнезда и поения птенцов. Эта способность связана с особой структурой брюшного оперения, позволяющей задерживать до 20 мг воды на 1 мг сухой массы пера.

Водный обмен тесным образом связан с обменом минеральных солей. В пустынных условиях возникает биологическая задача не только экономии воды, но и выведения избытка солей, возникающего при водном дефиците. Тем более многие пустынные виды пьют воду из соленых источников. У наземных птиц удаление избытка солей происходит через почки, которым присуща не только регуляция выведения влаги, но и способность к активной секреции солей. Эта функция свойственна всем птицам, но развита в различной степени, в зависимости от экологической специфики и

особенностей строения. У морских птиц и обитателей побережий, использующих для питья морскую воду, возникает необходимость выведения из организма избытка солей. Выведение солей через почки в свою очередь связано с расходом воды, что биологически невыгодно. Это обстоятельство положило начало формированию у таких видов специфического органа, секретирующего соли – солевых желез. Эти железы были описаны еще в XVII веке, но только в XXв. была определена их функция. Для носовой секреции требуется меньше воды, чем при выведении солей через почки. Солевые железы имеются у подавляющего большинства птиц, но у многих они слабо развиты. Солевые железы не обладают постоянной активностью, продукция секрета начинается только в условиях солевой нагрузки. При этом они увеличиваются в размерах. Реакция этих желез на увеличение солевой нагрузки организма осуществляется очень быстро: уже через 3-5 минут. Назальные железы имеют очень большое значение в общем солевом балансе организма.

Нервная система и органы чувств. По морфологическим особенностям нервной системы и уровню высшей нервной деятельности птицы существенно отличаются от пресмыкающихся и, в общем, ближе к млекопитающим. По сравнению с пресмыкающимися у птиц заметно возрастают размеры головного мозга. Особенно резко возрастают размеры переднего мозга и мозжечка. Основную массу полушарий переднего мозга птиц, как у пресмыкающихся, составляют очень разросшиеся полосатые тела; кора больших полушарий развита слабо. Очень велик и имеет сложное строение мозжечок – центр, определяющий мышечный тонус, координацию движений и равновесие. Заметно усложнены органы чувств. Основной рецептор птиц – зрение; в отличие от других классов позвоночных животных среди птиц нет видов с редуцированным зрением. Глаза крупные: у растительноядных видов они составляют 0,2-0,6 % массы тела, а у хороших летунов и видов, питающихся подвижной добычей до 2 и даже до 4 % массы тела. У обладающих особенно хорошим зрением хищных птиц острота зрения примерно в 4-8 раз превышает остроту зрения человека. Орган слуха птиц морфологически сходен с органом слуха пресмыкающихся. Высокоразвитый слух в сочетании со сложной системой издаваемых звуков обеспечивает разные аспекты внутривидовых и межвидовых отношений. Совы при ловле добычи ориентируются преимущественно, при помощи слуха: определяя на расстоянии 20-25 м с точностью до 1° положение источника звука, они почти без промаха ловят пробегающую или грызущую мышь.

Считают, что обоняние у птиц развито слабо. Вкус в разной степени развит у различных видов; во многих случаях он, вероятно, играет важную роль в добывании пищи.

Органы осязания у птиц многочисленны и разнообразны. До сих пор очень противоречивы данные о способности птиц ориентироваться в магнитном поле Земли. Сочетание врожденных и приобретенных рефлексов вместе с видовыми морфологическими особенностями определяют

свойственный каждому виду специфический стереотип поведения. Птицы проявляют ассоциативную деятельность, обладают способностью к аффектам, т.е. положением оперения и позами выражают состояние страха, злости, комфорта и т. п. Исследователями была показана способность птиц к экстраполяционным рефлексам: они могут предвидеть ближайшие события. Отмечена у птиц и долговременная память.

Половая система птиц. Парные семенники лежат в полости тела, придатки семенников развиты относительно слабо. Семяпроводы открываются в клоаку, в их нижней части в период размножения образуются расширения – семенные пузырьки, служащие резервуаром спермы. Размеры семенников резко изменяются в течение года: в период размножения их вес увеличивается в 250-300 раз; в это же время увеличиваются придатки семенников и семенные пузырьки. У самок птиц обычно развиваются только левый яичник и левый яйцевод. Яичник имеет зернистое строение: формирование фолликулов заканчивается уже в первые месяцы постэмбриональной жизни. Яйцевод – длинная трубка, воронкой открывающаяся в полость тела около яичника; другой конец яйцевода открывается в клоаку. Ко времени размножения яйцевод резко удлиняется и стенки его набухают. В начальной части яйцевода происходит оплодотворение яйцеклетки. Далее она двигается по яйцеводу, покрываясь рядом оболочек. Откладка относительно крупных яиц обеспечивается открытым тазом и большой растяжимостью клоаки.

Большие энергетические резервы яйца и сложные формы заботы о потомстве – обеспечивают ускоренное эмбриональное и постэмбриональное развитие и уменьшают смертность на этих этапах онтогенеза.