

Содержание:

Анатомия дождевого червя (DVD “The anatomy of the Earthworm”)	1
Глоссарий	6
Анатомия кузнечика	8
(DVD “The Anatomy of the Grasshopper”)	
Глоссарий	12
Анатомия пресноводного моллюска (DVD “The anatomy of the Freshwater Mussel”)	16
Глоссарий	19
Анатомия ракообразных (DVD “The anatomy of Crayfish”)	23
Глоссарий	28
Анатомия окуня	33
(DVD “The anatomy of the Perch”)	
Глоссарий	40
Анатомия морской звезды (DVD “The anatomy of the Starfish”)	44
Глоссарий	49
Анатомия акулы	53
(DVD “The anatomy of the Shark”)	
Глоссарий	69

Анатомия дождевого червя

Дождевых червей часто изучают на занятиях по биологии. Они являются распространенными, хорошо известными животными и, кроме того, они иллюстрируют некоторые базовые анатомические черты характерные для большинства сложных животных. Например, дождевые черви имеют хорошо развитую центральную полость тела (целом), в которой содержатся внутренние органы. Они также демонстрируют метамерность или серийное повторение частей тела. Эти и другие важные анатомические особенности делают дождевых червей отличной моделью для изучения основных характеристик организации многих эволюционно развитых животных.

Дождевые черви представляют тип «Annelida» («Аннелида»), который включает в себя более 12 000 видов кольчатых червей, обитающих как в почве, так и в водной среде. Земляные аннелиды прорывают ходы в почве или разлагающихся органических веществах. Водные аннелиды включают в себя как пресноводные, так и морские виды. Однако, наиболее специализированными кольчатыми червями являются пиявки. Некоторые виды пиявок питаются кровью позвоночных животных, другие являются активными хищниками и питаются мелкими водными животными, но большинство из них - падальщики, которые питаются мертвыми или разлагающимися органическими веществами.

Внешнее строение

Дождевые черви живут в туннелях, которые они прорывают в почве или в разлагающихся органических веществах. Внешнее строение дождевых червей хорошо адаптировано к их подземной жизни. Наиболее очевидной адаптацией является отсутствие головы и конечностей. На переднем конце тела у них отсутствуют глаза, антенны, или другие органы чувств. Также отсутствуют какие-либо придатки и на заднем конце тела. Цилиндрическое тело, заостренное с обоих концов, дает возможность червям рыть почву. Передний конец живого червя можно легко определить во время его перемещения. У фиксированного дождевого червя передний конец можно определить по наличию пояса - небольшого утолщения, которое находится в нескольких сегментах начального отдела червя.

Тело червя разделено на большое количество сегментов, о чем свидетельствуют четкие, окружающие его кольца. Рот расположен в первом сегменте. Над ртом находится небольшой лоскут ткани, простомииум. Наружная поверхность тела покрыта тонкой восковой защитной кутикулой, которая предотвращает потерю воды.

Каждый сегмент тела, за исключением первого и последнего, несет небольшие хитиновые волоски, или щетинки, которые выступают наружу над поверхностью тела и помогают червям рыть норы. Как видно на поперечном разрезе тела, щетинки распо-

ложены в восемь рядов. Четыре параллельных ряда расположены на уплощенной брюшной поверхности тела, и по два парных ряда проходят вдоль боковых сторон. При помощи мышц тела червь может выпячивать и втягивать эти щетинки.

Поясок – это утолщенная железистая часть стенки тела, которая продуцирует кокон во время репродуктивного сезона. В кокон откладываются оплодотворенные яйца, которые затем там инкубируются. Отверстия на внешней поверхности тела включают одну пару экскреторных пор на большинстве сегментов тела, а также несколько пар репродуктивных пор.

Внутреннее строение

Для изучения внутреннего строения червя необходимо поместить образец на препаровочный столик и тщательно приколоть его дорзальной (спинной) стороной вверх. Далее необходимо разрезать тонкую стенку тела сразу за пояском и сделать продольный разрез чуть в сторону от средней линии дорзальной стороны; затем продолжить этот спинной разрез вперед до области рта. Будьте осторожны, чтобы избежать повреждения внутренних органов. Когда спинной разрез завершен, раздвигаем стенки тела, тщательно отделяя их от внутренних органов, и прикалываем к препаровочному столику. Теперь мы можем наблюдать внутреннюю полость тела (или целом), в которой находятся внутренние органы.

Целом разделен на множество камер (сегментов) тонкими внутренними стенками, или диссепиментами. У целого червя каждый сегмент заполнен целомической жидкостью. Целом полностью выстлан специализированной мезодермальной тканью, что является признаком настоящего целома, характерного для кольчатых червей и большинства высших животных. Стенки пищеварительного тракта покрыты слоями кольцевых и продольных мышц и тонким слоем брюшины. Наружная стенка тела также выстлана кольцевыми и продольными мышцами. Заполненный жидкостью целом сделал возможной дальнейшую специализацию среди животных и выполняет множество функций, как у дождевых червей, так и у других полостных животных. Целом:

- Предоставляет место для специализированного, длинного желудочно-кишечного тракта, что увеличивает площадь всасывательной поверхности;
- Способствует циркуляции жидкостей, что облегчает газообмен, транспорт питательных веществ, удаление отходов и способствует постоянству биохимического состава тканей организма;
- Помогает в поддержании надлежащего баланса воды и ионов;
- Обеспечивает пространство для развития сложных половых органов и хранения гамет;

- Также может выступать в качестве гидростатического скелета.

Поддержание постоянной формы тела обеспечивается сокращением круговых и продольных мышц стенок сегментов, заполненных жидкостью. Перистальтические сокращения, проходящие вдоль тела, вызывают перетекание целомической жидкости из одного сегмента в другой через маленькие поры в диссепиментах и, таким образом, играют важную роль в передвижении.

Пищеварительная система

Пищеварительный тракт дождевого червя представляет собой прямую трубку, которая тянется от ротовой полости до анального отверстия. Пищеварительная система включает рот, располагающийся в первом сегменте и ведущий в небольшую ротовую полость. За ротовой полостью располагается мышечная растяжимая глотка. Расширение глотки помогает засасывать влажный грунт, содержащий питательные вещества, через рот и внутрь ротовой полости. За глоткой находится тонкостенный пищевод по которому пища перемещается к зобу.

Вдоль пищевода располагаются две или более пар известковых желез, которые помогают регулировать количество кальция, карбонат-ионов и pH крови. Пища проходит через пищевод в зоб, где она может накапливаться и некоторое время хранится. Из зоба пища поступает в мускульный желудок, где затем размельчается перед попаданием в кишечник.

В кишечнике пища переваривается при помощи ферментов, затем питательные вещества всасываются. Непереваренные вещества выводятся через анальное отверстие.

Большая часть кишечника и некоторые крупные кровеносные сосуды покрыты слоем хлорогенных клеток. Хлорогенные клетки непосредственно не участвуют в пищеварении, но они запасают гликоген и липиды. Также они участвуют в обеспечении постоянства биохимического состава тканей, накапливая экскреты, и выполняют некоторые другие функции схожие с функциями печени позвоночных животных.

Кровеносная система

Дождевые черви имеют замкнутую кровеносную систему, состоящую из трубчатых кровеносных сосудов. Красная кровь дождевых червей содержит гемоглобин - дыхательный пигмент подобный гемоглобину крови позвоночных. Самым большим видимым сосудом дождевого червя является большой дорзальный кровеносный сосуд, который имеет толстые мышечные стенки и несёт кровь к заднему концу тела. Ритми-

ческие перистальтические сокращения дорзального кровеносного сосуда можно увидеть через стенку тела живого червя.

По бокам дорзального кровеносного сосуда располагаются многочисленные латеральные сосуды, которые соединяют дорзальный сосуд с вентральным в нескольких передних сегментах. Пять из этих латеральных сосудов значительно увеличены и обычно называются «сердцами».

Дождевой червь не имеет внешних жабр или других дыхательных органов. Вместо них он использует стенки тела, пронизанные множеством капилляров и служащие для удаления углекислого газа и усвоения кислорода. Модель кровообращения у дождевых червей удобно рассматривать, начиная с сердец. Сердца бьются при помощи волнообразных сокращений гладкой мускулатуры, которая покрывает их стенки. Эти ритмические волны принуждают кровь подниматься к дорзальному кровеносному сосуду, где затем перистальтика стенки сосуда двигает кровь назад. Клапаны в сердцах и в дорзальном кровеносном сосуде предотвращают обратное течение крови.

Выделительная система

Выделительная система дождевого червя состоит из множества пар метанефридиев, располагающихся в сегментах. Большая часть сегментов тела содержит по паре метанефридиев. Каждый метанефридий имеет реснитчатую воронку, соединенную со свернутым в спираль каналцем, ведущим к внешней экскреторной поре. Нефридиальная воронка прикрепляется к переднему диссепименту сегмента и, таким образом, высасывает избыток жидкостей из соседнего сегмента. Реснички, выстилающие каналец, создают ток отходов и жидкостей через нефридий в сторону экскреторной поры или нефропоры, открывающейся на вентральной стороне тела. Большая часть сегментов тела имеет два метанефридия и две нефропоры.

Ученые считают, что примитивные предки современных аннелид имели множество одинаковых сегментов, расположенных один за другим. У таких гипотетических предков аннелид каждый сегмент имел парные нефридии, парные половые органы, парные кровеносные сосуды и т.д. Более поздние потомки стали более специализированы и определенные сегменты приспособились к специфическим функциям, и потеряли некоторые примитивные парные органы.

Репродуктивная система

Каждая особь дождевого червя имеет как женские, так и мужские половые органы, поэтому их называют гермафродитами. Животные, у которых мужские и женские органы встречаются у различных особей (например, у людей), являются раздельнополыми. Хотя каждый червь имеет как мужские, так и женские половые органы, более час-

тым является перекрестное оплодотворение. Предполагается, что такой обмен гаметами и наследственными признаками увеличивает генетическое многообразие и, таким образом, усиливает приспособляемость и возможность выживания среди потомков.

Репродуктивные органы локализованы в передних сегментах и легко различимы во вскрытом образце. Наличие, количество и локализация специфических репродуктивных структур отличается у различных видов дождевых червей.

Мужские репродуктивные органы более заметны, чем женские. Хорошо видны три больших пары семенных мешков, в которых накапливается созревающая сперма. Две пары маленьких семенников, внедренных в ткани семенных мешков, можно заметить только разрезав эти мешки. К семенным мешкам примыкают две маленькие, снабженные ресничками мерцательные воронки семяпроводов, которые собирают сперму после выхода ее из семенных мешков. От этих воронок отходят два крошечных семяпровода, которые переносят сперму к наружным мужским половым порам в 15 сегменте.

Женские репродуктивные органы помельче и их тяжелее найти. Женские органы включают одну пару яичников. Они продуцируют яйца, которые созревают и выходят в целом. Яйца выходят из целома через две реснитчатые воронки яйцеводов и попадают в два яйцевода, которые заканчиваются женскими наружными половыми порами в 14 сегменте. Другими важными составляющими женской половой системы являются две пары семяприемников в 9 и 10 сегментах, которые собирают сперму на протяжении копуляции и запасают ее. Хранящаяся сперма и яйца позже изливаются в коконы, где происходит оплодотворение и развитие.

Нервная система

Нервная система дождевого червя, как и кровеносная, и выделительная, состоит из определенных отделов. Пара дорсальных ганглиев, расположенных над глоткой, служат мозгом. Отходящие от мозга два боковых нерва окружают глотку и связаны с первым двулопастным вентральным ганглием, лежащим под глоткой. Вентральная нервная цепочка в каждом сегменте тела соединена с двулопастным ганглием. Три пары сегментных нервов отходят от каждого сегментного ганглия и связаны с чувствительными клетками стенок тела. Сегментный ганглий регулирует поочередность сокращений и расслаблений кольцевых и продольных мышц, что необходимо для движения. Передние надглоточные ганглии получают чувствительные импульсы от нескольких передних сегментов. Также передние надглоточные ганглии играют роль в регулировании питания и процессе рытья. Нервная цепочка и ганглии имеют две доли, что можно увидеть под микроскопом, рассматривая поперечный разрез червя.

У некоторых других кольчатых червей нервная система устроена также, как у кольчатого червя, но у некоторых примитивных видов имеется две разделенные нервные цепочки, связанные латеральными коннективами. По этой причине предполагается,

что нервная система аннелид происходит от вентральной брюшной нервной системы с двумя параллельными нервными цепочками, похожими на те, что наблюдаются у плоских червей.

Дождевые черви известны каждому садовнику, фермеру, рыбаку и студенту. Они играют важную роль в аэрации и перемешивании почвы, способствуют разложению органических веществ и круговороту элементов в природе. Они также могут дать нам ценное понимание строения других животных и взаимоотношений среди них. Именно поэтому дождевой червь является важным объектом для изучения в аудитории.

Глоссарий

Аннелиды. Любые представители типа «Кольчатые черви» («Annelida»). Аннелиды имеют настоящий целом и четко сегментированное тело.

Гермафродитность. Наличие и женских и мужских половых органов у одной особи.

Глотка. Мышечная передняя камера пищеварительного тракта, которая соединяет ротовую полость и пищевод.

Диссепимент. Слой ткани, который отделяет смежные сегменты тела.

Зоб. Увеличенная часть пищевого канала, в которой запасается пища.

Кишечник. Часть пищеварительного тракта, которая тянется от глотки до ануса.

Кокон. Защитная структура, которая образуется у дождевых червей после оплодотворения. Кокон содержит оплодотворенные яйца и развивающиеся эмбрионы.

Копуляция. Процесс совокупления. Копуляция среди дождевых червей приводит к взаимному обмену спермой.

Кутикула. Неклеточный восковой материал, который окружает поверхность тела. Кутикула секретируется клетками эпидермы.

Метанефридий. Простая, разветвленная трубчатая структура, которая функционирует как выделительный орган.

Мышечный желудок. Толстостенная мышечная камера в пищеварительном тракте между зобом и желудком.

Надглоточные ганглии. «Мозг» дождевых червей. Надглоточные ганглии состоят, преимущественно, из нервных клеточных тел, которые контролируют питание, движение и другие функции.

Нефропора. Внешнее отверстие метанефридия.

Пищевод. Часть пищеварительной системы между мускулистой глоткой и зобом.

Половая пора. Одно из внешних отверстий женских и мужских половых систем.

Поясок (клителлиум). Утолщенная железистая область стенки тела в передних сегментах у дождевых червей. Выделяет слизь и другие вещества, которые формируют кокон для развития яиц.

Простомииум. Маленький первый передний сегмент, который выступает вперед за ротовое отверстие.

Раздельнополость. Наличие женских репродуктивных органов у одних особей и мужских – у других.

Ротовая полость. В нее открывается ротовое отверстие.

Сегментный ганглий. Совокупность нервных клеточных тел, расположенных в вентральной нервной цепочке в каждом сегменте тела. Сегментный ганглий служит локальным центром нервной регуляции.

Семенники. Мужская гонада; продуцируют сперму.

Семенной мешок. Мешкоподобное образование, связанное с семенным протоком, которое запасает сперму до ее выхода из тела.

Семяприемник. Мешкоподобное образование, которое запасает сперму, полученную от других червей во время копуляции.

Тифлозоль. Продольная складка ткани, образующая выпячивание в кишечник червя и также присутствующая у некоторых других беспозвоночных. Тифлозоль увеличивает площадь кишечника для абсорбции.

Хлорагогенные клетки. Желто-коричневая ткань, которая снаружи выстилает поверхность пищеварительной системы и многих больших кровеносных сосудов у дождевых червей и других аннелид. Хлорагогенные клетки - это образование брюшины, которое принимает участие в липидном и азотном обмене и имеет другие функции, подобные тем, которые выполняет печень у позвоночных.

Целом. Большая центральная полость тела. Целом является производным мезодермы и полностью выстлан мезодермальной тканью.

Щетинка. Жесткая, волосоподобная структура, состоящая из хитина. Щетинки расположены в эпидерме и помогают при движении червей.

Яичник. Женская гонада. Яичники продуцируют яйца.

Яйцевод. Канал, через который яйца от яичников проходят к половой поре.

Анатомия кузнечика

Введение

Большинство людей знакомы с насекомыми в той или иной форме. Насекомые включают больше видов, чем любой другой класс животных. Одни из них являются нашими серьезными конкурентами за пищевые ресурсы, а другие имеют важное значение для производства большого количества нашей пищи. Так как насекомые настолько многочисленны и разнообразны, они имеют бесчисленные экологические ассоциации с другими организмами.

Основная схема строения тела насекомых демонстрирует адаптацию к разнообразным условиям обитания. Одни насекомые проводят большую часть своего времени в воздухе, другие - в воде, третьи - на почве или в ней. Многие приспособления насекомых связаны с типом пищи, которую они едят. Также различается и их жизненный цикл.

Саранчевые и другие представители отряда прямокрылых считаются одними из наименее специализированных насекомых, и часто изучаются как представители всего класса. Радужная саранча (широко распространенный в США вид) часто является предметом изучения морфологии и анатомии прямокрылых насекомых. Как и многие виды саранчевых, радужная саранча – сельскохозяйственный вредитель.

Саранча наглядно иллюстрирует основные особенности тела взрослых насекомых: три различные тагмы тела: голова, грудь и брюшко, три пары ног и одна пара усиков. Как и многие другие насекомые, она также имеет две пары крыльев. Крылья радужной саранчи укорочены по сравнению с крыльями большинства других видов прямокрылых.

Внешняя анатомия

Тело саранчи покрывает экзоскелет в виде серии утолщенных пластин, называемых щитками, соединенных более тонкими, гибкими участками. Этот экзоскелет, или кутикула, состоит из материала, называемого хитином и выделяемого нижележащими клетками. Тонкие наружные слои кутикулы, пропитанные воском, защищают внутренние органы от высыхания. В функции кутикулы входит также прикрепление и поддержка мышечной массы. На голове кузнечика находятся усики, глаза и ротовые органы. Членистые усики являются органами чувств осязания, вкуса и запаха.

Имеются пять глаз двух различных типов. Два более заметных сложных глаза состоят из множества мелких единиц, называемых омматидиями. Сложные глаза выпол-

няют функцию восприятия формы, движения и расстояния. Функцией трех гораздо меньших простых глаз, или глазков, является восприятие интенсивности света.

Ротовые органы состоят из нескольких структур, которые очень эффективно работают вместе. Верхняя губа покрывает пару верхних челюстей (мандибул). Кутикула челюстей плотно склеротизована. На челюстях находятся зубцы для срезания и измельчения растительных тканей.

Позади верхних челюстей находится пара нижних челюстей (максилл), которые помогают перерабатывать пищу. Каждая максилла несет на себе сенсорный нижнечелюстной щупик. Нижняя губа, или лябиум, также несет щупальца, по одному с каждой стороны. Гипофаринкс находится впереди губы. Обе структуры помогают проталкивать пищу в рот.

В образовании гипофаринкса принимает участие губа и гортань, а парные верхние челюсти и нижние челюсти, и лабиум происходят из сегментарных придатков. При этом они гомологичны ногам. Нижняя губа и ее парные придатки частично слились в процессе развития.

Ротовые аппараты различных насекомых выглядят по-разному, но состоят из тех же элементов.

Грудная часть насекомого состоит из трех сегментов: передне-, средне- и заднегруды. Каждый сегмент несет одну пару ног. Средне- и заднегрудь несут также пару крыльев.

Каждая нога состоит из нескольких сегментов. Тазик начинается в месте присоединения ноги к груди. Далее идет вертлуг, который сливается с длинным бедром. Далее идут голени. Несколько дистальных сегментов образуют лапки, которые несут два вершинных коготка, служащих для сцепления насекомого с шероховатой поверхностью. Саранча цепляется за гладкую поверхность при помощи мясистых подушечек, которые называются аролиями и которые расположены между коготками.

Третья пара ног саранчи приспособлена для прыжков. Длинная мускулистая бедренная часть обеспечивает силу. Голени также удлинены и служат дополнительным рычагом.

Крылья не являются истинными конечностями, а производными от внешних выступов стенки тела. Передние кожистые крылья защищают используемые для полета сетчатые задние крылья. Сеть жилок образует утолщение кутикулы вокруг закрытых воздухоносных трубок и сети сосудов. Узор крыльев и жилкование характерны для насекомых и очень важны в их классификации. Размер и структура крыльев сильно различаются среди насекомых.

Брюшко – наиболее сегментированная часть тела саранчи. Имеются одиннадцать брюшных сегментов. Из них только последний сегмент имеет пару придатков – две церки, которые функционируют как органы чувств. Некоторые насекомые обладают

рядом брюшных придатков на личиночной стадии, но по большей части, брюшные придатки были утрачены в ходе эволюции насекомых от их предков.

На каждой стороне первого брюшного сегмента находится барабанная перепонка, сенсорный орган, который воспринимает звук. По бокам первых восьми брюшных сегментов находятся дыхательные поры, называемые дыхальцами. Два задних грудных сегмента также несут дыхальца.

Исследуя заднюю часть брюшка можно узнать пол саранчи. Брюшко самки более заостренное из-за короткого яйцеклада, находящегося на конце и состоящего из верхнего и нижнего сегментов. Клиновидный яйцеклад используется для рытья ям при откладке яиц. У обоих полов анальное отверстие располагается дорсальнее генитального отверстия.

Внутренняя анатомия

Для изучения внутренней анатомии саранчового мы отрезаем крылья и ноги близко к их основаниям, а затем осторожно снимаем кожные покровы переднегруди. Многие мышцы прикрепляются к внутренней поверхности кутикулы, что обеспечивает насекомым широкий спектр точных движений. Слегка смещаясь от центра, делаем разрез параллельно дорсальной средней линии, вдоль которой расположено большинство внутренних структур. Закрепив задние стенки тела, проще совершать вскрытие и наблюдение. Желтое образование или жировое тело представляет собой запасные питательные вещества, которые часто содержатся в полости тела.

Кровеносная система

Насекомые имеют открытую систему кровообращения. Во время эмбрионального развития части системы кровообращения сливаются с целомом. Следовательно, у взрослых вся полость тела, называемая гемоцелом, заполняется кровью.

Сердце представляет собой трубку, проходящую посередине тела на протяжении всей спинной стороны брюшной полости. Оно расположено в перикардиальной пазухе. Кровь также находится в перикардиальной пазухе и попадает в сердце через крошечные отверстия, лежащие попарно на сегментарных утолщениях сердца. Кровь прокачивается вперед через аорту. В голове она переходит в гемоцель. Система пазух и каналов несет кровь через ткани и обратно в перикардиальные пазухи.

Дыхательная система

Кровь несет питательные вещества через тело, но имеет мало общего с транспортом кислорода. Вместо этого, сложная сеть трахейных трубок несет воздух непосред-

ственно в ткани и клетки. Крупнейшие трубки, трахеи, начинаются в дыхальцах. Хитиновые кольца в их стенках удерживают трахеи от разрыва. Трахеи делятся на более мелкие трубочки, называемые трахеолами, которые достигают тканей и клеток. Боковые трубочки из трахейной системы проходят по всему телу. Утолщения на концах трубочек называются воздушными мешками.

Дыхание регулируется движениями брюшка. Воздух заходит через передние пять пар дыхалец и выходит через задние. Клапаны открывают и закрывают две группы дыхалец в определенной последовательности. Продукты дыхания (углекислый газ) выходят как через выдыхаемый воздух, так и через кутикулу.

Пищеварительная и выделительная системы

Пищеварительная система занимает большую часть пространства в полости тела насекомого. Она состоит из трех отделов: передней, средней и задней кишки. Передняя и задняя кишки выстланы кутикулой; поглощение пищи происходит в средней кишке.

Пища пережевывается челюстями и проглатывается. Вентрально в груди расположена слюнная железа с протоком, который несет слюну в полость рта. Полость рта приводит к узкой глотке, переходящей в пищевод и вздутый зоб. Частицы пищи, запаасаемые в зобе, перемалываются по мере того как они проходят через мышечные преджелудки перед входом в среднюю кишку. (Часто используют термин «желудок» вместо «преджелудков». Однако, именно такой мышечный желудок перемалывает пищу, и он отличается от железистого тем, что содержит камешки или другие частицы, помогающие в перемалывании; в то же время собственно желудок насекомого их не содержит). Средняя кишка состоит из желудка и желудочных придатков, серии мешочков, которые выделяют пищеварительные ферменты в желудок. Из желудка переваренная пища поглощается непосредственно в гемолимфу. (Многие энтомологи предпочитают использовать термин «средняя кишка» вместо термина «желудок» для обозначения исключительно средней, поглощающей пищу, части пищеварительного тракта).

Задняя кишка начинается в месте прикрепления волокнистых Мальпигиевых сосудов, выделительных органов. Мальпигиевы сосуды фильтруют азотистые отходы из крови в гемоцель. Эти отходы поступают в заднюю кишку, где они присоединяются к непереваренным частицам пищи. Все это перемещается в прямую кишку, где большая часть воды всасывается, создавая очень сухую фекальную массу, которая выходит из ануса. Эффективная ресорбция воды в прямой кишке представляет собой еще одну адаптацию к сухим наземным местообитаниям.

Половая система

Самец саранчи имеет пару семенников, которые расположены рядом вдоль спинной стороны по средней линии. Семенники состоят из множества фолликул, связанных крошечными трубочками с правым или левым семявыносящим протоком. Семяпровод несет семя к эякуляционному протоку. Пара крошечных семенных пузырьков производит жидкость, которая соединяется с семенем, производимым в семенниках.

Самка саранчи имеет пару яичников, расположенных возле верхней стороны кишечника. Каждый яичник состоит из многих овариол, которые открываются в яйцевод. Два яйцевода соединяются, образуя влагалище, которое выносит яйца к половому отверстию на яйцекладе. Когда прямокрылые спариваются семя самца переходит в сперматеку (семяприемник) самки, где запасается. Затем оно высвобождается через канал во влагалище, чтобы оплодотворять яйца по мере того как они образуются. Яйца откладываются в почву и из них впоследствии вылупляются нимфы, которые внешне напоминают взрослую особь без крыльев. Развитие нимф происходит путем линек. Последняя линька формирует взрослую особь с крыльями. Кроме прямокрылых неполный или постепенный метаморфоз характерен и для ряда других отрядов.

Насекомые многих других отрядов развиваются с полным метаморфозом, в котором имеют место стадии не только яйца, личинки и имаго, но и куколки.

Нервная система и органы чувств

Нервная система насекомых представлена цепочкой нервных ганглиев от которых отходят нервные отростки. Самый передний ганглий – мозг. Его нервы иннервируют глаза, усики и ротовые органы. Далее следует несколько грудных ганглиев. В брюшке находится несколько простых сегментарных ганглиев. Самый задний ганглий иннервирует четыре последних сегмента брюшка.

Мы уже говорили о большинстве органов чувств насекомых, таких как антенны, церки, барабанные перепонки на брюшке, простые и сложные глаза. Все эти органы чувств помогают насекомым обнаруживать пищу, искать полового партнера и избегать хищников.

Другие черты строения насекомых, такие как: уникальная система дыхания, защитная кутикула, мощные ноги и крылья помогли насекомым стать наиболее многочисленными, разнообразными и успешными животными на Земле.

Глоссарий

Аролии. Мясистые подушечки между коготками на лапках насекомых.

Барабанная перепонка. Один из парных, звуко-принимающих сенсорных органов, расположенных по бокам первого брюшного сегмента у ряда прямокрылых насекомых.

Бедро. Сегмент ноги тела насекомого.

Брюшная нервная цепочка. Двойной нервный тяж, проходящий по всей длине тела насекомого вдоль вентральной средней линии.

Вертлуг. Небольшой, второй после тазика, сегмент ноги насекомого.

Верхняя губа. Цельная медиальная часть ротовых органов насекомых, которая покрывает челюсти.

Воздушные мешки. Вздутые участки определенных трахейных трубок.

Ганглии. Вздутые участки нервной цепочки от которых отходят ответвленные боковые нервы.

Гемоцель. Полость тела членистоногих, связанная с системой кровообращения.

Гипогортань. Часть рта насекомых наиболее аналогичная языку, помогает принимать пищу в рот.

Глазки. Простые глаза, которые служат для восприятия интенсивности света.

Глотка. Короткая трубка, соединяющая полость рта и пищевод.

Голень. Сегмент ноги насекомого, следующий дистальнее бедра.

Гомологичный. Структуры, соответствующие друг другу по происхождению, но не обязательно по функции.

Желудочный придаток. Сумки, окружающие передний конец кишки; производят пищеварительные ферменты

Жировое тело. Желтая, неправильной формы, структура, находящаяся в гемоцеле многих насекомых; запасает питательные вещества и накапливает продукты обмена.

Заднегрудь. Задний сегмент груди насекомого, несет задние ноги и задние крылья.

Задняя кишка. Задняя часть пищеварительной системы.

Зоб. Расширенная камера кишки, где еда временно хранится до прохождения через преджелудок.

Кутикула. Омертвевший, внешний, защитный слой органического материала, выделяемый гиподермой; покрывает внешнюю поверхность членистоногих и многих других животных.

Лапка. Вершинная часть ноги насекомого, состоящая из нескольких коротких сегментов.

Линька. Периодическое сбрасывание старого экзоскелета и секрети большого, нового. Окончательная линька приводит к появлению взрослого насекомого.

Максиллы. Парные ротовые органы, которые помогают поглощать пищу, несут нижнечелюстные щупики.

Мальпигиевые сосуды. Слепые каналыца прикрепленные на стыке средней и задней кишки насекомых; выполняют функции органов выделения, проводя метаболические отходы из полости тела в кишечник.

Мандибулы. Парные ротовые органы, которые используются насекомыми в качестве челюстей.

Мозг. Передние слившиеся ганглии брюшной нервной цепочки.

Неполный метаморфоз. Жизненный цикл насекомого в котором отсутствует стадия куколки.

Нижняя губа. Задняя часть ротового аппарата насекомого; структура, представляющая пару сросшихся отростков, каждый из которых несет боковые щупики.

Нимфы. Личинки насекомых, которые напоминают взрослых, но имеют меньшие размеры и не имеют крыльев; одна из неполовозрелых стадий у насекомых.

Овариолы. Отдельные, продуцирующие яйца участки яичника насекомых.

Околопищеводные связки. Парные передние продолжения брюшной нервной цепочки, которые проходят по всему пищеводу.

Омматидии. Отдельные ячейки сложного глаза.

Открытая система кровообращения. Сосудистая система, в которой кровь циркулирует через полость тела.

Переднегрудь. Передняя часть груди, сверху покрыта переднеспинкой.

Передняя кишка. Передняя часть пищеварительного тракта, включающая глотку, пищевод и преджелудок.

Перикарда пазухи. Структуры, окружающие сердце насекомых.

Пищевод. Часть пищеварительного тракта, который соединяет глотку и желудок.

Полный метаморфоз. Жизненный цикл насекомых с участием четырех морфологически различных стадий: яйца, личинки, куколки и взрослой особи.

Постепенный метаморфоз, (см. неполный метаморфоз).

Преджелудки. Мышечная часть передней кишки в которой измельчается пища; иногда называется «желудок».

Прямая кишка. Вершинная часть пищеварительного тракта, где происходит всасывание воды и образуются сухие фекальные массы.

Прямокрылые. Отряд насекомых, включающий кузнечиков, сверчков и саранчевых.

Семенники. Парные мужские половые железы насекомых.

Семяпроводы. Парные каналы, проводящие семя из семенников к копулятивному органу.

Склериты. Утолщенные пластинки экзоскелета насекомого.

Склеротизованный. Затвердевший в процессе полимеризации молекул хитина.

Слюнные железы. Дополнительный пищеварительный орган, расположенный в брюшной части переднегрудки; секретирует слюну.

Сперматека. Структура у самок насекомых, сохраняющая семя, полученное от самца после спаривания.

Среднегрудь. Средний сегмент груди насекомого, несет среднюю пару ног и передние крылья.

Средняя кишка. Средняя часть кишечника насекомого. Располагается между местом присоединения придатков желудка и местом присоединения Мальпигиевых сосудов; основной орган поглощения питательных веществ.

Стигмы. Внешние дыхательные отверстия, парно расположенные по бокам сегментов брюшка, средне и заднегруды.

Субизофогальный ганглий. Скопление нервных клеток на брюшном нервном тяжё у пищевода насекомого.

Тазики. Проксимальный сегмент ноги насекомого.

Трахеи. Большие по размеру трубки дыхательной системы насекомого.

Трахеолы. Малые ответвления дыхательной системы насекомого. Газообмен происходит через стенки трахеол.

Хитин. Сложный азотный полисахарид, формирующий экзоскелет членистоногих.

Церки. Парные сенсорные структуры, происходящие от пары сегментарных придатков, расположенных на вершине брюшка.

Швы. Тонкие, гибкие соединения между утолщенными склеритами экзоскелета насекомого.

Щупики. Сегментированные, сенсорные выступы определенных частей ротовых органов насекомого. Часто щупики также помогают манипулировать пищей.

Экзоскелет. Наружный скелет членистоногих.

Яичники. Женские половые железы.

Яйцевод. Трубка, которая несет яйца из яичника во влагалище.

Яйцеклад. Конечная брюшная структура самок; используется для откладки яиц.

Анатомия пресноводного моллюска

Впервые они появились более 600 миллионов лет назад. Они населяют землю, моря и пресные воды Земли. Они – моллюски. В виде продуктов питания, ювелирных изделий или раковин на пляже, с моллюсками в своей жизни сталкивается большинство людей.

Моллюски являются одними из самых примитивных животных, у которых есть целом, вторичная полость тела, в которой органы заключены в специальную мезодермальную выстилку – брюшину. Целом современных моллюсков гораздо меньше, чем у древних форм. Он уменьшен до полостей, окружающих сердце, гонады и выделительные органы.

Моллюски составляют большой и разнообразный тип животных. Они наиболее близки к кольчатым червям и членистоногим. Ученые полагают, что эти три животных типа могут иметь общих предков. Моллюски имеют мягкое, нечленистое тело, окруженное тонкой, плотной мантией. Большинство моллюсков не имеют внутреннего скелета. Однако, мантия большинства моллюсков выделяет жесткую внешнюю раковину, которая защищает их от большинства хищников.

Нога моллюсков различна по строению. Некоторые моллюски передвигаются на своей увеличенной мышечной ноге, в то время как у других она используется для закапывания, в качестве клина или якоря. У других моллюсков, таких как кальмары и осьминоги, нога сливается с головой и принимает участие в питании, обороне и в чувственном восприятии.

Существует семь классов ныне живущих моллюсков, но наиболее часто встречаются представители трех классов. Брюхоногие моллюски – наиболее многочисленный класс моллюсков, занимающих морскую, пресноводную и наземную среды обитания. Брюхоногие моллюски включают в себя такие группы как улитки, слизни, моллюски-труборги, блюдечки. Брюхоногие моллюски передвигаются на длинной, плоской, мускулистой ноге. Каждый моллюск имеет голову с глазами и щупальцами. У многих брюхоногих моллюсков мантия производит спиральную раковину, которая защищает тело.

Кальмары, осьминоги, каракатицы относятся к головоногим, которые являются наиболее прогрессивным классом моллюсков. Все они являются обитателями морей. Головоногие моллюски имеют большую голову и глаза, рот, окруженный восемью или десятью щупальцами, вытянутое тело и раковину, которая, как правило, внутренняя и редуцированная.

Класс двустворчатых моллюсков включает мидий, устриц, морских гребешков. Двустворчатые моллюски лишены головы и их тело помещено в две створки раковины. Другое название класса «Pelecypoda» означает «нога в виде топора». И, на самом деле, их нога часто имеет вид топора или булавы. У многих видов двустворчатых нога

специализирована для закапывания, а у некоторых она значительно удлинена, мускулистая и используется для обороны. Тело двустворчатых моллюсков сжато с боков и спрятано в две створки раковины. Отсюда происходит название этой группы – «Двустворчатые моллюски». Большинство двустворчатых моллюсков – прикрепленные фильтраторы. Двустворчатые моллюски обитают как в морской, так и в пресноводной среде.

Хотя тип моллюски морфологически очень разнообразен, студенты часто изучают беззубку для представления о типичной анатомии моллюсков. Беззубка является неподвижным животным, которое живет на дне озер, заводей и рек и фильтрует свою пищу из окружающей воды. Внешняя раковина защищает мягкое тело. Две створки составляют раковину и удерживаются вместе вдоль их дорсальной поверхности при помощи гибкого замка – связки. К замку-связке на дорсальной поверхности каждой створки примыкает округлый вырост, верхушка. Верхушка представляет собой более старую часть раковины. Если мы возьмем образец у которого верхушка сверху и внизу откроем край раковины, мы сможем выделить некоторые анатомические ориентиры. Короткий округлый конец является передним, противоположный – задним. Верхушка является спинной частью животного, в то время как открытый край раковины является брюшной.

Внимательно осмотрев раковину, можно увидеть многочисленные круговые линии роста, выделяемые мантией; образования нового материала края раковины. В сломанном крае раковины обнаруживаются три отчетливых слоя: внешний - покрывающее темное роговое вещество периостакум, защищающее раковину от растворения в слегка кислых водах; средний слой - призматический, содержащий кристаллы карбоната кальция для придания прочности; и самый внутренний слой - перламутровый, содержащий много тонких слоев кристаллического карбоната кальция. Внутренняя поверхность этого слоя переливается перламутром. Издавна беззубок собирают и используют для изготовления различных перламутровых предметов. У некоторых видов беззубок жемчужины формируются после того, как чужеродный объект попадает между мантией и раковиной. Мантия позже выделяет много слоев карбоната кальция для герметизации от раздражителя. Жемчужины беззубки часто розоватые и удлинённые.

Для изучения внутреннего строения беззубки вставьте рукоятку скальпеля или зажим между створками вдоль брюшного края и проверните зажим для разделения створок. Вставьте лезвие скальпеля между мантией и раковиной точно позади передней замыкающей мышцы. Держите лезвие близко к раковине и осторожно разрежьте всю эту большую мышцу. Повторите процедуру, чтобы разрезать заднюю замыкающую мышцу, стараясь не повредить другие части тела, и подымите отделившуюся створку.

Внутри открытой створки видна мантийная линия, где мантия прикрепляется к створке. Мясистые мантийные покровы содержат большинство внутренних органов. Мантия выделяет материал для образования раковины и также несет реснички, кото-

рые помогают в движении воды. Толстую мускулистую ногу можно увидеть в направлении к переднему концу тела. Переднюю замыкающую мышцу мы предварительно перерезаем, чтобы открыть раковину на переднем крае тела. Эта мощная мышца и задняя замыкающая мышца удерживают створки вместе и держат их закрытыми.

Возле спинного края тела находится полость перикарда, окруженная тонким мембранным перикардом. Если тщательно препарировать перикард, обнажается сердце. Мышечный желудочек окружает кишечник. К желудочку прикреплены два тонкостенных предсердия, которые получают кровь и передают ее на желудочек. Кровь накачивается из желудочка через два крупных кровеносных сосуда, переднюю и заднюю аорты. Передняя аорта несет кровь к ноге и большинству внутренних органов. Задняя аорта несет кровь к прямой кишке и мантии. Моллюски имеют незамкнутую систему кровообращения. Кровь не заключена в кровеносные сосуды, а проходит через артерии в несколько крупных пазух на обратном пути к сердцу. Из кровяных синусов кровь проходит через каналы в тканях для поставки питательных веществ и удаления метаболитов.

Рядом с сердцем расположены нефридии из темной губчатой ткани. Нефридии - это выделительные органы, которые удаляют азотистые отходы из крови. У беззубок нефридии также служат для поддержания необходимого баланса воды в тканях тела.

Рот расположен на переднем конце тела. Пара губных щупиков прикреплена по бокам рта.

На заднем конце тела находится пара сифонов, которые регулируют поток воды через мантийную полость. Сифоны образуются складками мантийной ткани с левой и правой стороны тела беззубки.

Дорсальное отверстие является выводным сифоном, а вентральное отверстие - вводным. Если поднять мантию, обнажаются большие жабры, которые используются как для питания, так и для дыхания. Каждая жабра состоит из двухслойной ткани, каждая складка которой называется ламелой. Вода, содержащая планктон, входит в вводный сифон. Частицы пищи фильтруются из поступающей воды и захватываются в слизь, а вода проходит через жабры. Захваченные частицы пищи перемещаются ресничками на жабры по пищевой бороздке вдоль брюшной поверхности жабр. Из пищевых бороздок другие реснички двигают захваченный материал вперед к губным щупикам и рту. По пути, несъедобные частицы отделяются и передаются в наджаберную камеру. Вода проходит сзади через наджаберную камеру и выводится через выводной сифон.

Сделайте разрез вдоль вентральной поверхности, затем отделите ногу и брюшную массу, чтобы найти органы внутри ноги. Если мы разделим ногу на две части, то сможем увидеть некоторые органы пищеварения. Они включают в себя пищевод, через который проходит пища после глотки; желудок, где пища смешивается с ферментами, и продолжается пищеварение; пищеварительные железы, которые продуцируют пи-

щеварительные ферменты, и в которых клетки-фагоциты поглощают частички пищи; а также кишечник, где оставшиеся переваренные продукты усваиваются. Непереваренные конечные продукты выводятся через прямую кишку и анальное отверстие.

В висцеральных массах, окружающих кишечник, мы можем увидеть рыхлую массу ткани, которая образует гонады. Мидии раздельнополые. Самцы выделяют сперму в воду и некоторые из этих половых клеток могут попасть в мантийную полость самки с потоком через сифон. Оплодотворенные яйца прикрепляются к жабрам самок мидий, а затем попадают в воду и становятся паразитическими личинками двустворчатых, которые называются глохидиями. Эти личинки живут как внешние паразиты на рыбе, а затем открепляются и падают на дно, где они развиваются в зрелых моллюсков. Такие адаптации свойственны пресноводным моллюскам, что помогает им в распространении и выживании вида. Большинство морских моллюсков имеет свободноплавающие планктонные личинки.

В отличие от головоногих и брюхоногих моллюсков, двустворчатые моллюски не имеют дифференцированной головы. Однако они имеют три пары нервных ганглиев со связанными с ними нервами, которые выполняют некоторые функции головного мозга. Парные цереброплевральные ганглии находятся сзади от переднего мускула-сгибателя; висцеральные ганглии находятся вентральной заднего мускула-сгибателя; педальные ганглии расположены в висцеральной ткани мускулистой ноги.

Как видим, тип «Mollusca» чрезвычайно разнообразен. Хотя мы изучили пресноводных беззубок в качестве представителя типа, мы видим также, что не существует общих характеристик всего типа. Моллюски включают много различных форм и, таким образом, иллюстрируют результаты адаптивной радиации - процесса, при котором разнообразные структуры тела могут развиваться от линии общих предков, чтобы виды могли занять иные экологические ниши. Хотя моллюски являются полезными и разнообразными, они также являются уязвимыми организмами. Например, мидии, являясь фильтраторами, концентрируют продукты загрязнения в своих тканях. Лучшее понимание анатомии и физиологии моллюсков может в конечном итоге оказаться полезным, так как мы можем принимать решения, влияющие на планету, которую мы разделяем с этой древней группой животных.

Глоссарий

Брюхоногие. Класс моллюсков, которые передвигаются при помощи длинной, плоской, мускулистой ноги; имеют хорошо развитую голову с глазами и щупальцами, одностворчатую раковину.

Брюшина. Тонкая мезодермальная ткань (оболочка), окружающая и прилегающая к целому.

Висцеральный ганглий. Парный нервный узел, расположенный вентральнее по отношению к задней мышце-замыкателю; управляет различными нервными реакциями (функциями) моллюска.

Внутренности. Внутренние органы тела.

Выводной сифон. Трубнообразная структура, образованная складками ткани мантии левой и правой стороны, через которые беззубка удаляет воду.

Глохидий. Специализированная личиночная форма пресноводных двустворчатых моллюсков.

Головоногие. Класс моллюсков с характерной большой, хорошо развитой головой, восемью или десятью щупальцами, окружающими рот и вытянутым телом. Раковина у головоногих редуцирована; у большинства видов ее рудименты находятся внутри тела.

Гонады. Репродуктивный орган, который производит половые клетки.

Двустворчатые. Класс моллюсков, имеющих две створки раковины, не имеющих головы и обладающих уплощенным с боков телом и ногой топоровидной или булавовидной формы.

Жабры. Дыхательный орган с большим количеством сосудов, благодаря которым моллюски получают кислород из воды.

Желудок. Мускульный пищеварительный орган, где на пищу воздействуют ферменты и с которого начинается пищеварение у большинства моллюсков.

Желудочек сердца. Мышечный (мускульный) отдел сердца моллюска, который прокачивает (нагнетает) кровь по остальному телу.

Задняя аорта. Один из двух основных сосудов у двустворчатых; несет кровь в «заднем» направлении к прямой кишке и мантии.

Задняя мышца-замыкатель. Сильная мышца, расположенная в заднем конце раковины; при сокращении закрывает створки раковины.

Замочная связка. Жесткая связка соединительной ткани, которая держит клапаны моллюсков, устриц и других двустворчатых моллюсков вместе вдоль их дорсальных поверхностей.

Кишечник. Длинный пищеварительный орган в форме трубки, через который проходят продукты пищеварения.

Линии роста. Концентрические круги (кольца), расположенные снаружи каждой створки раковины моллюска; образуются в результате неравномерного роста рогового слоя раковины.

Макушка. Латеральное возвышение, которое прилегает к замку створок раковины моллюска; представляет собой наиболее древнюю (старую) часть створок.

Мантия. Плотная структура, прикрывающая большинство внутренних органов; выделяет материал раковины и биссусные нити (слизь).

Мантийная линия. Видимый (заметный) рубец на внутренней поверхности раковины в месте прилегания мантии.

Моллюски. Представители большого типа беспозвоночных животных, обладающие мягким не сегментированным телом, которое обычно покрыто жёсткой кальцинированной раковиной.

Нога. Брюшное мышечное образование тела моллюсков, которое принимает участие в движении, сборе еды, защите.

Педальный ганглий. Парный нервный узел, расположенный в висцеральных тканях ноги; координирует моторику ноги.

Передняя аорта. Один из двух основных кровеносных сосудов у беззубки; несет кровь вперед в ногу и большинство висцеральных (внутренних) органов.

Передняя приводящая мышца. Мощная мышца, расположенная на переднем конце беззубки; сокращается для закрытия раковины.

Перикард (околосердечная сумка). Тонкая пленчатая мезодермальная ткань (оболочка), окружающая перикардальную полость моллюсков.

Периостракум. Темный роговой материал, покрывающий наружную поверхность раковины. Выполняет защитную функцию, предотвращает растворение раковины в кислых водах.

Перикардальная полость. Небольшая полость с дорсальной стороны тела, в которой находится сердце, окруженное околосердечной сумкой; является частью целома.

Перламутровый слой. Внутренний слой раковины. Состоит из множества тонких слоёв карбоната кальция. Внутренняя поверхность перламутрового слоя обычно называется жемчуго-продуцирующей.

Пищеварительная железа. Пищеварительный орган, который производит ферменты, в которых фагоцитарные клетки охватывают пищевые частицы.

Пищевод. Мышечная трубка, соединяющая рот с желудком.

Пластинка (жаберная). Один из двух листков ткани, составляющих жабры моллюсков.

Почка. Губчатый выделительный орган, выводящий продукты азотистого обмена (например, мочевую кислоту) в ходе регуляции водного баланса у пресноводных моллюсков.

Предсердие. Одна из двух тонкостенных камер сердца беззубки, которая получает кровь из жабр и других органов и передает ее в желудочек.

Призматический слой (остракум). Средний слой раковины, состоящий из карбоната кальция.

Раковина. Твердая, обычно наружная кальцифицированная структура, которая обеспечивает поддержку и защиту мягкого тела большинства моллюсков.

Рот. Переднее отверстие пищеварительного тракта.

Ротовое щупальце (губное, лабиальное). Одна из тканевых парных складок, прилегающих ко рту. Предназначено для сортировки и перемещения пищевых частиц внутрь ротовой полости.

Сердце. Мышечный орган, который обеспечивает циркуляцию крови.

Створки. Парные части раковины моллюска. Моллюски, имеющие две створки, называются двустворчатыми. Улитки и большинство брюхоногих имеют цельную раковину.

Целом. Вторичная полость тела, полностью закрытая в пределах мезодермального покрова.

Цереброплевральный ганглий. Совокупность клеточных элементов нервной ткани, расположенной в направлении от заднего к переднему концу мышцы аддуктора.

Анатомия ракообразных

Введение

Ракообразные относятся к огромному и разнообразному типу членистоногих. Считается, что две трети или даже более из всех животных являются представителями данного типа. Их биологическое процветание частично объясняется некоторыми основными анатомическими особенностями, такими как: гетерономная сегментация тела, наличие защитного экзоскелета и членистых конечностей.

Речные раки обладают всеми этими особенностями. Они принадлежат к классу ракообразных и, как большинство представителей класса, являются водными обитателями. Немногие ракообразные ведут наземный образ жизни, но даже у них органами дыхания являются жабры и они нуждаются во влажной среде.

Класс ракообразных объединяет следующих представителей: креветок, крабов, лобстеров, равноногих раков, амфипод, водяных блох, высокоспециализированных ракушковых раков и др. Отличительными особенностями ракообразных от других членистоногих является наличие двух пар антенн, видоизмененных в ротовые органы конечностей (мандибулы, две пары максилл и три пары ногочелюстей) и еще несколько пар высокоспециализированных конечностей.

Речные раки, являясь широко распространенными водными обитателями, изучаются как характерные представители класса ракообразных.

Внешнее строение и органы дыхания

Речные раки имеют жесткий экзоскелет покрывающий и защищающий внутренние органы и обеспечивающий крепление участков мышц. Экзоскелет состоит из хитина, выделяемого гиподермальными клетками. Части внешнего скелета пропитаны карбонатом кальция. В местах соединений экзоскелет тоньше и гибче. Рост раков сопровождается линьками.

Тело раков состоит из двух важнейших отделов – головогруды и брюшка. Головогрудь частично покрыта специализированным экзоскелетом, называемым панцирем или карапаксом. Шейная борозда на карапаксе – место слияния головы и грудного отдела. Боковые «крылья» карапакса, прикрывающие жаберную полость, называются бранхиостегитом. Рострум располагается впереди головогруды, между глазами, и служит для их защиты.

Сегментация тела раков на головогруды скрыта под карапаксом, брюшной отдел состоит из явно просматриваемых сегментов. Большая часть сегментов тела несет пару конечностей, однако некоторые сегменты могут сливаться. В таком случае конечности становятся более специализированными.

Двуветвистые конечности состоят из 3-х частей – базальных протоподитов, двух ветвей медиальных эндоподитов и латерального экзоподита. Все конечности раков имеют такой общий вид строения, хотя некоторые значительно видоизменяются. Например, урופоды образованы видоизмененными протоподитом и эндоподитом; экзоподит был утрачен в процессе развития. Так как все конечности происходят из подобных структур, их называют гомологичными.

Передняя пара придатков головы представлена антеннулами; за ними следуют антенны, чья функция осязательная и обонятельная.

Позади от антенн расположено ротовое отверстие, окруженное шестью парами перекрывающихся видоизмененных конечностей. Первая пара – мандибулы; они служат для откусывания и измельчения пищи. Следующая пара – максиллы; они помогают в обработке пищи. Вторая пара максилл называется черпаком; они взаимодействуют с жаберными камерами. Возвратно-поступательными взмахами они проталкивают воду через жаберные камеры. За максиллами следуют три пары ногочелюстей.

Ногочелюсти используются для проведения пищи к челюстям. Покрывающие их щетинки выполняют функцию обоняния и осязания. Подвижность ногочелюстей, главным образом, обеспечивается благодаря постоянному току воды из жаберных камер.

Первая из пяти пар ходильных ног видоизменена в достаточно крупные клешни. Они служат для защиты и удержания пищи. Вторая и третья пары ходильных ног несут клешни гораздо меньшего размера, которыми раки также удерживают пищу и другие объекты. Четвертая и пятая пары ног не несут клешней и служат для поддержания тела. У многих видов пятая пара ног не имеет жаберной камеры.

Брюшных конечностей у раков шесть пар. Первая пара брюшных конечностей у самцов видоизменена в копулятивные трубки. По этим образованиям наиболее надежно определяется пол у раков. Вторая пара имеет такую же форму и выполняет функцию специализированных копулятивных органов. У самок первая пара брюшных конечностей рудиментарная, а остальные четыре пары несколько крупнее, чем у самцов. У обоих полов брюшные конечности способствуют циркуляции воды, таким образом, участвуя в дыхании.

Конечностями последнего брюшного сегмента являются два широких урופода. Урופоды и тельсон, которые не считаются конечностями, образуют хвостовой плавник, использующийся для перемещения при появлении опасности. Анальное отверстие речных раков расположено на брюшной стороне тельсона.

До изучения полости тела речных раков мы детально рассмотрим жаберный аппарат. Жаберная полость отделена от главной полости тела перегородкой. Жесткие щетинки на брюшном крае жаберной крышки предотвращают попадание инородных частиц или паразитов в жаберную полость.

Жабры отделены от внешней среды стенкой тела. Каждый лепесток жабры имеет центральную ось с двумя кровеносными сосудами. Кровь поступает по приносящему

сосуду, насыщается кислородом и следует через синусную полость к выносящему сосуду.

Вода поступает в жаберную полость в первую очередь через отверстия в жаберной крышке. Движениями жаберной дуги вода нагнетается вперед, и большая ее часть выходит через переднее отверстие.

Анатомия внутренних органов

Для изучения внутренних органов речных раков мы удаляем остатки карапакса, осторожно отделяя внешний скелет от низлежащей гиподермы. Данная ткань продуцирует вещества, которые формируют наружный скелет. Далее удалим хитиновую стенку тела за жаберной полостью; затем удаляем гиподерму.

Органы разных систем настолько близко расположены друг к другу, что практически невозможно изучать их независимо друг от друга при вскрытии. Для проведения данного исследования нам пришлось провести вскрытие более одного речного рака. Дело в том, что при вскрытии одного речного рака и изучении одной системы органов близлежащие органы значительно повреждаются и становятся непригодными для исследования.

Кровеносная система

Составные части кровеносной системы лучше изучать на фиксированных образцах, в которые была введена латексная краска. Для речного рака характерна кровеносная система незамкнутого типа. Часть крови, кроме кровеносных сосудов, циркулирует по полостям и синусам тела. Эти синусы сообщаются с главной полостью тела называемой гемоцелью и, таким образом, кровь омывает внутренние органы. Сердце лежит в перикардальном синусе. Кровь по этому синусу поступает в сердце через три пары отверстий, называемых остиями.

Тонкостенные артерии несут кровь от сердца к различным частям тела. Глазная артерия несет кровь вперед вдоль спинной стенки тела к стебельчатым глазам, головному мозгу и антеннам. Пара антеннальных артерий несет кровь к пищеварительной железе и передней части кишки. Большая спинно-брюшная артерия проходит через сердце, расширяется сзади и проходит вдоль дорсальной поверхности кишечника. Пары сегментарных артерий разделяются, снабжая кровью кишечник и брюшные мышцы. Грудная артерия проходит вдоль брюшной нервной цепочки, а затем расходится, неся кровь к конечностям и брюшной нервной цепочке.

Из артерий кровь попадает в полость тела, где она омывает непосредственно клетки различных тканей и органов. Синусы впадают в большую грудную полость ниже

грудного отдела. Отсюда кровь омывает жабры. Насыщенная кислородом кровь следует назад к перикардиальному синусу.

Мышечная система

Сейчас мы можем рассмотреть несколько мышц. Мощная верхнечелюстная мышца начинается на внутренней поверхности карапакса и заканчивается на верхней челюсти. Данная мышца усиливает укус речного рака. Мышцы желудка между брюшной стенкой и внутренней стенкой карапакса поддерживают желудок и сокращают его стенки во время переваривания пищи.

Наиболее мощные мышцы у речных раков – это мышцы abdomena. Две группы абдоминального разгибателя начинаются в грудной полости и расширяются кзади ниже спинной поверхности abdomena. Антагонистами являются большие и мощные абдоминальные мышцы-сгибатели. Сокращение мышц-сгибателей помогает речному раку быстро двигаться назад.

Половая система

Репродуктивные органы расположены между перикардиальным синусом и пищеварительной железой. Женские особи имеют пару гонад. Яйца, которые образуются в каждой гонаде, проходят через яйцевод к генитальным отверстиям, которые открываются в основании третьей пары ходильных ног.

Мужская половая система также представлена парой гонад. От каждой железы отходят семявыводящие протоки, открывающиеся генитальными порами в основании пятой пары ходильных ног.

В период размножения копулятивные трубочки самцов заполняются спермой, вытекающей из половых отверстий. Во время спаривания при помощи копулятивных трубочек самец вводит сперму в половые отверстия самок. Оплодотворенные яйцеклетки затем прикрепляются к брюшным ножкам, где они остаются до вылупления. Особенности процесса оплодотворения могут варьировать у представителей разных видов ракообразных.

Пищеварительная система

Речные раки питаются пищей как растительного, так и животного происхождения. Челюстями и другими ротовыми органами они проталкивают пищу в ротовое отверстие. Далее пища через короткий пищевод поступает в желудок, который состоит из двух отделов: большого переднего кардиального, или жевательного отдела, и меньшего пилорического отдела. В жевательном отделе имеются хитиновые зубы, образующие так называ-

емую «желудочную мельницу». Она измельчает пищу на небольшие кусочки. Щетинки при входе в пилорический отдел желудка способствуют фильтрации пищи. Слишком крупные для прохождения частички пищи остаются для дальнейшей переработки или выбрасываются через пищевод и ротовое отверстие. Иногда к стенке кардиального отдела желудка крепятся две известковые структуры, называемые гастролитами. Во время линьки они повторно подвергаются действию желудочных кислот, вырабатывая карбонат кальция для упрочнения нового наружного скелета.

Большая пищеварительная железа, или печень состоит из двух долей, которые соединяются ниже желудка. Железа соединена с желудком через несколько крошечных каналов. Пищеварительные ферменты, продуцируемые в железе, поступают в желудок, а мельчайшие частицы пищи поступают из желудка в пищеварительную железу, где в основном происходит их окончательное переваривание и поглощение. Пищеварительная железа также выполняет функцию накопления питательных веществ. После обработки пищи непереваренные остатки проходят через пилорический отдел желудка в кишечник и выводятся через анальное отверстие.

Выделительная система

Выделительная система речных раков представлена двумя антеннальными или зелеными железами, которые располагаются в основании каждой антенны. Метаболические отходы удаляются из крови в виде мочи, которая поступает в эластичный мочевого пузырь и через выделительную пору у основания антенны выводится из организма. Моча очень разбавлена, так как железы кроме функции выделения выполняют функцию поддержания водного баланса

Нервная система и органы чувств

Нервная система речных раков представлена брюшной нервной цепочкой с нервными узлами или ганглиями, от которых отходят боковые ветви нервов. Брюшную нервную цепочку легче всего обнаружить в брюшном отделе, ниже брюшных сгибателей. Она состоит из двух параллельных нитей, которые соединены на большем протяжении. В каждом сегменте от ганглиев отходят пары боковых нервов, которые иннервируют конечности и мышцы брюшка.

В головогрудь нервная цепочка проходит под всеми внутренними органами в основании грудных ног. Наличие ганглиозных узлов в каждом сегменте грудного отдела доказывает наличие внутренней сегментации тела, которая скрыта под внешним панцирем. С другой стороны, наличие большого подпищеводного ганглия демонстрирует тенденцию к внутреннему слиянию сегментов. Ганглий состоит из слившихся гангли-

озных узлов соответствующих пяти сегментам тела, которые несут большую часть ротовых органов.

Подпищеводный ганглий часто называют «головным мозгом». Нервы, отходящие от парных долей головного мозга иннервируют антенны, антеннулы и глазные стебельки.

Продвигаясь дальше, мы можем наблюдать два окологлоточных кольца. Основными органами чувств речных раков являются антенны и антеннулы, глаза, многочисленные сенсорные волоски (или щетинки), разбросанные по всему телу, и статоцисты (органы равновесия, расположенные в базальных сегментах каждой антеннулы). Статоцист представляет собой мешок выстланный кутикулой с чувствующими волосками. Статолитами служат песчинки. Когда песчинки изменяют положение, они стимулируют чувствующие волоски, что приводит к правильной координации движений, тем самым поддерживая равновесие речных раков. Органами осязания и обоняния у речных раков служат многочисленные осязательные волоски и сенсиллы, расположенные главным образом на антеннах, ногах, вилочке.

Глаза речных раков расположены на подвижных стебельках. Глаза сложные, роговица разделена на тысячи кристалликов. Каждый кристаллик представляет собой конусовидный бокал, ограниченный пигментными клетками, и называется омматидием. Зрительные восприятия определенных световых раздражителей необходимы для возбуждения нейросекреторных клеток к выделению гормонов, влияющих на окраску тела.

Эти гормоны, вырабатываемые эндокринными железами, также помогают регулировать другие циклы в организме хозяина. Вместе нервная и эндокринная системы управляют всеми системами и органами речных раков и устанавливают ответные реакции на раздражители. Такое точное управление нервной и гормональной системами характерно не только для ракообразных, но и для всех членистоногих.

Изучение анатомии речных раков позволяет осмыслить биологический прогресс ракообразных и всех членистоногих в целом. Это помогает обеспечить формирование базовых знаний для сравнения различных типов организации животных и для нашего понимания возможностей приспособления отдельных органов.

Глоссарий

Антеннальные железы. Пара выделительных органов речного рака, расположенных у основания усиков; иногда их называют «зеленые железы».

Афферентный. Переносящий внутрь или к чему-то; например, кровеносные сосуды или нервы, которые приводят к определенному органу или месту.

Бранхиостегит. Часть карапакса, который покрывает каждую ветвь жабры.

Брюшко. Четко сегментированная часть тела речного рака, расположенная позади головогрудного отдела.

Брюшная нервная цепочка. Главный нервный тяж тела (состоит из двух соединенных на большей части своей длины стволов). Расположен вентрально вдоль средней линии тела от субэзофагального ганглия до последнего брюшного сегмента.

Брюшные мышцы-разгибатели. Группа дорзальных брюшных мышц, сокращение которых вытягивает брюшко.

Брюшные мышцы-сгибатели. Большие сильные мышцы, вентрально расположенные в брюшке. Их сокращение сгибает брюшко.

Брюшные ножки. Мало специализированные брюшные конечности речного рака, в строении двух передних пар которых проявляется половой диморфизм.

Верхние челюсти. Первые парные широкие, нерасчлененные конечности, наиболее близко расположенные ко рту речного рака; используются для перемалывания пищи и проталкивания ее в рот.

Гастролиты. Структуры, прикрепленные к стенкам желудка и функционирующие в качестве накопителя карбоната кальция между линьками. Когда наступает линька кислоты растворяют гастролиты, освобождая кальций, который используется для укрепления нового экзоскелета.

Гемоцель. Полость тела, представляющая из себя незамкнутую кровеносную систему, в которой внутренние органы омываются кровью. Кровеносная система соединяется с системой сосудов, которые несут кровь через различные ткани и затем обратно к сердцу.

Гиподерма. Слой живой ткани, которая выделяет наружу омертвевшие слои, такие как кутикула и экзоскелет членистоногих.

Глазная артерия. Большая артерия, которая несет кровь в переднем направлении от сердца.

Головогрудь. Соединенная голова и грудь, покрытая карапаксом.

Гомологичные органы. Эволюционно или эмбриологически произошедшие из общих зачатков, например, рука человека или крыло летучей мыши являются гомологичными.

Грудная артерия. Артерия, которая несет кровь от основания спинной брюшной артерии и разделяется на грудные вентральные и вентральные брюшные артерии.

Грудная полость. Полость в основании груди, где кровь собирается перед продвижением по жабрам.

Двуветвистая форма конечностей. Наличие двух ветвей на конечностях.

Жабры речного рака. Жабры, расположенные внутри тела, присоединенные к мембране, соединяющей грудные придатки и стенку тела.

Желудочные мышцы. Мышцы, которые прикрепляются к внутренней стенке карапакса и присоединяются к желудку. Они обеспечивают сокращение стенок проксимальной камеры желудка и управляют мускульным желудком.

Карапакс. Участок экзоскелета, покрывающий головогрудь со спинной стороны.

Клешня. Конечная часть первой пары ходильных ног в виде больших клещей; используется при защите, нападении и питании.

Ковш. Подобный веслу выступ второй верхней челюсти. Его движения направляют воду к жабрам.

Копулятивные придатки. Специализированные парные конечности первых и вторых брюшных сегментов самца, участвующие в переносе спермы к самке.

Маточные трубы. Парные трубы через которые яйца выходят из яичников.

Мускульный желудок. Аппарат для измельчения пищи, состоящий из трех мощных зубцов, расположенных в проксимальной желудочной камере речного рака.

Незамкнутая система кровообращения. Кровеносная система состоит частично из синусов и не является непрерывной системой замкнутых кровеносных сосудов. В синусах кровь омывает ткани непосредственно.

Нижнечелюстной мускул. Один из двух больших скелетных мускулов, которые управляют нижними челюстями. Они прикреплены к внутренней поверхности карапакса.

Нижняя челюсть. Две пары нерасчлененных конечностей, расположенные за нижними челюстями.

Ногочелюсти. Последние три пары головных конечностей речного рака, расположенные за нижними челюстями.

Околопищеводная коннектива. Одна из пар нервов соединяющих субэзофагальные и супраэзофагальные ганглии. Пара фактически представляет собой расходящийся двойной нерв, так как она проходит вокруг пищевода.

Перикардальная полость. Полость в которой расположено сердце; часть гемоцеля.

Печеночные артерии. Пара артерий, которые доставляют кровь к печени, пищеварительной железе.

Пилорическая полость. Небольшая задняя часть желудка речного рака.

Пищевод. Короткий канал, соединяющий ротовую полость речного рака и мускульный желудок.

Подбранхи. Жабры, прикрепленные в основании грудных конечностей; наружные жабры.

Половой сосочек. Выпячивание в основании пятой ходильной ноги самца, где сперма выходит из выводящего протока.

Полостные железы. Крошечные эндокринные органы, расположенные в основании глаза. Железы производят гормоны, участвующие в линьке, изменении пигментации и других циклических изменениях.

Последовательная гомология. Возникновение последовательных анатомических структур, произошедших из подобных структур, но приспособленных к различным целям; пример такого явления - конечности речного рака и многих других ракообразных.

Почечно-поджелудочная железа. Большая пищеварительная железа речного рака; выполняет некоторые функции печени и поджелудочной железы позвоночных животных.

Проксимальная камера желудка. Большая передняя мышечная часть желудка ракообразных, где измельчается пища.

Протоподит. Базальный сегмент или сегменты двуветвистой конечности.

Ракообразные. Класс членистоногих, который включают в себя таких представителей как: речной рак, омар, крабы, креветки. Представители характеризуются наличием двух пар усиков, одной пары нижних челюстей, двух пар верхних челюстей, а также экзоскелетом, содержащим кальций.

Рострум. Выступающий вперед из головогруды выступ речного рака.

Омматидий. Структурная и функциональная единица сложного глаза.

Сегментарный нервный узел. Один из многих сегментарных ганглиев брюшной нервной цепочки от которого отходят ветки нервов. В каждом сегменте существует один такой ганглий за исключением тех мест, где произошло внутренне слияние ганглиев и /или сегментов.

Семенники. Мужские половые органы в которых производится сперма.

Семявыносящий канал. Парный канал, который несет сперму от семенников к половым сосочкам.

Семяприемник. Полость в грудной клетке самки речного рака, где сперма сохраняется, пока не будут отложены яйца.

Сложный глаз. Глаз, состоящий из большого количества воспринимающих свет элементов (простых глазков), называемых омматидиями.

Сосуды. Полости тела и каналы через которые кровь возвращается к сердцу.

Статоцист. Сенсорный орган, расположенный в основании усиков; функционирует как орган равновесия.

Субэзофагальный нервный узел. Большой объединенный нервный узел, расположенный сзади пищевода; имеет боковые нервы, которые иннервируют большую часть ротового аппарата рака.

Супрэзофагальный нервный узел. Большой объединенный нервный узел в брюшной нервной цепочке; "мозг" речного рака.

Тельсон. Вершинная часть брюшка.

Уроподы. Парные боковые конечности, которые вместе с тельсоном формируют хвостовую лопасть (плавник).

Хеморецептор. Сенсорный орган, воспринимающий химические раздражители; орган вкуса.

Хитин. Азотсодержащий полисахарид, обеспечивающий жесткость; является главным компонентом экзоскелета у членистоногих.

Членистоногие. Представители самой большой группы животных. Характеризуются хитиновым экзоскелетом, сегментированным телом и членистыми придатками.

Шейная бороздка. Внешняя бороздка на карапаксе, которая разграничивает голову и грудь.

Щетинки. Волоски, растущие на экзоскелете речного рака; обладают тактильной, вкусовой или осязательной функциями; иногда называются "сенсорными щетинками".

Экзоподит. Внешний или боковой; один из двух терминальных отделов двуветвистого придатка.

Экзоскелет. Наружный скелет, функция которого заключается в защите и прикреплении мускулов.

Эндоподит. Внутренний, или медиальный, один из двух терминальных отделов двуветвистого придатка.

Эндоформальный выступ. Рельефное основание в основании груди; один из нескольких элементов инвагинации экзоскелета, иногда называемый «эндоскелетом» речного рака.

Эфферентный. Переносающий что-либо направленное наружу или далеко от чего-либо; например, кровеносные сосуды или нервы, которые отходят от определенного органа или места.

Яичники. Парные женские репродуктивные органы в которых образуются яйца.

Анатомия окуня

Большинство людей уверены, что легко могут отличить рыб от других живых существ. Например, эти золотые рыбки – точно рыбы, как и эти гуппи. И те, и другие живут в воде, и имеют плавники и чешую. Не все люди знают морского конька как рыбу, или мурену не как змею. Ведь бывает не так-то просто идентифицировать животное как рыбу. Морскую звезду и краба иногда называют рыбами, хотя это не так. Некоторые люди ошибаются по поводу морских млекопитающих, относя китов и дельфинов к рыбам.

Так каковы же общие черты для рыб? Все рыбы – позвоночные, скелет которых состоит из хряща или костей. Также все рыбы имеют хрящевые или костные капсулы, которые защищают мозг. Все рыбы живут в воде и имеют жабры, которые используют на протяжении всей жизни. У всех рыб есть плавники, которые не имеют пяти пальцев, имеющих на конечностях остальных позвоночных.

Рыбы возникли около 500 млн. лет тому назад. Некоторые из самых ранних форм – «Ostracodermis» («Щитковые») были сильно защищены броней и не имели челюстей.

Современные рыбы живут во всех видах доступных водоемов. Они живут в проточных реках и ручьях, стоячих прудах и озерах, и в соленых водах Мирового океана.

Рыбы делятся на несколько крупных групп. К первой группе относятся рыбы, которые не имеют челюстей - «Agnathans» (или «Бесчелюстные»). К ним относятся миноги и миксины. Ко второй группе относятся рыбы, у которых есть челюсти – «Gnathostomes» (или «Челюстноротые»), и которые делятся на «Хрящевых рыб», у которых скелет состоит из хряща (акулы и скаты) и «Костных рыб», у которых скелет состоит из костей. Более эволюционно развитые костные рыбы находятся в надотряде «Teleostei».

Предметом данной программы является желтый окунь («Perca flavescens»). Он относится к отряду окунеобразных («Perciformes»). Хотя и надотряд «Teleostei» очень разнообразен, желтый окунь является идеальным представителем анатомии типичной костной рыбы.

Внешнее строение

Для начала нам необходимо обозначить некоторые термины для характеристики направления и расположения:

- Краниальный – по направлению к голове;
- Если речь идет непосредственно о голове, то Роstralный – по направлению к носу;
- Каудальный – по направлению к хвосту;

- Дорзальный – по направлению к спине;
- Вентральный – по направлению к брюшному краю;
- Дистальный – означает позицию дальше от центра тела;
- Медиальный же определяет позицию ближе к центру тела.

Тело рыбы делится на три отдела: голову, туловище и хвост. Голова начинается от носовых и ротового отверстия и оканчивается у каудального края жаберных отверстий, или жаберной крышки. Туловище начинается в том месте, где оканчивается голова; задней ее границей является вентральное отверстие для мочеполовых органов. Хвост начинается от крайней туловищной точки и до начала хвостового плавника. Тело торпедовидной или веретеновидной формы, что обеспечивает высокую скорость при движении.

На голове есть следующие видимые важные структуры: рот, пара ноздрей и пара глаз. Положение и форма рта во многом зависит от питания рыбы. Терминальный рот у окуня говорит о его хищническом образе жизни. Губы окружают рот, есть зубы, которые помогают удерживать добычу. Окунь заглатывает добычу целиком. Ноздри рыбы не связаны с глоткой как у остальных позвоночных. Через них протекает вода и там находится обонятельный эпителий. У окуня два наружных отверстия для каждой ноздри. Через ростральное отверстие вода входит, а через каудальное выходит. Как и у всех рыб, у окуня два непокрытых глаза с обеих сторон головы. На каудальных краях головы с каждой стороны находятся жаберные отверстия, прикрытые жаберной крышкой - наружной костной пластинкой, которая защищает жабры и пропускает воду через ротовую полость во время питания и дыхания.

На туловище легко различимы две пары плавников. Грудные плавники находятся на противоположных сторонах туловища за жаберными крышками. Тазовые плавники расположены вентрально и каудально по отношению к грудным плавникам. Эти парные плавники важны для обеспечения направленного движения. Кроме парных плавников есть четыре непарных: два спинных, краниальный и каудальный, анальный и хвостовой плавники. Дорзальные и анальный плавники функционируют как стабилизаторы, в то время как хвостовой обеспечивает толчки при движении. Важно также отметить, что краниальный и каудальный дорзальные плавники различаются по поддерживающим их структурам. Краниальный дорзальный плавник содержит несколько игл, в то время как каудальный дорзальный несколько мягких лучей.

Краниальнее анального плавника находится анальное и уrogenитальное отверстие. Отсюда начинается хвост. Главная структура хвоста – гомоцеркальный каудальный плавник. Его дорзальная и вентральная половинки равны между собой.

Система органов чувств боковой линии может быть прослежена вдоль всей длины тела - от жаберной крышки до хвостового плавника. Это специализированный орган

чувств, который определяет вибрации, направление течения, температуру и, вероятно, электрические импульсы в воде.

Обсуждение внешнего строения рыбы будет неполным без рассмотрения кожи и чешуи. Кожа состоит из внешнего эпидермиса и толстой дермы. Эпидермис содержит множество слизистых желез, которые образуют защитную слизистую пленку. Кроме того, что слизь делает рыб скользкими, она также обеспечивает защиту от бактерий, внешних раздражителей и ряда солей тяжелых металлов. Дерма состоит из соединительной ткани, нервов, кровеносных сосудов и пигментированных желез, а также из участков образования чешуи. Большая часть кожи окуня покрыта эластичными чешуйками, плотно прилегающими друг к другу. Чешуйки обеспечивают защиту коже. У окуня ктеноидная чешуя. При большом увеличении чешуи вдоль выступающего каудального края видны мелкие колючки – ктении. На чешуйке различимо множество колец роста, которые являются результатом сезонного прироста новых участков. Чешуя растет на протяжении всей жизни рыб и не регенерируется при ее потере.

Скелет

Скелет окуня и всех костных рыб состоит из хряща и костей. Скелет окуня может быть разделен на два отдела: осевой скелет (состоит из черепа, позвоночника и непарных плавников) и периферический (состоит из грудных и тазовых плавников и их придатков).

Осевой скелет начинается с черепа, который состоит из множества мелких косточек. К наиболее заметным костям черепа относятся предчелюстная, челюстная, зубная, лобовая кость, а также жаберная крышка.

Позвоночник начинается от черепа и состоит из поддерживающих структур – позвонков. Каждый позвонок имеет большую цилиндрическую часть – тело позвонка. Позвонки в туловищной части имеют дорзальные невральные дуги через которые проходит хорда. Также каждый туловищный позвонок имеет дорзальный отросток; некоторые туловищные позвонки сочленены с ребрами. У окуня два типа ребер: вентральные ребра, которые защищают висцеральные органы и дорзальные ребра, которые сочленены с вентральными ребрами и разделяют большие дорзальные и вентральные группы мышц. Хвостовые позвонки имеют невральную дугу дорзально, и вентрально – гемальную дугу, через которую проходят хвостовые артерии. Вентральное гемальное дуги находится гемальный отросток.

Краниальный дорзальный плавник поддерживается основанием отростков. Основание каждого отростка лежит внутри мускулатуры и укрепляется тонкими костными структурами. У окуня 12 – 14 отростков в краниальном дорзальном плавнике. Каудальный дорзальный плавник поддерживается мягкими лучами и является продолжени-

ем краниального дорзального плавника. На нем обычно находится 2 отростка, за ними у желтого окуня следуют 12 мягких лучей.

Вентральный анальный плавник имеет два отростка и следующие за ним 7 – 8 мягких лучей. Поддерживающие структуры подобны между собой, кроме первых 2 – 3-х оснований отростков, которые сливаются в единственную кость. Эта кость срастается с последней парой и двумя ребрами.

На хвостовом плавнике нет отростков, а имеются лишь мягкие лучи. Придатки скелета состоят из пояса грудных конечностей и их плавников, а также пояса тазовых конечностей с плавниками. Грудные плавники состоят из нескольких костей и поддерживающих структур: лопатки, коракоида и надлопаточного хряща. Грудные плавники поддерживаются мягкими лучами. Тазовый пояс состоит из парных тазовых пластинок, которые поддерживаются мягкими лучами тазовых плавников.

Мышечная система

У рыб она сравнительно проста, кроме мышц, контролирующих челюсти и отдельные плавники. Большинство мышц состоит из больших сегментированных V-образных групп мышц – миотомов. Чтобы увидеть миотомы у окуня необходимо удалить кожу. Отдельные миотомы разделяются друг от друга миосептами (соединительнотканными перегородками). Также миотомы разделены на дорзальные и вентральные группы поперечной перегородкой.

Дыхательная система

Для изучения дыхательной системы у окуня необходимо с одной стороны удалить жаберную крышку, чтобы обнажились жабры. Внутри каждой жаберной камеры находится по 4 жабры. Каждая жабра имеет множество жаберных лепестков (нитей), чрезвычайно васкуолизированных пальцевидных структур, которые обеспечивают дополнительную поверхность для увеличения эффективности обмена газами. Также каждая жабра имеет жаберную дугу – костную структуру, которая обеспечивает поддержку для жаберных лепестков. С одной ее стороны расположены жаберные тычинки. Они защищают жаберные лепестки и задерживают крупные частицы, не пропуская их через жабры.

Внутренняя анатомия

Рассмотрение внутренних органов окуня связано со вскрытием полости тела с одной стороны. Это осуществляется при помощи разреза вдоль вентральной поверхности от анального отверстия до жаберной крышки. Жаберная крышка должна быть удалена;

также должны быть сделаны боковые разрезы от края вентрального разреза до латеральной линии. Данная часть стенки тела приподнимается, обнажая внутренние органы.

Таким образом, мы можем видеть внутреннюю полость тела - целом, который делится на 2 главные части: большую - брюшную полость и меньшую - перикардальную полость. В брюшной полости расположены висцеральные органы, в то время как в перикардальной полости находится сердце.

Пищеварительная система

При обнажении внутренностей может быть изучена пищеварительная система. Большая печень находится на краниальной части брюшной полости. У печени имеется множество функций: выработка желчи для расщепления жиров, фильтрация и нейтрализация токсинов в крови; печень продуцирует, накапливает и высвобождает гликоген, и накапливает питательные вещества.

Если удалить печень, становятся видимыми другие органы. Пищевод – короткая прямая трубка, расположенная наиболее краниально в брюшной полости. Пищевод соединяется с желудком и может сильно растягиваться, позволяя рыбе заглатывать крупную добычу и транспортировать ее целиком к желудку.

На каудальной части пищевода расположен желудок, представляющий собой мышечную структуру, где пища перемешивается с пищеварительными жидкостями и расщепляется.

Тонкий кишечник отходит от желудка каудально; здесь содержимое желудка переваривается дальше и всасывается. Длина тонкого кишечника различна в зависимости от вида рыбы и ее образа жизни. У растительноядных он длинный и крупный, у хищников относительно короткий; в то время как у всеядных кишечник меняет длину в зависимости от питания.

К наиболее краниальному краю прикреплены пилорические придатки – 3 маленьких коротких мешочка, которые выполняют функции расщепления и абсорбции.

Каудально тонкий кишечник переходит в толстый кишечник, прямую трубочку, которая отвечает за удаление непереваренных остатков и выведение их через анальное отверстие.

Следующий орган, который мы рассмотрим, не относится к пищеварительной системе, но также расположен в брюшной полости, – это селезенка. Она расположена вдоль каудальной поверхности желудка. Селезенка – сосудистый орган, который фильтрует кровь, производит белые кровяные тельца и играет активную роль в поддержании иммунитета.

Непосредственно дорзально к брюшной полости расположен мешковидный плавательный пузырь, который обычно содержит смесь газов. Плавательный пузырь обеспечивает плавучесть, а также позволяет рыбе оставаться на определенной глубине.

Кровеносная система

Расположенное в перикардиальной полости сердце двухкамерное. Как и у всех рыб, окунь имеет одно тонкостенное предсердие и единственный толстостенный желудочек. Две другие камероподобные структуры очевидны. Это мешковидный венозный синус и мышечная трубочка – артериальный конус. Кровь поступает в сердце из венозного синуса, затем проходит в предсердие. Между предсердием и венозным синусом нет клапана для предотвращения тока крови обратно. Из предсердия кровь поступает в желудочек. Двустворчатый клапан между предсердием и желудочком предотвращает обратный ток крови во время сокращения желудочка. Кровь проходит через следующий клапан, выходя из желудочка и проходя в артериальный конус. (*Примечание:* более примитивные рыбы, такие как акулы, скаты, миноги и миксины имеют артериальный конус вместо артериальной луковицы). Артериальный конус обладает большим количеством мышечных волокон и способен сокращаться с достаточной силой. Артериальная луковица – это расширение вентральной аорты и она имеет меньше мышечных волокон и, таким образом, не может сокращаться сильно. Затем кровь попадает в короткую вентральную аорту, откуда направляется в жабры. В жабрах через приносящие жаберные артерии, проходя через капилляры в жаберных лепестках, кровь покидает жабры через выносящие жаберные артерии. Затем кровь поступает в дорзальную аорту. Многочисленные ветви артерий от дорзальной аорты разносят кровь по всему телу.

Между артериями и венами находятся микроскопические капилляры. Их диаметр настолько мал, что кровяные тельца должны проходить по ним в один ряд. Стенки капилляров очень тонки, что позволяет газам и питательным веществам из крови попадать в отдельные клетки, а продуктам жизнедеятельности переходить из клеток в кровяное русло.

Кровь от всего тела возвращается в сердце через системные вены и воротную систему печени. Воротная система печени состоит из вен, отходящих от желудка, кишечника и других органов, которые приносят кровь через капилляры в печень, где она фильтруется и из нее удаляются токсины. Отсюда кровь поступает в печеночную вену и затем в венозный синус.

Выделительная система

Главный выделительный орган окуня – пара удлинённых гладких почек. Почки фильтруют азотистые отходы из крови и расположены дорзально к плавательному пузырю. Отходы, проходя от почек через Уольфов канал, попадают в мочевой пузырь. Отсюда они выводятся наружу через мочевую пору у самцов и через мочеполовую пору у самок.

Половая система

Половые органы у самцов – парные семенники, расположенные каудальнее желудка и вентральнее воздушного пузыря. Они производят семенную жидкость и мужские половые гормоны. Семенная жидкость проходит через семявыводящий проток к половому синусу и выводятся наружу через половую пору.

У самок имеется один большой яичник, расположенный на том же месте, где и семенники у самцов. Яичник - это мешковидная структура, которая вырабатывает и выводит яйцевые клетки в яйцеводы. Затем яйцевые клетки выходят наружу через мочеполовой синус и мочеполовую пору. Оплодотворение происходит вне тела.

Нервная система

Как и у всех хордовых, нервная система окуня состоит из двух главных отделов: центральной нервной системы, которая состоит из головного и спинного мозга и периферической нервной системы, которая состоит из нервов вне спинного и головного мозга. В данном видеоуроке мы ограничимся рассмотрением строения лишь центральной нервной системы.

Мозг окуня заключен в костный череп. Он также защищен желатиноподобной массой и тонкой пигментированной мембраной.

Выделив мозг из окуня, мы видим, что он состоит из пяти отделов. На его дорзальном крае, в наиболее роstralной позиции, лежит теленцефалон, состоящий из обонятельных долей и церебральных полушарий. Обонятельные доли – это участки, где обонятельные нервы входят в мозг. Церебральные полушария соответствуют церебральным полушариям высших позвоночных.

Следующий отдел – диэнцефалон. Он состоит из таламуса, гипоталамуса, pineального тела и гипофиза. Гипофиз расположен на вентральной стороне мозга. Это важная эндокринная железа, которая производит множество гормонов, а также регулирует выработку и освобождение гормонов другими железами.

Мезенцефалон состоит из оптических долей; их размер – индикатор важности роли зрения для окуня. С вентральной стороны мозга мы видим пару оптических нервов, которые несут импульсы от глаз через нервы к оптическим долям.

Метенцефалон состоит из мозжечка, который отвечает за координацию мышечной активности и чувство равновесия.

Наиболее каудальный отдел – миеленцефалон, состоящий из продолговатого мозга. Это самый длинный участок мозга. Он отвечает за скорость сердечных сокращений, сужение и расширение кровеносных сосудов и контролирует многие рефлексы и другие жизненно-важные функции.

Желтый окунь – один из видов рыб и он, конечно, не может иллюстрировать все возможные виды адаптаций более 20 000 видов костных рыб, живущих сейчас. Однако тщательное изучение его внутреннего строения демонстрирует важность костных рыб. Сравнение строения окуня с более сложно организованными позвоночными, такими, как амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие помогает нам понять изначальное родство всех позвоночных.

Глоссарий

Анальное отверстие. Каудальное отверстие пищеварительного тракта.

Анальный плавник. Непарный плавник, расположенный каудальнее анального и мочеполового отверстий.

Брюшная полость. Часть целома, содержащая брюшные органы.

Венозный синус. Мешковидная часть сердца, которая получает кровь от сосудов и направляет ее в предсердие.

Вентральная аорта. Толстая мышечная артерия, которая несет кровь от луковицы аорты к приносящим артериям в жабрах.

Вентральный. Анатомический термин, обозначающий направление к нижней стороне или животу.

Висцеральный скелет конечностей. Часть скелета, состоящего из грудных и тазовых поясов и связанных с ними плавников.

Выносящая жаберная артерия. Одна из артерий, которые несут кровь от жабр к дорзальной аорте.

Гипоталамус. Вентральная часть мозга, размещенного под таламусом. Гипоталамус помогает регулировать автономную нервную систему.

Гомоцеркальный хвост. Хвостовой плавник с симметричными верхними и нижними долями.

Грудной плавник. Один из парных плавников, связанных с грудным поясом.

Грудной пояс. Группа костных структур, которые поддерживают парные грудные плавники.

Дерма. Плотная часть кожи, подстилающей эпидермис. Состоит из мышц, соединительной ткани, артерий и вен, нервов и желез; продуцирует чешую.

Диенцефалон. Часть мозга, состоящая из таламуса, гипоталамуса, шишковидного тела и гипофиза.

Дистальный. Анатомический термин, означающий дальше от срединной линии.

Дорзальная аорта. Большая мышечная артерия, которая несет кровь далеко от выносящих артерий жабр. Ветви спинной аорты представлены многочисленными более малыми артериями, которые затем несут кровь к различным частям тела.

Дорзальный. Анатомический термин, означающий по направлению к спинному краю.

Жаберная дуга. Хрящевые структуры, которые поддерживают жабры.

Жаберные лепестки. Очень васкулизованные структуры, расположенные на жаберных дугах. Каждая жаберная дуга содержит сотни нитей, каждая из которых с тысячами капилляров. Жаберные лепестки – участок обмена газами между окунем и окружающей средой.

Жаберные перегородки. Зубовидные выпячивания от жаберной дуги, которые препятствуют попаданию больших частиц пищи и других материалов в жаберные мешки из глотки, и направляют частицы по направлению к пищеводу.

Жабры. Дыхательный орган окуня.

Желудок. Мышечная камера пищеварительного тракта, где пища перемешивается с ферментами и кислотами, и начинается пищеварение.

Желудочек. Толстая мышечная камера сердца, которая качает кровь через все тело.

Зрительная доля. Часть мозга, куда поступают и где интерпретируются импульсы от зрительных нервов.

Зрительный нерв. Один из больших парных нервов, который несет импульсы от глаза к оптическим долям мозга.

Капилляр. Один из многих тонкостенных кровеносных сосудов, которые соединяют артерии и вены. Капилляры – участки для обмена кислорода, углекислого газа, удаления отходов пищеварения и место передачи химических сигналов между кровеносной системой и клетками тела.

Каудальный. Анатомический термин, обозначающий направление к хвосту.

Краниальный. Анатомический термин, означающий по направлению к голове.

Ктеноидная чешуя. Тонкие, перекрывающие друг друга чешуйки. Выступающие части ктеноидной чешуйки имеют зубовидный вырост известный как «ктении».

Луковица аорты. Мышечное расширение вентральной аорты, прилегающей к желудочку.

Медиальный. Анатомический термин, означающий в направлении средней линии.

Мезенцефалон. Часть среднего мозга; состоит из оптических долей.

Метенцефалон. Передняя часть заднего мозга, состоящая из мозжечка.

Миенцефалон. Задняя часть заднего мозга, представленная продолговатым мозгом.

Миосепты. Тонкая соединительная ткань, отделяющая миотомы друг от друга.

Миотомы. Одна из V-образных групп мышц окуня и других рыб.

Мозжечок. Часть мозга, которая отвечает за координацию мышечной деятельности и равновесия.

Мочевая пора. Отверстие выделительной системы у самцов окуня.

Мочевой пузырь. Тонкий мешковидный орган, который получает и накапливает мочевые продукты от почек, и выделяет их наружу.

Мочеполовая пора. Общее отверстие для выделительной и репродуктивной систем у самок окуня.

Обонятельная доля. Передняя часть мозга, куда поступают и где интерпретируются импульсы от обонятельных нервов.

Осевой скелет. Часть скелета, состоящая из черепа, позвоночника и ребер.

Перикардальная полость. Мезодермально расположенная часть целома, содержащая сердце.

Периферическая нервная система. Часть нервной системы, состоящая из спинного мозга и спинномозговых нервов.

Печень. Большой орган, который производит желчь, разрушает токсины и старые красные кровяные тельца, а также продуцирует, накапливает и высвобождает гликоген, и накапливает питательные вещества. Печень – важный орган пищеварительной системы.

Пилорический клапан. Кольцо мышц между желудком и тонким кишечником, которое регулирует прохождение веществ из желудка в тонкий кишечник.

Пищевод. Короткая мышечная трубка, соединяющая глотку с желудком; часть пищеварительной системы.

Плавательный пузырь. Крупный орган, заполненный газами, который позволяет рыбе регулировать плавучесть и таким образом, глубину в воде.

Поперечная перегородка. Линия соединительной ткани, разделяющая миотомы на дорзальные и вентральные группы.

Портальная система печени. Система вен и капилляров, которые получают кровь от различных органов и несут ее к печени. В печени кровь фильтруется и удаляются токсины перед тем, как кровь будет возвращена к сердцу через печеночные вены.

Почки. Один из парных экскреторных органов окуня. Азотные отходы фильтруются почками из крови.

Предсердие. Камера в сердце окуня, которая получает кровь от венозного синуса.

Приносящая жаберная артерия. Одна из артерий, которые несут кровь от вентральной аорты к жабрам.

Продолговатый головной мозг. Каудальная часть мозга.

Ростральный. Анатомический термин, означающий по направлению к роструму.

Селезенка. Сосудистый орган кровеносной системы, который фильтрует и накапливает кровь, а также производит белые кровяные тельца.

Семенники. Одна из парных гонад самцов. Семенники производят семенную жидкость и определенные гормоны.

Система органов чувств боковой линии. Трубковидный орган, расположенный непосредственно под кожей и содержащий сенсорные рецепторы для определения водных потоков; также помогает рыбе поддерживать ее положение в водных потоках, и, вероятно, является рецептором для электрических полей.

Спинной плавник. Один из больших, непарных плавников, размещенных на спинной поверхности окуня. Дорзальный плавник имеет два отделения – краниальный и дорзальный плавник.

Тазовый плавник. Один из парных плавников связанных с тазовым поясом.

Тазовый пояс. Группа костей, которые поддерживают парные тазовые плавники.

Таламус. Часть мозга, которая является центром для сенсорных путей спинного мозга.

Теленцефалон. Самая передняя часть мозга.

Тело. Толстая, круглая центральная часть позвонка; заменяет эмбриональную хорду.

Толстый кишечник. Короткий, расширенный отдел пищеварительного тракта, где концентрируются продукты отхода.

Тонкий кишечник. Длинный трубковидный пищеварительный орган, где завершается пищеварение и питательные вещества всасываются в кровь.

Центральная нервная система. Часть нервной системы, состоящей из головного и спинного мозга.

Шишковидное тело. Эндокринная железа, расположенная на вентральной поверхности мозга; производит множество гормонов и регулирует активность других желез.

Эпидермис. Тонкий внешний слой кожи.

Яичник. Гонады самок; производит яйцевые клетки и некоторые гормоны.

Яйцевод. Трубочка, по которой яйцевые клетки перемещаются от яичника к мочеполовому отверстию.

Анатомия морской звезды

Введение

Морская звезда относится к уникальной группе морских животных - иглокожим. Другими видами иглокожих являются морские ежи, морские огурцы, офиурии и морские лилии. Они были одними из первых появившихся иглокожих и составляют большую часть ископаемых этого древнего типа.

Название «иглокожие» означает «колючая кожа», что является одной из наиболее характерных особенностей этих животных. Кожные шипы находятся на поверхности тела большинства иглокожих. Шипы наиболее выражены у морских ежей, но также четко различимы и у звезд. Другой характерной особенностью иглокожих является радиальная симметрия с аналогичными частями тела, исходящими от центральной оси. В большинстве случаев радиальная симметрия пятичленная. Иглокожие характеризуются водной васкулярной системой используемой при движении и кормлении.

Иглокожие особенно интересны для биологов, так как этот тип тесно связан с типом хордовых, который включает в себя людей. На первый взгляд эти две группы имеют мало общего, но их эмбриональное развитие показывает, что у них были общие предки. Атлантическая морская звезда, «*Asterias*» хорошо иллюстрирует основные особенности иглокожих.

Внешняя анатомия

Самой поразительной особенностью морской звезды является ее радиальная симметрия. Наблюдаются пять лучей, исходящих из центрального диска. Если лучи неравных размеров, значит, морские звезды восстанавливались, отращая новые лучи вместо поврежденных.

Нижнюю поверхность звезды называют ротовой, потому что в ее центре находится рот. Вдоль середины каждого луча на ротовой полости расположены амбулакральные борозды, защищенные двумя рядами подвижных шипов. Внутри каждой амбулакральной борозды есть два двойных ряда ножек, используемых при передвижении и нахождении добычи. У законсервированных образцов ножки, как правило, сокращены. Однако их можно легко увидеть на живом экземпляре, на котором также определяется перистом, - круговая мембрана, окружающая рот. Подобно амбулакральным бороздам область рта может быть закрыта специализированными подвижными шипами для защиты мягких тканей морских звезд.

Верхнюю часть звезды называют спинной или аборальной. На центральном диске немного в стороне от центра заметна мадрепоровая пластинка. Она является входом в

водную васкулярную систему морской звезды, которую мы рассмотрим позже. В середине центрального диска расположен крошечный анус, еще одна структура, которую легче обнаружить на живом образце.

На вершине каждого луча находятся пигментированные глазки и замыкающие щупальца. И те и другие являются органами чувств. Глазки и щупальца часто не видны на законсервированных образцах.

Мадрепоровая пластинка представляет собой точку отсчета для определения лучей у морских звезд. Два луча в madreporовой пластинке составляют бивииум (перекресток). Другие три - тривиум. Луч напротив madreporовой пластинки считается передним, хотя звезда и перемещается одинаково хорошо в любом направлении.

Звезды имеют много шипов, рассеянных по поверхности. Эти наружные проекции известкового скелета защищают звезду от потенциальных хищников. Шипы являются более заметными на сухих образцах. Более пристальный взгляд на шипы показывает, что многие из них окружены меньшими образованиями, называемыми педицелляриями. Педицеллярии - это крошечные органы различных форм, разбросанные по поверхности звезды. Под микроскопом некоторые из них напоминают клещи. Педицеллярии помогают очищать упавший мусор и паразитов с поверхности тела морских звезд.

Поверхность звезды, включая шипы, покрыта эпидермисом с реснитчатыми клетками. Биение ресничек вызывает движение воды вдоль тела и способствует удалению отходов и газообмену.

Между шипами звезды находятся тонкие кожные складки, или папулы, которые функционируют как жабры при газообмене. Эти мясистые выступы очень уязвимы без шипов и педицеллярий.

Внутренняя анатомия

Для изучения внутренней анатомии морских звезд нам необходим острый скальпель, ножницы и датчик. Мы можем начать вскрытие, отрезав кончик переднего луча ножницами. Затем делаем разрезы вдоль обеих сторон переднего луча через вершину на стыке лучей с центральным диском. Это позволяет отделить стенку тела на спинной стороне луча.

Обратите внимание, что внутренние органы прикрепляются к остову тела мезентерием, тонкими складками тканей, делящими внутреннюю полость, или целом. Брюшина представляет собой лист мерцательных эпителиальных клеток, благодаря которым жидкость циркулирует внутри морской звезды.

Внимательно рассмотрев удаленную часть остова тела, мы увидим основную структуру эндоскелета. Костистые, кальцинированные скелетные пластинки встроены в кожу, или перисому. Кожные клетки секретируют кристаллы кальцита, из которых состоят пластинки. Скелетные сети, образованные пластинками, можно увидеть по всей внутренней поверхности остова тела. Поскольку многие пластинки удерживаются на месте перисомой, а не плотно соединены друг с другом, остов тела морских звезд является очень гибким. У некоторых других иглокожих, таких как ежи, элементарные пластинки срастаются, образуя твердый негибкий скелет.

Самыми крупными внутренними органами в каждом луче звезды являются парные пищеварительные железы, или печеночные придатки. Печеночные придатки производят пищеварительные ферменты и играют важную роль в поглощении и запасании питательных веществ. Под печеночными придатками находятся половые железы, которые мы рассмотрим позже.

Путем удаления аборальной стенки тела от двух других лучей тривиума и центрального диска вплоть до мадрепоровой пластинки, мы можем обнажить большую часть пищеварительной системы. Чтобы удалить эту часть скелета тела, мы должны разорвать короткий кишечник, через который пища из желудка проходит к анусу. Крошечные темные мешки, называемые ректальными придатками, находятся на стыке кишки и ануса. Они могут использоваться для временного хранения отходов.

Большую часть пространства в центральном диске занимает желудок морской звезды, который делится на два отдела. Пилорический желудок представляет собой аборальный отдел, который соединен с каждой парой печеночных придатков через разветвленный пилорический канал. Подобная структура повторяется в каждом луче звезды.

Разрезая пилорический канал на anteriальном луче, и, раздвигая слепые гипотические отростки, мы обнажаем край кардиального желудочка, лежащий под ними. Короткий пищевод ведет от устья до сердечного желудочка. Морская звезда может расширять свой кардиальный желудочек через рот наизнанку таким образом, что пищеварительные соки будут переваривать добычу за пределами тела. Затем реснички, выстилающие желудочек, заталкивают жидкую пищу обратно в пилорический желудок. После употребления пищи морская звезда втягивает свой вывернутый желудок при помощи парных кардиальных ретракторных мышц в каждом луче.

Устрицы, мидии и другие двустворчатые моллюски являются обычными жертвами «Asterias». Морская звезда использует свои лучи и амбулакральные ножки для вскрытия раковин моллюсков настолько, чтобы иметь возможность засунуть в них часть своего вывернутого желудка.

Амбулакральные ножки звезды являются частью ее водной васкулярной системы, являющейся анатомической особенностью, уникальной для иглокожих. Чтобы подробно исследовать водную васкулярную систему, мы должны обнажить оставшуюся часть центрального диска вокруг мадрепоровой пластинки, убедившись, что сделан аккуратный разрез. Ниже мадрепоровая пластинка продолжается в каменистый канал, короткую трубку, которую называли так из-за ее твердого покрытия. Чтобы проследить путь канала, мы должны удалить оба отдела желудка. Каменистый канал впадает в кольцевой канал, который находится под надежным кольцом косточек. На кольцевом канале расположены девять мешков, называемых органами Тидемана. Эти структуры, как полагают, производят амебоидные клетки, называемые целомоцитами, и которые движутся через васкулярную водную систему. Пять радиальных каналов отходят от кольцевого канала, который тянется вдоль амбулакрального желобка по каждому лучу, непосредственно под скелетными пластинками.

В этом сечении луча звезды мы можем определить амбулакральный желобок и радиальный канал. Одним словом, боковой канал соединяет каждую ногу с радиальным каналом. Клапан в каждом боковом канале позволяет каждой ноге работать несколько самостоятельно. Луковичная ампула находится в верхней части каждой трубки. Ампулы расположены в стенке тела, в то время как трубка ноги выступает в амбулакральную борозду на ротовой поверхности звезды.

Нога работает благодаря комбинации мышечных сокращений и гидравлическому давлению. Сокращение крошечной круговой мышцы вокруг ампулы выжимает воду, растягивая трубку ноги. Соединительная ткань в трубке ноги предотвращает боковое расширение. Частичное сокращение продольных мышц в трубке ноги доставляет достаточное количество воды обратно в ампулу от присоски. В результате всасывания звезда может держаться на камнях или других твердых предметах и захватывать добычу.

С помощью неравномерного сокращения продольных мышц в каждой ноге звезда может перемещаться через мягкую подложку. Все движения ног координируются нервной системой звезды.

Нервная система звезды, как и ее основная анатомия, имеет радиальное расположение. Нервы околоротового кольца располагаются по периметру перистомы. Нервное кольцо лучевого нерва распространяется по центру амбулакральной борозды в каждом луче. Размещение лучевого нерва легко наблюдать в сечении луча звезды.

Нервное околоротовое кольцо и радиальные нервы в основном сенсорные. Волокна соединяют эти нервы с эктонейронными сплетениями, сетью нервных волокон, которая иннервирует весь эпидермис морской звезды, а также шипы и педицеллярии. Су-

ществуют также энтонейронные сплетения, которые иннервируют перистом и целомическую выстилку. Другая нервная сеть, состоящая в основном из двигательных волокон, управляет мышцами лучей и ног звезды.

Единственными дифференцированными органами чувств морской звезды являются светочувствительные глазки и терминальная щупальца на конце каждого луча. Морская звезда часто направляет эти структуры вперед по мере продвижения. Сенсорные клетки, разбросанные по всему эпидермису, также способны обнаруживать свет.

Циркуляция воды в морской звезде происходит благодаря биению ресничек в основной целомической полости и водной васкулярной системе. Диффузия через вытянутые амбулакральные ножки обеспечивает снабжение звезды кислородом и удаление углекислого газа и продуктов азотистого обмена.

Иглокожие имеют систему кровеносных сосудов, но в морской звезде она значительно уменьшена и большого значения не играет. Называемая гемальной системой, она гораздо менее плотно организована, чем у позвоночных. Единственный компонент, которые можно увидеть при вскрытии, - это аксиальный синус, мембранная сумка, окружающая каменистый канал. Данный синус соединяется с гемальным кольцом вокруг перистома, откуда лакуна, или канал, отходит к каждому лучу. Один из таких гемальных радиальных каналов виден аборально к радиальному нерву в поперечном сечении луча. Кровь морской звезды водянистая и не содержит специальных молекул, переносящих кислород, как гемоглобин у позвоночных.

Репродуктивная система морских звезд также является также относительно простой. Каждый луч содержит пару гонад, или половых органов. В законсервированных образцах мужские и женские половые железы выглядят одинаково. Для того чтобы отличить один пол от другого, мы должны отрезать кусочек гонады и размочить его в капле воды на предметном стекле. Под микроскопом яйцеклетки выглядят большими и яйцевидными, в то время как сперматозоиды гораздо меньше. Под большим увеличением видны жгутики сперматозоидов.

Каждая гонада имеет семявыносящий проток, ведущий в гонопору, через которую миллионы яйцеклеток или сперматоидов попадают в морскую воду, где происходит оплодотворение. Гонопоры, расположенные между лучами настолько малы, что их, как правило, не видно снаружи.

Морских звезд, также как и морских ежей, часто используют для изучения оплодотворения в эмбриологии, так как их репродуктивный цикл делает оплодотворение легко контролируемым в лабораторных условиях. Эмбрионы хранятся в морской воде и изучаются по мере их развития.

Некоторые признаки раннего развития иглокожих настолько похожи на таковые у позвоночных, что иглокожих считают их ближайшими беспозвоночными родственниками. После этих ранних стадий морская звезда обычно развивается через две обособленные личиночные стадии. Свободноплавающая личинка, или бипиннария, наглядно иллюстрирует билатеральную симметрию личиночных стадий иглокожих. Во время следующей личиночной стадии - брахиолярии, или молодые звезды развивают присоски и оседают на дно. Затем они проходят последнюю стадию метаморфоза, во время которой развивается радиальная симметрия, эндоскелет и амбулакральная система характерная для взрослых иглокожих, вряд ли наших родственников!

Глоссарий

Аборальный. Обращенный в сторону, противоположную ротовому отверстию; находящийся на противоположной рту стороне. Аборальная сторона морской звезды является функциональной.

Амбулакральный гребень. Гребень, выступающий в полость тела вдоль середины оральной стороны каждой руки морской звезды.

Амбулакральный желоб. Щель вдоль середины оральной стороны каждой руки морской звезды, где размещены трубчатые амбулакральные ножки.

Амебоидный. Форма и способ передвижения как у амебы (с псевдоподиями); способствует поглощению частичек пищи.

Ампула. Расширение в виде луковицы на вершине каждой трубчатой ножки. Ампула расположена в пределах целома.

Анус. Конечное отверстие пищеварительной системы, через которое выводятся непереваренные вещества.

Бивиум. Две из пяти рук морской звезды, между радиусами которых находится madreporовая пластинка.

Билатеральная симметрия. Тип симметрии при котором через тело животного можно провести только одну плоскость симметрии зеркально разделяющую его на две одинаковые половины.

Бипиннария. Первая личиночная стадия морской звезды с двумя мерцающими ресничными шнурами (преоральный и посторальный). Бипиннария напоминает личинки некоторых протохордовых, что указывает на родство иглокожих и позвоночных.

Брахиолярия. Вторая личиночная стадия развития морской звезды, промежуточная между бипиннарией и взрослой особью. Брахиолярия оседает на дно, где происходит метаморфоз, развивается радиальная симметрия, сосудистая система, эндоскелет.

Брыжейка. Пленка, которая окружает внутренние органы, и удерживает их на месте в полости тела.

Брюшина. Тонкая мезодермальная прокладка целомической полости.

Водно-сосудистая система. Система труб в полости тела, уникальная для иглокожих, которая позволяет использовать гидравлическое давление при сборе пищи и передвижении.

Глазок, глазки. Светочувствительный орган на конце каждого луча морской звезды.

Гонады. Органы в которых образуются и созревают половые клетки (яйцеклетки или сперматозоиды).

Гонодукт, половой проток. Проток через который яйцеклетки и сперма проходят от гонад к гонопору, затем в морскую воду.

Гонопор. Наружное отверстие полового протока через который яйцеклетки и сперма морской звезды попадают в окружающую воду.

Диффузия. Движение частиц из области высокой концентрации в область с низкой концентрацией, например, движение углекислого газа или кислорода через мембраны.

Каменистый канал. Кальцинированная часть системы водоснабжения морской звезды, которая соединяет мадрепоровую пластинку с кольцевым каналом.

Кардиальные сократительные мышцы. Мышцы, втягивающие кардиальный желудок назад в центральный диск.

Кардиальный желудок. Растяжимый, меньший желудок морской звезды; часть, которая может выворачиваться наружу и втягиваться через рот.

Кишечник. У морской звезды - это короткая трубка, связывающая пилорический желудок и анус.

Кожные жабры, папулы. Небольшие выпячивания целомической полости, которые проходят через тело. Выполняют функцию газообмена.

Кольцевой канал. Часть водно-сосудистой системы, окружающей рот; в него сходятся все радиальные сосуды.

Кровеносная система. Лакунарная кровеносная система иглокожих; развивается как специализированная часть целома.

Лакуна. Полость или канал в анатомической структуре. Кровеносная система морской звезды лакунарная, так как состоит из каналов и окружает целом.

Лучевой нерв. Нервный шнур, который проходит вдоль средней линии амбулакральной борозды в каждой руке звезды.

Мадрепоровая пластинка. Ситовидная пластинка через которую проходит жидкость в амбулакральную систему; находится в центре, на верхней стороне диска морских звезд.

Нерв Ланге. Самый главный нерв гипоневральной нервной системы. Располагается в центре каждой руки и иннервирует мышцы рук и амбулакральные ножки.

Ножка (podia). Трубочка амбулакральной ноги иглокожих.

Оральная поверхность. Функциональная нижняя поверхность звезды, где расположен рот.

Осевой синус. Связывающая структура между оральным и аборальным кровеносными кольцами сосудистой системы морских звезд.

Педицеллярии. Крошечные клещи или когти на внешней поверхности иглокожих.

Передние руки. Лучи морской звезды, находящиеся напротив мадрепоровой пластинки.

Перисома. Дерма морской звезды, кожистые матрицы в стенках тела, в которые встроены склериты (костные элементы).

Перистома. Диск тонких эластичных тканей, окружающих рот морской звезды.

Печеночные придатки. Большая пищеварительная железа, занимающая большую часть руки морской звезды.

Пилорический желудок. Спинная часть желудка морских звезд, связанная каналами с пятью парами печеночных выростов.

Пилорические протоки. Трубки, соединяющие привратник желудка и слепые печеночные выросты (цекумы).

Пищевод. Короткая трубка, соединяющая рот морской звезды с кардиальным желудком.

Присоски. Присасывающаяся подушечка на конце каждой трубы (ноги) у многих видов морских звезд.

Пятичленные. Состоят из пяти частей.

Радиальный канал. Часть водно-сосудистой системы, которая идет от кольцевого канала вдоль средней линии каждого луча звезды.

Радиально-гемальная лакуна (борозда). Участок в кровеносной сосудистой системе звезды; тянется вдоль гребня каждой амбулакральной руки.

Радиальная симметрия. Расположение частей тела вокруг центральной оси.

Регенерация. Восстановление новых органов или тканей взамен потерянных или сломанных.

Ректальные железы. Темные гроздевидные сумки (мешки), расположенные вблизи окончания кишки у морских звезд; выполняют функцию временного хранения отходов до их выхода через анус.

Реснички. Небольшие клеточные выросты для которых характерно биение или вращение.

Руки. Боковые выросты, отходящие от центрального диска морской звезды или офиуры; часто называются «лучами»; обычно их около 5.

Синус. Полость или пространство в ткани тела.

Ситовидная пластина. Мадрепоровая пластинка, пропускающая воду в водно-сосудистую систему иглокожих.

Склериты. Отдельные известковые скелетные элементы, составляющие эндоскелет иглокожих.

Субстрат. Поверхность на которой живет или перемещается организм.

Тидеманов орган. Мешочки на кольцевом канале морских звезд; возможно, также место образования целомоцитов.

Тривиум. Три луча (ноги) звезды, которые включают передний луч (ногу), расположенную напротив мадрепоровой пластинки, и два боковых луча.

Трубчатая ножка (амбулакральная ножка, подия). У иглокожих – это расширение водно-сосудистой системы; используется для передвижения, дыхания и добывания пищи.

Хордовые. Тип животных, которые имеют, по крайней мере, на одной из стадий развития хорду, полый спинной нервный тяж, глоточную щель. Тип хордовые включает всех позвоночных.

Целом. Полость тела, окруженная мезодермой.

Целомоцит. Одна из относительно недифференцированных амeboидных клеток; найдена в целоме и водно-сосудистой системе морских звезд. Целомоциты способствуют транспорту пищи и пищевых отходов.

Центральный диск. Центральная часть морской звезды от которой расходятся руки (лучи).

Циркуморальное нервное кольцо. Кольцевой нерв в центральном диске морской звезды от которого отходят радиальные нервы.

Шипы. Элементы скелета иглокожих, которые проходят через тело и покрыты тонким эпидермисом.

Щупальца. Терминальные сенсорные трубки на каждой руке морской звезды.

Экскреция. Выделение азотсодержащих продуктов обмена из организма.

Эктоневральное сплетение. Сеть нервных волокон, которые иннервируют эпидермис морской звезды.

Эндоневральное сплетение. Сеть нервных волокон, которые иннервируют внутреннюю поверхность тела (целомическую выстилку).

Анатомия акулы

Введение

Акулы – древняя группа рыб, которая принадлежит к классу «Хрящевых рыб» – «Chondrichthyes», и чей скелет образован из хряща. Родственной акулам группой являются скаты. Большинство хрящевых рыб – морские организмы. Хотя многие годы хрящевые рыбы считались примитивными, недавние исследования показали, что эти высокоспециализированные хищные рыбы эволюционировали от предков костных рыб.

Объектом данной программы является колючая или кошачья акула, маленькая акула, встречающаяся на восточном побережье Атлантического океана в США и водах Мексиканского залива. Половозрелые особи обычно достигают размеров 90-120 см в длину и имеют массу 7-9кг. Жизненный цикл кошачьей акулы составляет около 25 лет.

Внешнее строение

Для того, чтобы начать рассмотрение анатомического строения акулы, нам необходимо определить некоторые основные анатомические термины. В данной программе термин краниальный относится к позиции по направлению к голове. Когда говорят непосредственно о голове, ростральный означает по направлению к носу. Каудальный означает по направлению к хвосту, дорзальный – к спине и вентральный – по направлению к брюшной части. Дистальный означает положение дальше от центра тела, в то время как медиальный означает положение ближе к центру тела.

Тело акулы разделено на три части: голову, туловище и хвост. Голова простирается от верхушки рыла до каудального края жаберной крышки. Отсюда берет начало туловище, которое пролегает до вентральных отверстий ануса и мочеполовых органов. Хвост пролегает каудальнее от данных отверстий. Тело акулы торпедовидное или веретеновидное.

Кожа сероватая на дорзальной поверхности и беловатая на вентральной. Такой окрас является примером как оборонительной адаптации (она уменьшает шансы акулы быть увиденной потенциальным врагом сверху или снизу), так и наступательной (помогает уменьшить шансы быть замеченной потенциальной жертвой вовремя для совершения побега). Кожа практически полностью покрыта мелкими острыми плакоидными чешуями, или дермальными пластинками, каждая из которых направлена назад от стенки тела. Общая структура плакоидной чешуи сходна с таковой зуба: с центра-

льной пульповой полостью, сверху прикрытой дентином и небольшим количеством эмали, покрывающем дентин. Основание каждой чешуйки заякорено в коже.

У акул есть как парные, так и непарные плавники. Непарные плавники включают два спинных плавника и хвостовой плавник. Большинство акул, кроме колючей акулы, также имеют анальный плавник. Почти у всех остальных акул краниальный дорзальный плавник больше, чем таковой каудальный. Дорзальные плавники действуют как вертикальные стабилизаторы во время плавания.

Специальным образованием колючей акулы является наличие двух длинных шипов, один из которых расположен сразу перед основанием каждого дорзального плавника. Данные шипы могут прокалывать потенциального хищника, а также вводить яд из желез у их основания. Именно поэтому следует удалять шипы до вскрытия рыбы.

Третий непарный плавник – каудальный. Этот плавник гетероцеркальный с дорзальной лопастью, значительно большей, чем вентральная лопасть. Хвостовой плавник обеспечивает толчки, необходимые для движения животного сквозь воду. Большая дорзальная лопасть производит большую силу, чем маленькая вентральная лопасть. Как результат – перемещение как вниз, так и вперед с каждым движением хвоста.

Парные плавники акулы представляют собой общую черту позвоночных - парные придатки. Кошачья акула имеет два набора парных плавников. Передние грудные плавники имеют короткое основание и полуэластичную поверхность. Они помогают акуле двигаться вперед по прямой линии. В этом отношении их функция подобна элеватору и горизонтальным стабилизаторам самолета. Вторая пара плавников – тазовые, расположенные с каждой стороны клоакального отверстия. Они также функционируют как стабилизаторы. Форма тазовых плавников отличается у самцов и самок. У самцов они модифицированы для передачи семенной жидкости во время копуляции. Медиальная поверхность каждого тазового плавника у самцов удлинена и имеет стержневидную рельефную форму или класпер. Во время копуляции класпер входит в клоакальное отверстие самки и передает в нее семенную жидкость.

На передней части рыла расположен рострум, на котором находится пара внешних ноздрей. Приблизженный осмотр отдельной ноздри позволяет увидеть два отверстия, разделенных перепонкой кожи – внутреннее и внешнее отверстия. Как показано на данной схеме, ноздри – это настоящие мешочки, через которые проходит вода. Обонятельный эпителий обеспечивает акулу очень чувствительным набором хеморецепторов.

Одной из основных характеристик головы акулы является вентральный рот. Рот вмещает десятки зубов. Данные зубы, вероятно, представляют собой модифицированные плакоидные чешуи. За ними расположены несколько рядов развивающихся зубов, которые могут вырасти и полностью заменить любой из потерянных зубов.

С каждой стороны головы находятся выступающие глаза. Неподвижные верхние и нижние веки обеспечивают их защиту. Каждый глаз покрыт прозрачной роговицей. Пигментированная радужная оболочка контролирует количество света, поступающего в глаз.

Непосредственно позади и дорзально по отношению к каждому глазу расположено брызгальце. Брызгальца – это модификации первой жаберной щели. Через них вода поступает в глотку, в то время когда рот закрыт, позволяя продолжаться процессу дыхания. Спиральный клапан регулирует поток воды через брызгальце.

Позади каждого брызгальца находятся пять внешних жаберных отверстий. Вода, поступившая через рот или брызгальца, покидает тело через жаберные отверстия. Жаберные отверстия – основная характеристика позвоночных; все позвоночные имеют их хотя бы на одном из уровней своего развития.

На верхушке головы, позади глаз расположены две эндолимфатические поры, отверстия эндолимфатических протоков. Эндолимфатические протоки связаны с внутренними ушами, которые обеспечивают акулу чувствами равновесия и слуха.

На вентральной поверхности роострума находится множество пор, которые открываются в Лоренциниевы ампулы, орган чувств, произошедший от органа чувств боковой линии. Их функция состоит в определении небольших изменений электрического поля, что очень важно в питании и навигации акул.

Вдоль каждой стороны тела четко прослеживается система боковой линии. Боковая линия – это специализированный орган чувств, который определяет вибрации и водные потоки. Боковая линия помогает акуле уклоняться от препятствий и ориентировать тело в водных потоках.

На вентральной поверхности между тазовыми плавниками находится клоакальное отверстие -общее внешнее отверстие для пищеварительной, выделительной и половой систем.

Скелет

Так как скелет акулы состоит из хряща, он легко повреждается при вскрытии. Его лучше изучать, помещая на постамент, закрепленный в пластмассе или в погруженный в жидкость. Как и у других позвоночных животных, скелет акулы можно разделить на две главные части: осевой скелет, состоящий из черепа, жабр и спинного хребта, и висцеральный скелет, состоящий из грудных и тазовых поясов наряду с их соответствующими плавниками.

Мы начинаем свое изучение осевого скелета с черепа или хондрокраниума. Хондрокраниум состоит из нейрокраниума и спланхнокраниума. Нейрокраниум – это дорзальная часть черепа, которая защищает мозг и некоторые органы чувств. Он состоит из нескольких частей. Роострум – отдел, лежащий перед обонятельными капсулами.

Дорзальный отдел рострума – это полая структура, предцеребральная полость. На вентральной поверхности находится, так называемый, ростральный гребень. С обеих сторон рострума расположены остатки носовых капсул. У неповрежденных экземпляров они содержат обонятельный эпителий и соединяются с окружающей средой посредством внешних ноздрей. Каудальнее мы видим большие глазницы. На дорзальной поверхности каждой глазницы находятся над- и подглазничные гребни, которые защищают глазное яблоко. Внутри каждой глазницы есть несколько отверстий. Оптическое отверстие – проход для оптического нерва, который соединяет глаз с мозгом. Дальше от оптического отверстия лежит отверстие, через которое проходят тройничный и лицевой нервы. Выше оптической орбиты есть многочисленные отверстия. Каудальнее по отношению к глазницам с каждой стороны находятся слуховые капсулы, которые содержат сложно устроенный лабиринт внутреннего уха. На средней дорзальной поверхности черепа, между передними краями надглазничных гребней, лежит маленькое отверстие через которое шишковидное тело, или эпифиз, соединяется с мозгом. Также на дорзальной поверхности есть большое углубление – теменная ямка. На дне этого углубления, на его переднем конце, есть два эндолимфатических отверстия, в то время как вестибулярные отверстия расположены в заднем конце. Эти отверстия и их соответствующие каналы соединяют ткани над теменной ямкой с лабиринтом внутреннего уха. На каудальном конце черепа расположены парные затылочные отростки, которые соединяются со спинным хребтом. Между ними есть большое затылочное отверстие через которое спинной мозг проходит от черепа в позвоночник. Два боковых отверстия, по бокам затылочного отверстия и позади слуховой капсулы, – это отверстие блуждающего нерва и боковое отверстие через которое проходит языкоглоточный нерв.

Сейчас мы обращаем наше внимание на спланхнокраниум. Спланхнокраниум, также известный как висцеральный череп, составлен из семи расчлененных хрящевых дуг. Две первые висцеральные дуги формируют и поддерживают челюстной аппарат. Передняя дуга – челюстная. Дорзальный отдел челюстной дуги служит верхней челюстью и называется небно-квадратным хрящом. Вентральный отдел челюстной дуги служит нижней челюстью и называется меккелевым хрящом. На челюстях в несколько рядов сидят зубы. Вторая дуга – подъязычная, расчлененная на две части. Парный дорзальный гиомандибулярный хрящ прикрепляется к слуховому отделу черепа, обеспечивая поддержку челюсти. Вентральный отдел гиомандибулярной дуги состоит из парного цератогиомандибулярного хряща и непарного базигиомандибулярного хряща. Они обеспечивают поддержку языка, а также формируют основания рта. Последние пять висцеральных дуг – жаберные дуги. Жаберные дуги с 3 по 6 поддерживают жаберы и несут жаберные лучи, которые поддерживают ткани жабер. На седьмой дуге нет жаберных лучей и она не связана с жабрами.

Позвоночник кошачьей акулы имеет только два морфологических типа позвонков — туловищные и хвостовые. Типичный туловищный позвонок состоит из тела позвонка и нижних дуг с поперечными отростками. Тело позвонка — это главная часть позвонка. Оно глубоко вогнуто, или амфицельно (двояковогнуто), на обоих концах. Маленький канал, который содержит хорду, проходит через середину тела позвонка. Короткие поперечные отростки отходят латерально от каждой стороны позвонка. К ним крепятся ребра. Верхние дуги прикрывают и защищают спинной мозг, образуя спинномозговой канал. Возле основания каждого отростка верхней дуги есть отверстие, через которое проходит вентральный корешок спинномозгового нерва. Между каждым отростком находится вставочный элемент — пластинка, которая завершает формирование защиты спинного мозга. Каждая вставочная пластинка пронизана маленькими отверстиями, через которые проходят дорзальные корешки спинномозговых нервов.

Хвостовые позвонки подобны туловищным, но там нет никаких поперечных отростков. А нижние дуги образуют идущие вниз отростки, замыкающиеся в канал, называемый гемальным, и где проходят два кровеносных сосуда: хвостовая артерия и хвостовая вена.

Висцеральный скелет состоит из грудных и тазовых поясов и соответствующих им плавников. Пояс грудных плавников замкнут на вентральной части туловища. Он состоит из коракоидного отдела и парных плечевого и лопаточного хрящей. Каждый грудной плавник сочленяется с грудным поясом. Грудной плавник состоит из трех основных хрящей. По наружному краю от этих трех основных хрящей сидят радиальные плавниковые лучи, которые обеспечивают некоторую жесткость плавникам. Волокнистые кожные плавниковые лучи, или эластотрихий, поддерживают дистальную часть плавника без хрящевого скелета.

Тазовый пояс проще, чем грудной. Он имеет форму почти прямой хрящевой пластинки и лежит поперек тела, на вентральной стенке, непосредственно перед клоакой. На каждом конце есть маленький подвздошный отросток. Тазовые плавники сочленяются с тазовым поясом в вертлюжной впадине. Каждый плавник состоит из двух основных хрящей, к которым снаружи причленяется ряд радиальных хрящей и кожных плавниковых лучей, поддерживающих дистальную часть плавника. Тазовые плавники отличаются у самцов и самок. У самцов чрезвычайно изменены концы основных радиальных хрящей и превращены в скелет копулятивного аппарата. Они приобрели ложковидную форму и сильно разрослись в длину. Это помогает в передаче семенной жидкости самке во время спаривания.

Мышечная система

У акул относительно простая мускулатура. За исключением определенных мышц, которые управляют челюстями и некоторыми плавниками, большая их часть состоит из полосатых сегментированных, V-образных групп мышц под названием миомеры. Они четко различимы у акулы, кожа которой удалена при вскрытии. Отдельные миомеры отделяются друг от друга миосептами, образованными из соединительной ткани. Они в свою очередь разделены на спинные и брюшные группы продольной бороздой.

Пищеварительная система

Изучение внутренних органов акулы требует проведения средневентрального надреза от клоакального отверстия к нижней челюсти и поперечных надразов. Передний разрез ведут вдоль заднего края грудного пояса до основания плавника, задний - вдоль переднего края тазового пояса. Отворачивание назад частей стенок тела выявляет целом или полость тела. Целом делится на брюшную полость, которая вмещает пищеварительные и половые органы, и перикардальную полость, которая содержит сердце. Поперечная перегородка разделяет две полости.

Стенки брюшной полости выстланы тонкой серозной оболочкой - париетальным листком, который переходит на многие внутренние органы. Внутренность стенок тела выстилается париетальной брюшиной, в то время как поверхность органов покрывает висцеральная брюшина. Висцеральная и париетальная брюшины соединены дорзально спинной брызжейкой - двустенной мембраной, которая поддерживает органы в полости тела.

Пищеварительная система начинается с ротовой полости. На челюстях множество острых зубов. Акула имеет гомодонтные зубы. Это значит, что все зубы имеют одинаковую форму. Зубы являются фактически измененными плакоидными чешуями и заменяются регулярно. На дне рта расположен неподвижный язык, поддерживаемый двумя хрящами.

За ртом находится глотка, полость, соединяющая полость рта и пищевод. Отверстие глотки связано с шестью парами отверстий на боковых стенках. Первая пара - внутренние отверстия к брызгальцам. Следующие пять пар - это внутренние жаберные отверстия. На жаберных дугах находятся жаберные тычинки, которые препятствуют попаданию частиц пищи в жаберные мешки.

Наибольший и самый заметный орган в брюшной полости - трехлопастная печень. Правая и левая лопасти большие и удлиненные и они заполняют большую часть полости. Средняя лопасть намного меньше. Печень является наибольшим органом в теле и имеет многочисленные функции:

- Она производит желчь, которая помогает в расщеплении жиров;
- Помогает регулировать уровень сахара в крови, храня дополнительную энергию в виде жира и высвобождая ее по мере необходимости;
- Помогает в метаболизме и удалении азотистых отходов;
- Разрушает токсины и старые красные кровяные тельца;
- Продуцирует вещество, необходимое для свертываемости крови.

К правой стороне средней доли печени прилежит желчный пузырь - маленький мешочек, который может приобретать зеленоватый оттенок из-за присутствия желчи. Желчный пузырь накапливает желчь и выпускает ее в тонкий кишечник через общий желчный проток. Печень прикрепляется к брюшной стенке тела.

Продвигаясь далее в сторону от печени мы видим оставшуюся часть пищеварительного тракта. Задняя часть глотки сужена в месте соединения с пищеводом короткой трубкой со многими конусообразными сосочками, которая переходит в желудок.

Пищевод соединяется с кардиальным отделом желудка. Многочисленные железы в желудочной стенке производят кислоты и ферменты, которые переваривают пищу. Акула не жует свою пищу, а заглатывает большие куски, которые, возможно, остаются в желудке некоторое время. Вскрытие желудка показывает, что его внутренняя стенка выстлана продольными складками, которые позволяют ему растягиваться при поглощении пищи. Каудальный отдел желудка называется пилорическим. Он заканчивается у пилорического клапана – утолщения мышечной оболочки, которая регулирует прохождение пищи в кишечник.

Хотя не существует никакого явного различия между тонким и толстым кишечниками, считается, что тонкий кишечник, как и у млекопитающих, начинается с пилорического клапана. Первый отдел кишечника представлен короткой двенадцатиперстной кишкой. Большой и более длинный отдел – «толстая» кишка. Отверстие «толстой» кишки связано со спиральным клапаном - уникальной адаптацией акул, которая сильно увеличивает поверхность, доступную для абсорбции питательных веществ без увеличения общей длины кишечника. В каудальном направлении «толстая» кишка сужается и постепенно переходит в короткую прямую кишку, которая ведет в клоаку.

Клоака – это общая камера для пищеварительной, выделительной и репродуктивной систем. Клоакальное отверстие - общее отверстие для данных систем.

Вспомогательный пищеварительный орган представлен беловатой поджелудочной железой, лежащей в петле желудка там, где он присоединяется к кишечнику. Поджелудочная железа имеет две лопасти: округлую выровненную вентральную лопасть и длинную узкую дорзальную лопасть. Две лопасти соединены между собой короткой перемычкой. Поджелудочная железа одновременно функционирует в качестве экзокринной и эндокринной железы. Как экзокринная железа она производит и выделяет панкреатические ферменты, участвующие в пищеварении. Они поступают в тонкий

кишечник через панкреатический проток. Как эндокринная железа она производит инсулин для регулирования уровня сахара в крови.

Хотя селезенка является частью кровеносной системы, а не пищеварительной, она обычно изучается в данном разделе из-за ее расположения в брюшной полости. Селезенка – темный орган треугольной формы свободно прикрепленный к желудку. Она производит белые кровяные тельца, уничтожает старые красные кровяные тельца и накапливает кровь, таким образом, регулируя объем циркулирующей крови.

Дыхательная система

Как и у всех рыб, дыхательная система акул состоит из жабр, наряду с их ассоциированными структурами поддержки и кровеносными сосудами. Внутри глотки находятся внутренние жаберные отверстия. Вода проходит через эти отверстия сквозь жабры, а затем выходит наружу через внешние жаберные отверстия. По мере прохождения воды через жабры кислород диффундирует в кровь, и углекислота удаляется из крови.

Если мы рассмотрим схему строения жабр вблизи, то сможем лучше понять их строение. Каждый жаберный лепесток поддерживается, прежде всего, жаберной перегородкой. Кровь проходит через жабры по выносящим и приносящим артериям. Одна приносящая артерия приносит деокисленную кровь к каждой жабре, и две выносящие артерии, по одной с каждой стороны приносящей артерии, несут окисленную кровь прочь от жабр. Каждая жаберная перегородка начинается на жаберной дуге, тянется до наружного жаберного отверстия и заканчивается конечной складкой, покрывающей жаберную щель.

За исключением самой первой гиоидной дуги каждая перегородка имеет жаберные лепестки с каждой стороны. Гиоидная дуга имеет лепестки только на задней стороне. Совокупность жаберных лепестков, приращенных к одной стороне перегородки, образует полужабру. Две полужабры, сидящие на одной перегородке, образуют целую жабру.

Кровеносная система

Кровеносная система состоит из сердца, кровеносных сосудов и крови. Мы ограничим свое обсуждение сердцем и кровеносными сосудами. Сердце лежит в перикардиальной полости. Подстилка полости - париетальный перикард. Сердце непосредственно покрывает другая защитная мембрана - висцеральный перикард. Сердце любой рыбы состоит из четырех камер, хотя и называется двухкамерным. Две принципиальных камеры – это атриум и желудочек. Сердце рыб перекачивает только деокисленную кровь. Кровь входит в сердце через тонкостенный венозный синус. Парные пече-

ночные вены приносят кровь от печени и входят в венозный синус латерально к срединной линии. Кровь проходит от венозного синуса в длинное, тонкостенное предсердие. Далее кровь проходит в маленький, но мускулистый желудочек. Желудочек выталкивает кровь ко всем частям тела через толстую мускулистую трубку – артериальный конус, который несет кровь к брюшной аорте. Артериальный конус расширяется, чтобы получить вытолкнутую желудочковую кровь, а затем сокращается в течение желудочковой диастолы, несколько уменьшая внезапное увеличение давления, и, предотвращая повреждения капилляров жабр.

Наблюдая бьющееся сердце рыбного эмбриона, мы можем видеть перемещение крови через венозный синус, предсердие, желудочек и артериальный конус. Также мы можем наблюдать несколько клапанов, которые предотвращают противоток крови. Между венозным синусом и предсердием находится синусо-предсердный клапан. Предсердно-желудочковый клапан находится между предсердием и желудочком.

Брюшная аорта – это относительно короткая, толстая артерия, которая делится на пять пар приносящих жаберных артерий, несущих деоксигенированную кровь к жабрам. Первые две приносящие артерии представляют собой ветви безымянной артерии. Передняя идет к передней полужабре гиоидной дуги, задняя снабжает две полужаберы 1-ой жаберной дуги, а 3-я приносящая жаберная артерия направляется ко 2-й жаберной дуге. Артерии обеспечивают многочисленные капиллярные слои в лепестках жабр. Эти капилляры вытекают в несколько сосудов, которые окружают мешочки жабр. В области отхождения 4-й и 5-й приносящих жаберных артерий аорта образует заметное расширение, иногда называемое луковицей аорты.

Окисленная кровь возвращается от жабр через четыре пары выносящих жаберных артерий. Эти четыре пары изгибаются сзади и объединяются, чтобы сформировать спинную аорту. От гиоидной полужаберы отходит гиоидная артерия. Это большая артерия, которая присоединяется к одной из парных спинных аорт возле брызгальца, чтобы сформировать внутреннюю сонную артерию. Внутренняя сонная артерия продолжается вперед и в направлении средней линии, где объединяется с внутренней сонной артерией с противоположной стороны. Обе затем расходятся снова и являются главными артериями мозга.

Передняя пара спинной аорты сливается сзади и соединяется с единственной срединной спинной аортой. Эта непарная спинная аорта направлена каудально, в конечном счете, становясь хвостовой артерией, которая несет кровь в хвост. На всем своем протяжении спинная аорта дает начало нескольким важным ветвям. Для начала, парные подключичные артерии появляются между третьими и четвертыми выносящими жаберными артериями. Подключичные артерии поставляют кровь к грудным плавникам и мускулатуре стенок тела. Большая, непарная чревная артерия появляется на небольшом расстоянии от подключичной. Чревная артерия расходится на две ветви: желудочно-печеночную артерию к желудку и печени; и кишечную артерию, которая на-

правляет ветви в желудок, поджелудочную железу и кишечник. Следующая, главная ветвь спинной аорты, – передняя брыжеечная артерия, снабжает левую сторону подвздошной кишки. Селезеночно-желудочная артерия поставляет кровь поджелудочной железе, селезенке и желудку. Самая задняя, единственная ветвь – это задняя брыжеечная артерия, которая поставляет кровь ректальной железе и спиральному клапану. Другие парные артерии – почечные артерии, которые поставляют кровь к почкам, и подвздошные артерии, снабжающие тазовые плавники.

Кровь возвращается к сердцу через кардинальные вены. Определенные вены у акулы более точно было бы описать как синусы. Вены легче всего проследить, двигаясь от сердца, чем к нему по фактическому направлению течения крови. Начиная с венозного синуса, мы можем наблюдать большие парные печеночные вены. Это сосуды, качающие кровь от печеночной портальной системы, которую мы будем наблюдать позже. Основными стволами венозной системы являются передние и задние вены. Общие кардинальные вены – это места соединения четырех пар вен, которые получают кровь от большинства органов из остальной части тела. Большие задние кардинальные синусы, находящиеся по бокам тела, качают большую часть крови от хвостового отдела. Они входят в общие кардинальные вены. Пара задних кардинальных вен лежит между почками с обеих сторон спинной аорты и получает кровь от вен почек. Задние кардинальные вены на уровне заднего края грудных плавников образуют заметные расширения – кардинальные синусы, куда от них поступает кровь.

В добавление к кардинальным венам, акула также имеет две портальные системы – портальную систему печени, которая несет кровь от различных частей пищеварительного тракта и селезенки через печень, и почечную портальную систему, которая качает кровь от хвоста через почки. Печеночная портальная система начинается с капилляров в пищеварительной системе. Печеночная портальная система получает кровь от нескольких больших вен, которые собирают кровь от различных частей пищеварительного тракта. Эти вены соединяются возле краниального конца спинной доли поджелудочной железы. Желудочная вена несет кровь от желудка. Селезеночно-брыжеечная вена получает кровь от ректальной железы, селезенки, поджелудочной железы и левой стороны кишечника. Желудочно-кишечная вена проходит вдоль линии прикрепления брыжейки к спинной доле поджелудочной железы. Панкреатико-брыжеечная вена отходит от брюшной доли поджелудочной железы. Эти вены сходятся в одну точку, чтобы сформировать печеночную портальную вену, которая входит в печень. В печени кровь расходится во многие маленькие капилляры, где необходимые питательные вещества всасываются и накапливаются, кровь фильтруется, и удаляются токсины. В печени сосуды сходятся в одну точку, чтобы сформировать печеночные вены, которые входят в венозный синус.

Почечная портальная система начинается с хвостовой вены, заключенной гемальными дугами позвонков. Хвостовая вена делится на две воротные вены почек. Они тя-

нута краниально вдоль дорзальной поверхности почек и несут к ним кровь для фильтрации. Кровь входит в почки через множество маленьких приносящих вен и выходит через маленькие выносящие вены, которые впадают в задние кардинальные вены и возвращают кровь сердцу.

Выделительная система

Выделительная система тесно связана с репродуктивной системой. Между самцами и самками существует несколько значительных отличий.

Выделительная система состоит из пары опистhoneфрических почек – длинных тонких полосок ткани, которые удаляют мочевины из крови. Почки дренируются первичными мочеточниками. У самцов передняя часть мочеполового протока имеет, главным образом, репродуктивную функцию, но более каудальная часть также передает мочевины, сформированную почками. Мочеполовые протоки короче и мельче у самок. У самцов моча от мочеполовых протоков вытекает в два маленьких дополнительных мочевых прохода, которые опустошаются в мочеполовом синусе. Мочеполовые протоки и дополнительный мочевой проток у самцов открываются в мочеполовом сосочке, маленьком отростке в клоаке.

В клоаку поступают отходы от выделительной, пищеварительной и репродуктивной систем. Отсюда они выделяются наружу.

Ректальная железа открывается в «толстый» кишечник через проток. Этот трубчатый орган экскретирует хлорид натрия и помогает кошачьей акуле в поддержании надлежащего осмотического баланса жидкостей тела.

Репродуктивная система

Гонады самцов акулы представлены семенниками – удлиненными мягкими органами, расположенными дорзально по отношению к долям печени. Семенники производят сперму и особенно активны в период сезона размножения. Семенники поддерживаются тонкой брыжейкой – мезорхиумом. Через данную брыжейку к семенникам проходят различные кровеносные сосуды и нервы. Также в мезорхиуме есть много маленьких семявыносящих канальцев, которые несут семенную жидкость от семенников к придатку семенника. Придаток или эпидидимис составлен из проводящих семенную жидкость трубочек и расположен в переднем участке каждой почки. Эта часть почки обладает незначительной выделительной функцией. Часть почки непосредственно каудально к семенникам и внизу придатка семенника – это железа Лейдигса. Она производит вязкую, молочную семенную жидкость. От придатка сперма проходит к большому сильно извитому вольфову каналу. Увеличенная хвостовая часть каждого вольфова канала – это семенной пузырек. К вентральным поверхностям каудальных

концов вольфовых каналов прилегают утончающиеся вперед семенные мешки. Хвостовые концы семенных пузырьков и семенных мешков сливаются, образуя непарную часть мочеполового синуса. Она оканчивается мочеполовым отверстием на вершине мочеполового сосочка. Самцы акул также имеют пару мешочков краниальнее от клоаки. Сгибание хрящей тазового плавника заставляет мешочки наполняться морской водой. В течение спаривания сжатие мешочков выдавливает из них воду. Вода и семенная жидкость затем вымываются через желобок в яйцевод самки.

Самки акулы имеют пару мягких, кремового цвета яичников, которые расположены дорзальнее печени и поддерживаются тонким листом соединительной ткани, брыжейкой. Яичники производят яйцевые клетки. Во время овуляции зрелые яйцевые клетки выпускаются в полость тела и попадают в яйцеводы. Яйцеводы – это длинные трубочки, которые несут яйца к матке. От места расхождения яйцеводов между ними натянута тонкая, треугольной формы брыжейка, заканчивающаяся на перикарде. Яйца акулы обычно оплодотворяются в яйцеводах. Возле переднего конца каждого яйцевода есть расширенная область, скорлуповая железа. Она выделяет тонкую белковую оболочку яйца. Хвостовая часть яйцевода увеличена, т.к. формирует «роговую» матку. Кошачья акула – живородящий вид. Оплодотворенные яйца развиваются в эмбрионы в матке. Каждое яйцо имеет свой собственный желток. Когда эмбрионы полностью развиты (процесс, который может занять около двух лет), малышки рождаются через клоаку.

Нервная система

Два основных отдела нервной системы акулы – это центральная нервная система, состоящая из головного и спинного мозга, и периферическая нервная система, включающая черепные и спинные нервы. Органы чувств будут изучаться отдельно.

Мозг акулы защищен и заключен в хондрокраниуме; он также окружен и защищен тонкой мембраной, менингом. Мозг акулы состоит из трех главных частей: переднего мозга или прозенцефалона, среднего мозга или мезенцефалона, и заднего мозга или ромбенцефалона. Вначале мы рассмотрим дорзальную часть головного мозга.

Прозенцефалон имеет два отдела. Тот, что находится ближе кпереди – теленцефалон. На ростральной части переднего мозга находятся обонятельные доли. Они соединяются с мозговыми полушариями, получают и проводят импульсы от обонятельного эпителия, обеспечивая акуле возможность различать запахи. Парные полушария являются следующей частью теленцефалона. Вторая часть переднего мозга, диэнцефалон – промежуточный мозг, вогнутый участок перед оптическими долями. Крыша диэнцефалона покрыта тонкой мембраной от которой отходят сосудистые складки в третий желудочек полушарий головного мозга и образуют хороидное сплетение, которое выделяет цереброспинальную жидкость в желудочки. Передняя часть мембраны образует

парафиз, который является частью теленцефалона. К задней части промежуточного мозга прилегает сидящая на длинной ножке верхняя мозговая железа, или эпифиз. Функция этой железы у акулы неизвестна. Боковые стенки диенцефалона расширяются вентрально, формируя таламус. Низ диенцефалона, который мы будем видеть позже – это гипоталамус (подбугровая область).

Средний мозг, или мезенцефалон представлен двумя большими зрительными долями. Импульсы, проходящие по оптическим нервам, интерпретируются в оптических долях.

Задний мозг, или ромбенцефалон, делится на две части: метенцефалон и миеленцефалон. Передняя часть заднего мозга - метенцефалон. Дорзальная часть метенцефалона состоит из мозжечка. Мозжечок частично покрывает оптические доли. Мозжечок особенно большой у животных, которые очень активны. Внутренняя полость мозжечка - мозжечковый желудочек. На дальней части мозжечка расположена пара слуховых долей, которые функционируют как центры равновесия. Сразу за мозжечком находится следующая часть заднего мозга миеленцефалон, или продолговатый мозг. Продолговатый мозг постепенно сужается и переходит в спинной. В продолговатом мозге есть большая полость - четвертый желудочек. Продолговатый мозг – это соединение между головным и спинным мозгом. Кроме того, он содержит центры, которые управляют циркуляцией.

С вентральной стороны мозга видны теленцефалон и обонятельные доли. С нижней стороны дно промежуточного мозга образует типичный перекрест зрительных нервов (хиазму). Позади него находится воронка с прилегающим к ней гипофизом, нижними долями и сосудистыми мешочками. Гипофиз - эндокринный орган, связанный с производством многочисленных гормонов.

Главной характеристикой всех позвоночных животных является наличие спинного мозга в спинномозговом канале. На дорзальной и вентральной стороне посередине проходит непарная продольная борозда. Внутри мозга проходит узкий центральный канал (невроцель), который впереди непосредственно переходит в полость продолговатого мозга (четвертый желудочек). Первый и второй желудочки находятся в теленцефалоне. Они соединяются через узкий канал, отверстие Монро, с третьим желудочком, находящимся в диенцефалоне. Третий желудочек соединяется с четвертым желудочком через проток Сильвиуса. Четвертый желудочек - полость продолговатого мозга. Желудочки наполнены цереброспинальной жидкостью.

Периферическая нервная система включает как черепные нервы, так и спинные нервы. Одиннадцать пар черепных нервов соединяются непосредственно с мозгом без предварительного прохождения через спинной мозг. Самый передний, маленький конечный нерв (0), - соматически-чувствующий нерв, который появляется с обонятельным нервом и тянется вдоль медиальной поверхности обонятельного тракта к стенке обонятельного мешка. (Терминальный нерв был обнаружен после начала нумерации

системы; для остальных 10 черепных нервов номера были уже установлены, отныне его обозначение 0). Обонятельный нерв (I) составлен из многих маленьких отдельных сенсорных волокон. Обонятельный нерв выходит из обонятельной капсулы и впадает в обонятельные луковицы. Зрительный нерв (II) - большой белый нерв, который проходит снаружи в глазное яблоко. Данный сенсорный нерв входит в вентральную поверхность диэнцефалона. С вентральной стороны мозга мы можем наблюдать оптическую хиазму, точку, где пересекаются два оптических нерва. Каждый нерв входит в противоположную сторону мозга напротив глаза, от того места, где он начался. Также появляется из вентральной поверхности мозга глазодвигательный нерв (III), разветвляющийся соматический двигательный нерв, который иннервирует четыре из шести больших мышц глаза. Он появляется от брюшной поверхности мезенцефалона и заканчивается в четырех мышцах. Блоковый нерв (IV) – двигательный нерв, который появляется от дорзальной поверхности мезенцефалона и несет импульсы к верхней косой мышце глаза. Тройничный нерв (V) - крупный смешанный нерв, выполняющий функции как сенсорного, так и двигательного нерва. Он прикреплен к боковой стенке продолговатого мозга с нервами VII и VIII, а затем делится на три ветви. Одна из этих ветвей, глазная, объединяется с ветвью лицевого нерва, чтобы сформировать поверхностный глазной, или чувствительный нерв, который заканчивается в коже рострального участка головы. Отводящий нерв (VI) – двигательный нерв, который появляется из вентральной поверхности продолговатого мозга. Он несет импульсы к наружной прямой мышце глаза. Лицевой нерв (VII) - смешанный нерв. Он отходит от передней части продолговатого мозга и объединяется с тройничным нервом при его выходе из мозга. Лицевой нерв иннервирует гиоидную арку, брызгальца и органы боковой линии на роструме. Слуховой нерв (VIII) – это чувствительный нерв, который появляется с нервами V и VII на продолговатом мозге и несет импульсы от внутреннего уха. Языкоглоточный нерв (IX) – это смешанный нерв, появляющийся от продолговатого мозга сразу за слуховым нервом. Языкоглоточный нерв как получает от, так и несет импульсы к первой жаберной дуге. Последний черепной нерв – блуждающий (X); смешанный нерв, который отходит от задней части продолговатого мозга и направляет разветвления к боковой линии, оставшейся части жабр, голове и абдоминальным органам.

Спинной мозг также является частью центральной нервной системы. Спинной мозг появляется в продолговатом мозгу и тянется по всей длине тела в пределах спинного хребта. Поперечный разрез спинного мозга раскрывает его структуру. Область белого вещества, состоящая из миелинизированных нервных волокон, окружает H-образную область серого вещества, состоящую из тел нервных клеток и синаптических соединений. Участок серого вещества имеет спинной и брюшной рожек. Центральный канал проходит через центр серого вещества. Спинной мозг дает начало многочисленным спинным нервам, которые появляются между каждой парой позвонков. Спинные нервы - это смешанные нервы, которые несут импульсы от различных участков тела к мо-

згу, и импульсы от мозга к различным органам и участкам тела. Схема спинного мозга показывает, что каждый спинной нерв имеет два корешка: спинной и брюшной, которые объединяются за пределами позвонков в единый спинномозговой нерв. Спинной корешок содержит как чувствительные, так и двигательные нейроны; в то время как брюшной корешок содержит только двигательные нейроны. На дорзальном корешке перед тем, как он соединится с вентральным корешком, образуется утолщение - ганглий, который содержит чувствительные тела нервных клеток.

Органы чувств

Существует пять главных органов чувств у акул: Лоренциниевая ампула, орган боковой линии, обоняния, статоакустический орган и орган зрения.

На поверхности головы есть многочисленные поры. Они представляют собой отверстия к Лоренциниевым ампулам, которые служат для обнаружения слабых электрических полей и важны в определении расположения добычи. Они также, возможно, помогают в обнаружении и уклонении от хищников. Как видно из диаграммы, каждая пора открывается в маленький канал (трубочку), который в свою очередь приводит к пузырьвидной ампуле. Ампулы содержат сенсорные клетки, которые определяют мгновенные изменения температуры, солености и электрические потоки. Эти клетки иннервируются чувствительными нервными нитями от ветвей лицевого нерва.

Вдоль латеральной стороны акулы от носа до хвоста проходит орган чувств боковой линии. На голове многочисленные разветвления боковой линии образуют связанные между собой каналы. Диаграмма боковой линии показывает многочисленные поры, которые открываются в канал, лежащий под кожей. Сенсорные рецепторы, называемые нейромастами, размещены с различными промежутками вдоль канала. Нейромасты – реснитчатые клетки, которые изменяются под действием потоков воды, таким образом, помогая в ориентации и передвижении.

Орган обоняния отвечает за получение внешних стимулов, которые позже интерпретируются в мозге как запахи. Отверстия на передней поверхности рыла – это внешние ноздри. Каждая ноздря имеет внутреннее и наружное отверстие для прохождения воды. Они разделены клапаном из ткани. Как видно на этом участке рострума, внешние ноздри открываются в обонятельные мешочки, содержащие обонятельные складочки. Каждая складка покрыта обонятельным эпителием. Обонятельный эпителий иннервируется волокнами от обонятельного нерва, который приводит к обонятельной доле мозга.

Статоакустический орган состоит из очень нежного перепончатого лабиринта, заключенного в хрящевую капсулу в боковых расширениях хрящевого черепа позади глазницы. Его функции заключаются в слушании и поддержании равновесия. Отверстия к внутреннему перепончатому лабиринту – это эндолимфатические поры, разме-

щенные на дорзальной поверхности головы. Эндолимфатические поры через два эндолимфатических канала ведут к перепончатому лабиринту. Внутреннее ухо состоит из трех полукружных каналов, наполненных эндолимфатической жидкостью, которая двигается в соответствии с движением головы. Каждый полукруглый канал имеет вздутую область, ампулу, в которой размещены участки сенсорных клеток, называемых кристами. Кристы определяют движение в эндолимфе и передают импульсы к нервным окончаниям слухового нерва. Саккула – это большая центральная камера внутреннего уха. Она содержит сенсорные рецепторы, называемые макулами, очень похожими на кристы, наряду с частицами песка и отложениями кальция известными как отолиты. Оtolиты контактируют с макулой, вызывая противоположные движения при движении акулы и, тем самым, помогая поддерживать равновесие.

Глаз акулы подобен глазу других позвоночных животных. Глаза размещаются по бокам головы в глазницах. У акул неподвижные веки. Есть шесть глазодвигательных мышц, которые перемещают глаз. Если их поочередно рассматривать с задней стороны глаза, то они таковы: прямая верхняя, косая верхняя, прямая наружная, косая внутренняя, прямая внутренняя и прямая нижняя. Видимый на задней стороне глаза оптический стебель – это хрящевой стержень, который поддерживает глазное яблоко и большой оптический нерв. Схема поперечного разреза глаза показывает следующие структуры. На внешней поверхности есть склера. Роговица – это тонкая, прозрачная часть склеры в передней части глаза. Темнопигментированный сосудистый средний слой – это сосудистая оболочка. Радужная оболочка - пигментированная передняя часть сосудистой оболочки. В центре радужной оболочки расположен зрачок, щель, которая регулирует количество света, проходящего в глаз. Сзади радужной оболочки расположен хрусталик. Хрусталик акулы не меняет форму, чтобы сфокусироваться на свет. Вместо этого он меняет расположение. Хрусталик прикрепляется с помощью эластичной поддерживающей связки. Между хрусталиком и радужной оболочкой расположена заполненная жидкостью передняя камера. Сетчатка – это мембрана, выстилающая большую часть глазного яблока, которая содержит световые рецепторы (палочки и колбочки). Нервные волокна от палочек и колбочек сводятся в одну точку, чтобы сформировать оптический нерв. Между сетчаткой и хрусталиком находится другая, стекловидная камера, наполненная желатиновым стекловидным телом. Стекловидное тело помогает поддерживать форму глаза

Вопреки установившемуся мнению, акула - не примитивное животное. Скорее оно более высокоразвитое, специализированное позвоночное, происходящее от предков костистых рыб. Внешняя морфология акулы иллюстрирует некоторые полезные адаптации для ее жизни как морского хищника, а внутренняя анатомия указывает, что она является не слишком отдаленным родственником высших позвоночных животных.

Глоссарий

Ампула. Одно из мешковидных расширений полукружных каналов.

Артериальный конус. Толстый мышечный проток, который получает кровь от желудочка и проталкивает ее к брюшной аорте; он расширяется, чтобы получить извергнутую желудочковую кровь, а затем сокращается, чтобы протолкнуть кровь вдоль брюшной аорты в течение желудочковой диастолы.

Базальный хрящ. Один из хрящей, которые формируют первоначальную структуру каждого плавника.

Белое вещество. Та часть спинного мозга, которая состоит из миелиновых волокон; белое вещество обычно окружает серое.

Блоковый нерв (IV). Четвертый черепной нерв. Черепной нерв с двигательными функциями, который появляется от дорзальной поверхности мезенцефалона и несет импульсы к верхней косой мышце глаза.

Блуждающий нерв (X). Десятый черепной нерв. Смешанный двигательный и чувствительный черепной нерв, который отходит от заднего края продолговатого мозга и отправляет ветви к органам чувств боковой линии, оставшимся жабрам, голове и брюшным органам.

Большое отверстие. Большое отверстие позади черепа через которое проходит спинной мозг.

Брызгальце. Одно из чрезвычайно модифицированных жаберных отверстий через которое вода попадает в глотку, помогая дыханию.

Брюшина. Мезодермальная выстилка брюшной полости.

Брюшная аорта. Толстая, мускулистая артерия, которая несет кровь от артериального конуса к передним артериям в жабрах.

Венозный синус. Мешковидная часть сердца, которая получает кровь от сосудов и направляет ее в предсердие.

Вентральный. Анатомический термин, обозначающий направление к нижней стороне или животу.

Вертлужная впадина. Одна из поверхностей тазового пояса, место соединения с тазовыми плавниками.

Висцеральная брюшина. Мезодермальная соединительная ткань, покрывающая брюшные органы.

Висцеральная дуга. Одна из хрящевых структур, которая формирует и поддерживает челюсти и жаберные дуги.

Висцеральный перикард. Мезодермальная соединительная ткань, покрывающая сердце.

Висцеральный скелет конечностей. Часть скелета, состоящего из грудных и тазовых поясов и связанных с ними плавников.

Внешние ноздри. Одно из парных внешних отверстий обонятельных мешочков.

Воронка. Полый, конический отросток серого вещества, который соединяет гипофиз с мозгом.

Вставочная пластинка. Одна из хрящевых структур между соседними телами позвонков в спинном хребте акулы, которая помогает закрывать и защищать спинной мозг.

Гемальный канал. Отверстие в вентральной части хвостового позвонка, который закрывает и защищает хвостовую аорту и хвостовую вену.

Гетероцеркальный хвост. Хвостовой плавник, в котором дорзальная доля намного больше, чем вентральная доля.

Гиоидная дуга. Вторая висцеральная дуга; обеспечивает поддержку челюстей, языка и дна рта акулы.

Гиомандибулярный хрящ. Один из парных спинных хрящей, который помогает в формировании гиоидной дуги и поддерживает челюсти.

Гипоталамус. Вентральная часть мозга, размещенного под таламусом. Гипоталамус помогает регулировать автономную нервную систему.

Гипофиз. Эндокринная железа, размещенная на вентральной поверхности мозга. Производит ряд важных гормонов и регулирует производство и освобождение других гормонов.

Глазница. Большая чашевидная впадина черепа, которая окружает и защищает глаз.

Глазодвигательная мышца. Одна из шести мышц, которые обеспечивают движение глаза.

Глазодвигательный нерв (III). Третий черепной нерв; разветвляющийся соматический двигательный нерв, который возбуждает четыре из шести больших мышц глаза. Глазодвигательный нерв отходит от вентральной поверхности мезенцефалона и заканчивается в четырех мышцах.

Гленоидная поверхность. Заднебоковая поверхность по бокам грудного пояса акулы, которая соединяется с грудным плавником.

Глотка. Часть пищеварительного тракта между полостью рта и пищеводом.

Гомодонтные. Условия, при которых все зубы структурно одинаковы; в противоположность гетеродонтные - условия, при которых зубы дифференцируются по различным типам.

Грудной плавник. Один из парных плавников, связанных с грудным поясом.

Грудной пояс. Группа хрящевых скелетных структур, которые поддерживают парные грудные плавники.

Двенадцатиперстная кишка. Передняя часть тонкого кишечника.

Диенцефалон. Часть мозга, состоящего из таламуса, гипоталамуса, шишковидного тела и гипофиза.

Дополнительный мочевой проток. Один из маленьких протоков самца акулы, который транспортирует мочу от почек к мочеполовому синусу.

Дорзальная аорта. Большая мышечная артерия, которая несет кровь далеко от выносящих артерий жабр акулы. Ветви спинной аорты представлены многочисленными более малыми артериями, которые затем несут кровь к различным частям тела.

Жаберная дуга. Хрящевые структуры, которые поддерживают жабры.

Жаберные лепестки. Одни из многих тонких сосудистых листков ткани которые служат дыхательной поверхностью в жабрах.

Жаберные лучи. Хрящевые выпячивания от висцеральной дуги жабр, которые помогают поддерживать жаберные лепестки.

Жаберные отверстия. Одно из внешних отверстий между жаберными дугами, через которые выходит вода.

Жаберные перегородки. Зубовидные выпячивания жаберной дуги, которые препятствуют попаданию больших частиц пищи и других материалов в жаберные мешки из глотки, и направляют частицы в пищевод.

Жабры. Дыхательный орган акулы.

Железа Лейдинга. Часть почки, лежащая каудально по отношению к семенникам и под придатком семенника, который производит вязкую молочную семенную жидкость.

Желудок. Мышечная камера пищеварительного тракта, где пища перемешивается с ферментами и кислотами и начинается пищеварение.

Желудочек. Толстая мышечная камера сердца, которая качает кровь через все тело.

Желудочек мозга. Одна из нескольких полостей внутри мозга, которые связаны с полостью спинного мозга.

Желчный пузырь. Мешковидная структура, размещенная на средней доле печени, которая получает и накапливает желчь.

Живорождение. Форма развития, в которой эмбрион развивается из оплодотворенного яйца внутри матери и питается от его собственного желткового мешочка.

Задний глазничный отросток. Хрящевой отросток от задней части нейрокраниума, который сочленяется с верхней челюстью.

Затылочный мышцелок. Один из парных отростков на каудальном конце черепа, который сочленяет его со спинным хребтом.

Зрачок. Отверстие в радужной оболочке, который пропускает свет в глаз.

Зрительная доля. Часть мозга, куда поступают и где интерпретируются импульсы от зрительных нервов.

Зрительный нерв (II). Второй черепной нерв; большой, белый черепной нерв, который начинается от сетчатки глаза. Этот сенсорный нерв входит на вентральную поверхность диенцефалона.

Капилляр. Один из многих тонкостенных кровеносных сосудов, которые соединяют артерии и вены. Капилляры – участки для обмена кислорода, углекислого газа, удаления отходов пищеварения и место передачи химических сигналов между кровеносной системой и клетками тела.

Каудальный. Анатомический термин, обозначающий направление к хвосту.

Класпер. Один из пары копулятивных органов на тазовых плавниках эласмобранхий.

Клоака. Общая камера, в которую открываются каналы пищеварительной, выделительной и репродуктивной систем.

Конечный нерв (0). Черепной нерв 0. Чувствительный черепной нерв, который появляется с обонятельным нервом и проходит в носовые участки. Конечный нерв был обнаружен после нумерации всей системы из остальных 10 черепных нервов. Поэтому его обозначение «0».

Кораконидный стержень. Средне-вентральный непарный хрящ грудного пояса.

Круглый мешочек. Мешковидная камера внутреннего уха.

Латеральный (периферический). Анатомический термин, обозначающий дальше от средней линии.

Лицевой нерв (VII). Седьмой черепной нерв; смешанный нерв, который появляется от передней части мозга и объединяется с тройничным нервом при его выходе из мозга. Лицевой нерв иннервирует гиоидную дугу, брызгальца и органы чувств боковой линии на роstrуме.

Лопаточный хрящ. Один из парных хрящей, которые вместе с кораконидом и парными плечевыми хрящами образуют грудной пояс.

Лоренциниевая ампула. Сенсорные рецепторы, расположенные на вентральной поверхности головы, которые определяют слабые электрические заряды.

Луч плавника. Одна из многих малых хрящевых поддерживающих структур, размещенных в периферической части каждого плавника

Матка. Каудальная часть яйцевода у самок акулы, в которую проходят яйца от яйцеводов у кошачьей акулы; в ней развиваются и вынашиваются оплодотворенные яйца.

Медиальный. Анатомический термин, обозначающий в направлении средней линии.

Межжаберная перегородка. Хрящевая структура, которая обеспечивает главную поддержку жаберных лепестков.

Мезенцефалон. Средний мозг; состоит большей частью из оптических долей.

Мезорхиум. Тонкий лист соединительной ткани, которая поддерживает семенники.

Меккелев хрящ (нижнечелюстной). Один из парных хрящей, которые формируют вентральную часть нижнечелюстной дуги; вместе пара формирует нижнюю челюсть.

Менинкс. Одна из мембран, которая окружает и защищает головной и спинной мозг акулы.

Метенцефалон. Передняя часть заднего мозга, состоящая из мозжечка.

Миенцефалон. Задняя часть заднего мозга, представленная продолговатым мозгом.

Миосепты. Тонкая соединительная ткань, отделяющая миотомы друг от друга.

Миотомы. Одна из V-образных групп мышц акулы и других рыб.

Мозговое полушарие. Одна из двух половин головного мозга; увеличенная часть мозга непосредственно за обонятельными долями.

Мозжечок. Часть мозга акулы на дорзальной поверхности позади оптических долей. Мозжечок отвечает за координацию мышечной деятельности и равновесия.

Мочевой сосочек. Маленький конический отросток в клоаке у самцов акул, сформированный соединением Вольфовых протоков, дополнительных мочевых протоков и мочеполового синуса.

Мочеполовой синус. Соединение семенных пузырьков и мешочков у самцов акул; открывается в мочеполовой сосочек.

Небно-квадратный хрящ. Один из парных хрящевых структур, которые формируют верхнюю челюсть.

Невральный отросток. Спинной хрящевой отросток от невральной дуги спинных позвонков акулы.

Нейрокраниум. Спинная часть хондрокраниума, которая вмещает и защищает мозг и некоторые органы чувств.

Нейромасты. Сенсорные специальные клетки, размещенные вдоль канала боковой линии, которая определяет изменения водных потоков.

Нервная дуга. Хрящевая структура, продленная дорзально от центра каждого позвонка, сформированного соединением двух нервных отростков; окружает и защищает спинной мозг.

Нижнечелюстная дуга. Первая висцеральная дуга; модифицирована в парный небоно-квадратный хрящ и парные Меккелевы хрящи. Нижнечелюстная дуга формирует челюсти.

Носовая капсула. Одна из парных хрящевых структур, размещенных на ростральной части черепа, которая содержит и поддерживает обонятельные мешочки.

Обонятельная доля. Передняя часть мозга, куда поступают и где интерпретируются импульсы от обонятельных нервов.

Обонятельные складки. Пластинчатые структуры в обонятельных мешочках, окруженные обонятельным эпителием.

Обонятельный мешочек. Мешковидная структура, расположенная в обонятельной капсуле, которая содержит обонятельный эпителий.

Обонятельный нерв (I). Первый черепной нерв. Черепной нерв, состоящий из многих маленьких, отдельных сенсорных волокон, которые выходят из обонятельной капсулы и заканчиваются в обонятельной луковице.

Обонятельный эпителий. Сенсорный эпителий, содержащий рецепторные клетки, покрывающие обонятельные складки.

Общий желчный проток. Проток, через который желчь проходит от желчного пузыря к кишечнику.

Оптическая хиазма. Перекрещивание левого и правого оптических нервов на вентральной поверхности мозга.

Оптический стебель. Малый, хрящевой стержень, который поддерживает глаз.

Оптическое отверстие. Отверстие в черепе, через которое оптические нервы проходят от глазницы к мозгу.

Осевой скелет. Часть скелета, состоящая из черепа, позвоночника и ребер.

Отверстие блуждающего нерва. Большое отверстие, через которое проходит блуждающий нерв.

Отводящий нерв (VI). Шестой черепной нерв; двигательный нерв, начинающийся от брюшной поверхности продолговатого мозга и несущий импульсы к прямой наружной мышце глаза.

Отолит. Известковое включение во внутреннем ухе.

Париетальный перикард. Наружный мезодермальный слой, покрывающий перикардальную полость.

Перикардальная полость. Мезодермально лежащая часть целома, в которой находится сердце.

Перилимфатическое отверстие. Одно из парных отверстий к перилимфатическим протокам, которые соединяют полость внутреннего уха с наружным.

Периферическая нервная система. Часть нервной системы, состоящая из спинного мозга и спинномозговых нервов.

Печень. Большой орган, состоящий из трех долей в брюшной полости. Печень производит желчь, помогает регулировать уровень сахара в крови, а также помогает в метаболизме и удалении азотных отходов, разрушает токсины и старые красные кровяные тельца и способствует свертыванию крови.

Пищевод. Короткая мускулистая трубка, соединяющая глотку с желудком; часть пищеварительной системы.

Пилорический клапан. Кольцо мышц между желудком и тонким кишечником, которое регулирует прохождение веществ из желудка в тонкий кишечник.

Плакоидная чешуя. Чешуя кожного происхождения, которая имеет верхушечный шип.

Плевроперитонеальная полость. Часть целома, содержащая брюшные органы.

Поверхностная глазничная ветвь. Чувствительный нерв, сформированный ветвью тройничного нерва и ветвью лицевого нерва. Поверхностная глазничная ветвь заканчивается в коже ростральной части головы.

Поверхностное глазное отверстие. Отверстие в нейрокраниуме, через которое проходит поверхностная глазничная ветвь.

Подвздошная кишка. Более длинная каудальная часть тонкого кишечника, содержит спиральный клапан.

Подвздошный отросток. Один из небольших выростов на пластинке тазового пояса.

Поджелудочная железа. Большая сложная железа пищеварительной системы, которая выделяет пищеварительные ферменты и гормоны.

Позвонкок амфицельный. Позвонкок, в котором передние и задние поверхности вогнуты.

Позвоночник. Хрящевая оболочка спинного мозга, состоящая из отдельных позвонков. Спинной хребет также обеспечивает поддержку тела.

Полужабра. Половина жабр; составлена из висцеральной дуги и одного набора жаберных лепестков.

Полукружный канал. Один из трех заполненных жидкостью каналов, которые являются частью внутреннего уха.

Портальная система печени. Система вен и капилляров, которые получают кровь от различных органов и несут ее к печени. В печени кровь фильтруется и из нее удаляются токсины перед тем, как она будет возвращена к сердцу через печеночные вены.

Портальная система почек. Группа сосудов, которые собирают кровь от задней части тела акулы и несут ее в почки для фильтрации перед тем, как она пройдет в задние кардинальные вены и вернется к сердцу.

Почки. Один из парных экскреторных органов акулы. Азотные отходы фильтруются почками из крови.

Предсердие. Камера в сердце акулы, которая получает кровь от венозного синуса.

Предсердно-желудочковый клапан. Клапан в сердце, размещенный между предсердием и желудочком, который предотвращает противоток крови в предсердие, когда желудочек сокращается.

Предцеребральная полость. Полая структура, размещенная на дорзальной поверхности роstrума.

Придаток семенника. Растянутая масса извилистых тканей в семенниках, которые транспортируют семенную жидкость к семявыносящему протоку.

Продолговатый головной мозг. Каудальная часть мозга.

Прозенцефалон. Передний мозг; состоит из двух частей — переднего теленцефалона и заднего диенцефалона.

Прямая кишка. Короткая, терминальная часть толстого кишечника.

Радиальный хрящ. Маленькие хрящи, которые сочленяются с базальными хрящами и помогают поддерживать плавники.

Радужная оболочка. Непрозрачная, сокращающаяся часть глаза, которая окружает зрачок.

Ректальная железа. Трубчатый орган, размещенный в задней части брюшной полости, который выделяет хлорид натрия и помогает в поддержании надлежащего осмотического баланса.

Роговая оболочка. Прозрачная оболочка на передней поверхности глаза, которая покрывает сосудистую оболочку и зрачок и пропускает свет вовнутрь.

Ромбэнцефалон. Задний мозг; состоит из метэнцефалона и миэнцефалона.

Ростральный. Анатомический термин, обозначающий по направлению к роstrуму.

Рострум. Нос акулы.

Селезенка. Сосудистый орган кровеносной системы, который фильтрует и накапливает кровь, а также производит, накапливает и разрушает старые кровяные тельца.

Семенники. Одна из парных гонад самцов. Семенники производят семенную жидкость и определенные гормоны.

Семенной мешочек. Каудальная часть семенного пузырька, в которой накапливается семенная жидкость.

Семенной пузырек. Увеличивающаяся каудальная часть семенного канала; служит для временного накопления семенной жидкости.

Семявыносящий проток. Чрезвычайно изогнутая трубка у самцов акул, через которую семенная жидкость проходит от придатка семенника к семявыносящему протоку.

Серое вещество. Части головного и спинного мозга, содержащие как тела нервных клеток, так и нервные отростки. Большинство серого вещества в мозге внутри и формирует четкие ядра. В спинном мозге серое вещество формирует непрерывную центральную колонку.

Серповидная связка. Лист связующей ткани, которая прикрепляет печень к брюшной стенке тела.

Сетчатка. Оболочка на задней стороне глаза, которая содержит сенсорные клетки, палочки и колбочки, которые трансформируют волны света в нервные импульсы и передают их к оптическому нерву.

Сильвиев канал. Канал между третьим и четвертым желудочками мозга.

Синус. Одна из парных мешковидных структур у самцов акулы, размещенная краниально к клоаке;

наполнен водой до копуляции, которая позже выпускается в течение копуляции, чтобы вымыть семенную жидкость в клоаку самки.

Синусо-предсердный клапан. Клапан между венозным синусом и предсердием, который препятствует току крови обратно в венозный синус в течение сокращения предсердия.

Система органов чувств боковой линии. Уникальная сенсорная система рыб и личинок амфибии. Система органов чувств боковой линии помогает акуле определять водные потоки, чтобы поддерживать ее положение; также может использоваться в качестве рецептора электрических полей. Система органов чувств боковой линии состо-

ит из сенсорных клеток, расположенных в двух продольных каналах, находящихся под кожей с каждой стороны трубки и других каналов на голове акулы.

Склера. Белая внешняя оболочка, окружающая глазное яблоко за исключением передней части, покрытой роговой оболочкой.

Слуховая капсула. Часть черепа, которая защищает перепончатый лабиринт внутреннего уха.

Слуховой нерв (VIII). Восьмой черепной нерв. Черепной нерв с чувствительными функциями, который появляется с нервами V и VII на продолговатом мозге и передает импульсы от внутреннего уха.

Сосудистая оболочка. Сосудистая мембрана, содержащая крупные разветвленные пигментированные клетки; лежит между сетчаткой и склерой.

Спинной мозг. Удлиненный цилиндр нервной ткани, который тянется от мозга через позвоночный канал и соединяется со многими парами спинных нервов.

Спинной плавник. Один из больших, непарных плавников, размещенных на спинной поверхности акулы.

Спинномозговой нерв. Один из многих пар нервов, которые соединяются со спинным мозгом через отверстия в спинных позвонках и иннервируют различные органы тела.

Спиральный клапан. Сложная спиральная складка в кишечнике акул и других примитивных рыб, которая замедляет прохождение пищи и увеличивает эффективность пищеварения. Спиральный клапан также увеличивает внешнюю поверхность для абсорбции питательных веществ.

Спланхнокраниум. Часть хондрокраниума, также известная как висцеральный череп; состоит из семи хрящевых дуг, которые формируют и поддерживают челюсти и жаберные дуги.

Стекловидная камера. Полость внутри глазного яблока между хрусталиком и сетчаткой, которая содержит стекловидное тело.

Стекловидное тело. Желатиновая субстанция, которая заполняет стекловидную камеру глаза и помогает поддерживать форму глаз.

Тазовый плавник. Один из парных плавников связанных с тазовым поясом.

Тазовый пояс. Группа хрящевых скелетных структур, которые поддерживают парные тазовые плавники.

Тело. Толстая круглая центральная часть позвонка. Тело заменяет эмбриональную хорду.

Тонкий кишечник. Длинный трубковидный пищеварительный орган, где пищеварение завершается, и питательные вещества всасываются в кровь.

Тройнично - лицевое отверстие. Отверстие на черепе через которое проходят тройничный и лицевой нервы.

Тройничный нерв (V). Пятый черепной нерв. Большой черепной нерв, как с чувствительными, так и двигательными функциями. Он прикрепляется к боковой стенке продолговатого мозга с нервами VII и VIII, а затем делится на четыре ветви.

Хондрокраниум. Череп акулы; состоит из спинного нейрокраниума и вентрального спланхнокраниума.

Хорда. Гибкая стержневидная структура, которая обеспечивает у эмбриона поддержку оси тела.

Хрусталик. Прозрачное тело в передней части глаза, которое концентрирует свет на сетчатке.

Целая жабра. Полные жабры; состоят из висцеральной дуги и двух наборов жаберных лепестков с обеих сторон висцеральной дуги.

Целом. Мезодермально лежащее пространство внутри стенок тела, которое вмещает внутренние органы акулы.

Центральная нервная система. Часть нервной системы, состоящей из головного и спинного мозга.

Цератогиальный хрящ. Один из парных хрящей, которые вместе с непарным базигиальным хрящом формируют вентральную часть гиоидной дуги.

Цереброспинальная жидкость. Жидкость, заполняющая желудочки головного и спинного мозга. Эта жидкость также циркулирует между внешней оболочкой (менинском) мозга и нижними тканями мозга.

Черепной. Анатомический термин, обозначающий по направлению к голове.

Черепной нерв. Один из нервов, которые отходят непосредственно от мозга.

Эндолимфатическая ямка. Большое углубление на дорзальной поверхности головы, содержащее эндолимфатические и перилимфатические отверстия.

Эндолимфатический проток. Маленький проток, соединяющий лабиринт внутреннего уха с внешними.

Эндолимфатическое отверстие. Одно из пары маленьких отверстий, размещенных в эндолимфатической ямке, которые служат наружным отверстием для эндолимфатических протоков.

Эпифизальное отверстие. Маленькое отверстие, расположенное на среднедорзальной поверхности хондрокраниума, через которое эпифиз соединяется с мозгом.

Яичник. Гонады самок. Яичник производит яйца и некоторые гормоны.

Яйцевод. Трубочка, по которой яйца перемещаются от яичника к мочеполовому отверстию в клоаке; их дистальные части увеличены, чтобы сформировать матку.

Языкоглоточное отверстие. Одно из парных отверстий на задней стороне черепа, через которое проходит языкоглоточный нерв.

Языкоглоточный нерв (IX). Девятый черепной нерв. Смешанный нерв, который отходит от продолговатого мозга сразу за слуховым нервом (VIII). Языкоглоточный нерв получает и несет импульсы к первой жаберной дуге.

Язычная кость. Непарный хрящ, который вместе с парными цератоглиальными хрящами формирует вентральную часть гиоидной дуги.

Яремные вены. Одни из многих сосудов, которые возвращают кровь к сердцу от различных частей тела.

Для заметок: