

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАНИЙ ПО ЭВОЛЮЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

При выполнении тестовых заданий по разделу «Эволюция органического мира» из учебного пособия для 11 класса по биологии часть школьников испытывают затруднения при выборе правильного ответа. Согласно проведенному нами опросу учителей биологии Гомельской области, одними из наиболее сложных для учащихся являются задания по отнесению различных анатомических структур к гомологичным или аналогичным органам. Огромное видовое разнообразие живых организмов на планете делает невозможным простое механическое запоминание всех примеров, поэтому учащиеся, путаясь в формулировках понятий, будут раз за разом допускать ошибки в ответах на такие вопросы. Ситуацию усугубляет еще и то обстоятельство, что большинство заданий по эволюционной биологии относятся к интегративным, обеспечивающим проверку знаний по нескольким разделам биологии. Например, в задании по соотнесению клубня картофеля и корнеплода моркови к гомологичным или аналогичным органам одновременно проверяются знания по теории эволюции и ботанике. Для ответа по установлению гомологии или аналогии копытных конечностей крота и медведки потребуются дополнительные знания из зоологии. На наш взгляд, для безошибочного выполнения таких тестов, учащимся вначале необходимо усвоить сущность этих понятий, критерии соотнесения сравниваемых структур к гомологичным или аналогичным органам и лишь затем закрепить их на конкретных примерах. Для решения этих и других подобных задач в статье приведен дополнительный учебный материал, рассмотрены некоторые примеры из мира живой природы.

Представление о гомологии было сформировано в 40-ых годах XIX века английским ученым Р. Оуэном (1804-1892) при изучении анатомического строения позвоночных [1]. Справедливости ради следует отметить, что еще до Оуэна мысли о гомологии высказывали и другие исследователи (древнегреческий философ Аристотель, немецкий поэт Гете и др.) [2, 3]. Одновременно с гомологией Оуэн вводит противоположное понятие – аналогия [4], ранее также использовавшееся учеными в несколько другом аспекте. Примерно в это же время Дарвин приступает к сбору и систематизации доказательств, подтверждающих идею происхождения видов путем естественного отбора [5]. То есть первоначальные представления о гомологии и аналогии возникли в додарвиновскую эпоху, но затем в ходе развития биологии содержание этих понятий было переосмыслено. В современном понимании под гомологичными (от греч. *homos* – равный, одинаковый) органами понимают структуры организма, сходные по происхождению, анатомическому строению, выполняющие разные или одинаковые функции.

Важно! Если у двух сравниваемых организмов установлено наличие отдельных гомологичных признаков, то многие другие структуры у них также будут гомологичны [1]. Например, у бабочек и пчел гомологичны не только крылья, но и усики, ротовые аппараты, глаза, конечности и др.

В 50-е годы XX века немецкий зоолог Адольф Ремане (1898-1976) для установления гомологии предложил использовать несколько основных критериев, позднее ставших классическими [1].

Критерий положения. Согласно данному критерию, гомологичными являются части тела, занимающие сходное положение относительно других частей. Например, несмотря на существующие различия формы черепа кошки и человека, образующие их

кости расположены сходным образом. Бедренная кость человека и волка также являются гомологичными структурами, поскольку занимают в скелете одинаковое положение.

Критерий специального качества. Гомологичными считаются структуры, сходные между собой по анатомическому и (или) гистологическому строению. Нервная система асцидий, несмотря на упрощенное строение, гомологична нервной системе позвоночных животных.

Критерий промежуточных форм. Если две крайние формы не сходны между собой, но имеют связь через промежуточные формы, они также считаются гомологичными. Так, между плакоидной чешуей хрящевых рыб и костной чешуей костистых рыб имеются переходные формы (ганоидная и космоидная типы чешуи). Наиболее древней считается плакоидная чешуя, свойственная хрящевым рыбам; ганоидная и костная типы чешуи возникли позже, как ее производные. Морфологически плакоидная чешуя образована наружным шипом и ромбической пластинкой, залегающей в дерме. Ганоидная чешуя, характерная для многоперов, костных ганоидов, также имеет ромбическую форму и боковой выступ в виде зуба, при помощи которого чешуи соединяются между собой. Эта чешуя состоит из трех слоев: верхнего плотного (ганоина), среднего с канальцами (космина), и нижнего, содержащего костное вещество. Космоидная чешуя, характерная для кистеперых рыб, представляет собой разновидность ганоидной чешуи, претерпевшей редукцию верхнего слоя ганоина. Наконец, костная чешуя, подразделяющаяся на циклоидную (щука, сазан, плотва) и ктеноидную (судак, окунь, ерш), образовалась путем редукции слоев ганоина и космина при сохранении костного вещества.

Выделены и другие критерии отнесения органов к гомологичным: *критерий развития* и др. Две структуры гомологичны, если развиваются из одинакового эмбрионального зачатка. Этот критерий следует использовать с осторожностью, поскольку иногда различные органы могут возникать из одинаковых эмбриональных зачатков. Например, нервная система имеет эктодермальное происхождение. Но из эктодермы также развивается эпидермис (наружный слой кожи) и его производные. Очевидно, что, несмотря на общее происхождение, нервная система не гомологична эпидермису, поскольку эти структуры имеют различное расположение (критерий положения), а также разное анатомическое и гистологическое строение (критерий специального качества).

Гомология затрагивает не только анатомические структуры организма, но и проявляется на молекулярном уровне. Два белка (молекулы ДНК) гомологичны, если имеют одинаковую или сходную аминокислотную (нуклеотидную) последовательность. Даже у организмов, находящихся в отдаленном родстве, многие гены гомологичны, и лишь у части генов будут отсутствовать гомологи. По мере развития молекулярной биологии были сформулированы важные понятия «*ортологи*» и «*паралоги*». *Ортологи* – это гомологичные гены или белки, произошедшие от одной предковой последовательности и встречающиеся у двух и более видов после видообразования. Обычно (но не всегда) ортологи выполняют одну и ту же функцию. *Паралоги* также представляют собой гомологичные гены или белки, но в отличие от ортологов образовавшиеся не в результате видообразования, а путем дупликации.

Гомологичные структуры следует разграничивать от *аналогичных органов* (от греч. *analogia* – соответствие, сходство), развивающихся у организмов далеких в систематическом отношении групп организмов, и обладающих некоторым внешним сходством вследствие выполнения одинаковых функций. Такие органы формируются в результате *конвергенции* – независимого развития сходных признаков в филогенетически отдаленных группах организмов в одинаковых условиях окружающей среды.

Теперь вернемся к заданию на соотнесение к гомологичным или аналогичным органам клубня картофеля и корнеплода моркови. Для правильного ответа на эти вопросы необходимо вспомнить, что клубень картофеля представляет собой видоизмененный укороченный побег, способный к накоплению запасных питательных веществ и

вегетативному размножению; корнеплод моркови – это по сути видоизмененный корень, в котором накапливаются запасные питательные вещества. Анатомическое строение у них также отличается. Итак, корнеплод моркови и клубень картофеля имеют разное происхождение, строение, но выполняют сходную функцию – накопление запасных питательных веществ. Поэтому эти структуры относятся к аналогичным органам. В тестах по централизованному тестированию встречается задание по установлению гомологии или аналогии копательных конечностей крота (млекопитающее) и медведки (насекомое). Эти структуры сходны только внешне, выполняют одинаковые функции, но имеют разное происхождение и анатомическое строение. Внешнее сходство обусловлено подземным образом жизни. Безусловно, это также аналогичные органы. Аналогичными структурами будут являться глаза медведки и сильно редуцированные глаза европейского крота.

У плацентарных млекопитающих плацента, осуществляющая связь развивающегося зародыша с организмом матери, выполняет трофическую, дыхательную, эндокринную и ряд других функций. Существуют различные классификации плацент. В зависимости от степени проникновения ворсинок хориона в слизистую оболочку матки различают *гемохориальную* (человек), *эндотелиохориальную* (собаки), *эпителиохориальную* (свиньи), *синдесмохориальную* (овцы, козы) плаценты. Согласно другой классификации, основанной на расположении ворсинок на поверхности хориона, выделяют *дискоидальную* (человек), *рассеянную* (кобылы), *множественную* (коровы) и *зональную* (собаки) плаценты. Несмотря на вариации в строении, все разновидности плаценты млекопитающих относятся к гомологичным структурам. У хрящевых рыб наряду с яйцекладущими и яйцеживородящими известны живородящие виды, у которых развивается некоторое подобие плаценты – структуры, участвующей в питании эмбриона. Плацента млекопитающих и так называемая плацента некоторых салахий являются аналогичными органами, поскольку имеют различное строение, формируются на разной основе, но выполняют одинаковую основную функцию.

Использование на уроках биологии представленного материала позволит улучшить качество знаний и эффективность выполнения учащимися тестовых заданий по гомологичным и аналогичным органам, а также будет способствовать переходу от простого механического запоминания примеров к осмысленному восприятию одной из сложных тем эволюционной биологии.

Литература

1. Storch, V. Evolutionsbiologie / V. Storch, U. Welsch, M. Wink. – 3 überarbeitete und aktualisierte Auflage. – Berlin ; Heidelberg : Springer Spektrum, 2013. – 570 s.
2. Toepfer, G. Historisches Wörterbuch der Biologie: Geschichte und Theorie der biologischen Grundbegriffe: in 3 Bd. / G. Toepfer. – Band 2: Gefühl – Organismus. – Stuttgart ; Weimar: Verlag J. B. Metzler, 2011. – 842 s.
3. Junker, T. Geschichte der Biologie / T. Junker. – München : Verlag C.H. Beck, 2004. – 130 s.
4. Toepfer, G. Historisches Wörterbuch der Biologie: Geschichte und Theorie der biologischen Grundbegriffe: in 3 Bd. / G. Toepfer. – Band 1: Analogie – Ganzheit. – Stuttgart ; Weimar: Verlag J. B. Metzler, 2011. – 728 s.
5. Wuketits, F.M. Darwin und der darwinismus / F.M. Wuketits. – München : Verlag C.H. Beck, 2005. – 115 s.